

LES TOITS VERTS : UN OUTIL EFFICACE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Par

Terrie Pereira

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de
l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

GATINEAU, QUÉBEC, CANADA, SEPTEMBRE 2008

IDENTIFICATION SIGNALÉTIQUE

LES TOITS VERTS : UN OUTIL EFFICACE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Terrie Pereira

Essai présenté en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Jean-Marie Bergeron

Université de Sherbrooke

Septembre 2008

Mots clés : effet d'îlot de chaleur urbain, ruissellement urbain, gestion des eaux pluviales, Urban Forest Effects (UFORE).

Les nombreux problèmes liés aux changements climatiques observés au cours des dernières années ont forcé les gouvernements et les citoyens de la planète à réfléchir sérieusement sur l'impact qu'ils pouvaient avoir sur notre environnement, notre économie et notre société. Les gouvernements fédéraux, provinciaux et municipaux ainsi que les organisations sociales envisagent diverses solutions pour les contrer les effets liés aux changements climatiques ou, le cas échéant, créer des mesures pour s'y adapter. Les toits verts figurent sur la liste des solutions qui permettent de contrer les effets des changements climatiques en milieu urbain. Cet essai permettra de faire un survol de l'évolution de l'implantation des toits verts au Canada et aux États-Unis par l'analyse détaillée d'exemples de projets de toits verts construits en Amérique du Nord. L'examen des textes des cas étudiés font ressortir les bénéfices des toits verts sur le plan environnemental, social et économique. L'objectif consiste à valider le bien fondé de la promotion des toits verts en vue de déterminer si on doit encourager l'adoption de cette pratique.

SOMMAIRE

Les changements climatiques sont désormais à l'ordre depuis les dernières années. Partout sur la planète, on parle et on écrit sur les nombreux impacts liés aux changements climatiques. Que ce soit les émissions de gaz à effet de serre, une augmentation observée de la pollution liée à la croissance de la population urbaine, les problèmes reliés à la gestion et à la qualité de l'eau, les inondations, les ouragans, l'augmentation des niveaux des océans occasionnés par la fonte des glaces, il n'y a pas une journée où les changements climatiques ne font pas les manchettes.

Il existe plusieurs moyens permettant de réduire les gaz à effet de serre. Les plus recherchés sont ceux qui visent à faire une différence significative d'un seul coup. On voudra par exemple s'attaquer aux sources émettrices principales, les industries, soit en les incitant à fonctionner de manière plus propre, soit en trouvant une façon de traiter la pollution qu'elles génèrent. Mais il existe d'autres moyens qui contribuent à petite échelle à réduire les effets de serre. Ces moyens se présentent sous forme d'outils, d'initiatives ou de petits gestes : utilisation judicieuse de l'électricité à la maison, achat d'un véhicule qui consomme moins d'essence, réutilisation des biens, recyclage et compostage, et construction plus écologique des édifices. Les toits verts figurent désormais parmi ces initiatives individuelles qui, additionnées à une série d'autres initiatives parallèles, pourraient finir par contribuer à réduire les gaz à effet de serre en milieu urbain et ainsi combattre le réchauffement climatique.

Le phénomène des toits verts a déjà fait ses preuves en Europe et il prend désormais de l'ampleur en Amérique du Nord. Mais avant d'applaudir cette nouvelle approche, il convient de s'interroger sur son efficacité et sa valeur.

Cet essai vise à valider le bien fondé de la construction des toits verts pour déterminer s'ils constituent un outil efficace en matière de développement durable pour faire face aux changements climatiques et, le cas échéant, proposer un plan d'intervention pour que les toits verts soient plus répandus au Québec et au Canada. Dans un premier temps, on y présente la conception des toits verts. Puis, on dresse une liste de solutions envisageables et applicables au Québec et au Canada, appuyées par des études de cas : l'expérience de Chicago, de Toronto, de Montréal, de Vancouver et d'Ottawa. Le

travail d'analyse devra déterminer si les toits verts constituent une pratique en harmonie avec l'environnement, l'économie et la société, c'est-à-dire s'ils forment un outil qui respecte les conditions du développement durable. Le travail se termine avec une proposition de plan d'intervention présenté sous forme de recommandations qui pourraient favoriser la multiplication des toits verts en milieu urbain.

REMERCIEMENTS

Pour son soutien et son encouragement constant, mon conjoint Luc.

Pour sa patience tout au long de mes études, mon fils.

Pour ses suivis professionnels et encourageants ainsi que ses critiques constructives, mon directeur d'essai, monsieur Jean-Marie Bergeron.

Pour le service professionnel et amical tout au long de mes études, tout le personnel du Centre universitaire de formation en environnement de l'université de Sherbrooke.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1. PRÉSENTATION DES TOITS VERTS.....	4
1.2 Les différents types de toits verts : conception et construction.....	4
1.3 Construction, installation et coût du toit vert.....	8
2. BÉNÉFICES DES TOITS VERTS ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE.....	10
2.1 Les toits verts, un outil efficace du développement durable sur le plan de la protection de l'environnement	10
2.1.1 Réduction de chaleur en milieu urbain en été comme en hiver et potentiel de réduction de gaz à effet de serre.....	10
2.1.2 Réduction de l'écoulement des eaux pluviales, filtration des polluants et amélioration de la qualité de l'air	20
2.2 Les toits verts, un outil efficace du développement durable sur le plan économique	26
2.2.4 Économie associée à l'amélioration de la qualité de l'air	32
2.3 Les toits verts, un outil efficace de développement durable au niveau social	35
2.3.1 Augmentation d'espaces verts en ville et amélioration de la qualité de vie	36
2.3.2 Société et écologie urbaine.....	40
3. LES TOITS VERTS : INCITATIFS, RECHERCHE ET ÉDUCATION.....	44
3.1 Les incitatifs.....	44
3.2 Incitatifs financiers et initiatives encourageant l'implantation des toits verts	47
3.3 Toits verts : recherche et éducation	49
4. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS.....	56
4.2 Les toits verts : comparaison entre le Canada et les États-Unis	57
4.3 Performance et bénéfices des toits verts	57
4.4 Quelques suggestions en matière de promotion des toits verts.....	58
CONCLUSION	60
RÉFÉRENCES.....	61
ANNEXE I	68

LISTE DES FIGURES ET DESTABLEAUX

Figure 1.1	Toit vert du Musée canadien de la guerre.....	5
Figure 1.2	Toit vert de la bibliothèque de Vancouver.....	5
Figure 1.3	Toit vert sur la mairie de la ville de Chicago.....	7
Figure 2.1	Coupe d'un toit végétal.....	7
Figure 3.1	Écart de température observée le 8 août 2001.....	12
Figure 4.1	Toit vert sur l'hôtel de ville de Toronto.....	14
Figure 5.1	Photo du toit vert sur le campus du Conseil national de de recherches du Canada, à Ottawa.....	15
Figure 6.1	Plan du site du Musée canadien de la guerre.....	16
Figure 6.2	Plan du site du Musée canadien de la guerre.....	16
Figure 6.3	Photo prise sur le toit vert du Musée canadien de la guerre..	17
Figure 7.1	Les maisons jumelles du Centre canadien des technologies.	18
Figure 8.1	Schéma de l'accroissement du volume des eaux en raison de l'aménagement urbain.....	21
Figure 9.1	Siège social de Canards Illimités Canada.....	24
Figure 10.1	Photo d'un pluvier siffleur.....	24
Figure 11.1	Toit vert de l'usine Ford au Michigan.....	25
Figure 11.2	Oiseau observé sur le toit vert de l'usine Ford au Michigan..	25
Figure 12.1	Bénéfices économiques découlant de l'utilisation des toits verts dans la métropole canadienne.....	28
Figure 13.1	Jardins de fines herbes sur le toit de l'hôtel <i>Fairmount</i> <i>Waterfront</i> à Vancouver.....	30
Figure 14.1	Des enfants d'un camp de jour lors d'une activité liée à l'agriculture urbaine, sur le toit du centre communautaire Le Prévost.....	31
Figure 15.1	Répartition des émissions dans le contexte du Québec en 2005.....	34
Figure 16.1	<i>A Prisoner in the Garden</i> . Photo de Nelson Mandela.....	38
Figure 17.1	Photo de Majora Carter sur le toit vert, projet de démonstration de son agence, <i>Sustainable South Bronx</i>	40
Figure 18.1	Photo des jardins sur le toit du 401 Richmond Ltd au centre-ville de Toronto.....	42
Figure 19.1	Toit vert de la coopérative de plein air Mountain Equipment Coop de Winnipeg.....	47
Figure 20.1	Toiture de la coopérative de la <i>Petite cité</i> avant la réalisation du projet pilote de toit vert par le Centre d'écologie urbaine de Montréal.....	50
Figure 21.1	Toit vert du Centre d'écologie urbaine de Montréal au printemps 2006.....	50

Tableau 1.1	Comparaison des systèmes de toit vert intensif et extensif.....	6
Tableau 2.1	Comparatif des systèmes de toits verts au Québec.....	9
Tableau 3.1	Les bénéfices économiques par rapport aux économies initiales et économies annuelles.....	28
Tableau 4.1	Élaboration d'une politique des toits verts selon la Société canadienne d'hypothèques et de logement.....	52

INTRODUCTION

Les connaissances sur l'état de la situation en matière de changements climatiques ont atteint un point tournant en 2007 avec la publication du quatrième rapport du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), dans lequel on concluait que « le réchauffement du système climatique est sans équivoque comme le montrent les observations » (Environnement Canada, 2007) et « que l'on remarque maintenant une influence humaine visible dans ces éléments du climat de la Terre, ainsi que dans d'autres. » Dans l'esprit des auteurs du rapport du GIEC, il ne fait donc plus de doute qu'il existe un lien étroit entre l'activité humaine et les dérèglements climatiques, particulièrement à cause de la forte augmentation des émissions de gaz à effet de serre observée au cours des dernières années.

« Le texte final du rapport juge, avec une probabilité de plus de 90 %, que l'essentiel du réchauffement climatique de ces cinquante dernières années est imputable à des activités humaines et en particulier à l'utilisation de combustibles fossiles. Le précédent rapport du Giec, en 2001, établissait un lien entre les activités humaines et le réchauffement avec une probabilité d'au moins 66 % » (LEXPRESS.fr, 2007).

Quelques mois plus tard, la remise du prix Nobel de la paix au GIEC et à Al Gore pour « pour leurs efforts de collecte et de diffusion des connaissances sur les changements climatiques provoqués par l'homme » vient confirmer que 2007 est une étape marquante dans le dossier des changements climatiques.

« En récompensant Al Gore et le GIEC parmi 181 candidats, le comité Nobel lance un message fort à la communauté internationale à quelques semaines de la conférence de Bali, du 3 au 14 décembre, qui doit se pencher sur de nouvelles réductions des émissions de gaz à effet de serre au-delà de 2012, après l'expiration de la première phase du Protocole de Kyoto » (Agence France-Presse Oslo, 2006).

Il est désormais bien évident que les pays industrialisés sont en grande partie responsables des effets sur le climat par leurs activités économiques, le mode de vie de leurs citoyens ainsi que leurs habitudes de consommation. On attend donc des pays industrialisés des solutions pour contrer les effets de l'activité humaine sur le climat.

Il existe plusieurs moyens permettant de réduire les gaz à effet de serre. Les plus recherchés sont ceux qui visent à faire une différence significative d'un seul coup. On voudra par exemple s'attaquer aux sources émettrices principales, les industries, soit en

les incitant à fonctionner de manière plus propre, soit en trouvant une façon de traiter la pollution qu'elles génèrent. Mais il existe d'autres moyens qui contribuent à petite échelle à réduire les effets de serre. Ces moyens se présentent sous forme d'outils, d'initiatives ou de petits gestes : utilisation judicieuse de l'électricité à la maison, achat d'un véhicule qui consomme moins d'essence, réutilisation des biens, recyclage et compostage, et construction plus écologique des édifices. Les toits verts figurent désormais parmi ces initiatives individuelles qui, additionnées à une série d'autres initiatives parallèles, pourraient finir par contribuer à réduire les gaz à effet de serre en milieu urbain et ainsi combattre le réchauffement climatique. D'après la définition de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL),

« la toiture verte est un espace vert résultant de l'installation de plusieurs couches de substrat de croissance (matières minérales et végétales) et de plantes sur une couverture traditionnelle. Le toit est muni d'une membrane d'étanchéité et d'une couche de drainage où on dépose le substrat et les plantes. Précisons que la toiture végétale n'est pas une terrasse jardin. La première, strictement environnementale, offre de la fraîcheur et une bonne isolation de la structure; la seconde est récréative et ornementale tout en pouvant être écologique » (Roy, 2005, page 48).

Les toits verts existent déjà en Europe depuis plusieurs années.

« Dans les années 1960, la dégradation de l'environnement et la densité croissante des villes européennes ont ravivé l'intérêt pour la technique des toits verts à laquelle avaient fait appel quelques architectes au début du XXe siècle » (Boucher, 2006, page 2).

Le phénomène prend désormais de l'ampleur en Amérique du Nord, notamment à Chicago pour les États-Unis et à Toronto pour le Canada. La ville de Chicago arrive en effet en tête de liste des dix villes nord américaines détenant la plus grande superficie en couverture de toitures vertes avec ses 517 633 pieds carrés (51 1763 m²) de toits verts (Green Roofs for Healthy Cities, Avril 2008). Le Canada est aussi fièrement représenté sur cette liste par la ville de Toronto qui se classe huitième au palmarès des villes vertes avec ses 83 055 pieds carrés (8 305 m²) de toits verts (Green Roofs for Healthy Cities, Avril 2008). Mais avant d'applaudir cette nouvelle approche, il convient de s'interroger sur son efficacité et sa valeur.

Cet essai vise à examiner si les toits verts constituent un outil efficace du développement durable pour faire face aux changements climatiques et, le cas échéant, proposer un plan d'intervention pour que les toits verts soient plus répandus au Québec

et au Canada. Dans un premier temps, une présentation sur la conception des toits verts sera effectuée. Puis, une exposition des solutions applicables au Québec et au Canada, appuyées par des études de cas sera présentée : l'expérience de Chicago, de Toronto, de Montréal, de Vancouver et d'Ottawa. Le travail d'analyse devra vérifier si les toits verts constituent une pratique en harmonie avec l'environnement, l'économie et la société, c'est-à-dire s'ils forment un outil qui respecte les conditions du développement durable. Enfin, nous proposerons un plan d'intervention qui pourrait favoriser la multiplication des toits verts en milieu urbain, si l'approche est jugée souhaitable.

1. PRÉSENTATION DES TOITS VERTS

Le toit vert existe sous différentes formes et porte différents noms dans le milieu de l'architecture et de l'habitation. Qu'il s'agisse de toiture verte, de toit terrasse, de jardins de toit ou de toit végétalisé, le toit vert se définit en général comme étant un espace vert résultant de l'installation de plusieurs couches de substrat de croissance (matières minérales et végétales) et de plantes sur une couverture traditionnelle (Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2005). Les toits verts peuvent aussi être aménagés pour y installer des potagers, des cultures biologiques ou des jardins de fines herbes. Par exemple, l'organisme montréalais Alternatives en collaboration avec l'organisme communautaire Santropol Roulant a initié un projet de type jardin-pilote sur le toit du bâtiment de la Télé-Université(TeluQ) de l'université du Québec à Montréal (Boucher, 2006). Un autre exemple de toit vert conçu à des fins d'utilisation alimentaire serait le jardin d'herbes sur le toit de l'hôtel Fairmont Waterfront à Vancouver. Le jardin d'herbes permet à l'hôtel d'économiser annuellement de 25 000 à 30 000 \$ sur le coût des herbes utilisées dans ses cuisines (Société canadienne d'hypothèques et de logements, 2004).

1.2 Les différents types de toits verts : conception et construction

En général, les toits verts peuvent être extensifs ou intensifs. Les deux approches se démarquent au niveau de la conception, la construction et le coût d'installation. Le toit vert extensif est connu comme étant plus léger et moins coûteux à aménager que le toit vert intensif (Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2006). Ce type de toit vert est rarement accessible aux personnes. Plus précisément, au plan technique, les

« toits verts extensifs comportent une mince couche de substrat, dont l'épaisseur varie entre 5 et 15 cm (1,97 et 5,91 po). Ils pèsent entre 72,6 et 169,4 kg/m² (160,06 et 373,46 lb/ pied²). La minceur de la couche de substrat (substrat léger et sans sol) contribue à réduire au minimum les coûts et le poids de la toiture » (Lawlor et al., 2006, page 9).

Le toit vert extensif est d'ailleurs le type de toit vert le plus répandu. La toiture du Musée canadien de la guerre à Ottawa comporte un toit vert de type extensif. La portion du toit recouverte de végétation est de 10 620 m² ou 115 000 pieds² (Musée canadien de la guerre, 2005). Le toit vert du Musée canadien de la guerre à Ottawa est le plus grand toit vert du Canada à ce jour.

La photo aérienne suivante permet de visualiser à quoi ressemble le toit vert extensif.



Figure 1.1 Toit vert du Musée canadien de la guerre. Tiré du Musée canadien de la guerre, 2005.

Un autre exemple de construction de toit vert extensif est celui érigé sur le toit de la bibliothèque publique de Vancouver en Colombie-Britannique. Ce toit de 2 400 m² est visible à partir des tours à bureaux voisines du centre-ville; il est monté sur le septième et dernier étage de l'immeuble. Le type de végétation qui compose la toiture de la bibliothèque compte quatre types différents d'arbres et de fétuques vertes et turquoises des champs qui poussent dans un substrat léger composé de déchets végétaux, de sable et de pierre ponce (Peck et al., 2006).



Figure 1.2 Toit vert de la bibliothèque de Vancouver. Photo de Hydrotech. Tirée de Peck et al., 2006, p. 19.

Le toit vert intensif se distingue par les éléments qui le composent : une couche de terre plus épaisse, des coûts d'entretien supérieurs à ceux reliés à la construction du toit vert extensif. Les toits verts intensifs peuvent être des lieux accessibles au public.

« Ils se caractérisent par une couche de substrat plus profonde, des systèmes d'irrigation, un aménagement paysager complexe et une vaste gamme d'espèces végétales. Ils peuvent supporter des espèces végétales de grande taille, qu'il s'agisse d'arbres ou d'arbustes, des étangs, des cascades d'eau et autres éléments décoratifs. Les toits conçus pour supporter des surcharges importantes peuvent accueillir l'épaisse couche de substrat des toits verts intensifs » (Lawlor et al., 2006, page 9).

En général, le type de plantes choisies pour les toits verts intensifs est très varié mais on préfère les plantes indigènes, c'est-à-dire celles retrouvées près des lieux des sites des toits verts réputées pour leur résistance au climat local. Les toits verts intensifs

« se composent d'un mélange de gazons, de mousses, d'orpins, de jubarbes, de fétuques, d'iris et de fleurs sauvages qui proviennent de déserts, de toundras, d'alvars et de flancs de montagnes. Sauf quelques rares exceptions, le choix de plantes pour un toit vert intensif est illimité » (Lawlor et al., 2006, page 13)

Le tableau suivant permet une comparaison des caractéristiques et aspects de la construction d'un toit vert intensif et extensif.

Tableau 1.1 Comparaison des systèmes de toit vert intensif et extensif

	Toit vert extensif	Toit vert intensif
Caractéristiques	substrat mince; peu ou pas d'irrigation; conditions difficiles pour les plantes; faible diversité dans le choix de plantes.	sol profond; système d'irrigation; conditions plus faciles pour les plantes; grande diversité dans le choix des plantes; souvent accessible.
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • 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. • systèmes d'irrigation et de drainage spécialisé rarement nécessaires • s'intègre bien à des travaux de rénovation permet une végétation spontanée • apparence plus naturelle • I service municipal d'urbanisme peut plus facilement l'exiger comme condition à l'autorisation de construire. 	<ul style="list-style-type: none"> • plus grande diversité de plantes et habitats • bonne propriétés isolantes • peut simuler un jardin naturel au sol • souvent accessible et permet des fonctions variées : loisirs, espace vert, potager, etc. • efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales supérieures • durée supérieure de la membrane
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales moindres • choix de plantes plus restreint • rarement accessible pour des loisirs ou d'autres fonctions • repoussant pour certains, surtout l'hiver 	<ul style="list-style-type: none"> • charge sur le toit supérieure • nécessité de systèmes d'irrigation et de drainage, d'où consommation d'énergie, d'eau et de matériaux • coûts d'immobilisation et d'entretien supérieurs

Modifié de Lawlor et al., 2006.

L'image suivante du toit de la municipalité de la ville de Chicago illustre l'exemple de construction d'un toit vert intensif sur un édifice public. L'édifice municipal de la ville de Chicago compte douze étages.



Figure 1.3 Toit vert sur la mairie de la ville de Chicago. Tirée de City of Chicago, s.d.

Le toit vert est conçu en fonction du type de couverture du bâtiment choisi et comprend essentiellement les éléments suivants :

« une charpente de toit et de l'isolant, une membrane imperméable à laquelle on intègre souvent un écran antiracines, un système de drainage jumelé, à l'occasion, à des réservoirs de stockage intégrés, une membrane géotextile destinée à contenir le sol et les racines, un substrat ainsi que des végétaux » (Boucher, 2006, page 8).

La figure 4 permet de visualiser les différents éléments qui composent le toit vert.

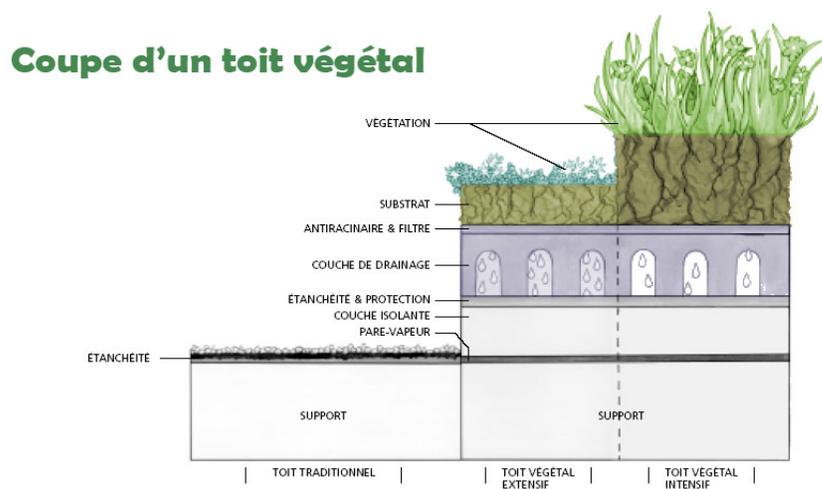


Figure 2.1 Coupe d'un toit végétal. Tirée de Richard, 2007.

Il existe aussi un autre type de toit vert : le toit vert semi-intensif qui constitue en quelque sorte une combinaison entre le système de toit vert intensif et extensif.

« Malgré une certaine dichotomie entretenue dans la littérature entre ces deux systèmes, plusieurs systèmes hybrides sont installés chaque année se situant à mi-chemin entre les systèmes extensifs et intensifs » (Comité Verdis-toit du Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQÀM et al., 2008, page 6).

1.3 Construction, installation et coût du toit vert

La technologie du toit vert, bien que relativement simple, nécessite néanmoins une certaine expertise et des connaissances particulières au niveau de la structure du bâtiment, de l'architecture et de l'aménagement paysager. Il est donc recommandé de consulter un expert avant de procéder car une erreur dans la conception ou la construction du toit vert pourrait miner les bénéfices anticipés ou même engendrer un effondrement. Le toit vert peut être construit sur un nouvel immeuble ou encore sur un immeuble existant. Le poids additionnel de la toiture verte est un facteur important à évaluer dans le calcul du coût de son installation. La construction du toit vert sur un immeuble existant nécessite parfois un renforcement de la structure du toit ce qui signifie obligatoirement une augmentation des coûts.

« Les coûts engendrés par une structure pour laquelle est prévue initialement une surcharge pour un toit vert seront augmentés de 4 à 9 % par rapport aux coûts d'un toit standard. Pour un toit existant, les coûts seront augmentés de 67 à 130 % pour un toit en béton et de 145 % pour un toit en acier » (Comité Verdis-toit du Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQÀM et al., 2008, page 13)

Il est donc plus avantageux de construire un toit vert dans le cas où il fait partie du plan initial de l'immeuble puisque la charge additionnelle peut aisément être supportée à peu de frais (Lawlor et al., 2006). Le coût d'installation du toit vert varie beaucoup en fonction de la profondeur du substrat, du type de plantes choisies, de la dimension de l'installation et de l'utilisation de l'irrigation. Le coût peut aussi varier en fonction de l'accessibilité au toit vert (Green Roofs for Healthy Cities, 2008). Le tableau 2 donne un aperçu des coûts associés à la construction du toit vert au Québec. Toutefois, ce tableau n'inclut pas les coûts potentiels associés parfois au renforcement de la structure, à la réfection du toit, aux ajouts de système d'irrigation, ni toute autre modification du toit.

Tableau 2.1 Comparatif des systèmes de toits verts au Québec

	Intensif	Extensif (4 ^{ème} génération)	Extensif (5 ^{ème} génération)
Épaisseur du terreau (fortement minéral et léger)	8 pouces et +	4 à 8 pouces	2 à 4 pouces
	20 cm et +	10 à 20 cm	5 à 10 cm
Poids (charge morte du système seulement)	+ 45 livres/pied ²	18 à 45 livres/pied ²	8 à 18 livres/pied ²
	+ 220 Kg/m ²	90 à 220 Kg/ m ²	40 à 90kg/m ²
Coût du toit vert (matériaux et pose)	15 \$/pied ² et +	10 à 15 \$/pied ²	8 à 12\$/pied ²
	160 \$/m ² et +	110 à 160 \$/ m ²	85 à 130\$/m ²

Modifié du Comité Verdis-toit du Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQÀM et al., 2008, page 7.

2. BÉNÉFICES DES TOITS VERTS ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

2.1 Les toits verts, un outil efficace du développement durable sur le plan de la protection de l'environnement

Les textes tirés des études de cas effectuées à ce jour en Amérique du Nord sont nombreux à énumérer les bénéfices environnementaux associés à la mise en place des toits verts sur les immeubles. À long terme, on estime que les toits verts peuvent contribuer à la protection et à l'amélioration de la qualité de l'environnement car ils permettraient entre autres de réduire la chaleur en milieu urbain et les émissions de gaz à effet de serre, d'améliorer la qualité de l'air, de diminuer la pollution sonore et la gestion de l'eau par son rôle de filtration des eaux de pluie - sans oublier qu'ils peuvent créer un milieu favorable à la conservation de la biodiversité. La section qui suit illustre à l'aide d'exemples réels, les bénéfices environnementaux associés aux toits verts. Les exemples sont tirés des études qui ont porté sur les toits verts construits à Chicago, Toronto, Vancouver, Washington et Ottawa.

2.1.1 Réduction de chaleur en milieu urbain en été comme en hiver et potentiel de réduction de gaz à effet de serre

Un des bénéfices les plus recherchés par ceux qui choisissent le toit vert réside dans sa capacité de réduire la chaleur en milieu urbain. Cette caractéristique marque également un potentiel intéressant au niveau de la réduction des gaz à effet de serre. Prenons la ville de Chicago, ville championne des toits verts en Amérique du Nord en 2007 selon le palmarès de *Green Roofs for Healthy Cities*, une association industrielle à but non lucratif créée en 1999 pour promouvoir les connaissances, les recherches et les études sur les toits verts en Amérique du Nord. Voici un premier exemple d'étude de cas, celui de l'édifice de la mairie de Chicago dont le toit vert a été conçu à titre de projet pilote lancé par son maire, Richard Daley, dans le contexte du *City of Chicago's Environmental programs*. La construction de ce toit vert est une initiative mise sur pied en collaboration avec les services environnementaux de la ville de Chicago et la United States Environmental Protection Agency (l'agence de protection environnementale des États-Unis). L'objectif principal du projet visait à démontrer l'efficacité du toit vert sur la

réduction de l'effet d'îlot de chaleur en milieu urbain (U.S. Department of Energy et al., 2004). Un toit vert de type semi-extensif de 2 000 m² a été aménagé sur la toiture de l'hôtel de ville qui présente une superficie totale de 3 000 m². Depuis sa construction en 2001,

« les coûts de climatisation de l'hôtel de ville ont été réduits de près de 10 000 \$ US par mois et la température sur le toit lors des chaudes journées d'août oscille entre 29 et 38 °C alors qu'elle atteint 74 °C sur les toitures environnantes » (Boucher, 2006, page 3).

L'effet d'îlot de chaleur, connu aussi sous le nom d'effet d'îlot thermique en milieu urbain (EITU), se définit comme étant

« un phénomène de chaleur supplémentaire amplifiant la chaleur accablante. Ce phénomène est généré par les recouvrements asphaltés et les matériaux des différentes infrastructures qui absorbent la chaleur et augmentent par le fait même la température de l'air ambiant de 0,5 à 5,6 °C dans les milieux urbains » (Institut national de santé publique du Québec, 2006, page 2).

Afin de mesurer l'impact que peuvent avoir les toits verts sur la réduction de l'effet d'îlot thermique, la Ville de Chicago et la *United States Environmental Protection Agency* ont effectué une analyse comparée en prenant comme point de repère un toit traditionnel de goudron d'un immeuble de dimension semblable situé dans une municipalité avoisinante : le toit de l'édifice County Cook Building (City of Chicago, s.d.). La différence entre les deux immeubles est remarquable. Le graphique suivant permet de visualiser l'écart des températures enregistrées. Le toit vert de la mairie de Chicago affiche aujourd'hui une moyenne annuelle de température de 7 °C plus basse que celles des édifices environnants. Cet écart connaît des pointes qui peuvent atteindre 30 °C durant l'été (City of Chicago, 2008).

Les bienfaits associés à la construction du toit vert en termes de réduction de la chaleur en milieu urbain sont tout aussi importants pour les toits verts construits un peu plus au nord de l'Amérique. Le cas du toit vert érigé sur le toit de la mairie de la ville de Toronto constitue un bel exemple de l'efficacité des toits verts et des bénéfices environnementaux qu'ils peuvent générer en ville. La ville de Toronto manifeste son intérêt pour les toits verts depuis plusieurs années déjà et demeure l'une des villes les plus actives au Canada en matière d'élaboration d'outils et de programmes incitatifs encourageant l'implantation des toits verts en milieu urbain.

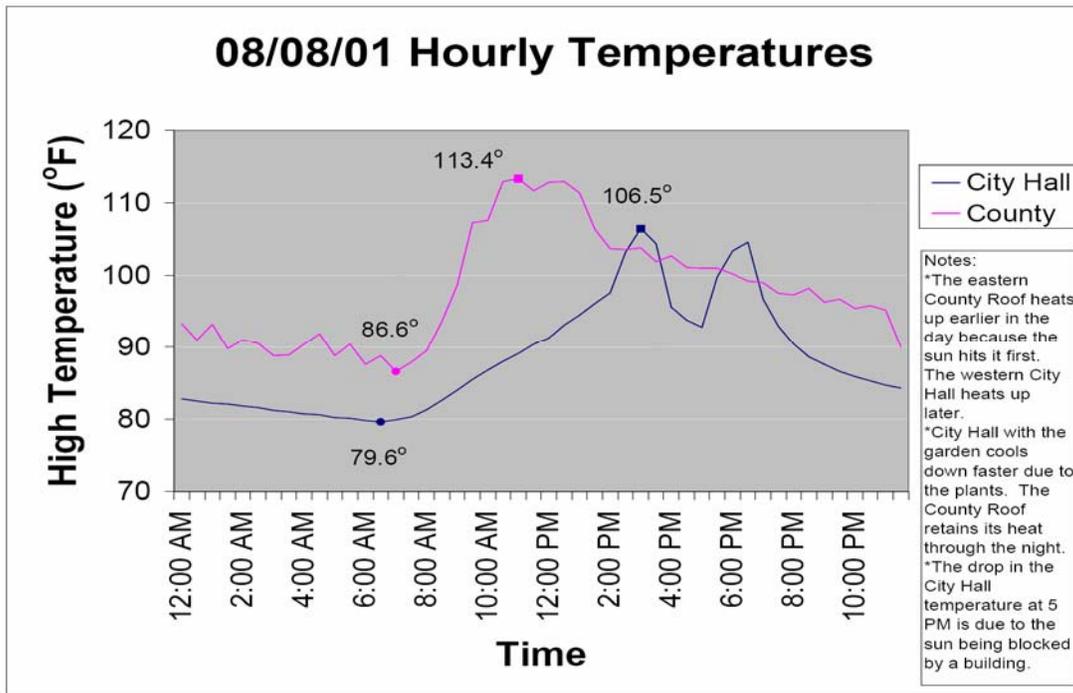


Figure 3.1 Écart de température observée le 8 août 2001. Tirée de City of Chicago, 2001.

L'histoire débute en 2000 par une série de recommandations incitant à l'adoption d'une stratégie sur les toits verts qui est alors ajoutée au plan environnemental de la ville de Toronto. Toronto possède aujourd'hui plusieurs toits verts, soit près d'une centaine (Ville de Toronto, 2007). Le toit aménagé sur la mairie de Toronto fait partie d'un projet appuyé par la participation de *Green Roofs for Healthy Cities* et des sociétés qui en sont membres, comme le Fonds atmosphérique de Toronto, le gouvernement fédéral et la Ville de Toronto qui en ont fait un projet de présentation de toits verts (Ville de Toronto, 2006). Ce projet inclut aussi une toiture sur un centre communautaire dans le secteur Eastview. La mise en œuvre du projet de présentation des toits verts pour la ville de Toronto et celui du secteur Eastview débute le 2 novembre 2002.

« Pour installer le toit vert de l'Hôtel de ville, il a fallu que le conseil accélère de quatre ans le financement en capital des travaux pour remplacer les membranes existantes du toit avec des membranes résistantes aux racines et à l'eau. Le toit du centre communautaire Eastview avait besoin d'être remplacé. Une portion du nouveau toit a été convertie en toit vert. Le remplacement des membranes était crucial pour s'assurer que les nouveaux toits soient admissibles aux garanties » (Ministère des Affaires municipales

et du Logement de l'Ontario, 2004).

Il faudra près d'un mois pour remplacer la toiture des deux immeubles. Deux ans plus tard, en 2004, la ville de Toronto commande un rapport d'étude qui dresse une liste des bénéfices environnementaux potentiels ainsi que les coûts réels associés à une éventuelle implantation des toits verts à grande échelle à Toronto. L'initiative est lancée en

« 2005, lorsque la Ville de Toronto, l'Université Ryerson et un centre provincial d'excellence ont produit leur « Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto. Ce rapport, ainsi qu'un document de travail datant de novembre 2005, Making Green Roofs Happen » (Fédération canadienne des municipalités, 2007).

marquent une étape importante dans l'évolution des toits qui aboutit à l'adoption d'une stratégie sur les toits verts par la ville de Toronto en février 2006 (Fédération canadienne des municipalités, 2007).

L'image suivante permet de visualiser une partie du toit vert de la mairie de Toronto.



Figure 4.1 Photo de *Green Roofs for Healthy Cities* du toit vert sur l'hôtel de ville de Toronto. Tirée de City of Toronto, s.d.

Les résultats des recherches associées au projet en cours sur le toit vert de la mairie de Toronto sont encourageants puisqu'ils témoignent de l'efficacité des toits verts à contribuer à économiser l'énergie, à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à améliorer la qualité de l'air surtout lors des journées très chaudes d'été. Ces résultats ont été ensuite utilisés pour extrapoler un scénario possible pour la ville de Toronto.

« La création de toits verts sur environ 25 pour cent de la superficie totale de toits réduirait la température de l'air en été dans la ville de Toronto de un ou deux degrés Celsius. Cela permettrait également de réduire les incidences de formation de smog de 5 à 10 pour cent, les polluants de 30 tonnes, et les émissions de gaz à effet de serre de 2,18 mégatonnes » (Ministère des Affaires municipales et du Logement de l'Ontario, 2004).

D'autres études démontrent également l'effet bénéfique en termes de réduction de l'effet de l'îlot thermique, prenons celle d'Ottawa. Les personnes qui ont participé à ce projet

de recherche suivant sont Karen Liu, de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), l'architecte Susana Saiz-Alcazar, Jordan Ritchie, étudiant à l'université de Toronto, et Brad Bass, de la division de recherches en adaptation et répercussions à Environnement Canada (Environnement Canada). L'objectif de la recherche consistait à évaluer l'efficacité du toit vert en matière de diminution des coûts de climatisation et de réduction de l'écoulement des eaux pluviales. Les recherches se déroulent sur un toit vert construit sur un bâtiment destiné à faire figure de modèle au centre-ville d'Ottawa. Le toit vert du CNRC est composé d'une toiture de 70 m² divisée en deux superficies égales par un parapet qui sépare le toit vert du toit traditionnel. Le toit vert du Conseil national des recherches est composé des éléments qu'on retrouve habituellement dans les toits verts extensifs et comprend, dans ce cas-ci, un répulsif pour empêcher les racines de pénétrer dans la membrane, une couche de drainage, une membrane filtrante et un substrat de croissance pour la végétation et 15 cm de terreau léger où l'on a planté des fleurs sauvages (Conseil national de recherches du Canada, 2002). La figure 5.1 permet de voir la configuration du toit vert construit par le Conseil national de recherches à Ottawa.



Figure 5.1 Photo du toit vert sur le campus du Conseil national de recherches du Canada, à Ottawa. Tirée du Conseil national de recherches du Canada, 2002.

Les deux sections du toit sont équipées pour mesurer plusieurs éléments, y compris la capacité d'absorption des eaux pluviales. Les résultats ont été cumulés sous forme de rapport au bout d'une année de recherches entre le printemps 2000 et l'été 2001. Les

résultats du projet s'avèrent très intéressants car ils révèlent une performance très efficace du toit vert en termes de réduction de la chaleur. Les résultats démontrent que le toit vert permet de réduire la chaleur totale qui pénètre dans le bâtiment durant le jour de plus de 85 % et celle qui s'échappe du bâtiment la nuit d'environ 70 % (Conseil national de recherches du Canada, 2002). Les recherches ont permis aussi de mesurer l'efficacité du toit vert en matière de réduction de chaleur en été en le comparant à la performance du toit témoin. Au cours d'une journée bien chaude d'été au centre-ville d'Ottawa où la température se situe près de 35 °C, la membrane du toit témoin affiche une température qui s'élève jusqu'à 70 °C. Pour le toit vert, la température de la membrane se situe entre 25 et 30° C. L'ombre produite par la végétation permet de réduire l'utilisation de la climatisation et permet aussi l'absorption de la chaleur de l'air par évapotranspiration. C'est une réduction de plus de 50 % au niveau de la réduction de la chaleur (Conseil national de recherches du Canada, 2002). De tels résultats incitent les chercheurs à promouvoir les toits verts comme une solution de rechange au problème de l'effet d'îlot urbain en été.

Toujours du côté d'Ottawa, voyons maintenant un autre cas de toit vert, cette fois-ci, accessible au public, le toit vert du Musée canadien de la guerre. Plusieurs personnes dans la région ne savent pas qu'il existe un toit vert à Ottawa. L'originalité du toit vert et le Musée canadien de la guerre se situe dans son harmonisation avec l'architecture du site. Les plans suivants permettent de voir que le toit vert existe au sein de l'aménagement paysager, bien camouflé dans le décor vert. Les figures 6.1 et 6.2 permettent de visualiser le toit vert intégré dans l'ensemble du site. Dans un premier temps, on regarde un plan du site à vol d'oiseau, dans son l'ensemble du site intégrant le toit vert, ensuite le plan du toit du toit vert avec le site en arrière scène. Le toit vert du Musée canadien de la guerre contribue de manière importante à réduire l'effet d'îlot thermique en en milieu urbain ce qui contribue à réduire la facture de la climatisation en été.

« Les concepteurs ont privilégié le toit vert pour exprimer le thème architectural de la « régénération », mais il a aussi l'avantage d'assurer une meilleure isolation thermique que le minimum exigé par le code de la construction » (Association Canadienne du Ciment, 2007).



Figure 6.1 Plan du site du Musée canadien de la guerre. Tirée d'un document de travail du Musée canadien de la guerre, s.d.



Figure 6.2 Plan du site du Musée canadien de la guerre. Tirée d'un document de travail du Musée canadien de la guerre, s.d.

Dans le contexte particulier du Musée canadien de la guerre, le toit vert constitue un atout important à l'ensemble des composantes du bâtiment qui ont toutes été choisies en fonction de leur potentiel de réduction de consommation d'énergie et de réduction du ruissellement urbain. De la construction à la réalisation du projet, tout l'immeuble a été conçu de manière à restreindre au maximum l'empreinte écologique. En plus de contribuer à réduire l'effet d'îlot urbain, le toit vert du Musée canadien de la guerre, peut absorber jusqu'à 720 000 litres d'eaux de ruissellement (Musée canadien de la guerre, 2005). La figure suivante permet de voir d'un peu plus près, le toit vert du Musée canadien de la guerre.



Figure 6.3 Photo prise sur le toit vert du Musée canadien de la guerre le 6 août 2008. Terrie Pereira accompagnée de Monsieur Guy Laroque, Directeur, Gestion immobilière et Services de sécurité.

D'autres recherches permettent de démontrer le potentiel des toits verts sur le plan de la conservation d'énergie en hiver. Des études un peu plus récentes menées à Ottawa et à Toronto permettent de démontrer ce potentiel. Un premier rapport de ces études est

paru dans le document intitulé *Green Roofs and Green Walls : Potential Energy Savings in the Winter Report on Phase 1* le 31 mars 2007. Il s'agit d'un rapport d'étape d'une étude qui se déroule sur deux ans. Cette étude est financée en partie par le Fonds en Efficacité Énergétique de Gaz Métropolitain et Ressources Naturelles Canada. Le rapport final de cette étude servira à évaluer le potentiel des toits verts en matière de conservation de l'énergie en hiver à Montréal. Montréal compte déjà plusieurs toits qui ont fait l'objet d'études ciblant l'efficacité de la réduction de chaleur en été, et il s'agit là d'un pas de plus dans l'avancement des recherches sur les bénéfices environnementaux dans l'implantation des toits verts en milieu urbain. Le travail de recherche a été réalisé par le Dr. Brad Bass, un spécialiste des toits verts à Environnement Canada, en collaboration avec Gaz Métropolitain, Environnement Canada, le Ministère des travaux publics et services gouvernementaux ainsi que l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada. Pour les besoins de l'étude, deux types d'installations ont été choisies. La première installation est située à Ottawa et vise à faire la démonstration de l'efficacité énergétique des toits en hiver d'un édifice de type résidentiel de deux étages. L'étude se déroule sur les maisons jumelles du Centre canadien des technologies résidentielles (figure 7.1). Ces maisons identiques, construites en 1998, servent de maisons-laboratoire de recherche pour évaluer l'efficacité énergétique d'une conception d'habitation et accélérer les études de nouvelles technologies d'efficacité énergétique en vue de leur intégration par l'industrie (Société canadienne d'hypothèques et de logement, 2007).



Figure 7.1 Les maisons jumelles du Centre canadien des technologies. Tirée du Conseil national de recherches du Canada, 2002.

« La maison-témoin et la maison-laboratoire ont été étalonnées telles qu'elles ont été construites et sous occupation simulée, et les résultats montrent qu'elles consomment en tout temps la même quantité d'énergie. La maison-laboratoire peut être modifiée pour évaluer l'effet d'une nouvelle technologie sur le rendement énergétique et le confort. L'effet est mesuré en comparant le rendement de la maison-laboratoire à celui de la maison-témoin » (Centre canadien des technologies résidentielles, 2008).

L'autre type d'installation choisie pour l'étude est un édifice à vocation résidentielle et commerciale de trois étages situé à Toronto.

L'étude menée sur l'édifice de type résidentiel à Ottawa révèle que la réduction de consommation de l'énergie associée au toit vert en hiver s'avère plutôt minime, bien que significative se situant à environ 7 %. C'est une performance qui ne surprend pas les chercheurs et qui d'ailleurs correspond aux résultats rapportés lors d'une étude réalisée précédemment, en 2005 (Bass, 2007). Dans le cas de l'édifice faisant l'objet d'étude à Toronto, les résultats sont frappants puisqu'ils indiquent une réduction de la consommation d'énergie de 30 %. Cette étude révèle que les toits verts ont un impact remarquable sur la quantité d'énergie requise pour chauffer un édifice en hiver, notamment au cours des mois de janvier et de février. La variation dans le gain énergétique observé par les deux expériences s'expliquerait par l'âge des édifices : les plus anciens enregistrent une perte plus importante au niveau de la toiture; l'effet isolant du toit vert est donc plus marqué pour ces constructions. Bien que les toits verts extensifs figurent encore en tête de liste dans le choix du type d'infrastructure verte, cette question laisse entrevoir le potentiel plus grand des bénéfices environnementaux associés à la toiture intensive étant donné sa capacité d'absorption plus grande. Les auteurs de ce rapport d'étape sur les toits verts s'entendent d'ailleurs pour dire qu'il est nécessaire de poursuivre d'autres recherches sur les toits verts qui permettront de faire ressortir en détails les bénéfices générés pour les toits verts intensifs par rapport à ceux des toits verts extensifs. Des recherches plus poussées sur le potentiel des toits verts sont alors nécessaires pour raffiner les données sur l'efficacité démontrée des toits verts dans le contexte d'un climat hivernal. C'est d'ailleurs ce qui intéresse le professeur de biologie Jeremy Lundholm de l'université Saint-Mary's de Halifax en Nouvelle-Écosse qui s'intéresse aux bénéfices d'économie d'énergie associée à l'implantation des toits verts dans le contexte du climat des provinces de l'Atlantique. Lundholm compte plusieurs installations de toits verts à Saint-Mary's et s'intéresse notamment à la

biodiversité des plantes dans la composition des toits verts dans le contexte d'hivers très ardu de la province (Gormely, 2008).

2.1.2 Réduction de l'écoulement des eaux pluviales, filtration des polluants et amélioration de la qualité de l'air

Réduction de l'écoulement des eaux pluviales

Un des autres bénéfices rapportés dans les études est la capacité de réduction de l'écoulement des eaux pluviales. C'est un aspect très intéressant du toit vert notamment dans le contexte des prévisions rapportées par les scientifiques par rapport aux changements climatiques et les effets qu'on anticipe, parmi lesquels figurent entre autres, des vagues de chaleur plus fréquentes, des températures plus élevées et des orages plus violents (Ressources Naturelles Canada, 2002). Les problèmes associés à l'écoulement des eaux pluviales en milieu urbain ressortent parmi les enjeux environnementaux les plus importants à gérer dans les municipalités du Canada (Banting et al., 2005). Dans les climats froids, l'écoulement des eaux pluviales, combiné à la fonte des neiges constitue une des plus grandes problématiques au niveau de la gestion de l'eau en milieu urbain. La création d'espaces urbains élimine beaucoup d'espaces verts dont le rôle consiste à absorber l'eau de pluie en partie puis la renvoyer dans l'atmosphère par l'évapotranspiration via la végétation. Cette végétation permet en quelque sorte de stocker et filtrer l'eau contrairement aux surfaces perméables en milieu urbain (surfaces bétonnées, stationnements, toiture d'édifices, routes, bâtiments) qui, au contraire, contribuent à l'augmentation des eaux de ruissellement puisqu'elles n'ont rien pour la retenir (Figure 8.1).

Les eaux de ruissellement en milieu urbain contribuent non seulement aux problèmes des débordements de l'eau dans les égouts mais aussi à miner la qualité de l'eau. Faire le choix de construire des toits verts en milieu urbain pourrait alors faire partie d'une des solutions envisageables pour résoudre la problématique des débordements unitaires. La technologie des toits verts pourrait minimiser en effet ces débordements étant donné qu'une partie de l'eau de pluie est captée pour alimenter la végétation



Figure 8.1 Schéma de l'accroissement du volume des eaux en raison de l'aménagement urbain. Tirée du Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 2004.

Au Québec,

« quatre types de réseau de collecte des eaux peuvent exister dans le sous-sol de nos municipalités : le réseau pluvial, qui ne transporte que les eaux de ruissellement de surface vers le cours d'eau, le réseau d'égouts unitaire qui transporte un mélange des eaux usées domestiques et des eaux pluviales, le réseau pseudo-séparatif, dans lequel les eaux usées domestiques se mélangent aux eaux pluviales en provenance des drains de toiture et des drains de fondation, et le réseau d'égouts sanitaire, qui ne transporte que des eaux usées domestiques. Dans nos zones urbaines, l'imperméabilisation de grandes surfaces (rues, stationnements, toitures) a augmenté considérablement le volume des eaux de ruissellement qui doit être évacué par les réseaux de collecte. Malheureusement, lors d'événements pluviaux, les réseaux de type unitaire ou pseudo-séparatif ne peuvent acheminer à la station d'épuration toutes les eaux de ruissellement et les eaux usées domestiques » (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Parcs du Québec, 2002).

Selon les études effectuées en Amérique du Nord, la performance des toits verts en termes de réduction du ruissellement urbain peut aller jusqu'à 95 % grâce aux plantes qui retiennent les eaux de pluie. Par exemple, à Vancouver, d'après une étude du centre spécialisé au niveau de recherches sur la technologie des toits verts, le Centre for the Advancement of Green Roof Technology, la capacité de réduction du ruissellement des eaux pluviales serait de l'ordre de 86 à 94 % en été contre 13 à 18 % au printemps (British Columbia Institute of Technology, 1999). Du côté des États-Unis,

« la Société américaine des architectes paysagers (ASLA) a modernisé son

siège de Washington en y installant un toit vert. Le groupe déclare qu'entre juillet 2006 et mai 2007, le toit vert a empêché plus de 100 000 litres d'eau de pluie (près de 75 % des précipitations tombant sur le toit) de se déverser dans le système déjà surchargé des égouts et de collecte des eaux pluviales de Washington D.C. » (Odessey, s.d.).

Dans le cadre de l'étude des toits verts commandée par la ville de Toronto, *Report on the Environmental Benefits and Costs of Technology for the City of Toronto*, le groupe de l'université Ryerson a évalué en 2005 la performance de réduction du ruissellement des eaux de pluie pour la municipalité à 63 %. Ce résultat repose sur un modèle de calcul supposant un scénario d'une ville de Toronto recouverte à 15 % de toits verts.

Filtration des polluants et amélioration de la qualité de l'air

Mis à part les bénéfices liés à la réduction de consommation d'énergie et la réduction des eaux de ruissellement, les toits verts contribueraient à jouer un rôle dans la filtration de l'air ambiant, éliminant les particules en suspension dans l'air ainsi que le dioxyde de carbone. (Environnement Canada, 2006). Les eaux de ruissellement en milieu urbain peuvent être transporteuses de polluants tels que des métaux lourds et des nutriments.

Par exemple en temps de pluie,

« les rejets affectent significativement et régulièrement la qualité des cours d'eau récepteurs. À titre d'exemple, les débordements du réseau en saison estivale du territoire de la Communauté urbaine de Québec (CUQ), entraînent la contamination de la rivière Saint-Charles et des battures de Beauport, limitant ainsi l'usage de ces plans d'eau à fort potentiel récréatif. Dans la région de Montréal, les débordements des réseaux unitaires et les rejets des réseaux pluviaux constituent une source majeure de pollution qui limite les usages, particulièrement dans la rivière des Prairies et le lac St-Louis » (RÉSEAU environnement, 1999, page 15).

Les toits verts constituent alors un outil de plus dans la lutte pour améliorer la qualité de l'air. Environnement Canada rapporte qu'une végétalisation sur 6,5 km², soit 6 % de la superficie de toiture disponible à Toronto, permettrait d'éliminer chaque année 2,18 tonnes métriques de gaz à effet de serre et 30 tonnes métriques de polluants atmosphériques, et refroidirait les températures de 1 à 2 °C (Environnement Canada, 2005).

Toits verts et isolation acoustique

En plus de permettre de réduire la pollution et jouer un rôle important dans la filtration des eaux de ruissellement, les toits verts permettraient de réduire la pollution sonore. L'ensemble du toit vert, le substrat et les plantes fournissent un potentiel intéressant d'isolation acoustique dans les milieux urbains. Par exemple, le substrat intercepte les sons de basse fréquence alors que les plantes interceptent les sons de plus haute fréquence permettant une réduction des sons à l'intérieur de l'immeuble pouvant aller jusqu'à 40 décibels (MacDonagh, 2008). L'isolation acoustique réalisée grâce à l'aménagement d'un toit vert s'avère un atout notamment dans les immeubles situés près des aéroports ou des autoroutes (BKL, 2008)

Protection de la biodiversité

Les toits verts peuvent aussi contribuer à conserver la biodiversité en créant des habitats pour les oiseaux et les insectes. Bien que les études en Amérique du Nord soient encore peu nombreuses à démontrer les bénéfices des toits verts en matière de conservation de la biodiversité, plusieurs études et recherches effectuées en Europe ont déjà rapporté de tels avantages. Divers organismes publics et privés s'y intéressent. Par exemple, au Canada, l'organisation Canards Illimités Canada, consacrée à la conservation des milieux humides depuis plus de 65 ans, a fait construire un toit vert sur la toiture de son siège social, l'immeuble du centre d'interprétation des milieux humides du *Oak Hammock Marsh Interpretative Centre* situé au nord de Winnipeg (figure 9.1). Cet immeuble est doté de deux toits verts où on a planté des herbes et des fleurs indigènes des Prairies en prévision d'un habitat conçu pour les oiseaux. On remarque depuis la construction de l'immeuble en 1992 la présence chaque année du pluvier siffleur, ce qui s'avère une belle marque de succès (figure 10.1). Cette infrastructure de toit vert aurait également permis une réduction de la demande d'énergie pour refroidir l'immeuble ainsi qu'une réduction de la pollution par le bruit (Green Roofs for Healthy Cities, 2003).



Figure 9.1 Siège social de Canards Illimités Canada, le centre d'interprétation des milieux humides de l'Oak *Hammock Marsh Interpretative Centre*. Tirée de Green Roofs for Healthy Cities, 2003.



Figure 10.1 Photo d'un pluvier siffleur. Tirée d'Environnement Canada, 2003.

Dans le secteur privé, voici un exemple des États-Unis. Il s'agit du toit vert construit sur l'usine d'assemblage de camions Ford à Dearborn, au Michigan (figure 11.1). Les recherches et études effectuées dans la conception du toit vert de l'usine Ford ont été réalisées en collaboration avec des chercheurs du Michigan State University. Le toit vert de l'usine Ford couvre 45 400 m², ce qui lui vaudra le titre du plus grand toit vert dans le monde selon le Guinness World Records en 2004. On constate, entre autres, la présence d'oiseaux (figure 11.2) et d'abeilles depuis son installation en 2003. L'usine de Dearborn a également construit un centre des visiteurs adjacent à l'immeuble où elle aurait même créé un rucher d'abeilles dont le miel est recueilli et mis en bouteille (Green Roofs for Healthy Cities, 2005).



Figure 11.1 Toit vert de l'usine Ford au Michigan. Tirée de Green Roofs for Healthy Cities, 2005.



Figure 11.2 Oiseau observé sur le toit vert de l'usine Ford au Michigan. Tirée de Green Roofs for Healthy Cities, 2005.

Les études de cas effectuées à Toronto, à Montréal, à Chicago et à Vancouver ainsi que les exemples de constructions de toits verts à Washington, à Winnipeg et à Deaborn au Michigan démontrent toutes que l'implantation des toits verts constituent un outil efficace du développement durable compte tenu des nombreux bénéfices qu'ils peuvent générer en milieu urbain sur le plan de l'environnement et sur le plan de la santé publique. Voici une liste qui résume les différents bénéfices environnementaux relevés précédemment :

1. réduction de l'effet d'îlot thermique;
2. réduction des eaux de ruissellement en milieu urbain, jusqu'à 95 % dans certains cas;
3. amélioration de la qualité de l'air grâce à la filtration des polluants par les plantes;

4. réduction des gaz à effet de serre associée à la réduction de consommation d'énergie en hiver comme en été;
5. efficacité énergétique dans la réduction de la consommation d'énergie utilisée pour la climatisation en été;
6. potentiel de protection et conservation de la biodiversité.

2.2 Les toits verts, un outil efficace du développement durable sur le plan économique

Il est encore difficile de convaincre la majorité des gens de l'industrie et du secteur public que les toits verts engendrent des bénéfices économiques capables de compenser leurs coûts d'installation qui demeurent relativement plus élevés que ceux des toitures conventionnelles. Cependant, les toits verts comptent une série de bénéfices peu perceptibles à première vue mais qui contribuent au développement durable en permettant de réduire les dépenses liées à la climatisation en été, à la gestion des eaux pluviales, à la consommation d'énergie utilisée pour le chauffage en hiver et en bout de ligne, ils contribuent à la diminution des gaz à effet de serre produits par la production d'énergie à base de combustibles fossiles. Les toits verts permettent également de réaliser des économies grâce à la production locale d'aliments sur les toits-jardins tout en augmentant la valeur foncière là où ils sont construits. La section suivante porte sur l'analyse des bénéfices économiques relevés à partir d'exemples réels et de recherches menées à Toronto, à Chicago, à Vancouver et à Montréal.

2.2.1 Prolongement de durée de vie de la toiture

Même si les toits verts coûtent au total plus cher à installer, leur durée de vie peut être jusqu'à deux fois plus longue que celle des toits conventionnels. D'après le *Centre for Advancement of Green Roof Technology* (Centre pour l'avancement des technologies de toits verts) du British Columbia Institute of Technology, la protection de la membrane du toit assurée par le toit vert prolonge la durée de vie du toit et réduit les coûts en nouveaux matériaux destinés à la réparation de la toiture ou à son entretien.

2.2.2 Bénéfices économiques associés à l'implantation des toits verts en été comme en hiver

L'installation des toits verts contribuerait aussi à réduire la facture de consommation d'énergie. Par exemple en été, les toits verts pourraient réduire la facture d'électricité simplement en diminuant la consommation d'énergie associée à la climatisation. Selon les études d'Environnement Canada, une simple diminution de 1 °C de la température de surface supprime 5 % de la demande en électricité pour la climatisation et la réfrigération (Environnement Canada, 2005).

C'est le cas du toit vert semi-extensif érigé sur la mairie de Chicago qui a permis de réduire les coûts de climatisation de près de 10 000 \$ US par mois depuis sa construction en 2000 (Boucher, 2006).

Dans l'étude effectuée portant sur le toit de la mairie de Toronto, les résultats ont permis de déduire que l'utilisation à grande échelle des toits verts en ville produirait suffisamment de bénéfices économiques pour à réduire les dépenses municipales associées à la gestion de l'eau et à l'effort pour contrer l'effet d'îlot thermique. Avant de présenter ces bénéfices économiques, précisons que dans le contexte de cette recherche les résultats ont été obtenus en fonction d'un scénario qui évalue à 40 000 m² la surface disponible pour le verdissement des toits dans la métropole de Toronto, soit 100 édifices de 20 mètres par 20 mètres. Il est aussi important de mentionner que des paramètres précis en matière de conditions minimales de performance des toits verts ont été adaptés. Par exemple, les toits verts dont il est question ici sont de type extensif, leur substrat mesure au moins 15 cm (là où la capacité portante des bâtiments le permet) et la performance en matière d'absorption des eaux pluviales du toit vert est fixée à 50 % au maximum (Banting et al., 2005).

Les bénéfices économiques relevés dans cette étude ont été définis comme suit : économies initiales par rapport aux investissements (figure 12.1) ou encore économies annuelles récurrentes (tableau 3.1). La figure 12.1 et le tableau 3.1 permettent de constater que l'aménagement des toits verts pour la ville de Toronto permettrait d'engendrer d'importantes économies dans tous les secteurs des dépenses

municipales : par exemple jusqu'à 118 millions de dollars d'économies juste sur le plan de la gestion des eaux pluviales.

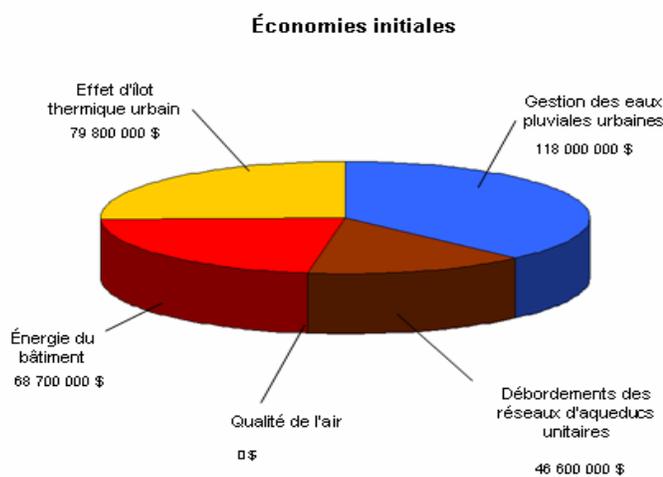


Figure 12.1. Bénéfices économiques découlant de l'utilisation des toits verts dans la métropole canadienne. Modifié de Banting et al., 2005.

Le tableau 3.1 présente une synthèse des bénéfices économiques des toits verts anticipés pour la ville de Toronto en fonction de résultats compilés entre 2000 et 2005. Soulignons toutefois que les résultats de cette étude ont été obtenus en fonction d'une recherche supposant un verdissement à 100 % des toits disponibles dans la ville de Toronto de dimension supérieure à 32 m². L'identification des bénéfices, la méthode de quantification ainsi que de l'évaluation monétaire des bénéfices économiques ont été calculés en s'appuyant sur les études publiées sur les toits verts précédemment (Banting et al., 2005).

Tableau 3.1 Les bénéfices économiques par rapport aux économies initiales et économies annuelles.

Type de bénéfice	Économies initiales	Économies annuelles
Gestion des eaux pluviales urbaines	118 000 000, 00 \$	
Débordement des réseaux d'aqueducs unitaires	46 600 000,00 \$	750 000,00\$
Qualité de l'air		2 500 000,00\$
Énergie du bâtiment	68 700 000, 00 \$	21 560 000,00\$
Effet d'îlot thermique urbain	79 800 000,00 \$	12 320 000,00\$
Total	313 100 000, 00 \$	3,130 000,00 \$

Modifié de Banting et al., 2005.

Du côté d'Ottawa, l'étude effectuée sur le toit du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) apporte une nouvelle contribution dans la recherche des bénéfices des toits verts en ce qui concerne l'économie d'énergie envisageable en hiver. Les résultats de cette recherche menée par le CNRC ont permis de constater et de mesurer qu'il existe bel et bien un potentiel d'économie lié au chauffage en hiver. Toutefois, la mesure de ces bénéfices économiques n'est pas encore assez précise à cause du grand nombre de facteurs qui entrent en jeu.

Durant l'été, les besoins en climatisation sont réduits grâce à la couche d'isolant que présente le toit vert. L'économie en énergie se chiffrait à environ 6.0 KWh/jour. C'est une économie qui se traduit à 0,60 \$ par jour, soit presque 20 \$ par mois (Liu et al., 2003).

2.2.3 Perspectives d'emploi

Les perspectives en création d'emploi issues des technologies des toits verts sont très intéressantes. En Allemagne par exemple, l'industrie reliée à la technologie des toits verts a connu une augmentation remarquable depuis le début des années 1980. D'après *Livingroofs.org*, une source d'information sur les toits verts qui est alimentée à partir du Royaume-Uni, l'Allemagne compte depuis 2000 plus de 30 millions de mètres carrés de toitures végétales (Fédération canadienne pour l'innovation, 2008). Naturellement, la multiplication des toits verts en Allemagne a beaucoup influencé le marché de l'emploi de l'industrie des toits verts et contribué à multiplier les d'occasions d'emplois provenant de différents secteurs du marché de la construction. D'après une publication du gouvernement du Canada intitulée *Greenbacks From Green Roofs : Forging a New Industry in Canada Final Report*, l'installation de toitures vertes contribuerait à la création d'emploi dans les secteurs suivants :

- fournisseurs et manufacturiers des membranes de toits et de couches répulsives, fournisseurs et manufacturiers de couches de drainage, d'aménagement paysager (géotextile) et systèmes d'irrigation;
- fournisseurs et manufacturiers de substrat légers;
- grossistes et pépinières spécialisés dans la production des plantes conçues pour les toits verts;
- architectes, consultants et professionnels en génie du bâtiment;

- entrepreneurs et paysagistes;
- entreprises fournissant des services contractuels d'entretien.

La multiplication des toits verts au Canada pourrait donc profiter à la vigueur économique du pays.

2.2.4 Agriculture urbaine

En plus de l'emploi qui peut être généré par l'implantation et l'installation des toits verts, il existerait des possibilités intéressantes pour le développement de production d'aliments de haute qualité en milieu urbain. Par exemple, le jardin d'herbes sur le toit de l'hôtel Fairmount Waterfront (figure 13.1) dans la ville de Vancouver permet de cultiver des fines herbes, des fleurs et des légumes utilisés par les chefs de la cuisine de l'hôtel dans la préparation des menus de leur clientèle. Le jardin de fines herbes de l'hôtel Fairmount Waterfront permet une économie évaluée à près de 30 000 \$ par an en achats de denrées (Environnement Canada, 2005). C'est une économie réalisée en achats d'aliments frais qui seraient plus dispendieux s'ils étaient achetés ailleurs. Cette économie de dépenses laisse entrevoir d'autres types de bénéfices économiques. Par exemple, la production locale d'aliments contribuerait à réduire la consommation d'énergie liée au transport des aliments et assurerait la disponibilité d'aliments frais produits.



Figure 13.1 Jardins de fines herbes sur le toit de l'hôtel Fairmount Waterfront à Vancouver. Tirée de Green Roofs for Healthy Cities, 2004.

Au Canada, les jardins de toits existent en petit nombre comparativement aux pays en développement où les citoyens du monde cultivent depuis longtemps des jardins sur les toits pour se nourrir. (Centre de recherches pour le développement international, 2008). À Montréal, l'agriculture urbaine connaît un essor important grâce entre autres au projet *Des jardins sur les toits* (figure 14.1).



Figure 14.1 Des enfants d'un camp de jour lors d'une activité liée à l'agriculture urbaine, sur le toit du centre communautaire Le Prévost. Tirée d'Alternatives et Santropol Roulant, 2006.

Ce projet est le résultat d'un partenariat entre Alternatives, un réseau de coopération internationale, et Santropol Roulant, un organisme communautaire montréalais (Alternatives, 2006). En matière de bénéfices économiques, cette initiative contribue à rendre accessible à moindre coûts des aliments cultivés dans des potagers en ville tout en permettant à la communauté locale l'accès aux connaissances sur l'écologie urbaine.

« De la semence à la table, le projet Des jardins sur les toits a une vision unique de ce que l'on peut retirer d'un jardin communautaire. Les aliments qui poussent dans le jardin de démonstration de Montréal, et qui servent directement à nourrir des personnes âgées ou en perte d'autonomie, sont cultivés et récoltés par des bénévoles et des membres de la communauté » (Alternatives, s.d.).

Voici maintenant un autre exemple de jardins sur les toits en milieu urbain qui illustre à quel point ce type de toit vert peut générer des bénéfices économiques intéressants. Il s'agit de la firme *Annex Organics* qui produit des aliments certifiés biologiques sur un toit vert expérimental de 93 m² au centre-ville de Toronto depuis 1995. En 1997, à l'aide d'un système hydroponique, *Annex Organics* a produit près de 227 kg de tomates qui se sont vendues à 4,00\$/kg sur le marché local. Ce prix est entre 0,50 \$ et 0,75 \$ plus

dispendieux que le prix de vente des tomates biologiques cultivées au sol. Mais les clients acceptent de payer le pour la qualité accrue et la proximité. Le chiffre d'affaires pour la firme est calculé à 1,00 \$ pour chaque 0.09 m² (Peck et al., 1999).

Les bénéfices économiques liés à une production d'aliments au niveau local peuvent être nombreux parmi lesquels figurent :

- une diminution des coûts directs du transport (essence et entretien des routes);
- une diminution des coûts liés aux gaz à effet de serre lié au transport sur de longues distances;
- une diminution des coûts liés reliés à la consommation d'énergie des appareils réfrigérants;
- une occasion pour l'économie locale pour la production, le traitement et la distribution des aliments frais de qualité.

2.2.4 Économie associée à l'amélioration de la qualité de l'air

Au Canada, on estime qu'environ 30 % de l'énergie électrique est produite à partir de combustibles fossile, ce qui constitue une source importante de gaz à effet de serre. En réduisant la demande d'énergie nécessaire pour assurer la climatisation des bâtiments en été, les toits verts pourraient donc jouer un rôle dans la lutte aux émissions de gaz à effet de serre. De plus, les gaz produits pourraient en partie être absorbés par les plantes. Les toits verts constitueraient une solution viable qui réduirait les coûts de climatisation.

Les études portant sur le toit vert de la mairie de Toronto comportent une analyse économique qui attribue une valeur monétaire aux différents bénéfices environnementaux relevés. Dans le contexte de cette analyse économique, une valeur monétaire est également attribuée à la qualité de l'air en matière de réduction de polluants atmosphériques tels que le monoxyde de le carbone (CO), le protoxyde d'azote (NO₂), l'azote (O₃), les particules en suspension (PM₁₀) et le dioxyde de soufre (SO₂). Cette valeur monétaire a été obtenue en utilisant un modèle informatisé d'évaluation des répercussions des forêts urbaines développé par le United States

Department of Agriculture (USDA) Forest Service connu sous l'acronyme, UFORE, *Urbain Forest Effects* (Rosen et al., 2007). Les calculs effectués à partir du modèle UFORE ont permis de chiffrer les bénéfices en matière d'amélioration de la qualité de l'air pour la métropole de Toronto évalués à 394,07 \$ par 10 000 m² (1 hectare) de toit vert construit. Ce résultat est ensuite multiplié par 49 840 000 m² pour un total de 1 970 000 dollars américains (Banting et al, 2005). Les 49 840 000 m² proviennent de l'hypothèse de la recherche et constitue la surface totale disponible pour le verdissement de toits dans la métropole de Toronto. L'équivalent en dollars canadiens évalués en fonction des taux d'échange de 2004 se chiffraient à environ 2 500 000 \$. Aujourd'hui, ce taux nous amène à 1 982 017.00 \$ (Banque du Canada, 2008). Ce sont des résultats intéressants qui laissent entrevoir un potentiel de bénéfices économiques similaires à ceux des municipalités aux infrastructures et aménagements semblables. Cela est particulièrement intéressant compte tenu de l'augmentation des gaz à effet de serre dans les municipalités canadiennes. D'après le rapport, *Tendances relatives aux sources et aux puits de GES au Canada, 1990–2004*,

« les sous-secteurs résidentiel et commercial/institutionnel ont rejeté 81 Mt ou 11 % des GES du Canada en 2004. Le sous-secteur résidentiel à lui seul a rejeté environ 43 Mt (5,7 % du total canadien), alors que le sous-secteur commercial et institutionnel a rejeté 38 Mt (5,0 % du total canadien). Les émissions du sous secteur commercial et institutionnel ont augmenté de 12 Mt (47 %) entre 1990 et 2004, ce qui s'explique par une augmentation de 25 % de la surface utile des édifices commerciaux et institutionnels » (Environnement Canada, 2004, page 12).

L'aménagement des toits verts pourrait donc figurer parmi les solutions rentables pour contrer les émissions de gaz à effet de serre. Du côté du Québec, selon le Ministère du développement durable, environnement et parcs du Québec (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Parcs du Québec, 2008), les émissions auraient augmenté à cause d'une croissance observée dans l'ensemble de la province notamment de la construction des infrastructures.

« En 2003, les mises en chantier ont grimpé de 6,5 % par rapport à 2002. Dans le sous-secteur commercial il y a eu une modification de la composition des types de bâtiments construits avec une réduction des édifices de type « entrepôt » et une augmentation des espaces de bureau. La croissance de la superficie des aires de bureau a fait grimper la demande de réfrigération et de chauffage des locaux » (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Parcs du Québec, 2008).

La multiplication des infrastructures a un impact direct sur la proportion de gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère. Au Québec, la portion des émissions de gaz à effet de serre provenant du secteur résidentiel, commercial et industriel compte pour 13,1 % des émissions totales. Le secteur résidentiel, commercial et industriel figure au troisième au rang des émissions de GES après le transport et l'industrie (figure 15.1).

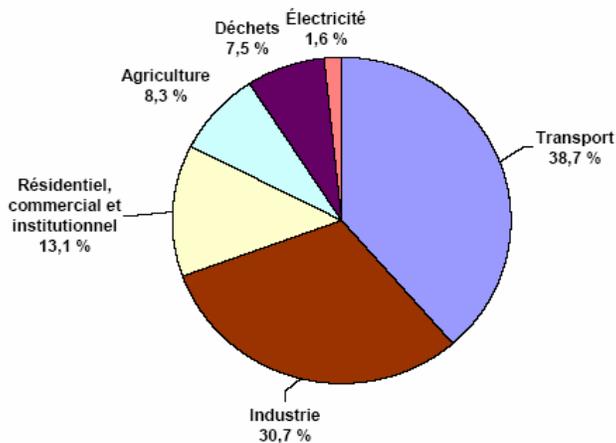


Figure 15.1 Répartition des émissions dans le contexte du Québec en 2005. Tirée du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et Parcs du Québec, 2006.

Lutter contre les GES par des mesures ciblant ce secteur en particulier aura donc une portée significative.

2.2.5 Augmentation de la valeur foncière

Les toits verts constitueraient aussi un potentiel intéressant dans l'augmentation de la valeur foncière. Selon les observations du Fonds de durabilité des Grands Lacs, les valeurs foncières ont augmenté dans les zones où l'on procède à l'assainissement de l'environnement (Fonds de durabilité des Grands Lacs, 2004).

D'après une étude d'Environnement Canada effectuée dans le port de Hamilton dans la province de l'Ontario, la proximité des parcs et de l'eau aurait eu un effet positif sur les valeurs foncières. Le secteur du port de Hamilton aurait notamment bénéficié

« d'investissements importants pour l'amélioration de la qualité des eaux usées traitées, domestiques et industrielles, rejetées dans le port, et dans la restauration des habitats du poisson et de la faune. Environ 18,5 % de la valeur globale des propriétés résidentielles dans la zone faisant l'objet de

l'étude était attribuable à l'amélioration de la qualité de l'eau et à la création de deux parcs dans le voisinage » (Fonds de durabilité des Grands Lacs, 2004).

L'implantation des toits verts constitue une forme de création d'espaces verts en milieu urbain. Cela dit, ils peuvent alors aussi engendrer des bénéfices semblables à ceux des parcs. Des études canadiennes et britanniques rapportent qu'un bon couvert forestier peut faire augmenter de 6 à 15 % la valeur des propriétés (Green Roofs for Healthy Cities, 2005).

En plus des bénéfices économiques qu'ils peuvent engendrer, les toits verts peuvent également jouer un rôle important dans la valorisation de l'image corporative. Par exemple, les gens habitant un secteur où est prévu l'installation d'entrepôts, d'usines ou d'entreprises privées, sont moins enclins à s'opposer aux projets de construction si l'aménagement des toits verts fait partie des infrastructures. C'est le cas notamment de l'usine Ford au Michigan qui attire beaucoup de visiteurs à chaque année. Un autre exemple est celui du toit vert construit sur l'édifice de Moutain Equipment Coop à Toronto qui constitue un attrait pour ses clients et aura eu pour effet observé de valoriser l'image corporative déjà reconnue par ses clients pour son engagement vers le développement durable. Les entreprises qui optent pour un toit vert en 2008 font encore figure de précurseur et donnent l'impression d'être à l'avant-garde, ce qui confère à l'image de marque une valeur ajoutée difficile à chiffrer.

2.3 Les toits verts, un outil efficace de développement durable au niveau social

Au cours des dernières années, de plus en plus de chercheurs provenant de domaines d'études tels que la philosophie, la psychologie, la sociologie et l'architecture s'intéressent à l'environnement et au développement durable. Parmi ces chercheurs, certains se penchent notamment sur le lien entre l'absence marquée de la nature dans les espaces urbains et son effet sur le comportement de ceux qui les habitent. L'intérêt pour l'influence des espaces verts chez les citoyens n'est pourtant pas une idée nouvelle. Au XIX^e siècle, l'architecte Frederick Law Olmsted qui s'est s'abord fait connaître par son engagement dans la lutte contre l'esclavagisme aux États-Unis, s'est intéressé à l'influence des paysages naturels sur les humains.

« Il voulait créer des lieux où les citoyens de toutes classes sociales pourraient cohabiter, interagir. Il était convaincu du pouvoir des « paysages naturels » sur l'âme des individus et sur la santé des communautés en quête d'un ancrage dans ces villes sans âme, où sévissait souvent une brutalité pire que celle du *Far West*. Frederick Law Olmsted fait partie du groupe restreint de concepteurs de la première génération de grands parcs destinés à l'ensemble de la population plutôt qu'à l'élite » (Chartier, 2008, page 26).

Frederick Law Olmsted figure parmi les grands architectes paysagers qu'a connu l'Amérique du Nord. Parmi la liste de ses contributions notoires, on retrouve deux parcs urbains bien connus mondialement, le Central Park à Manhattan et le Mont-Royal à Montréal. Olmsted croyait fermement que les espaces verts en ville répondaient à un besoin profond de l'humain. Les études du siècle à venir allaient lui donner raison.

La section suivante porte sur l'analyse des bénéfices d'ordre social associés à l'aménagement des toits verts en Amérique du Nord. Les exemples de bénéfices sociaux liés à l'aménagement des toits verts ont été extraits de cas réels provenant du Canada et des États-Unis.

2.3.1 Augmentation d'espaces verts en ville et amélioration de la qualité de vie

Certains chercheurs contemporains sont convaincus que le besoin de contact avec la nature figure au même rang d'importance que les relations interpersonnelles (Banting et al., 2005). Les milieux urbains densément peuplés comportent en général un nombre restreint d'espaces verts qui ne sont pas toujours facilement accessibles à tous les citoyens. C'est le cas par exemple pour les citoyens travaillant ou habitant des immeubles au centre-ville localisés loin d'un accès facile à un parc ou à un paysage riverain (Banting et al., 2005). Selon les résultats de plusieurs recherches en psychologie et en sociologie sur le comportement humain, l'accès difficile aux espaces verts en ville réduit la fréquence du contact entre les citoyens et la nature et serait à l'origine d'une augmentation observée du niveau de stress et des problèmes de concentration.

« There is significant evidence springing from multiple research projects to support the theory that people's exposure to natural elements increases their ability to focus, cope with stress, generate creative ideas, reduce volatility and promote the perception of self as part of a meaningful greater whole. In

short, exposure to natural elements enhances an individual's mental well being » (Banting et al., 2005, page 24).

Certains auteurs vont encore plus loin en suggérant que le manque de contact avec la nature attribuable au contexte de la vie moderne contribuerait à fragiliser le lien que les humains ont mis des siècles à développer entraînant une sorte de perte de contact avec la réalité.

« As the behavioral consequences of our modern indoor life hidden from the sun suggest, technology poses insidious threats to delicate interactions with the natural world that our species has developed over centuries » (Gallagher, 1994, page 204).

La ville serait-elle donc à éviter pour les séjours à long terme ? Pas nécessairement, car la ville et la nature n'ont pas à être placées en opposition. Il faut travailler à intégrer l'une à l'autre.

« The perspective of cities as places of nature and as organic natural systems is also taking hold. Cities need not be opposed to or in conflict with nature. Rather, they can and should be seen as inherently embedded in a natural system and condition. Nature in cities is being enhanced by such features as ecological rooftops, green streets, and stream daylighting » (Platt, 2006, page 312).

À titre d'anecdote éclairante, il est intéressant de mentionner l'exemple de Nelson Mandela et son lien avec les toits verts. C'était en 1964, peu de temps après son arrivée à la prison de Robben Island en Afrique du Sud où il passera 18 ans de sa vie. Nelson Mandela fait alors une demande spéciale auprès des autorités de la prison qu'on lui donne la permission d'aménager un jardin sur la toiture de l'immeuble (figure 16.1). L'expérience du jardin sur le toit sera pour Mandela parmi les plus belles distractions au cours de son long séjour carcéral (City Farmer News, s.d.). On retrouve d'ailleurs plusieurs passages dans ses écrits faisant référence à ce jardin sur le toit, par exemple dans *Long Walk to Freedom*. Voici deux extraits pertinents :

« A garden was one of the few things in prison that one could control. To plant a seed, watch it grow, to tend it and then harvest it, offered a simple but enduring satisfaction. The sense of being the custodian of this small patch of earth offered a taste of freedom » (Mandela, 1995, page 498).

« In some ways, I saw the garden as a metaphor for certain aspects of my life. A leader must also tend his garden; he, too, plants seeds, and then

watches, cultivates, and harvests the results. Like the gardener, a leader must take responsibility for what he cultivates; he must mind his work, try to repel enemies, preserve what can be preserved, and eliminate what cannot succeed » (Mandela, 1995, page 498).

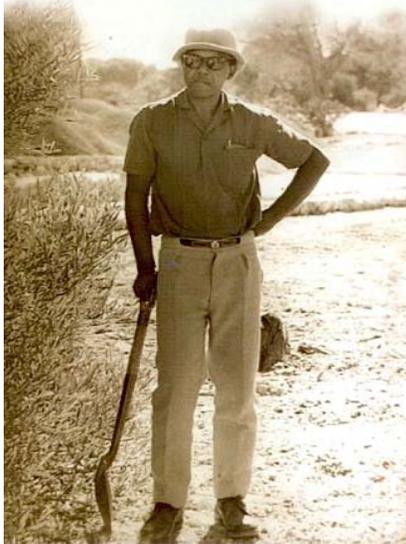


Figure 16.1 *A Prisoner in the Garden*. Photo de Nelson Mandela. Tirée de City Farmer News, s.d.

Pour revenir maintenant sur le continent nord américain, voici l'analyse du cas de Majora Carter, une citoyenne réputée pour son engagement envers la protection de l'environnement social et écologique dans son quartier natal du Brooklyn. L'histoire connue maintenant de plusieurs débute lorsque Majora Carter retourne dans son quartier natal après avoir complété ses études universitaires en arts. Son retour coïncide avec la planification de l'ouverture d'une usine au bord de la rivière du South Bronx, au cœur des quartiers sud; l'usine serait destinée au traitement de 40 % des déchets de New-York (Doyle, 2006). Carter est alors outrée par cette décision alors que les quartiers du South Bronx comptent déjà une usine de traitement des eaux usées et des égouts, une usine de boues d'épuration, quatre centrales de production d'énergie, le plus grand centre de distribution d'aliments au monde et près de 60 000 camions à moteur diesel qui arpentent les rues de son quartier à toutes les semaines. Majora Carter s'engage alors dans un combat contre la décision de la mairie. Il lui faudra trois ans de lutte pour gagner sa cause et empêcher le projet de voir le jour ((Doyle, 2006)).

« Pour Majora Carter, les discriminations raciales et économiques que subissent les communautés les plus démunies des métropoles du monde

entier sont aggravées par un "racisme environnemental". Aux États-Unis, 46 % des logements sociaux sont situés à moins de 2 km d'usines aux rejets toxiques et 79 % de leurs locataires sont afro-américains ou hispaniques. Cette jeune new-yorkaise... a donc décidé de "verdir les ghettos" » (metrofrance, 2006).

Mais cette militante ne s'arrête pas là. Le retour dans son quartier natal l'incite à agir et lui donner le goût de contribuer à l'amélioration de la qualité de vie de ses concitoyens. Elle crée en 2001 sa propre agence environnementale, *Sustainable South Bronx*, une organisation dédiée à la revitalisation écologique des quartiers sud et vouée à l'engagement social dans le but de réduire la pauvreté en favorisant l'implication des citoyens dans le travail de la protection de l'environnement. Parmi les projets du *Sustainable South Bronx*, on compte entre autres le *South Bronx Greenway* destiné à la création de pistes cyclables et de sentiers pour piétons. Cette initiative présente l'avantage d'augmenter l'accessibilité aux espaces verts et aux secteurs riverains. Ce faisant, les citoyens du quartier sud de New York ont aussi l'occasion de bénéficier des espaces verts pour pratiquer des loisirs sportifs (City of New York Economic Development Corporation and Sustainable South Bronx, 2006).

L'autre projet du *Sustainable South Bronx*, particulièrement intéressant dans le contexte de cet essai, est la création d'un toit vert figurant comme modèle de gestion des eaux pluviales (figure). Le toit vert de Majora Carter est aménagé au-dessus de l'édifice American Banknote Company Building où loge *Sustainable South Bronx*. Le toit vert de 279 m² remplace une ancienne toiture de goudron et figure comme projet de recherche pour l'évaluation de la performance énergétique et la mesure de l'efficacité en matière de gestion des eaux pluviales (figure 17.1). L'organisation travaille aussi au développement d'un programme d'installation de toits verts à la mise sur pied d'un programme de formation de douze semaines dans le domaine de la restauration écologique en vue de la création d'une nouvelle catégorie d'emplois que Majora Carter qualifie d'emploi pour «des cols verts» (Doyle, 2006).

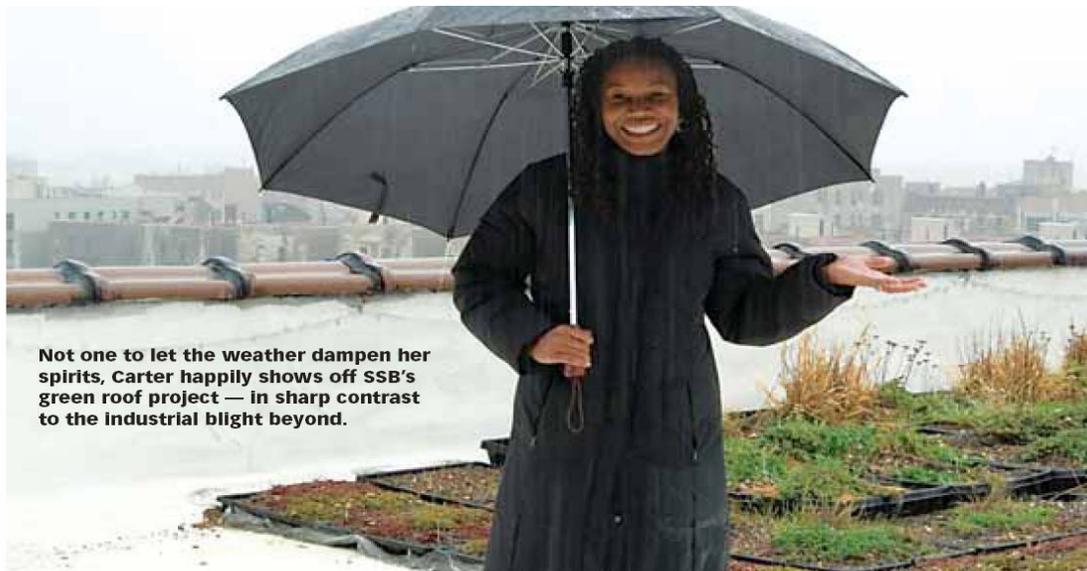


Figure 17.1 Photo de Majora Carter sur le toit vert, projet de démonstration de son agence, Sustainable South Bronx. Tirée de Doyle, 2006, page 79.

2.3.2 Société et écologie urbaine

Voici maintenant un retour sur l'organisation de coopération internationale Alternatives engagée dans le mouvement qui fait la promotion de l'écologie urbaine par l'entremise de l'agence communautaire locale Santropol Roulant à Montréal. Santropol Roulant est un organisme à but non lucratif créé à Montréal en 1995 par des jeunes qui souhaitent inventer leur propre emploi. Leur idée : distribuer des repas équilibrés et abordables aux personnes en perte d'autonomie grâce à une popote roulante qui permet aux jeunes de se déplacer à vélo. La popote roulante distribue les repas à plus d'une centaine de clients à chaque jour (Santropol Roulant, 2006). Parmi ses activités, Santropol Roulant compte aujourd'hui une liste de projets sociaux qui favorisent l'engagement social en ville grâce à des ateliers disponibles à faible coût. *Des jardins sur les toits* figurent sur la liste de projets spéciaux réalisés en partenariat avec Alternatives.

« L'idée est de promouvoir l'écologie urbaine en proposant des concepts innovants de jardinage en bac sur les toits des universités, édifices publics, et à terme balcons privés... une occasion de parfaire des modèles de vermicompostage au Santropol, et d'élaborer une vraie réflexion autour de la gestion des déchets, d'une attitude écologique, d'une meilleure qualité de vie... de façon très pragmatique, ludique et modulable » (Santropol Roulant, 2006).

Le travail de collaboration entre Alternatives et Santropol permet aux citoyens de cultiver leurs propres aliments, de verdir leur quartier et de bâtir des espaces sociaux communs (Alternatives, s.d.). Les activités de sensibilisation et d'éducation émanant du projet *Des jardins sur les toits* permettent de réunir des locataires autour d'un projet commun, de transmettre des connaissances aux enfants sur l'importance de l'écologie urbaine et la protection de l'environnement tout en servant d'exemple de développement durable en milieu urbain. *Des jardins sur les toits* a aussi donné lieu à un ouvrage sur les impacts sociaux de l'écologie urbaine du projet au cours de la saison 2006 dans *Spreading the Roots : An assessment of the social and environmental impacts of the Rooftop Garden Project on the Montreal community*. Les recherches ont porté sur l'impact social du projet sur la communauté, sur les organisations et sur les individus impliqués. Parmi les nombreux commentaires relevés dans le cadre de cette évaluation de projet de jardinage sur les toits on note :

- activité créative et productive;
- activité permettant le rapprochement du citoyen et de la nature;
- le jardin représente la diversité chez les humains et la nature;
- parmi les rares activités permettant de tisser un lien étroit entre la ville et la nature;
- répond au besoin de vouloir faire partie d'un travail valorisant d'implication sociale et environnementale;
- occasion d'apprentissage enrichissante sur l'agriculture urbaine qu'on peut mettre en la pratique à la maison (Rotem, 2006).

Les commentaires positifs accueillis eu égard au travail entrepris par Alternatives et Santropol laissent entrevoir des possibilités intéressantes pour la ville de Montréal en matière d'écologie urbaine. Des projets semblables pourraient s'avérer des initiatives sociales à succès en plus de procurer des bénéfices en matière de protection de l'environnement et le développement de l'économie.

L'exemple suivant porte sur les bénéfices sociaux observés suite l'aménagement d'un toit vert sur un ancien entrepôt de Toronto converti en immeuble à vocation commerciale et communautaire. Cet immeuble, situé au 401 Richmond, a fait l'objet d'une étude financée par Patrimoine Canada, la division culturelle de la ville de Toronto et le

ministère ontarien de la culture. L'étude a été publiée sous le titre *New Workplace Commons a study of innovative support for cultural and social enterprises in both the not-for-profit and for-profit sectors*. L'immeuble était à l'origine une fabrique d'étain (figure 18.1). Situé au centre-ville de Toronto, cet ancien entrepôt abrite maintenant les locaux de 140 entrepreneurs et petites entreprises. Les propriétaires qui ont acheté l'immeuble en 1994 souhaitent offrir un espace abordable pour les travailleurs de monde de l'art et de la culture (City of Toronto, 2007).



Figure 18.1 Photo des jardins sur le toit vert du 401 Richmond Ltd situé au centre-ville de Toronto. Tirée de Green Doors Open Ontario, s.d..

La recherche, effectuée par une équipe d'étudiants de l'université York et de l'université Ryerson, porte sur l'identification d'innovations apportées à l'immeuble pour déterminer comment celles-ci ont contribué au succès du projet. L'objectif de l'étude du 401 Richmond Ltd. : pouvoir répliquer ce modèle de résidence à vocation commerciale et communautaire qui connaît déjà beaucoup de succès.

« Visitors to 401 Richmond enter and walk freely through the building, an essential feature of an organisation which houses retail outlets and social

service groups. Access to the Loftus Lloyd Café is encouraged by signage outside the building, and the rooftop garden is quickly growing in reputation as a way for downtown buildings to contribute to the environment both inside and outside their immediate surroundings » (Cohnstaedt et al., 2003, page 57).

Les conclusions de l'étude du 401 Richmond Ltd font ressortir que les résidents perçoivent le toit vert comme un atout dans leur environnement urbain, une infrastructure qui contribue au sentiment de fierté et d'appartenance. Les locataires du 401 Richmond Ltd sentent qu'ils bénéficient d'un espace vert situé à proximité de leur résidence et de leur travail, un endroit d'agrément qu'ils peuvent partager avec le reste des locataires. Avec le 401 Richmond Ltd, on a réussi à créer un espace communautaire équilibré, presque une petite ville à l'intérieur d'une ville.

Ce survol rapide nous démontre bien que le toit vert peut servir de lieu rassembleur à partir duquel s'élaborent des projets qui contribuent à renforcer la collectivité. Son effet positif sur la santé mentale des individus paraît de plus en plus reconnu, ce qui en fait un véritable outil de développement social, en plus d'être déjà, comme on l'a vu, un instrument qui sert la cause environnementale et profite au bilan économique.

3. LES TOITS VERTS : INCITATIFS, RECHERCHE ET ÉDUCATION

Bien que l'intérêt pour la technologie de toits verts commence à se faire ressentir au Canada, il reste encore beaucoup d'étapes à franchir avant qu'on puisse arriver au même intérêt qu'on observe en Europe. Cela explique le nombre peu élevé de politiques ou de stratégies de développement en matière de construction des toits verts dans les municipalités à la grandeur du pays. Néanmoins, on retrouve au Canada certaines mesures encourageant l'adoption des toits verts. Certains de ces incitatifs sont mis de l'avant par des organisations professionnelles du bâtiment, des programmes de certification, des agences des gouvernements fédéral et provinciaux et des organismes regroupant des professionnels de l'industrie. Parmi ces organismes et ces programmes, nous retrouvons, le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa), le programme de certification de construction du bâtiment *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), les programmes de financement provinciaux et fédéraux. Parallèlement aux incitatifs de l'industrie et du gouvernement, nous retrouvons des acteurs importants impliqués dans l'éducation, la recherche et le développement de la technologie dont le Centre d'écologie urbaine de Montréal, Vivre en ville, Green Roofs for Healthy Cities, le Centre for the Advancement of Green Roof Technology du British Columbia Institute of Technology de Vancouver et le Conseil national de recherches du Canada. La section suivante examine certains de ces incitatifs en tentant de juger de leur efficacité à faire la promotion des toits verts au Canada.

3.1 Les incitatifs

Le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa) est un organisme composé de différents membres d'organismes professionnels publics et privés des domaines de la conception ou la construction des bâtiments verts au Canada. Sa mission consiste à accélérer la conception et la construction de bâtiments écologiques au Canada (Conseil du bâtiment durable du Canada, s.d.). Parmi les membres de sa liste, nous retrouvons :

- Travaux Publics et Services Gouvernementaux du Canada;
- la Société Canadienne d'Hypothèques et de Logement;

- des services publics et des fournisseurs de services énergétiques tels que Ameresco Canada et BC Hydro;
- des universités et des collèges;
- des institutions financières;
- des firmes d'architectes, de génie-conseil ainsi que des entrepreneurs et des manufacturiers.

Le Conseil du bâtiment durable du Canada travaille à consolider les connaissances et l'expertise de ses membres dans le but de transformer l'industrie du bâtiment et la diriger vers une pratique plus écologique de conception et de construction (Conseil du bâtiment durable du Canada, s.d.). Le Conseil du bâtiment durable du Canada est présent partout au Canada, y compris dans la région de l'Outaouais. Il s'agit de la Section de la Région de l'Outaouais, une société sans but lucratif favorisant la conception, la construction et la gestion durables de bâtiments dans la région d'Ottawa et de Gatineau. Le bureau de la Section de la Région de l'Outaouais est situé à Ottawa. Parmi les initiatives élaborées par le biais du Conseil du bâtiment durable du Canada, nous retrouvons LEED-Canada®. Le programme de certification de construction du bâtiment *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED®) est la certification de construction écologique la plus connue en Amérique du Nord. Mise sur pied par le *United States Green Building Council* (Conseil du bâtiment durable aux États-Unis), la certification LEED repose sur un système d'évaluation de la performance des bâtiments verts constitué d'une grille d'évaluation comprenant divers critères à respecter.

« La certification LEED est accordée à des bâtiments qui ont démontré un souci de la viabilité en respectant des normes de performance plus élevées en matière de responsabilité environnementale et d'efficacité énergétique » (Conseil du bâtiment durable du Canada, 2008).

La certification LEED-Canada (version 1.0) a été élaborée à partir de la certification LEED-NC 2.1 aux États-Unis qui tient compte du climat du pays et des pratiques et des règlements canadiens. Le processus de certification *Leadership in Energy and Environmental Design* comporte quatre grandes étapes : l'inscription du projet, la documentation, l'interprétation des crédits et la certification. Ce système d'accréditation cible non seulement les nouveaux bâtiments mais aussi les bâtiments existants où l'on souhaite effectuer une rénovation majeure. Le programme LEED-Canada® accorde des

crédits en fonction de l'évaluation de critères regroupés selon six catégories (Lawlor et al., 2006) :

1. aménagement écologique des sites;
2. gestion efficace de l'eau;
3. énergie et atmosphère;
4. matériaux et ressources;
5. qualité de l'environnement intérieur;
6. innovation et processus de design.

Le dernier critère de cette liste, sur l'innovation et le processus de design, constitue l'élément nouveau par rapport au programme de certification LEED des États-Unis. Dans le contexte de cette accréditation, l'installation des toits verts permet d'accumuler jusqu'à 11 crédits de construction LEED (Lawlor et al., 2006). Voici plus précisément comment les toits verts permettent l'accumulation de ces crédits :

- 2 crédits LEED en vertu du pointage lié aux toitures, par l'installation de toits verts destinés à réduire l'effet d'îlot thermique urbain;
- 1 crédit LEED en vertu du pointage lié à d'autres éléments que les toitures, par l'installation d'un toit vert à l'étage supérieur d'une structure de stationnement afin de réduire l'effet d'îlot thermique urbain;
- 2 deux crédits LEED pour la gestion des eaux pluviales étant donné que les toits verts réduisent le ruissellement, les pointes de crue et les matières en suspension;
- 1 crédit LEED pour les toits verts parce que les toits verts atténuent la perturbation des emplacements;
- 1 crédit LEED pour l'aménagement d'un nouvel espace vert;
- 2 crédits LEED si les végétaux utilisés sur le toit vert sont résistants à la sécheresse et ne nécessitent pas d'irrigation, ce qui améliore l'efficacité de l'immeuble sur le plan de la consommation d'eau (Lawlor et al., 2006)

Il est possible d'obtenir des crédits supplémentaires pour les toits verts si les immeubles garantissent une efficacité en matière de réduction des besoins en chauffage, en ventilation et en climatisation. Au Canada, c'est la province de Colombie-Britannique qui se situe au premier rang en matière de leadership d'agrément LEED. Au Manitoba, la coopérative de plein air Mountain Equipment Coop située à Winnipeg (figure 19.1) a

reçu la mention LEED Gold pour la conception de son immeuble qui est aussi doté d'un toit vert.



Figure 19.1 Toit vert de la coopérative de plein air Mountain Equipment Coop de Winnipeg. Tirée de Boake, 2007.

Du côté du Québec, il y existe aussi des exemples de constructions qui intègrent le toit vert dans le contexte de l'accréditation LEED.

« Le nouveau pavillon des Sciences de la vie à l'université McGill et le pavillon Lassonde à Polytechnique sont des exemples récents d'institutions qui ont utilisé les toits verts pour augmenter leur cote LEED » (Comité Verdis-toit du Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQÀM et al., 2008, page 25).

Comme la certification LEED apporte un certain prestige à un édifice, en plus de générer des économies d'énergie à long terme, l'ajout d'un toit vert s'inscrit désormais dans une stratégie globale de construction.

3.2 Incitatifs financiers et initiatives encourageant l'implantation des toits verts

Au Québec, le seul type de soutien financier directement lié aux toits verts était celui offert par Gaz Métropolitain dans le cadre du programme du Fonds en efficacité énergétique (FEE).

« Le Fonds en efficacité énergétique (FEÉ) a été créé à la suite d'une entente intervenue entre différents représentants des milieux socio-économiques et environnementaux du Québec et Gaz Métro. Cette entente a été autorisée par la Régie de l'énergie à l'automne 2000 et renouvelée jusqu'à septembre 2012 » (Fonds en efficacité énergétique, 2008).

Jusqu'en septembre 2007, les clients de Gaz Métropolitain pouvaient avoir accès à une subvention de près de 54 \$/m² sans aucune restriction quant à la taille du projet. Toutefois, cette subvention pour les toits verts n'existe plus suite à l'étude des résultats de plusieurs recherches révélant des bénéfices en matière d'efficacité énergétique beaucoup plus importants en été qu'en hiver (Comité Verdis-toit du Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQÀM et al., 2008). Même si les bénéfices en matière d'efficacité énergétique sont plus importants en été comparé à ceux notés en hiver, ils sont suffisamment grands pour justifier de maintenir ce type de soutien financier.

Pour la ville de Toronto, tel que décrit précédemment, il existe une politique des toits verts depuis 2006. Il s'agit de *Green Roof Strategy*, accompagnée d'un programme incitatif de plantation des toits verts sous forme de projet-pilote qui s'est avéré un succès. En 2007, la ville de Toronto a approuvé trente demandes pour des projets d'aménagement de toits verts de type extensifs et intensifs (City of Toronto, s.d.). Tous ces projets ont reçu du financement par le biais du programme *Green Roof Pilot Program*. Avec ce programme, la ville de Toronto vise à atteindre les objectifs suivants :

- multiplication des constructions de différents types de toits verts qui pourraient servir de modèles;
- occasion de présenter des exemples réels de technologies des toits verts;
- octroyer une subvention de 50.00 \$ par mètre carré pour les projets admissibles à l'aménagement d'un toit vert pouvant aller jusqu'à 10 000 \$ pour les maisons unifamiliales et un maximum de 100 000 \$ pour tout autre type de propriété située dans la ville de Toronto (City of Toronto, s.d.).

Pour pouvoir bénéficier de la subvention du *Green Roof Pilot Program*, certains critères doivent être respectés :

- démontrer que le toit de l'immeuble ou de la résidence répond aux critères en matière de capacité portante pour l'aménagement d'un toit vert;
- garantir un couvert végétal du toit vert sur plus de 50 % de la surface du toit de l'immeuble;
- garantir un toit vert composé d'une variété de plantes (pas de monoculture);
- démontrer que le toit vert proposé contient un substrat d'au moins 15 cm dans le cas des nouveaux édifices.

Pour en connaître plus, il est possible d'obtenir des renseignements détaillés via le site Web de la ville de Toronto qui consacre une section importante aux toits verts.

À Ottawa, bien qu'il n'existe pas d'incitatifs directement liés aux toits verts, la municipalité d'Ottawa envisage toutefois la possibilité d'aménagement de toits verts sur les installations municipales nécessitant un remplacement de toiture (Annexe I). La ville étudie aussi la possibilité de développer un projet pilote, plus précisément, dans le cadre du

« projet de réfection de la rue Wellington Ouest, la Ville étudie la possibilité de mener un projet pilote visant à offrir une aide financière aux propriétaires d'immeubles qui voudraient installer des toits verts » (Ville d'Ottawa, 2008).

Selon l'urbaniste de la ville d'Ottawa, David Miller, la ville d'Ottawa attend de connaître le niveau d'intérêt des propriétaires visés par le projet.

3.3 Toits verts : recherche et éducation

À Montréal, il existe un organisme d'action sociale et environnementale qui joue un rôle dynamique dans la recherche et le développement de la technologie des toits verts à l'échelle locale. Il s'agit du Centre d'écologie urbaine de Montréal dont la mission consiste à développer et à partager une expertise en matière de stratégies les plus viables de développement urbain et leur mise en œuvre dans les quartiers. Le Centre d'écologie urbaine de Montréal se veut un laboratoire d'idées novatrices qui accorde une importance particulière à l'action sociale (Centre d'écologie urbaine de Montréal, 2007). Le travail s'effectue au moyen d'outils et d'instruments d'éducation parmi lesquels figurent un centre de documentation et d'accès Internet, des nouveaux modèles écologiques de construction et de design urbain; l'éducation populaire et la consultation, des séminaires et des conférences. Parmi les projets du Centre d'écologie urbaine de Montréal, figure le projet de démonstration de toits vert construit en juillet 2005 sur le toit vert de la coopérative de la *Petite cité* située dans le quartier de Milton-Parc localisé tout près du quartier d'affaires de Montréal (figures 20.1 et 20.2). Le choix de site a été fait en fonction de sa population diversifiée provenant des milieux universitaires et la présence de coopératives d'habitation sans but lucratif.

« Ce toit vert est muni d'instruments scientifiques servant à documenter son impact sur la rétention des eaux pluviales ainsi que sur la température

intérieure et la consommation d'énergie de l'habitation en-dessous. Les données ainsi générées serviront à encourager les acteurs des secteurs public et privé à mettre en place des politiques et mesures incitatives visant à stimuler le marché des toits verts » (Centre d'écologie urbaine de Montréal, 2007).

Les images suivantes permettent de visualiser l'évolution du projet pilote du toit vert construit sur la coopérative de la Petite cité.



Figure 20.1 Toiture de la coopérative de la Petite cité avant la réalisation du projet pilote de toit vert par le Centre d'écologie urbaine de Montréal. Tirée de Rose, s.d.



Figure 20.2 Toit vert du Centre d'écologie urbaine de Montréal au printemps 2006. Tirée de Rose, s.d.

Voici un autre exemple d'organisation vouée aussi à la recherche et à la promotion de l'implantation des toits verts au Québec. Il s'agit de Vivre en ville, un organisme sans but lucratif dont la mission consiste à promouvoir les collectivités durables situées dans la ville de Québec.

« Dans le cadre de sa mission qui vise à rechercher, innover et démontrer les bienfaits du développement viable des collectivités, Vivre en ville a créé trois nouveaux concepts techniques de végétalisation de bâtiments, soit une toiture ultra légère végétale, un mur végétal et des corniches végétales » (Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs, 2006).

En 2005, l'organisme passe à l'action par l'entremise d'une recherche et d'un projet pilote de toits verts semi-extensifs et de murs végétaux dans la ville de Québec (SCHL, 2007). Les résultats des recherches ont dépassé les objectifs initiaux du projet ce qui laisse entrevoir la possibilité d'une application à plus grande échelle au Québec. Le travail de Vivre en Ville a permis de sensibiliser le secteur public aux divers bénéfices environnementaux associés à l'implantation des toits verts au Québec. On peut espérer que cet organisme de la capitale provinciale en inspire d'autres à agir dans le même sens.

À l'échelle du Canada, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) effectue un travail important de recherche et de promotion de l'infrastructure des toits verts. La Société canadienne d'hypothèques et de logement est l'organisme fédéral responsable de l'habitation au Canada (SCHL, 2008). Sa mission : permettre l'accès à tous les citoyens du pays à une grande variété de logements de qualité et à coût abordable. La Société canadienne d'hypothèques et de logement

« favorise la création de collectivités et de villes dynamiques et saines partout au pays. La SCHL travaille à améliorer les options financières en ce qui a trait à l'habitation au Canada; elle aide les Canadiens à faible revenu à accéder à la propriété; elle améliore les normes en matière de construction d'habitation et donne aux responsables des politiques l'information et l'analyse dont ils ont besoin pour assurer la prospérité du marché de l'habitation au Canada » (SCHL, 2008).

La Société canadienne d'hypothèques et de logement, en partenariat avec d'autres organismes fédéraux, dont le Conseil national de recherches du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux ainsi que le gouvernement provincial, a contribué de manière importante à la réalisation et à la publication de nombreux projets de recherche sur la technologie des toits verts. Les recherches publiées sur les toits verts en collaboration avec la SCHL sont consacrées à l'étude de leur développement dans le contexte de l'industrie au Canada. La SCHL offre aussi plusieurs renseignements sur l'état de la situation et de l'évolution des toits verts au Canada et ailleurs dans le monde, notamment en résumant le travail effectué à ce jour en matière de développement des

politiques. Dans l'ouvrage *Toits Verts. Manuel de ressources destiné aux décideurs municipaux* (2006), la Société canadienne d'hypothèques et de logement suggère un modèle d'élaboration de politique des toits verts qui se résume à six étapes (tableau 4.1). La démarche proposée par la SCHL s'avère un outil pratique qui pourrait être facilement repris ou adapté par une municipalité intéressée à élaborer une politique des toits verts sur son territoire

Tableau 4.1 Élaboration d'une politique des toits verts selon la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Phase 1	Introduction et sensibilisation	Au cours de cette phase, l'administration publique étudie les mérites et les avantages environnementaux des toits verts. Une municipalité peut, par exemple, tenir un atelier sur la question, déléguer des représentants à un congrès consacré aux toits verts ou visiter une collectivité qui possède déjà des toits verts ou une politique à l'égard des toits verts.
Phase 2	Engagement de la collectivité	Le champion de l'endroit ou le comité sur les toits verts peut chercher à mettre en œuvre un certain nombre de méthodes novatrices pour faire la promotion des toits verts. Dans le but de susciter l'adhésion au principe des toits verts, cette personne peut convoquer à des réunions des chefs de file de collectivités, des maires, des architectes, des spécialistes de l'aménagement paysager, des propriétaires d'immeubles et des groupes environnementalistes. Cette phase est l'occasion de solliciter et de négocier du financement auprès des administrateurs de programmes, des services publics ou des entreprises spécialisées dans les toits verts.
Phase 3	Élaboration et mise en œuvre d'un plan d'action	La municipalité ou la collectivité peut inviter des chefs de files clés de la collectivité à former un comité consultatif ou un comité de travail consacré aux toits verts. Elle peut aussi lancer un projet de démonstration de toit.
Phase 4	Recherche technique	Le comité consultatif local consacré aux toits verts et/ou le(s) champion(s) local/locaux, de même qu'un éventuel consortium de partenariats publics-privés conviennent d'un site de recherche.
Phase 5	Élaboration des programmes et des politiques	Le comité consultatif sur les toits verts peut élargir la participation en accueillant davantage de spécialistes, notamment des architectes paysagistes, des horticulteurs, des concepteurs et des urbanistes à l'emploi d'une ville. Cette phase permet de traduire les résultats des recherches locales et régionales en des mécanismes d'intervention et en des propositions de politiques. L'exercice vise aussi à trouver des mesures destinées à encourager les entrepreneurs, les promoteurs et les propriétaires immobiliers à aménager des toits verts sur les nouveaux immeubles ou sur les immeubles qu'ils rénovent. Ces mesures peuvent prendre la forme d'incitatifs financiers, de crédits d'impôt ou de primes à la densité.
Phase 6	Amélioration permanente	Au cours de cette phase, l'administration publique maîtrise bien la technologie des toits verts. Elle en est à évaluer l'efficacité des politiques et des programmes et à décider si elle doit poursuivre dans la même veine ou envisager de nouvelles pistes de solutions. La phase 6 consiste normalement à sonder d'autres possibilités d'action ou à envisager de nouvelles recherches pour perfectionner les programmes existants.

Modifié de Lawlor et al., 2006, pages 12-13.

Cette démarche s'avère un outil pratique d'analyse sur la politique des toits verts qui permet de situer et de comparer l'évolution de l'implantation des toits verts aussi bien à l'échelle nationale qu'à l'échelle internationale. Malgré l'augmentation de constructions des toits verts observées notamment à Montréal et à Vancouver, Toronto demeure la seule détenant un programme clairement défini en matière de politique de toit vert.

L'organisation suivante, désormais très connue du milieu des partisans des toits verts joue un rôle très important dans la promotion des toits verts. Il s'agit de l'association *Green Roofs for Healthy Cities* (GRHC), un réseau à but non lucratif regroupant une variété d'entrepreneurs publics et privés spécialisés dans domaine de la construction et de l'architecture des toits verts. La mission de *Green Roofs for Healthy Cities* consiste à promouvoir les connaissances des bénéfiques sur les toits verts dans le but de multiplier l'aménagement des toits verts en Amérique du Nord (Ressources Naturelles Canada, 2007). La création de l'organisation en 1999 par l'architecte Stephen Peck est une conséquence directe du projet de recherche sur le potentiel d'une industrie de l'implantation des toits verts au Canada intitulé *Greenbacks from Green Roofs : Forging a New Industry in Canada*. Il s'agit de l'étude menée par les architectes Steven Peck et Monica Kuhn, le chercheur spécialisé dans les toits verts, le Dr. Brad Bass d'Environnement Canada ainsi que Chris Callaghan de Ressources naturelles Canada. Le nom officiel de l'association est *Green Roofs for Healthy Cities - North America Inc.* et forme aujourd'hui une organisation de plus de 5000 membres, la plus importante dans la promotion de la technologie des toits verts partout en Amérique du Nord (greeroofs.org). Parmi ses réalisations, on retrouve :

- le développement de la recherche du projet de démonstration des toits verts par le biais du toit de la mairie de Toronto;
- l'organisation d'une conférence internationale sur les toits verts à chaque année depuis 2004;
- un travail de collaboration avec plusieurs villes nord américaines dans le développement des politiques et incitatif d'implantation des toits verts;
- la création d'un prix d'excellence accordé aux toits verts;
- un travail de collaboration avec les gouvernements fédéraux pour offrir des ateliers sur les toits verts;
- le développement d'un programme d'accréditation et de formation des concepteurs des toits verts (Green Roofs for Healthy Cities, 2008).

Le programme de formation de *Green Roofs for Healthy Cities - North America Inc.* cible les professionnels de la construction. La formation comporte trois cours permettant d'accéder à l'étape finale de la reconnaissance professionnelle. Pour obtenir l'agrément, les constructeurs devront en outre se présenter à un examen final prévu pour 2009 (Ressources Naturelles Canada, 2007). Les détails sur la formation sont disponibles sur le site web de *Green Roofs for Healthy Cities - North America Inc.* (www.greenroofs.org) où il est possible de retrouver une variété de publications sur la technologie des toits verts. Le site web de *Green Roofs for Healthy Cities* comporte de plus une base de données où il est possible d'obtenir des renseignements sur les différents bénéfices procurés par l'aménagement des toits verts. Il est intéressant de mentionner, dans le contexte de sa mission éducative, que *Green Roofs for Healthy Cities - North America Inc.* a organisé un atelier sur l'infrastructure des toits verts à Ottawa en 2001. La tenue de cet atelier s'est effectuée en collaboration avec le Conseil national de recherches en partenariat avec Environnement Canada et la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Si on se déplace un peu plus à l'Ouest du Canada, pour se rendre jusqu'en Colombie-Britannique, on retrouve un autre type d'organisme important engagé lui aussi dans le mouvement des toits verts. Il est question du *Centre for the Advancement of Green Roof Technology* situé à Vancouver. C'est organisme se veut un centre de recherches appliquées en matière de développement de la technologie des toits verts dans l'Ouest du Canada, en particulier, dans le contexte du climat côtier de la Colombie-Britannique. Le *Centre for the Advancement of Green Roof Technology* de Vancouver fait partie du *British Columbia Institute of Technology*. Fondé en 2002, le *Centre for the Advancement of Green Roof Technology* de Vancouver est né au terme d'un atelier sur les toits verts regroupant différents représentants publics et privés qui a eu lieu à Vancouver en 2002. (*Centre for the Advancement of Green Roof Technology*, 2005). Les participants de l'atelier sur les toits cherchaient alors à obtenir des détails plus précis sur les enjeux liés à la performance des toits verts dans le contexte du climat de l'Ouest Canadien. Jusque là, peu de recherches sur l'évaluation de la performance et de faisabilité des toits verts avaient été effectuées en Colombie-Britannique. Le *Centre for the Advancement of Green Roof Technology* de Vancouver est donc venu combler le vide en matière de recherches sur la technologie des toits verts nécessaire pour convaincre l'industrie et les particuliers de participer au développement de marché.

Les travaux de recherches du *Centre for the Advancement of Green Roof Technology* de Vancouver se déroulent en deux étapes. La première étape est une série de publications consacrées à mesurer la performance des toits verts en matière de gestion des eaux de ruissellement urbain, la durabilité de la membrane du toit ainsi que la performance thermique dans le contexte du climat côtier de la Colombie-Britannique. La deuxième étape de recherches est vouée à l'étude de la performance acoustique des toits verts, des murs végétaux, de la biodiversité ainsi que la recherche des matériaux dans la conception des toits verts (*The Centre for the Advancement of Green Roof Technology*, 2005). Tout comme les autres regroupements et associations de toits verts, le *Centre for the Advancement of Green Roof Technology* de Vancouver consacre aussi une partie de ses activités à l'éducation et à la sensibilisation du public par rapport aux bénéfices que peuvent procurer les toits verts par la création de projets pilotes. Cette année, le *British Columbia Institute of Technology* bénéficiera d'un investissement intéressant de la part du gouvernement fédéral, ce qui démontre un intérêt de la part du gouvernement du Canada pour les solutions aux problèmes liés à la pollution urbaine.

« Un investissement fédéral de 500 000 \$ et une contribution de 25 000 \$ permettront de développer des projets de recherche appliquée et de démonstration dans le domaine des technologies de toits et de murs verts » (*Diversification de l'économie de l'Ouest Canada*, 2008).

4. ANALYSE ET RECOMMANDATIONS

Les nombreux textes étudiés dans le cadre cet essai donnent à penser que la technologie des toits verts s'insérera sans doute dans le contexte d'une nouvelle façon de construire des immeubles plus écologiques en milieu urbain. Les toits verts s'ajoutent aux différentes solutions et moyens d'adaptation qui s'offrent aux villes dans leur lutte contre les effets associés à l'urbanisme intensif parmi lesquels on retrouve la diminution des espaces naturels, l'augmentation de la température, l'augmentation des épisodes de smog, le débordement des eaux pluviales ainsi que les effets négatifs observés par la diminution des espaces récréatifs. Les toits verts apparaissent aussi comme solution envisageable parmi d'autres pour contrer les changements climatiques. Cette pratique s'avère intéressante dans le contexte d'une population mondiale de plus en plus urbanisée. Aujourd'hui plus de la moitié de la population mondiale habitent les régions urbaines de la planète (Oyeleran and Yemeru, 2006). Cette accélération de l'urbanisation observée aux cours des dernières années produit un impact important sur l'augmentation du réchauffement planétaire. L'ensemble des villes de la terre consomme 80 % de l'énergie produite partout dans le monde et est responsable pour 75 % des émissions responsables du changement climatique (Oyeleran and Yemeru, 2006).

Cependant, les toits verts ne peuvent à eux seuls constituer la solution aux nombreux problèmes associés aux changements climatiques en milieu urbain. Ils s'ajoutent à une série de mesures et de petits gestes qui dans l'ensemble peuvent contribuer à améliorer la qualité de l'environnement, de la société et de l'économie. Comme le ministère français de l'Écologie et du Développement durable a d'ailleurs reconnu la force de l'impact des petits gestes pour l'environnement dans sa campagne de sensibilisation «Il n'y a pas de petits gestes quand on est 60 millions à les faire». De manière semblable, les citoyens habitant les milieux urbains devront aussi poser un geste pour améliorer la qualité de l'environnement de leurs villes notamment dans leurs choix d'habitation.

On doit encourager l'adoption des toits verts tout en s'assurant que la technologie sous-jacente soit intégrée de façon efficace, c'est-à-dire, sans négliger tous les aspects des bénéfiques qu'ils peuvent engendrer autant au plan économique que social et environnemental.

4.2 Les toits verts : comparaison entre le Canada et les États-Unis

En comparant l'état d'avancement de la technologie des toits verts en Amérique du Nord, on remarque toutefois que la multiplication des projets de verdissement des toits évolue plus rapidement du côté des États-Unis que du côté du Canada. Cette évolution rapide de l'intégration des toits verts aux États-Unis est notamment attribuable à l'encadrement réglementaire fourni par les municipalités grâce entre autres à l'intérêt manifesté par les dirigeants comme c'est le cas pour la ville de Chicago et son maire Richard Daley. Du côté du Canada, bien que les projets commencent à apparaître dans les revues de presse, dans l'actualité et les émissions télévisuelles, la technologie se voit surtout réservée aux toitures des plus importants. Du côté du domaine résidentiel, c'est loin d'être une réalité accessible à tous. Les coûts sont trop importants et les connaissances sur la performance des toits verts dans ce secteur ne sont pas suffisantes pour convaincre les citoyens à construire une toiture verte. Même pour les résidents qui souhaitent se doter d'un toit vert, les démarches du côté du financement peuvent s'avérer complexes étant donné le peu de renseignements sur la technologie auprès des institutions financières ou des assureurs qui peuvent exiger le certificat d'un architecte ou d'un ingénieur sans oublier un accès au toit pour l'entretien. Le Canada a aussi l'excuse de devoir prendre en compte des quantités de neige plus importantes que son voisin du Sud, ce qui continue de favoriser les toits à forte pente.

4.3 Performance et bénéfices des toits verts

En matière d'efficacité énergétique et de potentiel de réduction des gaz à effet de serre, les conclusions n'ont pas encore été tirées. Certaines mises au point restent à faire pour maîtriser la technologie de manière à la rendre efficace d'un bout à l'autre du pays en été comme en hiver. Comme nous l'avons vu, la performance des toits verts n'est pas la même d'une ville à l'autre puisque le climat n'est pas le même d'une ville à l'autre. D'une part, les futurs projets de toits verts faciliteront la promotion de l'adoption de cette pratique. D'autre part, les expériences de construction de toits verts à venir permettront l'optimisation des bénéfices qui en découlent. L'industrie est encore en rodage. À la lumière des résultats exposés dans les textes consultés, on constate par exemple que les études sur les bénéfices sociaux ne sont pas assez nombreux et que les projets sont

surtout concentrés en ce moment dans les grandes métropoles comme Montréal et Toronto. En ce sens, il reste du travail à faire pour explorer la contribution sociale des toits verts ou des jardins sur le toit dans le contexte d'un projet communautaire ou de quartier dans d'autres centres urbains du Canada.

En ce qui concerne les nombreux bénéfices engendrés par les toits verts en matière d'efficacité énergétique, de réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain et de réduction du ruissellement des eaux pluviales, on constate que ces bénéfices sont optimisés s'ils sont agencés à d'autres mesures qui permettent la réduction de la consommation d'énergie et l'amélioration de la qualité de l'environnement dans les lieux urbains. Par exemple, le Musée canadien de la guerre à Ottawa comporte non seulement une des plus grandes superficies de toit vert en Amérique du Nord, mais il comporte également une série d'autres atouts en matière d'économie d'énergie et de réduction d'utilisation de l'eau. De la construction à la réalisation du projet, tout l'immeuble a été conçu de manière à restreindre le plus possible l'empreinte écologique. Il serait intéressant qu'à titre de région de la capitale nationale du pays, le gouvernement encourage cette pratique en multipliant ce genre de projets exemplaires qui peuvent être repris à plus petite échelle en ciblant par exemple les immeubles institutionnels et publics, comme les centres communautaires, les universités de la région. Les milieux institutionnels comme les universités et les CÉGEP sont des terrains favorables à l'intégration des nouvelles pratiques en matière de développement durable étant donné que ce sont des milieux qui se veulent à l'avant-garde des nouvelles technologies.

4.4 Quelques suggestions en matière de promotion des toits verts

Pour le Canada, les nombreux cas étudiés ont permis de constater que la recherche des bénéfices associés aux toits verts semble surtout s'effectuer par l'entremise de projets financés par le gouvernement fédéral et l'industrie regroupant les joueurs du secteur de l'habitation et de la construction. Bien que les organisations comme *Green Roofs for Healthy Cities*, le Centre d'écologie urbaine de Montréal, et Vivre en Ville de Québec effectuent un travail remarquable dans la promotion de la technologie des toits verts, leur portée régionale est trop limitée, il faudrait développer une association ou un regroupement semblable dans d'autres milieux urbains car les exemples de

constructions de toits verts restent encore très peu nombreux dans la plupart des municipalités où l'information n'est pas nécessairement diffusée. Par exemple, dans le contexte de la ville d'Ottawa, bien qu'il y ait déjà eu des ateliers regroupant des spécialistes du secteur de l'habitation, il serait intéressant de tenir une journée de type portes ouvertes ou un atelier avec visite de toit vert pour sensibiliser les gens aux avantages de tels aménagements. Cette activité pourrait être effectuée dans le contexte d'activités se déroulant au cours de la semaine nationale de l'environnement ou même lors de la journée internationale de la Terre.

Sur le plan de la province, il y aurait peut-être lieu d'approcher tous les commerces de type «grande surface» pour les inclure dans le mouvement des toits verts. Cette approche pourrait être appuyée par un crédit d'impôt par exemple ou encore de partenariats publics et privés. Les immenses toitures plates de Wal-Mart ou de Canadian Tire se prêteraient bien à ce projet.

Dans le contexte municipal, il serait intéressant de trouver une manière de partager ou de faire circuler l'information au sujet des projets qui ont connu un succès. Cela pourrait commencer par l'ajout d'exemples d'aménagement des toits verts sur le site Web de la ville. Fournir des renseignements dans les milieux scolaires de manière à ce que les plus jeunes soient au courant de ce qui existe et qu'ils grandissent en se familiarisant avec la technologie des toits verts, serait aussi un investissement valable; après tout, les écoliers d'aujourd'hui sont les bâtisseurs de maisons de demain.

Au niveau institutionnel, il serait intéressant de multiplier les projets de démonstrations en ciblant les CÉGEP et collèges à vocation technique qui constituent des milieux favorables au développement des pratiques et des connaissances en matière de nouvelles technologies car pour que l'industrie du toit vert se développe, il ne suffit pas de créer une demande du public, il faut aussi s'assurer de former une main d'œuvre qualifiée capable de répondre à la demande.

CONCLUSION

Les nombreux cas de toits verts examinés dans le cadre du travail de cet essai semblent indiquer qu'une place de plus en plus importante sera accordée à leur intégration dans les villes du Québec et du Canada. Les recherches sur la technologie des toits verts ainsi que les nombreux projets de démonstration font progresser l'intérêt des gens de l'industrie, du gouvernement et les citoyens des milieux urbains, qui commencent à voir que les toits verts possèdent en effet de nombreux bénéfices. Toutefois, le Canada et le Québec sont encore loin derrière et en retard sur les États-Unis. Même si la superficie en mètres carrés d'aménagement de toits verts augmente à chaque année, on constate toutefois que les projets restent peu nombreux, tout comme les incitatifs, et que l'information n'est pas encore facilement accessible.

On constate que l'aménagement des toits verts, même à petite échelle, peut faire partie des nouvelles solutions pour faire face à certains problèmes que doivent affronter les municipalités : gérer de manière plus efficace la pollution en ville, l'effet d'îlot de chaleur urbain, les eaux de ruissellement urbain, créer des espaces verts récréatifs et ce, tout en améliorant la qualité de la vie de ses citoyens. Les études ont démontré que la technologie des toits verts est bénéfique sur le plan du développement durable en plus de bénéficier à l'image des propriétaires des immeubles qui sont coiffés ainsi.

L'aménagement des toits verts est une pratique en évolution rapide surtout au cours des dernières années. Une simple recherche sur Internet suffit pour constater que beaucoup de rassemblements de professionnels du milieu de la construction et de l'architecture, de colloques, de symposiums, d'ateliers et de rencontres sur les toits verts sont prévus au calendrier national et international des mois à venir. Une fois que l'industrie du toit vert aura pris de l'élan, il est probable que la technologie soit adaptée au secteur résidentiel, et que les coûts de construction vont se rapprocher de ceux d'une toiture conventionnelle, ce qui va ouvrir la voie à une prolifération des toits verts pour le bénéfice collectif.

RÉFÉRENCES

- Agence France-Presse Oslo (2007). Le prix Nobel de la paix à Al Gore et au GIEC. *La Presse*, 12 octobre. [En ligne].
<http://www.cyberpresse.ca/apps/pbcs.dll/article?AID=/20071012/CPMONDE/71012005/1014/CPMONDE> (Page consultée le 25 mai 2008)
- Alternatives (s.d.). [En ligne]. <http://www.alternatives.ca/rubrique162.html>
(Page consultée le 10 juin, 2008)
- Association Canadienne du Ciment (2007). Conception de pointe. Musée canadien de la guerre. [En ligne].
<http://www.cement.ca/cement.nsf/f/00E72FB71ED78CF5852571000052D65F?OpenDocument> (Page consultée le 13 août 2008)
- Banque du Canada (2008). Convertisseur de devises. [En ligne].
<http://www.bank-banque-canada.ca/fr/taux/convertisseur.html>
(Page consultée le 14 juillet 2008)
- Banting, D., Doshi, H., Li, J. and Missios, P. (2005). Report on the Environmental Benefits and Costs of Green Roof Technology for the City of Toronto, Department of Architectural Science, Ryerson University. 88 p.
- Bass, B. (2007). Green Roofs and Green Walls: Potential Energy Savings in the Winter : Report on Phase 1. *Adaptation & Impacts Research Division, Environment Canada at the University of Toronto, Centre for Environment*, 31 mars. 27p. [En ligne].
(Page consultée le 22 mai 2008)
- BKL Consultants in Acoustics (2008). A Guide to Green Building Acoustics. 4 p. [En ligne]. http://www.bkl.ca/sites/bkl/files/green_building_acoustics.pdf
(Page consultée le 7 août 2008)
- Boake, T. M. (2007). Case Studies in Canadian Sustainable Design : Image Gallery : Mountain Equipment Coop. Prairie Architects. Winnipeg, Manitoba. [En ligne].
http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/sustain_casestudies/mec_winnipeg.html (Page consultée le 7 août 2008)
- Boucher, I. (2006). Les toits verts. Document en veille. Les toits verts. *Ministère des Affaires municipales et des régions du Québec*, septembre. 8 p. [En ligne].
http://www.mamr.gouv.qc.ca/publications/obse_muni/obse_toits_verts.pdf
(Page consultée le 7 juillet 2008)
- Canada. Environnement Canada (2007). La science canadienne derrière le quatrième rapport d'évaluation du GIEC – un succès ! [En ligne].
<http://www.ec.gc.ca/scitech/default.asp?lang=Fr&n=D95A835E-1>
(Page consultée le 27 mai 2008)

Canada. Environnement Canada (2006). La technologie des toits verts adaptée aux climats froids. *Envirozine. L'actualité environnementale canadienne*. No. 62. [En ligne]. http://www.ec.gc.ca/EnviroZine/french/issues/62/feature2_f.cfm (Page consultée le 3 mai 2008)

Canada. Environnement Canada (2005.). Les nouvelles technologies ou les technologies « propres ». Toits verts pour des villes en santé. [En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/pp/fr/storyoutput.cfm?storyid=93> (Page consultée le 7 mai 2008)

Canada. Environnement Canada (2004). Tendances relatives aux sources et aux puits de GES au Canada 1990-2004. [En ligne]. http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/2004_trends/2004_trends_f.pdf (Page consultée le 10 juin 2008)

Canada. Environnement Canada (2003). Le pluvier siffleur. [En ligne]. http://www.atl.ec.gc.ca/wildlife/plover/index_f.html (Page consultée le 20 juin 2008)

Canada. Environnement Canada (2002). Un horizon vert pour nos villes. juillet/août 2002. *Envirozine. Bulletin Science et Environnement*. No. 69. [En ligne]. http://www.ec.gc.ca/science/sandejuly99/article2_f.html (Page consultée le 24 mai 2008)

Canada. Conseil national de recherches du Canada (2002). Communiqué, 9 octobre, Le gouvernement du Canada annonce que la multiplication des toitures-jardins réduirait grandement les gaz à effet de serre et améliorerait la qualité de l'air. [En ligne]. http://www.nrc-cnrc.gc.ca/newsroom/news/2002/green02_f.html (Page consultée le 23 mai, 2008)

Canada. Conseil national de recherches du Canada (2002). Un projet pour quantifier les avantages des terrasses-jardins. Hiver. *Innovation en Construction, Volume 7, Numéro 1*. [En ligne]. http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/ci/v7no1/v7no1_11_f.html (Page consultée le 7 mai 2008)

Canada. Diversification de l'économie de l'Ouest Canada (2008). Communiqué, 24 mai, Le gouvernement du Canada investit plus de 500 000 \$ dans le secteur des bâtiments écologiques de la Colombie-Britannique. [En ligne]. http://www.wd.gc.ca/77_10423_FRC_ASP.asp. (Page consultée le 16 juillet 2008)

Canada. Gouvernement du Canada (2008). Maisons jumelles. [En ligne]. http://www.ccht-cctr.gc.ca/twinhouses_f.html (Page consultée le 20 juin, 2008)

Canada. Ressources Naturelles Canada (2007). La dynamique association Green Roofs for Healthy Cities offre un nouveau cours. *Bulletin l'Enjeu*, 15 mai, vol. XII, no 10. [En ligne]. <http://www.oee.nrcan.gc.ca/industriel/info-technique/bibliotheque/bulletin/archives-2008/Vol-xii-no-10-15mai.cfm?attr=24> (Page consultée le 13 mai, 2008)

Chandler, M. (2008). Tête à tête avec Stephen Peck, le gourou des toits verts. *Innovation Canada*. [En ligne]. <http://www.innovationcanada.ca/fr/articles/i2eye-with-steven-peck> (Page consultée le 27 juillet, 2008)

Chartier, D. (2008). La vision de Frederick Law Olmsted relative au Mont-Royal. Une réflexion sur l'héritage légué par Olmsted lors de la création du parc, en relation avec le processus de restauration et de réaménagement. Préliminaire 2 avril. *Ville de Montréal. Direction des grands parcs et de la nature en ville. Service du développement culturel, de la qualité du milieu de vie et de la diversité ethnoculturelle*. 49 p. [En ligne]. <http://www2.ville.montreal.qc.ca/ocpm/pdf/P24/3c2.pdf> (Page consultée le 6 août 2008)

Cohnstaedt, J., Shields, J., MacDonald, M., Bottomley, A., Poetker, K., Stewart, E. (2003), *New Workplace Commons : a study of innovative support for cultural and social enterprises in both the not-for-profit and for-profit sectors. Graduate Programme in Communication and Culture Ryerson University & York University Toronto*. 105 p. [En ligne]. <http://www.401richmond.net/building/WorkplaceCommonsReport.pdf> (Page consultée le 12 août 2008)

Comité Verdis-toit du Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQÀM , Centre d'écologie urbaine de Montréal en collaboration avec le Comité institutionnel de la Politique environnementale de l'UQAM (2008) "*Toitures végétales. Implantation de toits verts en milieu institutionnel. Étude de cas : UQAM*" réalisée par Antoine Trottier. 80 p.

Centre for the Advancement of Green Roof Technology (2005). [En ligne]. <http://commons.bcit.ca/greenroof/> (Page consultée le 10 juillet 2008)

City Farmer News (s.d.). Nelson Mandela- Prisoner, Rooftop Food Gardener. [En ligne]. <http://www.cityfarmer.info/nelson-mandela-prisoner-rooftop-food-gardener/> (Page consultée le 27 juillet 2008)

City of Chicago (s.d.) Monitoring the Rooftop Garden's Benefits. [En ligne]. http://www.cityofchicago.org/webportal/COCWebPortal/COC_ATTACH/temperature.pdf (Page consultée le 27 avril, 2008)

City of Chicago (s.d.). Department of Environment. Initiatives & Programs. Green Roofs. City Hall Rooftop Garden. Rooftop Garden Photo Gallery. Summer 2004. [En ligne]. <http://www.CityofChicago.org>. (Page consultée le 28 avril, 2008)

City of New York Economic Development Corporation and Sustainable South Bronx (2006). South Bronx Greenway. Executive Summary. Prepared by Mathews Nielsen Landscape Architects, PC. 10 p. [En ligne]. <http://www.ssbx.org/documents/SouthBronxGreenwayExecSummarySection1.pdf> (Page consultée le 7 août 2008)

City of Toronto (s.d.) Toronto City Hall tour -The Green Roofs Demonstration Project. *Photo courtesy of Green Roofs for Healthy Cities* [En ligne]. (Page consultée le 12 juin 2008)

City of Toronto (s.d.). Pilot Program background. [En ligne].
<http://www.toronto.ca/greenroofs/incentiveprogram.htm>
(Page consultée le 19 juin 2008)

Conseil du bâtiment durable du Canada (s.d.). Vue d'ensemble. [En ligne]
http://www.cagbc.org/initiatives/vue_densemble.php?lang=FR
(Page consultée le 15 juin 2008)

Doyle, A. (2006). Majora Carter. Not Your Ordinary Environmental Leader. *Leading By Example*, décembre 2006. p. 78-83. [En ligne].
<http://www.ssbx.org/documents/2006.12.15CONVENELeadingbyexampleCarter.pdf>
(Page consultée le 10 août 2008)

L'Express.fr (2007). L'homme responsable du réchauffement climatique. 2 février.
L'Express.fr. [En ligne].
http://www.lexpress.fr/actualite/monde/l-homme-a-bien-deregle-le-climat_462656.html
(Page consultée le 28 avril 2008)

Fédération canadienne des municipalités (2007). Prix des collectivités viables. Gagnants 2000-2007. [En ligne].
http://www.collectivitesviables.fcm.ca/files/FCM_and_CH2M_HILL_Awards/2007_Awards/Toronto_-_Ontario-Fr.pdf
(Page consultée le 23 juin 2008)

Fonds de durabilité des Grands Lacs (2004). Démonstration de la technologie des toitures vertes dans le secteur préoccupant de Toronto. *Bassin en bref- Le bulletin d'information officiel du Fonds de durabilité des Grands Lacs*, été 2004. [En ligne].
<http://sustainabilityfund.qc.ca/default.asp?lang=Fr&n=5D1ECCE7-1>
(Page consultée le 26 juillet 2008)

Fonds en efficacité énergétique (2008). <http://www.fee.qc.ca/fonds.htm>. [En ligne].
(Page consultée le 18 juin 2008)

Gallagher, W. (1994). *The Power of Place. How Our Surroundings Shape Our Thoughts, Emotions, and Actions*. New York. Harper Perennial. 240 p.

Gomerly, I. (2008). Higher Ground. *Progress Research & Discovery*, printemps 2008. p.15.

Green Doors Open Toronto (s.d.). [En ligne]. 401 Richmond, 401 Richmond Street West, Toronto. Open for tours (as part of Doors Open Toronto). [En ligne].
http://www.cleanairpartnership.org/greendoorsopen/display.php?building_id=15#
(Page consultée le 27 juillet 2008)

Green Roofs for Healthy Cities (2003). Category: New Intensive, 2003. Project: Ducks Unlimited National Headquarters and Oak Hammock Marsh, Interpretive Centre, Winnipeg, Manitoba. [En ligne].
http://www.greenroofs.org/index.php?option=com_content&task=view&id=284&Itemid=50
(Page consultée le 18 juin 2008)

Green Roofs for Healthy Cities (2008). Green Roof Survey 2008. [En ligne]. http://www.greenroofs.org/index.php?option=com_content&task=view&id=1015&Itemid=135 (Page consultée le 13 mai 2008)

Lawlor, G., Currie, B.A., Doshi, H. et Wieditz, I. (2006). Toits verts. Manuel de ressources destiné aux décideurs municipaux. Ottawa, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 146 p. [En ligne]. <http://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/65256.pdf> (Page consultée le 10 mai 2008)

Liu, K.K.Y. (2002). Energy efficiency and environmental benefits of rooftop gardens. *Conseil National de Recherches du Canada*. 15 pages. [En ligne]. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/prac/nrcc45345/nrcc45345.pdf> (Page consultée le 5 mai 2008)

Logan, M. and Foss, M. (2004). L'agriculture urbaine atteint de nouveaux sommets sur les terrasses-jardins. *Centre de recherches pour le développement international du Canada*. [En ligne]. http://www.idrc.ca/fr/ev-54212-201-1-DO_TOPIC.html (Page consultée le 8 juin 2008)

MacDonagh, P.L. (2008). Benefits of Green Roofs. *Implications, University of Minnesota* volume 4, 6p. [En ligne]. http://www.informedesign.umn.edu/news/aug_v04r-p.pdf (Page consultée le 10 août 2008)

Mandela, N. (1995). *Long Walk to Freedom: The Autobiography of Nelson Mandela* (Paperback). Back Bay Books. 656 p.

Metrofrance (2006). Majora Carter voit le Bronx en vert. *Metrofrance Paris*, 15 novembre. [En ligne]. <http://www.metrofrance.com/fr/article/2006/11/15/01/4519-34/> (Page consultée le 7 août 2008)

Ministère de l'Environnement de l'Ontario (2004). Savoir gérer les eaux de ruissellement. Une introduction aux principes de gestion des eaux pluviales. 15 p. [En ligne]. <http://www.ene.gov.on.ca/cons/4328f.pdf> (Page consultée le 13 août 2008)

Ministère des Affaires municipales et du Logement de l'Ontario (2004). Étude de cas 8 : infrastructure de toits verts. Projet de démonstration, ville de Toronto. [En ligne]. <http://www.mah.gov.on.ca/Asset3153.aspx> (Page consultée le 5 juin 2008)

Odessey, B. (s.d.). Les architectes se tournent vers la nature. *Revue électronique du département d'État*. Gouvernement des États-Unis. [En ligne]. (Page consultée le 10 juillet 2008)

Oyeleran, O. and Yemeru, E.A., (2006). H/Cities and Climate Change. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Monitoring and Research Division, UN-Habitat*. 7p. [En ligne]. <http://www.oecd.org/dataoecd/11/5/40077674.pdf> (Page consultée le 30 juillet 2008)

Peck, S., Callaghan, C., Kuhn, M.E., & Bass, B. (1999). Greenbacks from Green Roofs: Forging a New Industry in Canada. Research Report prepared for Canada Mortgage and Housing Canada.

Peck, S., Monica, K., B.E.S., B. Arch,O.A.A. (2001). Lignes directrices de conception de toits verts. Ontario. Association of Architects and Canada Mortgage and Housing Corporation. 22 p. [En ligne].

<http://cebq.org/documents/Lignesdirectricesdeconceptiondetoitsverts.pdf>

(Page consultée le 17 mai 2008)

Platt, R. H. (2006). The Humane Metropolis: People and Nature in the 21st-Century City. *University of Massachusetts Amherst*. 327 p. [En ligne].

http://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=umpress_thm

(Page consultée le 25 juillet 2008)

Québec. Institut national de santé publique (2006). Vagues de chaleur, îlot thermique urbain et la santé : examen actuel des initiatives d'adaptation aux changements climatiques au Québec. 16 p. [En ligne].

<http://www.ouranos.ca/doc/Rapports%20finaux/515ChangementsClimatiquesVagueChaleur.pdf> (Page consultée le 20 mai 2008)

Québec. Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs (2002). Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. [En ligne].

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/Infuseur/communiquel.asp?no=993>

(Page consultée le 12 août 2008).

Québec. Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs (2006). Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2003 et évolution depuis 1990. [En ligne].<http://www.mddep.gouv.qc.ca/changements/ges/2003/index.htm>

(Page consultée le 18 août 2008)

Québec. Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs (2006). Communiqué de presse, 8 juin, Concours les Phénix de l'environnement 2006 honore les artisans québécois de la protection de l'environnement et du développement durable dans la région de la Capitale-Nationale. [En ligne].

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/Infuseur/communiquel.asp?no=993>

(Page consultée le 18 août 2008).

RÉSEAU Environnement (1999). *Mémoire de RÉSEAU environnement sur la gestion de l'eau au Québec présenté au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement*. Chapitre sur l'assainissement des eaux de surface, octobre. 64 p.

Rose, O. (s.d.). Projet pilote de toit vert 2005. Coopérative la Petite cité, compte-rendu des travaux du 7 au 12 juillet. *Centre d'écologie urbaine de Montréal*. [En ligne].

<http://www.ecosensual.net/drm/portfolio/projetpilote1.html>

(Page consultée le 11 mai 2008)

Rosen, M.R., Murphy, P., K rouac, J.-L., Dobbie, D., Fournier, G., Radecki, J., Bohdan, K., Dmytrasz, P., Rocray, P.-E., McNeil, J., Ubbens, R. (2007). Examen de la Stratégie sur la forêt du Canada pour 2008 et au delà. *Document d'orientation par Arbres Canada*. [En ligne]. http://www.treecanada.ca/urban-forests_f.htm
(Page consultée le 19 août 2008)

Rotem, A. (2006). Spreading the Roots: An assessment of the social and environmental impacts of the Rooftop Garden Project on the Montreal community. Based on research done during the 2006 season. *Alternatives*. 12 p.
[En ligne]. http://rooftopgardens.ca/files/SocEnvnt%20Assessment_jan06_forweb.pdf
(Page consultée le 7 juin 2008)

Roy, N. (2005). Verdissons nos toits. *Revue Intérieurs*, septembre-octobre, p. 34-50.
[En ligne]. http://rooftopgardens.ca/files/Revue_Int%C3%A9rieurs_Toits_Verts_0.pdf
(Page consultée le 10 juillet 2008)

Santropol Roulant (2006). Le Santropol Roulant. Beaucoup plus qu'un service de repas!
[En ligne]. <http://www.santropolroulant.org/2006/F-about.htm>
(Page consultée le 5 juillet 2008)

Société canadienne d'hypothèques et de logement (2007). Recherche sur les toits et les murs verts à Québec. Octobre. *Le point en recherche*. 4 p. [En ligne].
<http://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/65303.pdf>
(Page consultée le 25 juillet 2008)

Société canadienne d'hypothèques et de logement (2008). [En ligne].
<http://www.cmhc.ca/fr/inso/info/> (Page consultée le 8 août 2008)

U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy (2004). Green Roofs. Green roofs can improve the energy performance of federal buildings, help manage storm water, reduce airborne emissions, and mitigate the effects of urban heat islands. Septembre. 32 pages.

Ville d'Ottawa (2008). Possibilité de projet pilote de toit vert. [En ligne].
http://ottawa.ca/residents/public_consult/wellington_reconstruct/images/20_GreenRoofPilotProject.pdf (Page consultée le 17 ao t 2008)

Vansittart, K. (2008). The height of Cool. Spring Summer Issue. *Canadian Wildlife Federation Checkerspot magazine*. [En ligne].
<http://www.checkerspotmagazine.ca/EN/issues/ss08/rooftop-gardens.asp>
(Page consultée le 13 mai 2008)

ANNEXE I

CITY'S FIRST GREEN ROOF

Communiqué de presse de la ville d'Ottawa du 24 septembre 2007

For immediate release:
September 24, 2007

City's first green roof

Ottawa – The City of Ottawa has completed its first green roof, located at the Britannia Water Treatment Plant. Learnings from this pilot project will inform future decisions for roofing options for other City buildings.

A green roof by definition is any roof that has been largely covered with plants like grass, perennials, shrubs or even trees. They are becoming common in Europe, and gaining popularity in North America.

There are many benefits to a green roof:

They reduce energy consumption by adding insulation, and cooling the roof surface. Because a cooler building needs less air conditioning, there are less greenhouse gases in the air, reducing global warming.

Green roofs can help the local air quality as the plants absorb or trap air pollutants and produce oxygen.

They help reduce the urban heat island effect, which happens when radiated solar energy is reflected by building materials such as concrete and asphalt, making it hotter. Plants absorb much of the sun's energy, meaning less bounces back to our atmosphere. They help reduce stormwater runoff, the majority of which usually end up in the municipal storm sewer system and can cause problems like flooding or sewer backup. A green roof absorbs the rainfall, meaning less hits the sewers.

They can extend the lifespan of a roof, because they protect the layers and outer membrane of the roof from ultra-violet rays, slowing down the wear of the roofing material.

Selection criteria

When considering a roof section for the suitability of being converted to a green roof assembly, the City looked at the following criteria:

Replacement requirement:

The specific roof area had to be at the end of its service life and requiring replacement under the City's cyclical replacement program

Structural Suitability:

The existing structure had to be capable of supporting the weight of a green roof system, and if the existing assembly was lighter than the proposed green roof, separate structural analysis would have been required, potentially adding the necessity to upgrade the structure.

Roof Complexity:

Roofs with minimal equipment and non-congested surfaces are more suitable for green roofs. Areas that require mechanical and electrical maintenance add to the foot traffic on the surfaces and subsequent impact to the vegetation.

Maintenance Implications:

Green roofs require regular initial maintenance to ensure a healthy operation. Roof areas with simple access are the ideal candidates.

Scale:

Small roofs of less than 2,000 square feet are not good candidates and generally considered to be unsuitable.

Visual Suitability:

With this project being a pilot for the City, it was considered essential that the system should be visible from the building interior, or from an accessible adjacent roof area.

Of all the hundreds of roofs in the portfolio of the Water Supply Division, this section was assessed to be the most appropriate candidate for green roof replacement, on the basis that it meets all of the prerequisites.

The green roof system

The Britannia roof is an “extensive” green roof, meaning it has a shallow growing medium and the landscaping is designed to be more self-sustaining. It requires less maintenance than an intensive system, which is a deep growing medium that supports a variety of landscape design and growth. Extensive green roofs are less expensive than intensive systems, since they are lighter and require less structural support.

The membrane is a torch-applied system similar to regular roofs. It is durable, has a proven track record and is readily available. Next is applied the drainage layer, root barrier and water retention mat. On top of that is the soil and plants.

The growing medium consists of a non-consolidated mixture of organic matter and mineral aggregates (particle size less than 15mm) specifically formulated to provide optimal water retention, permeability, structural stability and density for an “extensive” green roof system.

The grass seed chosen consists of Kentucky blue grass, Fine leaf fescue, creeping red fescue and chewing fescue, and Perennial ryegrass. This mix was selected on the basis that it includes grasses that have a proven success record along the Ottawa River and is similar to the successful project at the War Museum. There is the potential to use perennials and in particular “sedums” on future projects.

-30-

For more information:

Media contact
613-580-2450

Public inquiries 3-1-1