





# Toitures végétales : implantation de toits verts en milieu institutionnel

## Étude de cas : UQAM

Par Antoine Trottier

Collaboration spéciale: Owen Rose, Odette Béliveau, Cynthia Philippe.

Un projet du



# Toitures végétales : implantation de toits verts en milieu institutionnel

## Étude de cas: UQAM

Le présent document est principalement destiné aux décideurs. Il présente une démarche d'étude de faisabilité pour implanter un toit vert dans un contexte institutionnel et vise donc à servir d'outil d'aide pour toute personne intéressée à implanter un toit vert.

L'étude a été faite dans le contexte de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), donc en contexte montréalais. Par ailleurs, l'UQAM possédant un grand nombre de bâtiments existants, la démarche est surtout orientée pour des toitures déjà construites. Néanmoins, les informations qu'on y retrouve, dont une grille d'évaluation pour un choix de site de toit vert, ont été généralisées et sont présentées pour servir en d'autres contextes que celui du centre-ville de Montréal.

Le présent ouvrage offre aussi de l'information sur les dernières percées technologiques en matière de toits verts, les résultats et les conclusions des plus récentes publications publiques et scientifiques sur le sujet, des visites des plus récents projets de nature institutionnelle au Québec et, finalement, une revue des politiques d'implantation de toit vert à travers le monde. Il s'adresse donc aussi à toutes les personnes intéressées par les toits verts au Québec.





La publication de cet ouvrage a été rendue possible grâce au soutien financier de :



© Société de développement communautaire de Montréal (et GRIP-UQAM ?)

ISBN...

1. Toits végétalisés—Québec (Province)—Montréal. 2. Constructions—Aspects de l'environnement—Québec (Province)—Montréal. I. Trottier, Antoine II. Rose, Owen, 1971- III. Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQAM (GRIP-UQAM) IV. Centre d'écologie urbaine de Montréal V. Les toitures végétales : implantation de toits verts en milieu institutionnel. Étude de cas : UQAM



Rédaction.....Antoine Trottier  
 Collaboration spéciale.....Cynthia Philippe -  
 Conseillère en développement durable, Vice-rectorat aux ressources  
 humaines, UQAM  
 Odette Béliveau –  
 Directrice, Secteur de l'entretien des composantes architecturales,  
 Services des immeubles et de l'équipement, UQAM  
 Owen Rose -  
 Architecte et président du Centre d'écologie urbaine de Montréal  
 Correction et révision.....Anny Dubé, Jasmine Kabuya Racine, Roselyne Clément,  
 Maryse Froment-Lebeau, Kim-Duyên Nguyễn  
 Correction d'épreuve.....Anny Dubé, Dominique Moisan  
 Graphisme.....Diana Guerra - Écodesigner  
 www.mexiquecodesign.com  
 Photos.....Antoine Trottier, BlueStorm Media, Danielle Dagenais, Justin Lefebvre  
 et Toits Vertige.



Comité Verdis-toit du Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQAM (GRIP-UQAM)  
 Anny Dubé, Jasmine Kabuya Racine, Maryse Tétreault, Roselyne Clément, Kim-Duyên Nguyễn, Antoine  
 Trottier, Dominique Moisan, Geneviève Audette, Nicolas Ottenheimer, Gordon Milligan, Patrice Godin et  
 Maude Gosselin.  
 www.verdistoit.com  
 etude.toitsverts@gmail.com



Il est possible de se procurer ce rapport au GRIP-UQAM ou au Centre d'écologie urbaine de Montréal.

GRIP-UQAM  
 C.P. 8888, Succursale Centre-Ville  
 320, Sainte-Catherine Est, local DS-3159  
 Montréal (Québec) Canada H3C 3P8  
 www.er.uqam.ca/nobel/grip  
 grip@uqam.ca



Centre d'écologie urbaine de Montréal (Société de développement communautaire de Montréal)  
 3516, avenue du Parc  
 Montréal (Québec) Canada H2X 2H7  
 www.ecologieurbaine.net  
 info@ecologieurbaine.net



Programme étude-travail de l'UQAM  
Division de l'aide financière  
Services à la vie étudiante

Association des étudiants-es de 2e cycle en  
géographie de l'UQAM

Association des étudiants-es de 1er cycle en  
géographie de l'UQAM





## NOTRE MISSION

Développer et partager une expertise quant aux approches les plus viables et démocratiques de développement urbain durable.

## AUTRES PUBLICATIONS DU CENTRE D'ÉCOLOGIE URBAINE DE MONTRÉAL

### En français

#### **Imagine Milton-Parc : Plan de développement durable du quartier**

Version complète en français. 2007. 76 pages.  
Prix : 45\$\*

Version synthèse bilingue. 32 pages.  
Prix : 20\$\*  
Téléchargement gratuit à [www.urbanecology.net/images/stories/GreenLab/PlanDevDurable/ceu\\_docsyn\\_br.pdf](http://www.urbanecology.net/images/stories/GreenLab/PlanDevDurable/ceu_docsyn_br.pdf).

Version complète en français et version complète en anglais sur CD.  
Prix : 20\$\*

#### **Toitures vertes à la montréalaise**

**Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les toitures vertes et plus.**

2005. 105 pages.  
Prix : 20\$\*

#### **Projet-pilote de toit vert**

**Description détaillée de la démarche d'installation d'un toit vert extensif sur un bâtiment résidentiel à toit plat. Une première à Montréal.**

2005. 60 pages.  
Prix : 20\$\*

#### **Verdir les Toits et la Ville**

**Actes d'un colloque international tenu en mars 2006 et portant sur les stratégies pour implanter les toits verts et les bâtiments durables.**

2006. 57 pages  
Prix : 10\$\*

#### **Manuel de l'Éco-Logis**

**Un guide pratique des solutions écologiques pour la maison, le jardin et plus...**

Disponible en français. 2002. 68 pages.  
Prix : 5\$\*

#### **La Charte montréalaise des droits et responsabilités : un instrument de dialogue et de citoyenneté.**

**Document d'information à l'intention des citoyenNEs et des organismes communautaires montréalais.**

2006. 43 pages.  
Téléchargement gratuit à : <http://www.urbanecology.net/images/stories/Democracy/guide%20charte.pdf>

### En anglais

#### **Imagine Milton-Parc: A Neighbourhood Sustainability Plan.**

Full English version. 2007. 76 pages.  
Price: 45\$\*

Bilingual Summary version. 32 pages.  
Price: 20\$\*

Free downloading at : [www.urbanecology.net/images/stories/GreenLab/PlanDevDurable/ceu\\_docsyn\\_br.pdf](http://www.urbanecology.net/images/stories/GreenLab/PlanDevDurable/ceu_docsyn_br.pdf).

Full version in English AND in French on CD.  
Price: 20\$\*

#### **Green-up Manual. A practical guide of ecological solutions for the home, the yard and beyond.**

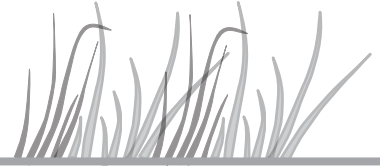
2002. 68 pages.  
Price: 5\$\*

#### **The Montréal Charter of Rights and Responsibilities. Promoting Dialogue and Citizenship. A Guide for Montréal citizens and community organizations.**

2006. 32 pages.  
Free downloading at : [http://www.urbanecology.net/images/stories/Democracy/charte\\_droits\\_en.pdf](http://www.urbanecology.net/images/stories/Democracy/charte_droits_en.pdf)

Pour information :  
**Centre d'écologie urbaine de Montréal**  
3516, avenue du Parc  
Montréal (Québec)  
H2X 2H7  
tél. : 514.282.VERT (8378)  
[www.ecologieurbaine.net](http://www.ecologieurbaine.net)

\* Taxes et frais d'envoi en sus



## Avant-propos

Le présent document est principalement destiné aux décideurs. Il présente une démarche d'étude de faisabilité pour implanter un toit vert dans un contexte institutionnel et vise donc à servir d'outil d'aide pour toute personne intéressée à implanter un toit vert.

L'étude a été faite dans le contexte de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), donc en contexte montréalais. Par ailleurs, l'UQAM possédant un grand nombre de bâtiments existants, la démarche est surtout orientée pour des toitures déjà construites. Néanmoins, les informations qu'on y retrouve, dont une grille d'évaluation pour un choix de site de toit vert, ont été généralisées et sont présentées pour servir en d'autres contextes que celui du centre-ville de Montréal.

Le présent ouvrage offre aussi de l'information sur les dernières percées technologiques en matière de toits verts, les résultats et les conclusions des plus récentes publications publiques et scientifiques sur le sujet, des visites des plus récents projets de nature institutionnelle au Québec et, finalement, une revue des politiques d'implantation de toit vert à travers le monde. Il s'adresse donc aussi à toutes les personnes intéressées par les toits verts au Québec.

## À propos de l'auteur

Le présent document a été réalisé par Antoine Trottier pendant l'été 2007 et a constitué son premier stage dans le cadre de sa maîtrise en sciences de l'environnement à l'UQAM. L'auteur détient un baccalauréat en biologie de l'Université McGill et travaille depuis quelques années en horticulture et en aménagement paysager. Grâce à une initiative du Comité Verdis-Toit et avec la collaboration du Centre d'écologie urbaine de Montréal (CÉUM), il a pu explorer cette sphère passionnante du verdissement et de la phyto-ingénierie qu'est le monde des toits verts.

L'auteur tient à remercier les instigateurs du projet. Il tient aussi à remercier toutes les personnes qui ont généreusement fourni du temps pour des entrevues, des visites, de l'information, des conseils, de l'aide et du support.

Note : La forme masculine utilisée dans le présent document désigne aussi bien les femmes que les hommes. Son usage n'a d'autre but que d'alléger la lecture et la rédaction.

## **Préface du groupe Verdis-toit Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQAM (GRIP-UQAM)**

C'est avec beaucoup de fierté que les membres du groupe Verdis-toit, affilié au Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQAM (GRIP-UQAM), ont le plaisir de vous présenter le fruit d'un nombre incalculable d'heures d'implication bénévole portées à la réalisation de ce projet d'étude environnementale : Toitures végétales : implantation de toits verts en milieu institutionnel. Étude de cas : UQAM.

Cette belle aventure n'aurait pu être possible sans la participation de trois précieux collaborateurs qui ont permis d'orienter la trajectoire de la recherche en fournissant des contacts, des éléments d'analyse et des pistes de recherche à l'auteur lors de sa rédaction à l'été et l'automne 2007. Nous désirons donc souligner chaleureusement la participation d'Odette Béliveau, directrice du secteur de l'entretien des composantes architecturales à l'UQAM, de Cynthia Philippe, conseillère en développement durable de l'UQAM et d'Owen Rose, architecte et président du Centre d'écologie urbaine de Montréal. Grâce à ces appuis combinés, cette étude gagne en crédibilité, non seulement parce qu'elle tient compte des connaissances et de l'expertise de nos partenaires, mais aussi parce qu'elle s'avère connectée sur les besoins réels et les obstacles possibles qui doivent être pris en compte dans la construction de toitures végétales en milieu institutionnel. De plus, cette étude est innovatrice car elle propose un modèle à suivre pour l'implantation de toits verts au sein d'autres institutions publiques ou privées au Québec.

Tout au long de notre projet, nous avons priorisé la formation des étudiants de notre milieu en favorisant l'embauche de ceux et celles dont le projet « toits verts » s'inscrivait dans leur cursus scolaire. Nous croyons qu'il est important que ceux-ci soient impliqués dans le processus d'élaboration du contenu et que ce dernier agisse en même temps comme un élément de formation au sein de leur parcours scolaire. C'est ainsi que nous ne pouvons passer sous silence l'incroyable travail d'Antoine Trottier, l'auteur du rapport, de Maryse Froment-Lebeau, responsable de la révision, et de Diana Guerra, la maître graphique qui a su donner vie et couleurs aux mots de cette recherche. Nous désirons aussi remercier le soutien financier de nos nombreux bailleurs de fonds et souligner l'appui de Marc Longchamps du Service à la vie étudiante de l'UQAM et des membres du conseil d'administration du GRIP-UQAM qui ont supporté notre projet depuis le tout début et qui nous ont ainsi permis de le concrétiser. Merci !

Le lancement de cette recherche est pour nous le symbole d'une graine que l'on vient de semer. Pour certains, les études se terminent, pour d'autres, elles se poursuivent. Nous avons donc espoir que d'autres étudiants, employés et administrateurs prendront le relais afin de nourrir et arroser cette semence qui n'attend plus maintenant que de germer... sur nos toits ou ailleurs au Québec !

Petit clin d'œil : si des crédits universitaires étaient alloués en échange de l'implication étudiante, plusieurs d'entre nous en auraient sûrement reçu quelques-uns ! Vivement la valorisation et la reconnaissance de l'implication étudiante dans nos universités, elle nous portera loin !

## **Préface du Centre d'écologie urbaine de Montréal pour le 3e rapport sur les toits verts**

Depuis notre première publication, Toitures vertes à la montréalaise, parue en 2005, le Centre d'écologie urbaine de Montréal a réussi à construire un premier toit vert sur un bâtiment résidentiel d'une centaine d'années typique de Montréal. Ce projet-pilote est documenté grâce à une recherche menée en collaboration avec le Conseil national de recherches Canada (CNRC). Cette construction a été suivie par la publication du rapport sur ce projet (Projet-pilote de toit vert) et par la tenue, en 2006, d'un colloque international intitulé Verdir les toits et la ville .

Le Centre d'écologie urbaine de Montréal a pour mission de développer et de partager une expertise quant aux approches les plus viables et démocratiques de développement urbain durable. Notre approche s'inspire de l'écologie sociale qui questionne les relations entre la société et la nature, qui traite conjointement les enjeux sociaux et environnementaux, qui priorise l'échelle des quartiers et de la ville et qui insiste sur le droit fondamental des citoyens à prendre part aux décisions relatives à la planification et à la gestion des affaires urbaines. Nous regardons les relations entre la société et la nature, la démocratie et la ville, la citoyenneté et la verdure. C'est pourquoi nous tentons constamment de proposer des actions et des projets concrets qui mettent en évidence notre potentiel de mieux vivre ensemble et notre connexion avec le monde naturel autour.

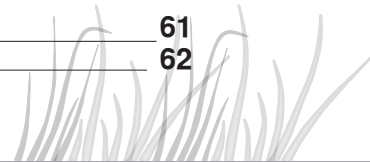
Avec ce troisième rapport sur les toitures vertes, réalisée cette fois-ci en collaboration avec le GRIP-UQAM, nous sommes fiers d'enrichir les informations disponibles sur l'implantation des toits verts à Montréal. En verdissant la ville, nous améliorons sa beauté, son écologie et notre santé collective. C'est par une approche transversale qui vise à répondre adéquatement à nos enjeux collectifs complexes et par la mise en action de nos connaissances et de notre conscience écologiques que nous pourrons faire de Montréal une ville durable.

Ce rapport est le fruit d'une belle collaboration de toutes les personnes dont les noms apparaissent dans les pages qui suivent. Je souhaite remercier tout particulièrement l'auteur de ce rapport, Antoine Trottier, pour son travail exceptionnel qui a dépassé largement nos attentes. Je remercie également le GRIP-UQAM, l'UQAM, nos partenaires financiers, ainsi que l'équipe du Centre d'écologie urbaine de Montréal.

Owen Rose  
Président du Conseil d'administration  
Centre d'écologie urbaine de Montréal

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Avant-propos</b>	<b>1</b>
<b>Préface</b>	<b>2</b>
<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>Qu'est-ce qu'un toit vert?</b>	<b>5</b>
<b>Les quatre principaux fournisseurs de toits verts</b>	<b>9</b>
<b>Toits verts en milieu institutionnel, commercial et industriel</b>	<b>12</b>
<b>Bénéfices d'ordre privée</b>	<b>15</b>
<b>Les bénéfices d'ordre public des toitures végétales</b>	<b>20</b>
<b>Certification Leed</b>	<b>25</b>
<b>Considérations des choix pour implanter un toit vert</b>	<b>27</b>
<b>Toitures réfléchissantes</b>	<b>33</b>
<b>Position de la Ville de Montréal</b>	<b>36</b>
<b>L'exemple allemand</b>	<b>38</b>
<b>Pourquoi des toits verts institutionnels comme à l'UQAM?</b>	<b>41</b>
<b>Contraintes particulières à l'UQAM</b>	<b>45</b>
<b>Évaluation des toits</b>	<b>47</b>
<b>Les toits recommandés par l'analyse</b>	<b>49</b>
<b>Fiches des récents projets de toits verts dans le domaine institutionnel et commercial à Montréal</b>	<b>51</b>
<b>Fiches des récents projets de toits verts dans le domaine institutionnel et commercial à Québec et à l'extérieur de Montréal</b>	<b>57</b>
<b>Conclusions et recommandations</b>	<b>61</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>62</b>



## Introduction

Touchant à la fois les sphères horticoles, architecturales et environnementales, les toits verts ont suscité beaucoup d'intérêts ces dernières années, spécialement dans les milieux urbains densément peuplés. Seulement en 2006 en Amérique du Nord, on estime que 362 nouveaux projets ont vu le jour, pour une superficie totale de 254 513 m<sup>2</sup> (2,74 millions de pieds<sup>2</sup>), ce qui représente une hausse de 24 % par rapport à 2005 (Peck, 2007). Principalement en expansion aux États-Unis, les toits verts ont atteint le Canada et le Québec ces dernières années et semblent être une technologie prometteuse.

On attribue aux toits verts un grand nombre de bénéfices en milieu urbain. Beaucoup de publications en ont décrit les avantages et, bien que ceux-ci ne fassent généralement aucun doute, ils sont souvent faiblement appuyés par des preuves scientifiques et par des données quantifiées. Une des raisons expliquant cet état de faits est que le transfert des technologies allemandes dans le marché nord-américain est en train de s'opérer, et ce, sans une transposition complète des études qui ont accompagné leur développement original. De plus, les toits verts étant une technologie utilisant des matériaux vivants, et que ceux-ci doivent s'adapter aux différents contextes météorologiques, des études locales sont nécessaires pour évaluer leur capacité, leurs bénéfices, leurs inconvénients et finalement, ultimement, leur pertinence. Qui plus est, la documentation publiée dans des contextes proches de ceux du Québec n'est souvent disponible qu'en anglais, d'où l'intérêt pour des recherches et publications locales.

## Groupe Verdis-Toit

Le GRIP-UQAM est une organisation étudiante à but non-lucratif qui s'intéresse à plusieurs enjeux sociaux et environnementaux. Le GRIP-UQAM joue le rôle de facilitateur du changement social en encourageant les individus – et en particulier les étudiantEs – à jouer un rôle actif au sein de la société. Au moyen de la recherche, de la sensibilisation et de l'action, le GRIP-UQAM cherche à mettre les ressources universitaires au profit de la communauté dans son ensemble. C'est par une approche inclusive, accessible, non-hiérarchique et conviviale que le GRIP-UQAM travaille depuis plusieurs années déjà à favoriser la participation au débat public et à l'action citoyenne. Par le fait même, il désire encourager et fournir des outils à l'organisation militante et à la création d'alternatives.

En effet, c'est à partir de l'automne 2006 que trois membres du conseil d'administration du GRIP-UQAM ont décidé de relever le défi de poursuivre le projet « toits verts » entamé à l'hiver 2006 par Pascal Côté, alors président du conseil d'administration du GRIP-UQAM. Le groupe Verdis-toit s'est ainsi formé au sein du GRIP-UQAM et s'est donné comme mission de faire la promotion de diverses démarches favorisant le verdissement du campus de l'Université du

Québec à Montréal. Pour se faire, il a choisi de réaliser une étude de faisabilité visant l'implantation de toitures végétales sur des bâtiments institutionnels déjà existants en prenant l'UQAM comme étude de cas. Ainsi, les pavillons de l'université ont servi de prototypes afin de vérifier concrètement la réalisation d'un tel projet. La formation de ce nouveau groupe de travail au sein du GRIP-UQAM allait alors donner le signal de départ de cette croisade collective qui, en bout de ligne, a permis la publication du rapport que vous tenez entre vos mains ! De plus, elle vient donner suite aux nombreux projets sur les toits verts qui avaient été présentés par la communauté uqamienne dans le cadre des défis Éco-Initiatives, concours tenu lors du Festival environnemental de l'UQAM à l'hiver 2005.

Ultimement, nous espérons que cette présente étude se concrétisera en toitures végétales sur notre propre institution... !

## Centre d'écologie urbaine de Montréal

Situé dans le quartier Milton-Parc, le Centre d'écologie urbaine de Montréal (CÉUM) a pour mission « de développer et de partager une expertise quant aux approches les plus viables de développement urbain durable et leur mise en œuvre à l'échelle des quartiers et de la ville ». Par la force des choses, le CÉUM est devenu l'organisme spécialiste des toits verts à Montréal, entre autres par l'organisation de conférences sur les toits verts, par la construction d'un projet-pilote de toiture végétale et par la publication de deux rapports en 2005 : Toitures vertes à la montréalaise : Rapport de recherche sur l'implantation des toits verts à Montréal (Landreville, 2005) et Projet-pilote de toit vert : démarche d'une construction écologique (Nerenberg, 2005).

D'après certaines études et par l'observation de la dynamique du marché, la tendance actuelle d'implantation de toits verts se situe principalement dans les domaines commerciaux et institutionnels, plutôt que dans le domaine résidentiel dans lequel le CÉUM a investi ses efforts jusqu'à maintenant. La présente étude du Comité Verdis-Toit représente donc une possibilité de documenter cet axe plus ou moins exploré à Montréal. Elle devient en quelque sorte le troisième volet sur les toits verts du Centre d'écologie urbaine.

# Q'est-ce qu'un toit vert?

## Toits verts d'antan et d'aujourd'hui

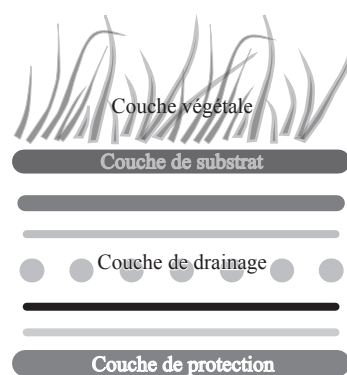


En passant par les fameux jardins de Babylone et les maisons gazonnées scandinaves, on s'aperçoit que végétaliser les toits n'est pas une pratique récente. Dans la même veine que l'aménagement par boîtes à fleurs et par grands bacs, les toits jardins d'antan font partie d'une tradition d'aménagement ornemental de prestige. Ils ont généralement été utilisés dans des établissements résidentiels, hôteliers et touristiques, servant d'espaces privés complémentaires pour la restauration, la détente et les loisirs. À Montréal, l'hôtel Hilton-Bonaventure, le Palais des Congrès, l'hôtel de La Montagne et la Place Ville-Marie en sont d'excellents exemples (Laroche, Dany et coll. 2004). Ce type de toit est plus souvent appelé toit-terrasse ou toit jardin.

Les technologies et les raisons de végétaliser les toits ont grandement changé à partir des années 1960 en Allemagne et plus récemment en Amérique du Nord. Les fonctions environnementales devenant prépondérantes et la nécessité de réduire les coûts pour permettre une implantation de masse ont été des facteurs menant à l'élaboration de toits verts fiables faciles à produire. Ces systèmes ont reçu l'appellation de toits verts contemporains ou modernes (Dunnett et Kingsbury, 2005) et comportent les éléments suivants :

- les composantes normales d'un toit : membrane imperméable, isolant et support;
- une membrane antiracine, selon les caractéristiques de la membrane d'étanchéité;
- une couche pour le drainage permettant l'aération des racines et la rétention d'eau;
- un tissu filtrant pour contenir et stabiliser les racines, le terreau et l'eau;
- un substrat de croissance et d'ancrage pour les racines;
- les végétaux.

Figure 1- Toit vert en strates



(Lawlor, Currie et coll., 2006)

Comme la plupart des ouvrages sur le sujet le mentionnent, il existe principalement deux types de toits verts : extensifs et intensifs. Selon la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), les systèmes extensifs se distinguent en ces points :

- Légèreté;
- Faible coût en capital;
- Faible diversité de la végétation;
- Entretien minimal.

Les toits verts intensifs se rapprochent grandement des toits jardins traditionnels, sinon qu'ils sont désormais installés avec les technologies modernes de toit vert. Ils présentent les caractéristiques suivantes, comparativement aux toits extensifs :

- Profondeur et poids supérieurs;
- Coût en capital plus élevé;
- Diversité accrue de la végétation;
- Entretien fréquent.

**Tableau 1 : Comparaison des systèmes de toit vert intensif et extensif**

Toit extensif	Toit intensif
<p>Substrat mince; peu ou pas d'irrigation; conditions difficiles pour les plantes; faible diversité dans le choix de plantes.</p>	<p>Sol profond; système d'irrigation; conditions plus faciles pour les plantes; grande diversité dans le choix des plantes; souvent accessible.</p>
Avantages	Avantages
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Léger; renforcement de la structure du toit rarement nécessaire;</li> <li>• Idéal pour les grandes surfaces;</li> <li>• Convient aux toits de 0 à 30 degrés de pente;</li> <li>• Faible entretien et longue durée;</li> <li>• Systèmes d'irrigation et de drainage spécialisé rarement nécessaires;</li> <li>• Expertise technique moins cruciale;</li> <li>• S'intègre bien à des travaux de rénovation; permet une végétation spontanée;</li> <li>• Peu onéreux;</li> <li>• Apparence plus naturelle;</li> <li>• Le service municipal d'urbanisme peut plus facilement l'exiger comme condition à l'autorisation de construire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus grande diversité de plantes et habitats;</li> <li>• Bonnes propriétés isolantes;</li> <li>• Peut simuler un jardin naturel au sol;</li> <li>• Peut être très beau;</li> <li>• Souvent accessible et permet des fonctions variées : loisirs, espace vert, potager, etc.;</li> <li>• Efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales supérieures;</li> <li>• Durée supérieure de la membrane.</li> </ul>
Inconvénients	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficacité énergétique et rétention des eaux pluviales moindres;</li> <li>• Choix de plantes plus restreint;</li> <li>• Rarement accessible pour des loisirs ou d'autres fonctions;</li> <li>• Repoussant pour certains, surtout l'hiver.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charge sur le toit supérieure;</li> <li>• Nécessité de systèmes d'irrigation et de drainage, d'où consommation d'énergie, d'eau et de matériaux;</li> <li>• Coûts d'immobilisation et d'entretien supérieurs;</li> <li>• Systèmes et expertise plus complexes.</li> </ul>

(Peck et Khun, 2000)

### Zones grises et toits verts semi-intensifs

On relie généralement les termes extensifs et intensifs à l'agriculture : l'intensive visant la productivité à haut rendement sur une petite superficie et l'extensive visant le minimum d'effort sur une grande superficie. D'un point de vue écologique, les deux diffèrent par l'énergie et les ressources qu'on doit leur fournir pour arriver à l'écosystème souhaité. En ce sens, un toit vert parfaitement extensif agirait comme un terrain vague laissé à lui-même : les intrants d'eau et d'énergie naturels créeront un écosystème stable dans le temps sans l'intervention d'humains. À l'opposé, un toit vert intensif requiert des soins fréquents (eau, engrais, désherbage) pour demeurer stable. Concrètement, donc, un toit vert ayant une épaisseur de terreau très mince et requérant un système d'irrigation pour les besoins en eau des végétaux sera techniquement plus intensif qu'un système avec un terreau plus épais qui peut subsister avec de l'eau de pluie uniquement.

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. Ainsi, un système sera dénommé extensif s'il possède une épaisseur faible de terreau, même si la végétation qui y pousse requiert des soins fréquents. On pourrait plutôt parler de toit vert semi-intensif. Il est donc possible, par exemple, d'installer un système avec un terreau mince et une grande variété de plantes et nécessitant un apport d'eau important ou un système avec un terreau plus épais possédant peu d'espèces et ne nécessitant aucun entretien. Peu importe la dénomination, le choix du type de toit vert à installer se fait au cas par cas : le toit choisi doit être installé en fonction des avantages recherchés et des moyens financiers disponibles.

## Testé dans le cercle polaire

Les produits de nouvelle génération offerts par Xero Flor et ELT ont été testés par la même firme allemande dans plusieurs villes. La plus semblable à Montréal ou Québec serait Umea, une ville suédoise située au cercle polaire où l'on retrouve peu de soleil et des hivers plus longs, mais moins rigoureux qu'au Québec.

## Nouvelle génération de toits verts

Une cinquième génération de technologie de toits verts, beaucoup plus mince et légère que ses prédécesseurs, a fait son apparition récemment au Québec, comme le prévoyaient les derniers ouvrages du Centre d'écologie urbaine (Nerenberg, 2005). Ces nouveaux produits mesurent entre 5 et 10 cm d'épaisseur (2 à 4 pouces) et pèsent de 40 à 90 kg/m<sup>2</sup> (8 à 18 livres/pied<sup>2</sup>).

Ces toits sont plus économiques et leur poids permet de les installer sur des toits de bâtiments déjà existants qui auraient normalement requis un renforcement structurel. La plupart de ces technologies ont été testées dans des endroits au climat hivernal relativement rigoureux, mais un seul fournisseur peut assurer que son produit a survécu à l'hiver québécois, et ce, seulement pour l'hiver 2007, qui ne fut pas particulièrement rigoureux. De surcroît, une étude de Mme Marie-Anne Boivin démontre que l'épaisseur de terreau minimale pour la survie des végétaux en climat québécois serait de 10 cm (4 pouces) (Boivin, 2001).

Néanmoins, cette cinquième génération de toits verts a fait ses preuves aux États-Unis et à Toronto. Elle a été utilisée pour quelques projets à Montréal et ses environs cette année. Quoique prometteuse, cette nouvelle technologie doit encore surmonter l'épreuve du temps; il est donc recommandé de prendre la garantie généralement offerte par les fournisseurs en implantant ce type de toit. La règle générale est qu'une nouvelle technologie doit survivre trois hivers afin de montrer sa capacité de survie. Il est aussi important de voir où la technologie a déjà fait ses preuves pour voir si le climat est semblable à celui du sud de la province.

Image 1: Toit de sedums – Xero Flor, p.70

Tableau 2 : Comparatif des systèmes de toits verts au Québec

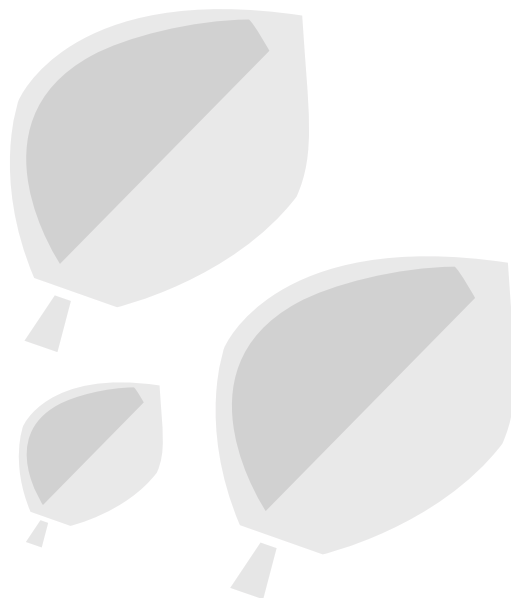
	Intensif	Extensif(4e génération)	Extensif(5e génération)
Épaisseur du terreau (terreau fortement minéral et léger)	8 po et + 20 cm et +	4 à 8 pouces 10 à 20 cm	2 à 4 pouces 5 à 10 cm
Poids (charge morte du système seulement)	+ de 45 livres/pied <sup>2</sup> + de 220 kg/m <sup>2</sup>	18 à 45 livres/pied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

N.B. Les prix n'incluent pas les potentiels renforcements de structure, la réfection du toit ni les ajouts de système d'irrigation, parapets et garde-corps et toute autre modification du toit.

L'aspect des différents toits verts ultralégers offerts au Québec est semblable d'un fournisseur à l'autre et ressemble à un mince tapis de verdure. Pour chaque produit sont sélectionnées environ huit espèces de sedums, plantes succulentes à croissance lente, provenant généralement d'environnements alpins ou arides. Les sedums possèdent plusieurs caractéristiques intéressantes et en font une des plantes les mieux adaptées pour les toits verts :

- Étant des plantes succulentes, elles résistent très bien aux écarts de chaleur extrêmes et peuvent résister un mois sans recevoir d'eau et, de ce fait, ne nécessitent pratiquement aucun arrosage;
- Les sedums sont d'excellents compétiteurs et n'offrent presque aucun espace pour les espèces invasives, simplifiant grandement l'entretien d'une culture de cette plante;
- Même si ces plantes font toutes parti des Crassulacées, l'utilisation de plusieurs espèces de sedums permet de faire diminuer la vulnérabilité aux stress et aux maladies que provoquerait une monoculture;
- Cette même diversité d'espèces dynamise l'apparence d'ensemble par des colorations et des floraisons différentes au gré des saisons;
- Les racines peu profondes des sedums se comportent bien dans des systèmes de toits verts aux substrats minces, dans lesquels les racines peuvent atteindre les réserves d'eau des composantes drainantes sous-jacentes au terreau.

Tout de même, les sedums étant des plantes à croissance particulièrement lente, donc ayant une activité photosynthétique moindre, ils constituent des puits de carbone moins intéressants que plusieurs autres végétaux. Leur impact sur l'amélioration de la qualité de l'air par la filtration des polluants atmosphériques est aussi proportionnellement moins intéressant que celui de bien d'autres plantes. De plus, ayant une photorespiration plus lente et un effet d'ombrage moindre sur le médium de culture, les sedums sont logiquement moins performants dans l'atténuation des îlots de chaleur urbains. Finalement, quoique respectable, la capacité de rétention d'eau de ces produits est légèrement inférieure à celle des toits verts extensifs typiques de 15 cm (6 pouces), étant donné le peu d'exigence hydrique des sedums et la faible capacité du terreau à absorber l'eau de pluie vu sa mince épaisseur.



## Les quatre principaux fournisseurs de toits verts



En Amérique du Nord, le développement des nouvelles technologies se fait essentiellement par l'industrie; jusqu'à tout récemment, les deux seuls fournisseurs existants au Québec étaient Hydrotech et Soprema, deux sociétés fournissant déjà des produits d'étanchéité et de recouvrement de toiture. Depuis, deux nouveaux joueurs ont fait leur apparition avec des produits de nouvelles générations ultraminces, soit Xero Flor et ELT Easy Green, offrant aussi des produits de toits verts intensifs, extensifs et semi-intensifs. Dans le but de tester tous les matériaux de toits verts disponibles, le Centre d'écologie urbaine a installé les toits verts des principaux fournisseurs québécois sur son abri pour vélos, dans son nouveau jardin écologique. Situé dans la cour arrière, le jardin est ouvert au public (Audet, 2007).

### Hydrotech

Les matériaux Garden Roof® d'Hydrotech sont basés sur une technologie allemande testée depuis plus de 35 ans. Les toitures végétalisées d'Hydrotech ont surtout été installées à Montréal pour des projets de grande envergure, comportant peu d'espèces, comme des toits recouverts de fétuques, d'agrostides, de trèfles ou de sedums; néanmoins, ils permettent des aménagements plus ornementaux contenant une plus grande variété de plantes. On répertorie environ une quarantaine de toits verts de marque Hydrotech au Québec, plus une dizaine de projets de terrasses contenant des matériaux semblables aux toits verts, comme celles que l'on retrouve à l'UQAM. De plus, ils sont relativement semblables aux systèmes de toitures inversées, comme proposé par Hydrotech.

Figure 2 Système Garden Roof® typique, p.68

Avec les mêmes matériaux que ceux utilisés pour les toits extensifs typiques à 15 cm (6 pouces) de terreau, Hydrotech propose depuis peu un système léger comportant une épaisseur de terreau d'environ 8 cm (3 pouces), qui pèse environ 90 kg/m<sup>2</sup> (20 livres/pied<sup>2</sup>). Généralement fourni sans sys-

tème d'irrigation, ce nouveau produit est recouvert de 6 à 8 variétés de sedums.

Comme la plupart des projets d'Hydrotech ont été réalisés dans les environs de Montréal, la proximité des matériaux pour leur système est importante :

- Membrane d'étanchéité faite à Anjou;
- Terreau conçu à Sainte-Julie;
- Isolant à Varenne;
- Le drain, initialement importé d'Allemagne, est maintenant produit à la maison-mère d'Hydrotech, en Indiana aux États-Unis.

### Soprema

Cette compagnie française est une pionnière dans le domaine des toits verts au Québec avec son système Sopranature créé en 1992. Mme Marie-Anne Boivin a grandement poussé le développement des produits de Soprema en collaboration avec l'Université Laval. En testant ses produits depuis 1995 en climat québécois, Soprema a réalisé une soixantaine de projets, dont une grande proportion dans la région de Québec.

Soprema offre un produit très versatile; même sans offrir de formule ultralégère, il permet d'installer des toits verts intensifs avec une épaisseur de terreau d'environ 10 cm (4 pouces), pour des charges pouvant atteindre jusqu'à 90 kg/m<sup>2</sup> (18 livres/pied<sup>2</sup>). Les produits Soprema sont très bien adaptés pour des projets où la valeur ornementale est prédominante et l'expertise de Mme Boivin dans la sélection de plantes adaptées aux toits verts rehausse cette particularité.

### Système Garden Roof® typique

Pour plus d'information sur les produits, les fiches et les devis techniques d'Hydrotech, visitez le site Web :

[http://www.hydrotechmembrane.ca/pages/systeme\\_garden\\_roofpag.html](http://www.hydrotechmembrane.ca/pages/systeme_garden_roofpag.html)

## Green Roofs for Healthy Cities

L'organisme à but non lucratif Green Roofs for Healthy Cities fait un travail important de sensibilisation et conduit des recherches sur la thématique des toits verts en Amérique du Nord. Amalgamant des spécialistes de l'industrie et du secteur public, l'organisme se dresse comme un important lobby pour l'essor des toits verts au Canada. On peut trouver sur la page Web de l'organisme de l'information sur les colloques qu'il organise en Amérique du Nord, de nouvelles technologies, de la publicité sur les fournisseurs, des liens vers certaines publications et, plus récemment, un Green Save Calculator, calculateur permettant d'estimer les coûts d'un projet de toit vert en comparaison avec un toit traditionnel.

<http://www.greenroofs.org/>

Figure 3. Système Sopranature typique, p. 68

Les projets Sopranature sont généralement conçus avec un système d'irrigation installé dans le substrat pour assurer des conditions hydriques adéquates pour un plus grand choix de végétaux. De plus, différents types de terreau sont offerts, passant de fortement minéralisé et léger pour les projets les plus extensifs à fortement organique et à base de compost pour les projets plus intensifs. La portion inorganique des terreaux est principalement faite de briques recyclées, et la plupart des matériaux du système Sopranature sont produits à Drummondville.

### Soprema

Pour plus d'information sur les produits et les devis techniques de Soprema, visitez le site Web :

<http://www.soprema.ca/sopranature.asp>

### Xero Flor

Xero Flor est nouvellement arrivé au Québec, et on dénombre environ 5 projets de toits verts aménagés avec ses matériaux, essentiellement réalisés par l'entreprise Toits Vertige. D'origine allemande, les produits Xero Flor sont littéralement des rouleaux de sedums pré-cultivés et déroulés sur le toit. Ils ont entre autres servi à la réalisation du plus grand toit vert au monde, soit sur l'usine de Ford à Dearborn au Michigan, totalisant une superficie d'approximativement 42 000 m<sup>2</sup> (450 000 pieds<sup>2</sup>), soit presque huit fameux terrains de football.

Figure 4 Système Xero Flor, p. 68

Le système Xero Flor peut être utilisé pour des toits avec des épaisseurs de terreaux de 5, 8 et 15 cm (2, 3 et 6 pouces). Le système de 8 cm pèse environ 60 kg/m<sup>2</sup> (12 livres/pied<sup>2</sup>), il s'agit d'un des plus légers offerts sur le marché. Malgré ces caractéristiques minimalistes, une recherche menée par Karen Liu, spécialiste des toits verts au Conseil national de recherches du Canada (CNRC), le système de 8 cm (3 pouces) sans végétation et avec deux feutres absorbants de 2,5 cm peut retenir jusqu'à 90 % des eaux de pluie, ce qui représente un bon rendement.

Finalement, la provenance des matériaux est variée, mais elle est pour l'essentiel encore importée de l'extérieur du pays. Exception faite du matelas de drainage en nylon, la production des autres composants du système devrait se faire à proximité du Canada :

- Drainage en nylon produit aux États-Unis;
- Feutres faits de vêtements recyclés provenant d'Allemagne et de Lituanie;
- Rouleaux de sedums cultivés en Ontario.

Vous pouvez visiter le site (en anglais seulement) :

<http://www.xeroflor.ca/>

### ELT Easy Green

Tout comme Xero Flor, ELT s'est spécialisé dans des matériaux de toits pré-cultivés ultralégers. L'essentiel de sa technologie repose sur des plaques drainantes, sur lesquelles sont cultivés des sedums, que l'on peut imbriquer l'une à l'autre. Il est aussi possible d'utiliser ces plaques pour implanter un toit vert standard de 15 cm d'épaisseur. Aucun toit vert ultraléger ELT n'a encore été implanté au Québec et deux projets extensifs de 15 cm d'épaisseur ont été réalisés à Montréal ces dernières années.

ELT offre possiblement le système le plus léger sur le marché, allant jusqu'à 39 kg/m<sup>2</sup> (8 livres/pied<sup>2</sup>), mais ce système n'a pas encore prouvé qu'il peut résister à l'hiver québécois. Les espèces sont cultivées en fonction de la demande du client et doivent donc être commandées quelques mois à l'avance pour le projet selon le temps de croissance des végétaux souhaités.

Figure 5 Système ELT Easy Green, p. 68

ELT offre aussi un système de murs végétaux sur plaques modulaires, qui donne des résultats intéressants. Un exemple de ce type de mur a été présenté dans le cadre de l'International Flora, dans le Vieux-Port de Montréal.

Image 2 Mur végétal ELT à l'International Flora, p.70

## Une question de marché

Xavier Laplace, qui a notamment collaboré au Projet-pilote de toit vert avec le Centre d'écologie urbaine, a fondé Toits Vertige en 2005. Après une première année laborieuse visant le marché résidentiel qui n'était tout simplement pas ouvert à ses idées, il a dû réorienter sa compagnie vers des projets industriels et commerciaux et, depuis, son commerce a le vent dans les voiles. Toits Vertige est à ce jour la seule entreprise montréalaise à offrir un service complet d'estimation clés en main, d'installation et d'entretien de toits verts indépendante de tout fournisseur de matériaux de toitures vertes, ce qui lui permet de cibler les matériaux les plus adaptés au type de projet dans la gamme de produits de tous les fournisseurs.

<http://www.toitsvertige.com/>

Image 3 Mur ELT de la Fonderie Darling, p. 70

## Pavés grillagés

Plusieurs compagnies hors Québec offrent maintenant des systèmes de grillages en plastique recyclé très résistant. Ils sont généralement modulaires, donc peuvent s'imbriquer un dans l'autre. Leur utilisation est surtout orientée pour du pavage poreux, comme pour des terrasses, des sentiers pédestres ou des aires de stationnement, mais ils peuvent aussi être utilisés dans la fabrication de toits verts.

Ces systèmes de grillages ont généralement une bonne capacité de drainage et des interstices peuvent être remplis de terreux et de végétation. Par exemple, on peut y semer les mélanges à gazon sans inconvénient. De plus, ils sont une très bonne solution de rechange aux pavages en béton puisque les structures permettent un fort piétinement et même le stationnement de voitures. Ce type de matériau offre aussi l'avantage de stabiliser le terreau; il est donc bien adapté aux toitures en pente. Tout de même, ce type de matériau n'a pratiquement pas été testé au Québec; l'avis de spécialistes est grandement recommandé avant de choisir ce système de toit vert.

Image 4 Système MODI Roof Garden en démonstration chez Toits vertige, p. 71

## Quelques systèmes de matériaux de grillages pour toits verts

GreenGrid Modular Green Roof System	<a href="http://www.greengridroofs.com">www.greengridroofs.com</a>
Ecogrid Green Roof Grid	<a href="http://www.terrafirmolutions.ca">www.terrafirmolutions.ca</a>
Green Roof Blocks	<a href="http://www.greenroofblocks.com">www.greenroofblocks.com</a>
LiveRoof	<a href="http://www.liveroof.net">www.liveroof.net</a>
GreenTech Roof Garden System	<a href="http://www.greentechitm.com">www.greentechitm.com</a>
MODI Roof Garden	<a href="http://www.greeninnovations.ca">www.greeninnovations.ca</a>



# Toits verts en milieu institutionnel, commercial et industriel



## Balbutiement des toits verts

Ces dernières années, les toits verts ont suscité beaucoup d'intérêt auprès du public, ce qui est bien reflété à Montréal par le nombre croissant d'articles et de chroniques dans les journaux. Devenu spécialiste à Montréal dans le domaine, le Centre d'écologie urbaine a vu son volume d'appel augmenter considérablement durant cette même période de temps, concernant des renseignements et des avis sur les toits verts. Malgré cet intérêt, la superficie de toits verts résidentiels installés reste modeste. Étant donné qu'à Montréal 64 % des résidents sont locataires (Dansereau et Choko, 2005) et que les avantages des toits verts se manifestent à moyen et à long terme, les propriétaires d'immeubles sont probablement peu enclins à investir dans cette technologie. De plus, le verdissement d'une toiture résidentielle requiert de fortes convictions environnementales puisque l'investissement de départ est considérable. Bref, comme le mentionne une étude interne au CÉUM, le marché des toits verts touchant le secteur résidentiel, les coopératives de logements et les petits commerces privés est peu enclin à se développer à court et moyen terme à Montréal (Jourdain, 2007).

## Courant de pensée favorable

L'engouement pour les toits verts et la construction écologique est présent au Québec. Bien qu'inaccessible pour la plupart des gens, une certaine pression de l'opinion publique se fait sentir pour que ces innovations écologiques soient concrétisées dans le secteur institutionnel et public (Jourdain, 2007). C'est pourquoi la majorité des projets actuels de toits verts sont situés sur des bâtiments tels que des bibliothèques, des universités et des collèges. À Montréal, par exemple, des projets ont été implantés par la Gendarmerie Royale du Canada, la Polytechnique, l'Université McGill, le Collège Ahuntsic et la Bibliothèque de Charlesbourg, pour n'en nommer que quelques-uns. La construction écologique dans le secteur privé est aussi une façon d'afficher une image responsable envers l'environnement et la société. À Montréal, on n'a qu'à penser au projet du Mountain Equipment Coop, aux projets immobiliers Verre sur Vert, Vistal et Quartier sur le Fleuve à l'Île-des-Sœurs, ou aux États-Unis, la compagnie Ford possède le plus grand toit vert en Amérique du Nord.

## Facteurs limitant l'implantation de toits verts

Malgré le fait que le concept du toit vert est simple et qu'une telle construction est facile à installer, sa réalisation comporte certains défis techniques requérant des spécialistes, représentant un investissement supérieur par rapport à la pose d'un toit standard. Outre les coûts directs des matériaux et l'installation du toit vert, un facteur limitant majeur aux toits verts est leur poids.

## Capacité portante

Un élément primordial à considérer lors de la conception d'un toit est de connaître la capacité portante du toit. La capacité portante est la charge de poids qu'un toit peut supporter. Cette charge est calculée par les ingénieurs en structure et est en lien avec les capacités mécaniques des matériaux dans la charpente.

En plus du poids des matériaux constituant le recouvrement du toit, on doit calculer dès la conception les charges supplémentaires envisagées sur le toit. Selon le Code national du bâtiment (CNB), on doit prévoir à Montréal des charges supplémentaires pour supporter les accumulations de neige, qui sont de  $235 \text{ kg/m}^2$  (48 livres/pied<sup>2</sup>). Si l'on souhaite installer une terrasse pour un usage public, celle-ci doit être en mesure de supporter uniformément  $489,5 \text{ kg/m}^2$  (100 livres/pied<sup>2</sup>). Selon les spécialistes canadiens, les surcharges à prévoir pour un toit vert extensif (en plus de la neige) vont de  $78$  à  $171 \text{ kg/m}^2$  (16 à 35 livres/pied<sup>2</sup>), tandis qu'un toit vert intensif requiert plutôt de  $293$  à  $979 \text{ kg/m}^2$  (60 à 200 livres/pied<sup>2</sup>) (Peck et Kuhn, 2000).

Dans le cas de nouveaux bâtiments, comme on peut le constater dans le Tableau 2, les coûts pour un toit standard ou un toit ayant la capacité de support pour un toit vert sont relativement semblables. Pour les structures en béton, on parle respectivement d'une augmentation d'environ 4 % et de 9 % pour un toit vert extensif moyen et pour une terrasse; pour une structure en acier, l'augmentation est plus prononcée, soit d'approximativement 14 % à 25 %.

## Toits verts sur des bâtiments existants

Avant d'installer un toit vert sur un édifice déjà construit, on doit impérativement faire affaire avec un ingénieur en structure afin qu'il détermine la capacité portante du toit. Certains toits ont été conçus pour supporter une plus grande charge que celle prescrite par le CNB; dans ces cas, il est possible d'implanter un toit vert sans renforcer la structure. C'est le cas de la majorité des projets implantés sur des toits existants; le système de toit vert sélectionné pour le projet est souvent choisi en fonction de son poids. L'arrivée récente d'une nouvelle génération de toits verts ultraminces sur le marché vise spécialement ce type de projets (Chapitre 5.3).

Si l'analyse de l'ingénieur en structure révèle que le toit ne peut pas supporter les charges qu'impose un toit vert, une intervention structurelle sera requise. Les coûts à prévoir sont dans ce cas beaucoup plus importants que ceux requis pour un nouveau toit, comme le suggèrent les données du Tableau 3. Dans le cas du Projet-pilote de toit vert du CÉUM, pour un bâtiment résidentiel avec une structure en bois, on estime à 35 à 40 % la portion du budget destinée au renforcement de la structure (Nerenberg, 2005).

### Facteurs limitant l'implantation de toits verts

Malgré le fait que le concept du toit vert est simple et qu'une telle construction est facile à installer, sa réalisation

comporte certains défis techniques requérant des spécialistes, représentant un investissement supérieur par rapport à la pose d'un toit standard. Outre les coûts directs des matériaux et l'installation du toit vert, un facteur limitant majeur aux toits verts est leur poids.

### Capacité portante

Un élément primordial à considérer lors de la conception d'un toit est de connaître la capacité portante du toit. La capacité portante est la charge de poids qu'un toit peut supporter. Cette charge est calculée par les ingénieurs en structure et est en lien avec les capacités mécaniques des matériaux dans la charpente.


En plus du poids des matériaux constituant le recouvrement du toit, on doit calculer dès la conception les charges supplémentaires envisagées sur le toit. Selon le Code national du bâtiment (CNB), on doit prévoir à Montréal des charges supplémentaires pour supporter les accumulations de neige, qui sont de 235 kg/m<sup>2</sup> (48 livres/pied<sup>2</sup>). Si l'on souhaite installer une terrasse pour un usage public, celle-ci doit être en mesure de supporter uniformément 489,5 kg/m<sup>2</sup> (100 livres/pied<sup>2</sup>). Selon les spécialistes canadiens, les surcharges à prévoir pour un toit vert extensif (en plus de la neige) vont de 78 à 171 kg/m<sup>2</sup> (16 à 35 livres/pied<sup>2</sup>), tandis qu'un toit vert intensif requiert plutôt de 293 à 979 kg/m<sup>2</sup> (60 à 200 livres/pied<sup>2</sup>) (Peck et Kuhn, 2000).

### Une question de marché

Xavier Laplace, qui a notamment collaboré au Projet-pilote de toit vert avec le Centre d'écologie urbaine, a fondé Toits Vertige en 2005. Après une première année laborieuse visant le marché résidentiel qui n'était tout simplement pas ouvert à ses idées, il a dû réorienter sa compagnie vers des projets industriels et commerciaux et, depuis, son commerce a le vent dans les voiles. Toits Vertige est à ce jour la seule entreprise montréalaise à offrir un service complet d'estimation clés en main, d'installation et d'entretien de toits verts indépendante de tout fournisseur de matériaux de toitures vertes, ce qui lui permet de cibler les matériaux les plus adaptés au type de projet dans la gamme de produits de tous les fournisseurs.

<http://www.toitsvertige.com/>

**Tableau 2: Coûts de construction d'une charpente de toit en fonction de la surcharge pour un nouveau bâtiment**

	Coût pour un toit avec charge standard (neige)	Coût pour une charge standard + toit vert extensif (122, 39 kg/m <sup>2</sup> ou 25 livres/pied <sup>2</sup> )	Charge pour une terrasse accessible au public
	235 kg/m <sup>2</sup> (50 livres/pied <sup>2</sup> )	367 kg/m <sup>2</sup> (75 livres/pied <sup>2</sup> )	490 kg/m <sup>2</sup> (100 livres/pied <sup>2</sup> )
Béton	165 \$/m <sup>2</sup> (15,35 \$/pied <sup>2</sup> )	172 \$/m <sup>2</sup> (16,00 \$/pied <sup>2</sup> )	181 \$/m <sup>2</sup> (16,80 \$/pied <sup>2</sup> )
Acier 	59 \$/m <sup>2</sup> (5,50 \$/pied <sup>2</sup> )	67 \$/m <sup>2</sup> (6,25 \$/pied <sup>2</sup> )	74 \$/m <sup>2</sup> (6,90 \$/pied <sup>2</sup> )

Dans le cas de nouveaux bâtiments, comme on peut le constater dans le Tableau 2, les coûts pour un toit standard ou un toit ayant la capacité de support pour un toit vert sont relativement semblables. Pour les structures en béton, on parle respectivement d'une augmentation d'environ 4 % et de 9 % pour un toit vert extensif moyen et pour une terrasse; pour une structure en acier, l'augmentation est plus prononcée, soit d'approximativement 14 % à 25 %.

### Toits verts sur des bâtiments existants

Avant d'installer un toit vert sur un édifice déjà construit, on doit impérativement faire affaire avec un ingénieur en structure afin qu'il détermine la capacité portante du toit. Certains toits ont été conçus pour supporter une plus grande charge que celle prescrite par le CNB; dans ces cas, il est possible d'implanter un toit vert sans renforcer la structure. C'est le cas de la majorité des projets implantés sur des toits existants; le système de toit vert sélectionné pour le projet est souvent choisi en fonction de son poids. L'arrivée récente d'une nouvelle génération de toits verts ultraminces sur le marché vise spécialement ce type de projets (Chapitre 5.3).

Si l'analyse de l'ingénieur en structure révèle que le toit ne peut pas supporter les charges qu'impose un toit vert, une intervention structurelle sera requise. Les coûts à prévoir sont dans ce cas beaucoup plus importants que ceux requis pour un nouveau toit, comme le suggèrent les données du Tableau 3. Dans le cas du Projet-pilote de toit vert du CÉUM, pour un bâtiment résidentiel avec une structure en bois, on estime à 35 à 40 % la portion du budget destinée au renforcement de la structure (Nerenberg, 2005).

Comme mentionné précédemment, 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 à 270 % pour un toit en acier. C'est pourquoi il est préférable de prévoir l'implantation d'un toit vert lors de la conception d'un immeuble. Il serait aussi possible de réglementer la construction à Montréal, de sorte que la capacité portante obligatoire soit supérieure à celle recommandée par le CNB et permette une future implantation de toit vert, au lieu de seulement exiger les charges de neige.

### Des coûts proportionnels à l'envergure du toit végétal

Tous les matériaux constituant un toit vert sont à considérer en surplus des matériaux requis pour un toit standard, c'est-à-dire que même si l'on doit refaire son toit, le fait d'implanter un toit vert n'amène aucune réduction de matériaux pour la portion standard du toit. Un toit vert, en termes de matériaux et d'installation, comporte inévitablement un surcoût. Par contre, la plupart des fournisseurs s'accordent pour dire que les coûts d'un toit vert au mètre carré réduiront proportionnellement à l'augmentation de la superficie du projet. Les prix peuvent varier de 160 \$ à 75 \$ par mètre carré (15 \$ à 8 \$ le pied<sup>2</sup>) de surface végétale, étant donné que les fournisseurs peuvent octroyer de meilleurs prix pour un plus grand volume de matériaux.

Par ailleurs, certaines étapes reliées à l'implantation de la toiture végétale coûtent proportionnellement moins cher dans les projets d'envergure. Par exemple, le coût de l'analyse d'un ingénieur en structure devient proportionnellement plus petit pour un grand projet. Pour le projet de l'Institut de technologie agroalimentaire (ITA) à Saint-Hyacinthe, on estime que l'analyse de structure a représenté 2 % du coût total du projet; au Centre culture et environnement Frédéric Back à Québec, Vivre en Ville estime à environ 1,5 % la portion du budget allant à l'analyse de l'ingénieur. Par contre, pour le Projet-pilote de toit vert du Centre d'écologie urbaine implanté sur une toiture résidentielle beaucoup plus petite, on estime ces coûts à 5 à 10 % du coût total du projet (Nerenberg, 2005).

**Tableau 3 : Comparaison des coûts initiaux et des coûts de renforcement de structure existante**

	Charge standard (neige)	Coûts supplémentaires pour les charges d'un toit vert sur un nouveau bâtiment	Coûts supplémentaires de renforcement pour un bâtiment existant accueillant un toit vert
	235 kg/m <sup>2</sup> (50 livres/pied <sup>2</sup> )	367 kg/m <sup>2</sup> (75 livres/pied <sup>2</sup> )	Variables selon le projet
Béton	165 \$/m <sup>2</sup> (15,35 \$/pied <sup>2</sup> )	7 \$/m <sup>2</sup> (0,65 \$/pied <sup>2</sup> )	110 à 215 \$/m <sup>2</sup> (10 à 20 \$/pied <sup>2</sup> )
Acier 	59 \$/m <sup>2</sup> (5,50 \$/pied <sup>2</sup> )	8 \$/m <sup>2</sup> (0,75 \$/pied <sup>2</sup> )	86 à 160 \$/m <sup>2</sup> (8 à 15 \$/pied <sup>2</sup> )

Données estimées par Isabelle Lebrun, Ingénieure en structure pour la Direction des immeubles à la Ville de Montréal

## Bénéfices d'ordre privé



### Considérations esthétiques

« *Quand nous laisserons la nature repeindre les murs  
... ils deviendront humains et nous pourrons à nouveau  
vivre.* »

- Hundertwasser

Un des aspects les plus intéressants des toits verts est leur valeur ornementale, comparativement aux toits standard, généralement monochromes et de couleur allant du gris au noir. Normalement inoccupés, les plus simples toits verts peuvent devenir de magnifiques endroits à contempler, où les couleurs varient au gré des saisons. Nul besoin de mentionner les multiples effets bénéfiques pour les humains des endroits esthétiquement attrayants. Hundertwasser, célèbre peintre, architecte et naturaliste autrichien, est un des premiers à conjuguer les fonctions esthétiques, écologiques et spirituelles des plantes dans ses créations architecturales, basées sur les principes de son manifeste « Ton droit à ta fenêtre – ton devoir d’arbre ».

Image 5 : Tiré de Hundertwasser : Le peintre-roi aux cinq peaux (Restany, 2001),p.71

En milieu urbain, où l’espace est généralement restreint, les toits constituent un vaste espace inutilisé à reconquérir. Ils peuvent entre autres servir d’aire de jardinage, passe-temps particulièrement populaire au Québec. Quand on y a accès, les toits verts offrent souvent un panorama époustoufflant sur le quartier, ou même la ville, et deviennent des aires de détente ou de récréation intéressantes. En plus de rehausser l’attrait d’un site, l’implantation d’un toit vert permet de bonifier la valeur foncière d’une propriété; utilisés judicieusement, les toits verts peuvent aussi attirer les clients. Un aménage-

ment exceptionnel peut même devenir un attrait touristique, on n’a qu’à penser aux retombées de certains concours d’embellissement, comme celui de Cordoba en Espagne.

### Toits verts, santé et bien-être

On parle généralement des bénéfices apportés par les plantes aux humains que de manière indirecte. On insiste sur leurs propriétés à améliorer la qualité de l’air, à retenir l’eau et à rafraîchir l’air ambiant. Pourtant, les plantes jouent un rôle important sur la santé et le bien-être des humains du seul fait de leur présence et de leur visibilité.

Henri David Thoreau voyait la nature comme essentielle à notre santé mentale et spirituelle, rendant une connexion avec la nature nécessaire. Le réputé biologiste Edward Wilson invente le terme biophilie pour expliquer l’attirance instinctive, voire génétique, des humains envers les espaces naturels. Parallèlement, l’humain perçoit même mieux le vert : l’œil peut distinguer plus de variations de teintes de vert que de toute autre couleur. Cette affinité avec la nature serait universelle : certaines études ont démontré que, peu importe le genre, l’âge ou la culture, les humains préfèrent un paysage naturel à un paysage construit (Newell, 1997).

Les paysages naturels apportent la quiétude et possèdent des propriétés curatrices contre la fatigue mentale. Dans un contexte urbain, les plantes permettraient entre autres de réduire la colère, l’anxiété, l’agressivité, la peur et le stress. (Royal Commission on Environmental Pollution, 2004). On a même observé dans des études cliniques qu’une exposition de seulement cinq minutes à des paysages naturels avait des effets majeurs sur la pression artérielle, le rythme cardiaque, la tension musculaire et l’activité cérébrale (Ulrich, 2002; Hartig, 2003).

### Meilleure guérison

Ulrich (1984) a effectué une étude dans un hôpital de Pennsylvanie sur des patients ayant subi une ablation de la vésicule biliaire. Les patients étaient appariés selon leur condition (âge, fumeur ou non, etc.). De cette paire, un des groupes de patients était assigné à une chambre avec vue sur un mur en brique, l’autre avec une vue sur un bosquet d’arbres. Résultats : moins de doses de médicaments antidouleur, séjour hospitalier plus court, moins de complications mineures et de meilleures évaluations de l’état du patient par les infirmières chez les patients dans les chambres avec vue sur les arbres. Ces résultats ont par la suite été appuyés par d’autres publications (Hartig, Böök et coll., 1996; Herzog, Black et coll., 1997).

Plusieurs voient le stress comme un des facteurs les plus importants reliés aux divers problèmes de santé dans les sociétés de l'époque moderne (Grahn et Stigsdotter, 2003). Or, la relation entre la proximité d'espaces verts, la diminution du stress et la santé des citoyens a été démontrée statistiquement dans de nombreuses publications de journaux d'épidémiologie en Suède (Grahn et Stigsdotter, 2003), aux Pays-Bas (Maas, Verheij et coll., 2006) et en Angleterre (Mitchell et Popham, 2006).

Il a aussi été démontré que la concentration est plus facile à soutenir dans des environnements naturels et que la récupération cognitive, l'attention, la stabilité émotionnelle et la concentration sont supérieures en milieu naturel qu'en milieu urbain (Hartig, Evans et coll., 2003; Kaplan et Kaplan, 1989). Ceci revêt une grande importance dans une université où la concentration et l'activité intellectuelle sont primordiales. Il en est de même dans une institution ou une entreprise dans lesquelles la productivité, la créativité ou la performance sont des préoccupations majeures.

Selon les théories, il existerait deux types d'attention : directe et contemplative, qui correspondent à deux différentes régions du cerveau. L'attention directe s'occupe de traiter et de trier la surcharge d'information dans laquelle l'humain moderne baigne. De l'autre côté, l'attention contemplative, stimulée entre autres par des scènes naturelles, requiert peu d'énergie puisque l'humain les comprend aisément. Admirer un espace vert permet donc aux zones du cerveau contrôlant l'attention directe de se reposer (Kaplan et Kaplan, 1989; Hartig, Böök et coll., 1996).

À une époque où la population est vieillissante, la santé chez les aînés est une préoccupation majeure. Sachant qu'un mode de vie sédentaire est une composante clé dans l'augmentation de la mortalité et de la morbidité, des chercheurs se sont intéressés à savoir quel type de milieu était favorable à la mise en forme. Suivant des citoyens pendant cinq années, une étude japonaise a montré l'existence d'une corrélation entre la longévité prolongée des personnes âgées et la proximité d'espaces verts et piétonniers, et ceci en dépit de l'âge, du sexe et du statut socio-économique des sujets. L'intégration d'espaces verts, dont les toitures végétalisées, dans les aménagements d'immeubles accueillant les personnes âgées serait donc à favoriser, selon cette étude (Takano, Nakamura et coll., 2002).

Les espaces verts sont réputés pour procurer la détente, la sérénité, le calme, la paix et le repos. Une simple promenade dans un parc de la ville est nécessaire pour constater la popularité et l'importance qu'accordent les citoyens aux espaces verts.

Image 6 et 7 : Espaces verts sur le campus de l'UQAM, au centre-ville de Montréal, p. 71

## Augmentation de la durée de vie du toit

Une des premières craintes par rapport aux toits verts est que ceux-ci augmenteront le nombre de fuites du toit et, par leur grande capacité à retenir l'eau, occasionneront des problèmes de moisissure et d'humidité. En réalité, si les toits sont bien conçus et si les méthodes de construction sont adéquates, les toits verts sont reconnus pour durer plus longtemps que les toits traditionnels. Certaines études montrent qu'un toit vert double au minimum la durée de vie de la membrane (Dunnett et Kingsbury, 2005).

La qualité d'installation est donc primordiale pour la durée de vie d'un toit vert, c'est pourquoi les fournisseurs de matériaux de toits verts recommandent souvent les mêmes entrepreneurs, qui ont de l'expérience avec leurs produits. En réalité, pour tous les types de membranes de toits, les conditions d'installation vont jouer énormément sur la durée de vie du toit. Par ailleurs, étant donné que les toits verts sont nouvellement arrivés au Québec, aucun maître-couvreur ne peut prétendre être expert en la matière pour le moment.

Les principales causes de détérioration d'une membrane d'étanchéité standard sont :

- les rayons UV, qui altèrent la composition chimique des matériaux de membranes imperméabilisantes et modifient leurs capacités et leurs propriétés physiques et mécaniques (Liu, 2005);
- les écarts de températures extrêmes, qui affaiblissent et stressent la membrane et qui, potentiellement, dégradent les joints (Liu et Baskaran, 2003);
- les épisodes de gel et de dégel de l'eau, se succédant typiquement en fin d'automne et au début du printemps au Québec, et qui provoquent la contraction et la dilatation des matériaux.

Les composantes du toit vert agissent comme écran protecteur direct pour la plupart de ces éléments. Pour ce qui est des températures extrêmes, une étude du Conseil national de la recherche du Canada réalisée à Ottawa a démontré que la température d'une toiture standard en élastomère atteignait plus de 70 °C pendant les journées d'été, tandis que le toit vert avec 15 cm de terreau (6 po) à ses côtés ne dépassait que rarement les 30 °C (Liu et Baskaran, 2003).

Figure 6: Températures mesurées au niveau de trois types de surfaces : une strate de végétaux, de la terre non plantée et des pavés nus, p. 68

## Quelques risques pour les membranes d'étanchéité

Le toit vert constitue un obstacle à l'entretien de la membrane d'étanchéité, puisqu'un bris de celle-ci devient inobservable lors d'inspections visuelles. Cependant, comme les membranes tendent à se dégrader aux jonctions entre le toit et d'autres éléments comme les drains, les trappes d'aération,

## AMCQ

À l'Association des maîtres-couvreurs du Québec (AMCQ), sans en faire la promotion, on précise que les couvreurs sont compétents pour effectuer l'installation de toits verts. On mentionne en fait qu'il s'agit d'une technologie utilisée depuis plusieurs années. Quoique, auparavant, les toitures végétalisées de type intensif fussent plus populaires, la demande est maintenant majoritairement pour les toitures extensives. À noter que l'AMCQ regroupe la majorité des couvreurs et que près de 80 % des travaux de couvertures pour les projets commerciaux, institutionnels et industriels sont réalisés par des entrepreneurs membres de l'AMCQ. Il faut tout de même garder en tête qu'aucune accréditation ou garantie n'assure le gage d'une installation sans faille pour les toits verts chez les maîtres-couvreurs.

## ACEC

L'AMCQ est aussi membre de l'Association canadienne des entrepreneurs en couverture (ACEC). Celle-ci fournit des fiches techniques accessibles au public sur l'installation de toits verts.

<http://www.roofingcanada.com/technical.asp?lang=fr>

la jonction d'un autre bassin ou la bordure du toit, installer une lisière de gravier en ces endroits permet de tempérer ce problème potentiel. De plus, le toit vert devient une protection pour la membrane d'étanchéité contre le piétinement lors d'intervention par des professionnels travaillant sur les toits.

En cas d'infiltration d'eau causée par un bris de la membrane d'étanchéité en plein centre de la membrane, le toit vert constitue effectivement un obstacle, puisqu'il faut enlever tous les matériaux du toit vert, le terreau et les plantes pour trouver la fuite. Cela risque par le fait même de contribuer à d'autres dommages à la membrane d'étanchéité. Si l'on redoute particulièrement ce risque mais que l'on souhaite tout de même installer un toit vert, une mince épaisseur de terreau ou le choix d'un système emboîtable ou que l'on peut dérouler, qui est plutôt mince et qui peut être facilement déplacé devrait être préconisé. Il existe aussi la possibilité d'installer un système de détection des fuites.

Il semble peu logique de vouloir retenir et conserver l'eau sur le toit à l'aide du toit vert et d'y garder un haut taux d'humidité, ce qui pourrait favoriser l'apparition de moisissure et l'infiltration d'eau. Selon les spécialistes de l'industrie, avec le temps, les toitures standard ont tendance à se transformer en mares d'eau après de fortes pluies, soit parce que le bassin d'écoulement se déforme et empêche que l'eau ne s'écoule, ou parce que le drain du bassin est surchargé ou bloqué. À l'inverse, dans un toit vert, l'eau est absorbée par les plantes, le terreau et le drain, et le contact entre l'eau et la membrane d'étanchéité est beaucoup plus limité.

Malgré ces inquiétudes qu'ils soulèvent, les toits verts ont bonne réputation pour faire augmenter considérablement la durée de vie d'une toiture. Par exemple, le magasin Derry and Toms, à Londres, dont le toit vert a été aménagé en 1938 possède la même membrane depuis ce temps et on la dit encore en très bon état (Peck, Callaghan et coll., 1999). Certains toits verts berlinois sont, quant à eux, restés en bon état pendant 90 ans avant de nécessiter des réparations majeures (Oberndorfer, Lundholm et coll., 2007).

Pour les toits modernes existant depuis une trentaine d'années, le test du temps reste encore à être passé.

## Efficacité énergétique

Quoique généralement reconnu pour améliorer la performance énergétique d'un bâtiment, les toits verts ont encore un statut précaire en cette matière. En effet, selon les propriétés isolantes prévues initialement et l'exposition au vent et au soleil, les bâtiments peuvent être en situation de gain et de perte énergétique dans différentes portions de l'année; l'analyse d'un spécialiste en efficacité énergétique est primordiale pour connaître les impacts réels qu'un toit vert apporterait au bâtiment. De plus, les toits verts sont généralement intégrés dans un projet global d'efficacité énergétique couplé, par exemple, à l'utilisation de pompes géothermiques ou à l'amélioration du système de chauffage ou de climatisation, selon le cas.

## Fonds d'efficacité énergétique

La seule subvention directement liée aux toits verts existants au Québec était celle offerte par Gaz Métropolitain, dans le cadre de son programme d'efficacité énergétique. Sous certaines conditions, les clients de Gaz Métropolitain pouvaient bénéficier d'une subvention d'environ 54 \$/m<sup>2</sup> (5 \$/pied<sup>2</sup>), sans contrainte sur la taille du projet. En réalité, l'offre était plus généreuse que celle offerte en ce moment par la Ville de Toronto dans son programme incitatif! À la lumière de certaines études, la subvention pour les toits verts a cessé en septembre 2007 puisque les bénéfices des toits verts au Québec, en ce qui concerne l'efficacité énergétique, semblent se réaliser seulement en été. Il serait donc plus logique, selon le représentant de Gaz Métropolitain, que les programmes de toits verts soient inclus dans un programme d'efficacité énergétique axée sur la réduction de la climatisation. Par exemple, on pourrait penser à Hydro-Québec pour développer une mesure incitative pour l'installation de toits verts, étant donné que la climatisation au Québec se fait majoritairement par électricité.

Les plus récentes recherches sur le sujet effectuées dans une région dont la situation climatique est semblable à celle du Québec ont été faites à Ottawa par des chercheurs du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) en 2003. Leurs résultats montrent que l'été, un toit vert extensif de 15 cm permet de réduire la demande d'énergie de 75 %, par rapport à celle d'un toit standard, pour répondre aux normes de climatisation canadienne. Tout au long de l'année, le toit vert a permis d'éviter des gains de chaleur de 95 % et des pertes de chaleur de 26 %, pour une diminution totale des flux caloriques de 47 %. Ce qu'on en conclut, c'est que, pour une partie de l'automne et du printemps, le toit vert a de bonnes propriétés isolantes, mais, une fois l'hiver arrivé, le gel du terreau lui fait perdre cette propriété, doublé du fait que la couverture de neige isole le bâtiment de façon supérieure. Considérés sur toute l'année, les toits verts offrent tout de même une bonne isolation (Liu et Baskaran, 2003; Liu, 2005).

Figure 7 : Flux quotidien moyen de chaleur à travers un toit végétalisé et un toit nu à Toronto (Canada) entre janvier 2001 et décembre 2001, p. 68

### Les propriétés rafraîchissantes des plantes en été

Les plantes offrent un ombrage direct sur le toit, réduisant ainsi l'apport de chaleur directement en contact avec les matériaux du toit. De plus, les plantes possèdent une valeur d'albédo plus élevée (indice de réflectivité solaire) que celle de la plupart des matériaux trouvés sur les toits, et réfléchissent donc les rayons solaires de manière supérieure. La portion d'énergie non réfléchiée par le feuillage est utilisée pour la photosynthèse, processus nécessaire à la croissance des plantes. Finalement, la respiration et la circulation des plantes dépendent d'échanges de vapeurs d'eau par leurs stomates, ce qui a pour résultat de réduire la température de l'air ambiant aux feuilles. Il est à noter que, pour des édifices avec peu d'étages, l'utilisation judicieuse d'arbres d'une bonne hauteur dans l'aménagement peut amener des conditions d'ombrage avantageuses, voire des réductions de la température des murs de 17 °C (Deny et Gaumont, 2007). L'utilisation d'espèces caduques permet entre autres de diminuer l'apport de soleil par les fenêtres et sur les murs pendant l'été. Comme ces arbres perdent leur feuillage en automne, la chaleur solaire peut servir à réchauffer le bâtiment le reste de l'année.

Les propriétés isolantes du toit vert varieront grandement selon le type d'aménagement choisi. Quelques considérations doivent être prises en compte dans la conception du toit si l'on souhaite améliorer de façon considérable l'efficacité énergétique d'un bâtiment :

- Les impacts sur l'efficacité énergétique sont surtout ressentis sur les deux premiers étages sous-jacents le toit vert et ont peu d'incidence sur les autres étages;

- Une couche de terreau plus épaisse ou un aménagement avec plusieurs strates horizontales de végétation augmentera l'effet isolant pendant l'été;

- Une monoculture de plantes conservant leurs feuillages pendant l'hiver (comme un gazon de graminées) formera plus facilement des trous d'air isolants qu'un aménagement de plantes variées et sera un meilleur isolant pendant l'hiver;

- Pour que les propriétés photosynthétiques et photorespiratoires des plantes se manifestent ou soient optimales, les plantes ne doivent pas être en dormance provoquée par la sécheresse ou la chaleur excessive; un système d'irrigation est donc parfois nécessaire pour conserver les propriétés isolantes des plantes.

(Dunnet et Kingsbury, 2005)

### Outil d'analyse d'efficacité énergétique

Malgré la reconnaissance de son impact positif, l'utilisation des toits verts reste très difficile à évaluer dans les analyses d'efficacité énergétique faites par les spécialistes en la matière. Des travaux sont en cours à l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) du ministère des Ressources naturelles du Canada (RnCan), plus précisément par le département Bâtiments et collectivités durables du Centre de la technologie de l'énergie de Canmet, dans le développement d'outils d'analyse d'efficacité énergétique. On y dit travailler à l'inclusion éventuelle des avantages des toits verts dans ce genre d'outils.

[http://www.sbc-bcd.nrcan-rncan.gc.ca/software\\_and\\_tools/software\\_and\\_tools\\_f.asp](http://www.sbc-bcd.nrcan-rncan.gc.ca/software_and_tools/software_and_tools_f.asp)

### Potentiel en termes d'espace pour l'agriculture urbaine

« *Jardiner sur les toits, c'est développer de nouveaux liens avec le cycle alimentaire, les saisons, l'environnement et la communauté.* » (Alternatives, 2007)

L'agriculture urbaine à Montréal est un mouvement particulièrement fort. Le Programme de jardins communautaires de la Ville de Montréal est le plus important en Amérique du Nord (Bhatt et Kongshaug, 2005). Plus récemment, un nouveau mouvement d'agriculture urbaine a fait son apparition : les jardins collectifs. À l'instar du jardin communautaire, dans lequel chacun cultive son carré de terre, le jardin collectif est un potager cultivé en groupe et dont la récolte est partagée entre les jardiniers. Dans certains cas, les jardins collectifs sont rattachés à un organisme de sécurité

alimentaire dans lequel sont distribués les légumes.

La quantité d'espaces cultivables à Montréal a eu tendance à stagner ces dernières années, en dépit de la demande croissante, en raison de la découverte de sols contaminés et, surtout, en raison de la forte pression foncière sur le territoire montréalais (Bhatt et Kongshaug, 2005). L'appropriation de nouveaux espaces comme les toits représente donc un bon potentiel pour l'agriculture, ce qui est même corroboré par la SCHL (Lawlor, Gail et coll., 2006)

### Des jardins sur les toits

Cultiver son jardin sur un toit impose des charges considérables à celui-ci puisque les légumes requièrent au moins 15 à 20 cm (6 à 8 pouces) de terreux très organiques. De plus, on doit aussi prévoir les charges pour que les jardiniers puissent vaquer à leurs occupations en toute sécurité sur le toit.

Image 8: Potager sur le toit de Vivre en Ville, matériaux Soprema, à Québec et image 9 : Potager sur le toit de Catalyse urbaine, matériaux ELT, à Montréal, p.72

Alternatives est une ONG promouvant des programmes de développement communautaire à travers le monde. À Montréal, cette organisation a développé un projet de jardins collectifs intitulé Des jardins sur les toits. Depuis quelques années, plusieurs jardins ont été créés sur différents édifices, terrasses et surfaces pavées. Le type de culture préconisée pour ces projets se fait à l'intérieur de contenants, de manière hydroponique ou semi-hydroponique. Cette technique de culture offre certains avantages comparativement à l'utilisation d'un système offert par l'industrie car :

- elle est moins coûteuse qu'un système de toit vert;
- la terre et l'humidité n'atteignent jamais la membrane d'étanchéité;
- les bacs peuvent être positionnés sur les axes plus solides du bâtiment, comme sur les côtés, les poutres ou vis-à-vis les colonnes;
- le jardin peut facilement être déplacé.

Au fil des ans, cette technique de culture a été améliorée par les biologistes, les agronomes, les architectes du paysage et les jardiniers d'Alternatives, et les rendements en sont excellents. La redistribution des légumes récoltés se fait par des organismes tiers, notamment le Santropol Roulant et la Maison de quartier Villeray, tous deux luttant pour la sécurité alimentaire dans leur secteur. Des jardins sur les toits se veut instigateur de projets : ses spécialistes aideront les intéressés au démarrage des jardins collectifs, dans l'optique où d'autres organismes prendront le relai et développeront des partenariats avec les organismes communautaires locaux. Les personnes intéressées peuvent acquérir leur tout nouveau Guide pour réaliser son jardin alimentaire sur le toit (Alternatives, 2007). Pour de plus amples informations sur

les projets d'Alternatives, visitez la page Web :

<http://www.rooftopgardens.ca/>

Image 10 et 11 : Projet de jardin sur la terrasse Burnside Field, Université McGill, p. 72

### Les phones et la flore

Le bruit persistant du trafic routier est reconnu pour nuire à la qualité de vie des citoyens et constitue un stress psychologique constant. En Suède, Gidlöf-Gunnarsson (2006) a confirmé ce fait et a démontré l'impact positif de la proximité d'un espace vert sur la qualité de vie et le niveau de stress des humains.

Parallèlement, les plantes et le substrat des toits verts permettent de réduire les nuisances sonores. La terre a une bonne capacité à réduire les basses fréquences et les végétaux, les hautes fréquences. Dans certains tests, des toits verts extensifs de 12 cm (5 pouces) d'épaisseur ont permis de réduire le bruit de 40 décibels (Dunnett et Kingsbury, 2005), ce qui rend leur implantation très intéressante pour des bâtiments à proximité du trafic routier, autoroutier ou aérien.

### Murs coupe-son

L'utilisation des plantes pour l'atténuation acoustique commence aussi à être faite le long des routes. Beaucoup plus esthétiques, moins chers et aussi efficaces que les murs en béton, les murs végétaux sont testés par des chercheurs de l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV) de Montréal. On reconnaît que l'isolation du son est surtout faite par le terreau; les peupliers formant le mur rendront toutefois celui-ci beaucoup plus attrayant.

### Programmes existants

Les préoccupations par rapport à l'efficacité énergétique au Québec et au Canada ont donné naissance à plusieurs campagnes incitatives. L'Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME) est en quelque sorte un carrefour où la plupart des intervenants en efficacité énergétique convergent. Pour des idées de financement de projets visant l'amélioration énergétique, l'AQME recense la plupart des programmes existants.

[http://www.aqme.org/centre\\_info/centre\\_info08\\_fr.php](http://www.aqme.org/centre_info/centre_info08_fr.php).

# Les bénéfices d'ordre public des toitures végétales



## Gestion des eaux pluviales

### Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique que procurerait une multiplication de toits verts constituerait aussi un bénéfice public, car une diminution de consommation d'énergie est bénéfique économiquement pour toute la société, surtout au Québec avec Hydro-Québec. Par exemple, l'Université Ryerson et la Ville de Toronto ont produit conjointement une étude coûts-bénéfices. On y montre qu'en couvrant tous les toits de Toronto, en utilisant des toits avec des terreaux d'une épaisseur de 15 cm sur 75 % de leur superficie, on obtiendrait des gains économiques de 68,7 millions dès l'implantation, et 21,6 millions par année en termes d'énergie épargnée (Banting, 2005). Même si l'hydroélectricité produit beaucoup moins de gaz à effet de serre que les méthodes de production utilisées en Ontario, la réduction de l'utilisation d'électricité au Québec permettrait de soutenir la croissance de la demande d'énergie, sans avoir à hypothéquer d'autres rivières ou à développer des projets controversés comme un port méthanier ou une centrale thermique.

Les problèmes de gestion de l'eau pluviale à Montréal, comme dans la plupart des grandes villes, sont causés en grande partie par l'imperméabilisation des sols, étant donné le remplacement des espaces verts par des surfaces asphaltées et bétonnées. Une meilleure gestion des eaux pluviales à Montréal implique donc la réduction du volume et de la vitesse d'écoulement de l'eau vers les égouts. Les épisodes de surverse qui résultent en rejet d'eau non traitée dans le fleuve sont de plus en plus fréquents : on en estime en moyenne 26 par année. Pour régler le problème, il faut soit augmenter significativement la superficie d'espaces verts, soit créer d'immenses bassins de rétention artificiels. On évalue que cette dernière option coûterait environ 500 millions de dollars à la communauté montréalaise (Bourgeault-Côté, 2007). Sur une base quotidienne, le traitement de l'eau s'élèverait quant à lui à 475 000 \$, et à 1 425 000 \$ quand il ne pleut pas (Landreville, 2005).

Selon un rapport de la Chaire d'études sur les écosystèmes urbains à l'UQAM, « il aurait été intéressant que la Ville intègre à son plan de gestion des eaux d'orage divers

**Tableau 3 : Équivalent en CO<sub>2</sub> émis par la production électrique dans diverses provinces**

	[kg/kWh] CO <sub>2</sub>	Equivalent CO <sub>2</sub> émis en comparaison au Québec
Alberta	0,985	45
Ontario	0,293	13
Québec	0,022	
Manitoba	0,018	0,8

(Données de Ressources naturelles du Canada, dans Vivre en Ville, 2006)

aménagement décentralisés misant sur l'augmentation de la capacité d'infiltration dans le sol ou la rétention des eaux pluviales par des étangs dans les parcs ou autres espaces naturels. Des programmes de financement de toits verts, de verdissement des surfaces pavées, de modification du pavage de stationnements pour le rendre plus perméable, etc. pourraient être envisagés » (Rochette et Arce, 2007).

### Ce qui n'est pas traité...

Une bonne portion du système montréalais de cueillette des eaux est combinée, c'est-à-dire que les rejets sanitaires et les eaux de ruissellement sont mélangés. En cas de fortes pluies, le volume des égouts sanitaires est gonflé par les eaux de ruissellement et est rejeté sans traitement quand le système d'égout a atteint sa limite. Ces eaux transportent du phosphore, de l'azote, des hydrocarbures, des phénols, des détergents, des sulfates, des chlorures de sodium et du calcium, des métaux tels que le fer, le zinc et le chrome, de nombreuses souches bactériennes et les polluants associés au transport routier comme les abrasifs et les sels de déglacage (Boulay, Cejka et coll., 1999).

Les systèmes de toits verts sont réputés efficaces pour la rétention d'eau; les plantes, le terreau et les drains parviennent généralement à contenir toute l'eau de pluie, qui sera soit utilisée pour la croissance des plantes, soit drainée ultérieurement dans le système de collecte d'eau de pluie. On prétend que les systèmes de dernière génération, pourtant très minces, retiennent minimalement de 40 à 55 % des eaux de pluie.

Figure 8 : Ruissellement sur toit plat traditionnel et un toit végétalisé extensif sur une période de 22 heures, p. 68

### Contamination des eaux en aval lors de surverses

« Un des problèmes d'assainissement identifié réside dans la contamination bactériologique du fleuve Saint-Laurent par les rejets des stations d'épuration de la CUM et de Longueuil. Celle-ci est mesurée jusqu'à 125 km en aval de Montréal, soit jusqu'à la hauteur de Gentilly » (BAPE, 2000). Ces étendues de pollution posent un risque pour la santé humaine, mais aussi pour la qualité de l'environnement littoral, secteur névralgique pour le maintien de la biodiversité. De plus, cette pollution complexifie le traitement des eaux des villes puisant leur réserve à même le fleuve, rendant les coûts de traitement onéreux.

### Pollution atmosphérique

Avec l'accroissement du parc automobile de la région montréalaise (Bisson, 2005), l'impact du transport aérien et la présence d'îlots de chaleur urbains, la qualité de l'air devient une préoccupation croissante. Sans être une source de mortalité directe, la mauvaise qualité de l'air contribue

à l'apparition de maladies respiratoires chroniques et constitue bien souvent un facteur aggravant menant à la mort pour une portion de la population déjà aux prises avec des problèmes respiratoires. Dans la présentation du projet de loi de la Loi canadienne sur la qualité de l'air (C-30) tiré de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999), on estime qu'un dollar investi pour l'amélioration de la qualité de l'air rapporte trois dollars en bénéfices pour la santé (Drouin et King, 2007). Selon des recherches de la Direction de santé publique de Montréal, la pollution de l'air serait responsable de :

- 1 540 décès prématurés (400 liés aux pics de pollution et 1 140 liés à une exposition chronique);

- chaque augmentation de 10 microgrammes de particules fines par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) d'air au-delà de la norme de 25; ceci fait augmenter d'environ 1 % le nombre d'hospitalisations;

- la hausse de mortalité par maladies respiratoires chez les personnes de plus de 65 ans : celle-ci serait de 6,4 % plus élevée le lendemain d'une hausse de  $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de particules fines;

(Drouin, Morency et coll. 2006).

### Les plantes comme purificateurs d'air

La végétation en milieu urbain est reconnue pour filtrer les particules en suspension (certains métaux lourds) et réduire la formation d'ozone ( $\text{O}_3$ ), d'oxydes nitreux ( $\text{NO}_x$ ) et d'oxydes sulfureux ( $\text{SO}_x$ ) (Beckett, Freer-Smith et coll., 1998; Jim et Chen, 2007). Certains polluants atmosphériques peuvent être absorbés directement par le métabolisme des plantes et être captés dans leurs tissus, comme le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) pendant la photosynthèse (donc seulement l'été); d'autres polluants comme les  $\text{NO}_x$  sont adsorbés par la plante durant toute l'année lors de journées ensoleillées (Fujii, Cha et coll., 2005). Dans le cas des particules fines en suspension ( $\text{PM}_{2,5}, \text{PM}_{10}$ ), elles sont neutralisées en se déposant sur les surfaces des matériaux urbains, dont les arbres. En passant au travers des plantes, l'air entre en contact avec une grande superficie de feuilles, qui sont recouvertes d'une cire protectrice nommée cuticule. C'est grâce à cette substance que les particules fines adhèrent aux feuilles. Une fois collées au feuillage, les particules fines sont lessivées vers le sol lors d'averses (Beckett, Freer-Smith et coll., 1998; Dunnett & Kingbury, 2005). Les toits verts seraient capables de capter d'importantes quantités de métaux lourds dans l'air, dont 95 % du cadmium, du cuivre et du plomb et 16 % du zinc (Peck, Callaghan et coll., 1999). En milieu urbain, on relève aussi que  $1,5 \text{ m}^2$  de gazon non tondu est capable de capter 3 kg de matières en suspension et fournir assez d'oxygène pour une personne pendant une année (Banting, 2005).

L'essentiel des recherches sur la filtration des particules a été fait avec des arbres : la contribution des toits verts est peu documentée et requerrait de plus amples recherches (O'Brien,

dorfer, Lundholm et coll., 2007). Néanmoins, à Toronto, on prévoit que si l'on végétalisait tout le potentiel de toits disponible, on sauverait environ 2,5 millions de dollars en frais de santé par année, dû à l'amélioration de la qualité de l'air (Banting, 2005).

### Estimation des puits de carbone

L'American Public Power Association (APPA) offre sur son site Web un outil d'analyse intéressant : l'estimateur des bénéfices des arbres, qui calcule le potentiel de séquestration du CO<sub>2</sub> d'arbres<sup>1</sup> en milieu urbain et suburbain, selon l'âge et l'espèce de l'arbre. Le calculateur permet aussi d'évaluer l'économie d'énergie en kW/h, selon la distance, la position et l'orientation des arbres par rapport au bâtiment.

<http://www.appanet.org/treeben/calculate.asp>

1 Tree Benefits Estimator

De plus, les plantes sont reconnues pour séquestrer le CO<sub>2</sub> dans l'air, l'utilisant pour leur croissance au moyen de la photosynthèse. Par exemple, la Fondation canadienne de l'arbre (FCA) estime qu'un arbre moyen absorbe normalement 2,5 kg de CO<sub>2</sub> par année (Roulet et Freedman, 1999). Étant donné qu'un arbre mature séquestrera jusqu'à 1000 fois plus de CO<sub>2</sub> qu'un arbre de petite taille (Dagenais, 2007), on peut s'attendre à ce que l'impact d'un toit vert extensif soit bien moindre, mais pourrait tout de même contribuer à l'assainissement de l'air urbain dans un plan de verdissement.

### Modélisation des scénarios de verdissement

Originellement développé par le USDA *Forest Service Northeastern Regional Station*, le modèle UFORE (Urban Forest Effects) a été utilisé par des chercheurs torontois pour quantifier le potentiel de différents scénarios d'aménagement de verdissement. Les différents modules du modèle analysent les impacts de dépollution de l'air de plusieurs contaminants selon différents scénarios d'aménagement d'arbres, d'arbustes, de toits et de murs végétalisés. Les résultats de l'étude prétendent que les toits verts pourraient jouer un rôle significatif dans la dépollution de l'air urbain (Currie, 2005).

### îlots de chaleur urbains

On définit le concept d'îlot de chaleur comme « une zone urbanisée, caractérisée par des températures estivales de l'air ou du sol plus élevées de 5 °C à 10 °C que l'environnement immédiat du point de prise de mesure » (Lachance, 2005), engendrant « des températures nocturnes plus élevées, une hygrométrie de l'air plus importante » et une plus grande concentration des particules en suspension et autres polluants atmosphériques causés par une réduction de la circulation d'air (Dunnet et Kingsbury, 2005).

Figure 9 : Représentation thermique de l'île de Montréal, image Landsat 7ETM, 11 août 2001, p. 69

Les causes principalement citées sont la densité des immeubles, la réduction des surfaces de couvert végétal et d'évaporation, l'augmentation des surfaces pavées pour la circulation routière et piétonnière et l'augmentation des surfaces de ruissellement. Les matériaux de l'environnement urbain (brique, béton, pierre et asphalte) possèdent une valeur d'albédo plutôt basse, donc qui réfléchit peu et qui absorbe beaucoup l'énergie solaire, en plus de sa capacité d'emmagasinement de la chaleur. Cela contribue grandement à la création d'îlots de chaleur urbains (Guay, 2005).

### Impacts des îlots de chaleur urbains sur la santé

La présence d'îlots de chaleur urbains favorise l'apparition d'épisodes de smog, fait augmenter la concentration de polluants dans l'air et favorise la présence de champignons et de moisissures présents dans l'air (Guay, 2003).

#### Le smog au niveau particulaire

« Le smog est un mélange de polluants atmosphériques souvent observé sous forme d'une brume jaunâtre qui réduit la visibilité. Les polluants à l'origine du smog sont composés surtout de particules fines (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>) et d'ozone, plus précisément l'ozone dit "troposphérique" (O<sub>3</sub>), soit celui mesuré au sol. L'ozone (O<sub>3</sub>) résulte d'une réaction photochimique entre les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatils (COV) produits en grande partie à Montréal par le secteur industriel et du transport. Cette réaction nécessite la présence de chaleur, ce qui explique pourquoi les niveaux d'ozone dans l'air sont en général plus élevés l'été. »

(Deny et Gaumont, 2007)

### Smog

Selon le ministère de la Santé et des services sociaux du Québec (MSSSQ), les effets des PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> et de l'O<sub>3</sub>, à court terme, seraient de diminuer temporairement les fonctions respiratoires, de provoquer des augmentations des infections par voie respiratoire, d'amplifier la sévérité des crises d'asthme, de faire accroître le nombre de visites à l'urgence et le nombre d'hospitalisations et, finalement, de faire augmenter le taux de mortalité des personnes à risque, soit les enfants, les aînés et les personnes aux prises avec un problème de santé chronique. À long terme, ils augmenteraient l'incidence de l'asthme, feraient diminuer la croissance des poumons chez les enfants et augmenteraient la prépondérance du cancer des poumons (MSSSQ, 2008). Une étude a même montré que des expositions particulièrement concentrées au PM10 interféraient avec le développement des nourrissons et pouvaient provoquer des retardements de croissance comme la réduction de la taille du corps ou de la tête (Beckett, Freer-Smith et coll., 1998).

## Particules fines (PM<sub>2,5</sub>)

« Les particules fines désignent les poussières et les gouttelettes microscopiques qui flottent dans l'air et dont le diamètre est de moins de 2,5 micromètres. [...] Les particules fines se composent surtout de sulfates, de nitrates, de carbone, de substances organiques, de minéraux provenant du sol et de métaux. [...] En raison de leur petite taille, les particules fines dont le diamètre est inférieur à 2,5 µm pénètrent profondément dans le système respiratoire et peuvent s'y déposer. De courtes expositions peuvent provoquer de la toux, des irritations et des inflammations des bronches. [...] Les effets sur de longues périodes d'exposition, moins bien documentés que les effets à court terme, se traduisent par une diminution permanente des fonctions pulmonaires ainsi que par une augmentation des taux de mortalité par maladie cardiovasculaire et cancer du poumon. La nature des substances chimiques liées aux particules est un déterminant important de leurs effets toxiques. La présence sur les particules de substances comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les dioxines et des métaux explique leurs effets cancérigènes. »

### Ozone troposphérique

« Ces polluants sont produits en grande quantité par des activités humaines comme le transport, les industries ou le chauffage. [...] L'ozone est un oxydant qui, à forte concentration, irrite le nez, la gorge, la peau et les yeux. Sur de courtes périodes d'exposition, il peut provoquer la toux, des maux de tête ou des difficultés respiratoires causées notamment par une constriction des bronches et des bronchioles. L'ozone pourrait aussi causer un affaiblissement des mécanismes de défense et, par conséquent, une augmentation des infections. »

(MDDEPQ, 2002; Santé Canada, 2006)

## Chaleur accablante

Les îlots de chaleur urbains prolongent la fréquence, la durée et l'intensité des vagues de chaleurs accablantes (Lachance, 2005). En présence d'îlots thermiques, les populations sont donc plus à risque de subir les effets des chaleurs accablantes, entre autres sur les plans de la mortalité et de la morbidité (GIEC, 2001). Par exemple, lors de l'été 2003 en France, les chaleurs accablantes auraient provoqué la mort d'environ 15 000 personnes, principalement des personnes âgées, et plus particulièrement les femmes (Besancenot, 2005).

### Mécanisme naturel contre la chaleur

« Lorsque le corps est soumis à des températures ambiantes élevées, les mécanismes de thermorégulation déclenchent alors une réaction de défense normale appelée thermolyse. Le but de la thermolyse consiste à dissiper l'excès de

chaleur par différents mécanismes, dont les principaux sont la vasodilatation périphérique et la production de sueur. » Or, ces mécanismes sont exigeants et les personnes à risques peuvent avoir une réponse physiologique insuffisante, ce qui peut occasionner plusieurs problèmes de santé.



Le stress thermique cause des effets directs et indirects sur la santé. Parmi les effets directs les plus marqués, on mentionne : dermatite, oedème des extrémités, crampes de chaleur, syncopes, insolation, épuisement et coup de chaleur (Laplante et Roman, 2006; Auger et Houde, 2004). Les effets indirects touchent beaucoup plus de personnes et résultent habituellement de l'exacerbation d'un état chronique, comme les affections cardiovasculaires, cérébrovasculaires, respiratoires, neurologiques et rénales (Auger Koastsky, 2002). Les vagues de chaleur peuvent aussi aggraver certaines maladies chroniques comme le diabète (Giguère et Gosselin, 2006) et rendent à risque les personnes prenant des médicaments comme des tranquillisants, des diurétiques et des anticholinergiques, etc. : une liste des médicaments est disponible dans Auger et Houde (2004) et dans Laplante et Roman (2006).

## Supprimer les îlots de chaleur

Il existe deux manières principales de réduire les effets des îlots de chaleur urbains : soit en augmentant la réflectivité des matériaux utilisés dans la construction des infrastructures, soit en augmentant la superficie d'espaces verts. Comme les toits constituent une aire importante des villes, l'utilisation de toitures végétalisées est considérée comme un excellent moyen pour contrer les îlots de chaleur, surtout dans les secteurs denses comme les centres-villes, où les autres possibilités de verdir sont limitées.

## Protection de la biodiversité

Étant donné la perte d'espace au sol que provoque la construction immobilière, les toits peuvent devenir l'habitat de plusieurs espèces de la faune et de la flore. Même s'ils ne constituent pas nécessairement une niche idéale, les toits verts peuvent agir comme lieu de transition pour les animaux. En milieu urbain, la fragmentation et l'isolation des habitats sont des facteurs de perte de biodiversité importants (Hidding et Teunissen, 2002). Les toits verts peuvent potentiellement servir de corridors écologiques bénéfiques sur la dispersion d'espèces animales et végétales. Par exemple, vu l'altitude des toits, les oiseaux sont particulièrement enclins à utiliser ces espaces peu perturbés par l'homme. Particulièrement peu documentés pour le moment, les bienfaits des toits verts sur la biodiversité ont été validés en Angleterre (Grant, 2006; Kadas, 2006), en Allemagne (Köhler, 2006) et en Suisse (Brenneisen, 2006).

Néanmoins, si l'on considère quelques éléments comme le terreau qui gèle et qui ne permet pas la survie de la plupart des espèces d'insectes ou que l'altitude des toits qui ne permet qu'une propagation aéroportée sur une longue dis-

tance pour les espèces végétales, on peut s'interroger sur la valeur écologique réelle des toits verts, comparativement à un espace au sol. De plus amples recherches devraient être effectuées à ce sujet, et ce, localement, étant donné la complexité de l'écologie et des interactions entre les espèces et leur milieu.

Somme toute, il demeure indéniable que le toit vert constitue un meilleur habitat qu'une membrane faite de bitume. Étant donné que son implantation n'est pas faite a priori pour abriter des espèces animales, le toit vert représente un plus sur le point de vue de la biodiversité. De toute manière, si le toit devenait un trop bon habitat, on pourrait craindre des dommages aux composantes causés par ses nouveaux habitants.

#### La végétation spontanée au service de l'éducation

Le toit de la faculté d'aménagement à l'Université de Montréal contient une quarantaine d'espèces indigènes et est utilisé à des fins pédagogiques pour des cours de botanique. Certaines de ces espèces ont été implantées dès l'aménagement du toit et d'autres proviennent de graines qui ont été transportées par le vent ou par la faune.



## Certification LEED®



Originellement des États-Unis, le système d'évaluation Leadership in Energy and Environmental Design (LEED®) permet d'évaluer la performance environnementale des immeubles sur l'ensemble de leur cycle de vie, au moment de la conception du bâtiment. Ce système a été adapté aux exigences du climat et aux considérations environnementales spécifiques du Canada par le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa) sous le nom de LEED-Canada®. Le système s'applique aux nouveaux bâtiments, mais aussi aux rénovations majeures effectuées sur un bâtiment existant. Les exigences et les crédits sont accordés selon 6 catégories :

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.

(CBDC, 2007)

Les systèmes de notation d'immeubles existants à travers le monde

GBTool (International)  
BREEAM (Royaume-Uni)  
HK-BEEM (Hong-Kong)  
LEED® (États-Unis)  
LEED-Canada® (Canada)  
HQE (France)  
CASBEE (Japon)



(Duffy, Guthrie et coll, 2007)

### LEED® et toits verts

Les crédits LEED® que la création d'un toit vert permet d'accumuler sont un bon incitatif à l'implantation de toits verts. 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®. On estime que les toits verts permettent d'aller chercher un potentiel de 11 crédits LEED®, voire plus, tout dépendant de la créativité des concepteurs.

- 1 crédit LEED® en vertu du crédit lié aux toitures, par l'installation de toits verts destinés à réduire l'effet d'îlot thermique urbain;

- 1 crédit LEED® en vertu du crédit 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 crédits LEED® pour la gestion des eaux pluviales étant donné que les toits verts réduisent les taux de ruissellement, les pointes de crue et les matières en suspension;

- 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 au titre de la consommation d'eau;

- D'autres crédits sont aussi disponibles si l'on démontre que le toit vert augmente l'efficacité énergétique du bâtiment en réduisant la climatisation, la ventilation, ou le chauffage.

(Lawlor, Currie et coll., 2006)

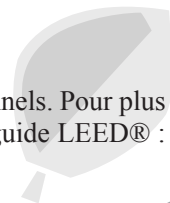
« La certification LEED® est accordée à des bâtiments qui ont démontré un souci de la viabilité en respectant des normes de performance plus élevées en matière de responsabilité environnementale et d'efficacité énergétique. »  
(CBDC, 2004)



Les cotes LEED® s'accordent avec la pondération suivante, permettant un potentiel de 70 crédits :

Certifié LEED® : 26-32 points;  
LEED® Argent : 33-38 points;  
LEED® Or : 39-51 points;  
LEED® Platine : 52-70 points.

Il est à noter que le système LEED® permet d'outrepasser le potentiel de 70 crédits pour des projets exceptionnels. Pour plus d'informations, visitez le site du Conseil du bâtiment durable du Canada (<http://www.cagbc.org/>) et lisez le guide LEED® : Système d'évaluation des bâtiments écologiques, maintenant disponible en français.



## **Pourquoi bâtir LEED®?**

Les considérations environnementales ne manquent pas dans la démarche LEED® pour inciter tout promoteur à construire des bâtiments durables; c'est une question de volonté. Le scepticisme pour ce genre de projet vient plutôt de l'impression de surcoûts importants pour construire LEED®. Selon Michel Rose, porteur du projet du pavillon Lassonde, il faut surtout voir ces coûts comme des investissements à long terme : « en moyenne, sur une période de 40 ans, le coût de construction d'un édifice vert représente moins de 2 % du coût global, le reste étant essentiellement lié à l'exploitation (6 %) et à la masse salariale (92 %). Or les études montrent qu'un bâtiment durable fait augmenter la productivité de ses occupants de 5 à 15 %. L'investissement est donc récupéré très rapidement » (Gravel, 2005). De plus, il affirme avoir réussi à gérer le projet du pavillon Lassonde en respectant le même budget que pour un projet normal, en dépit d'une période de construction accrue pendant laquelle les coûts des matériaux ont connu une flambée importante. .

# Considérations des choix pour implanter un toit vert



Plusieurs éléments doivent être pris en compte pour aménager un toit vert. Les contraintes ont été pensées et explorées en fonction du cas de l'UQAM, donc dans un cadre montréalais. Néanmoins, il est possible de les appliquer dans un autre contexte ou de les extrapoler. Des informations plus détaillées sur le cas de l'UQAM et de l'arrondissement Ville-Marie sont présentées dans les prochains chapitres.

## Choix du site

La première étape est d'évaluer pourquoi l'on souhaite un toit vert. En fonction de ces objectifs, on pourra déterminer quels sites sont préférables à aménager et comment ils devront l'être. L'utilisation d'une grille d'aide à la décision peut être utile. Une visite sur les toits potentiels permet aussi de se faire une bonne idée des meilleurs endroits à verdir. Un outil utilisé pour le cas de l'UQAM est présenté dans les sections suivantes; les éléments suivants y sont décrits :

- Usage sous-jacent au toit;
- Potentiel de verdissement au sol;
- Type de toit;
- Âge des toitures;
- Superficie du toit;
- Accès au moment de la construction;
- Accès pour l'entretien;
- Accès au public;
- Exposition au soleil et au vent;
- Visibilité du toit;
- Panorama.

## Capacité portante

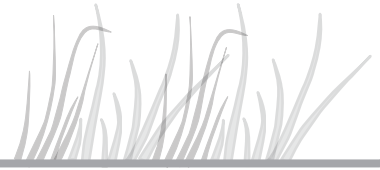
Une fois le site choisi, l'étape la plus importante est d'analyser la capacité portante du toit. Cela requiert les services d'un ingénieur en structure, qui déterminera la charge qu'on peut imposer au bâtiment. Cela fera varier le type de toit vert qu'on peut y installer. Si l'on ne dispose que de toits aux capacités trop faibles, l'ingénieur pourra fournir une estimation des stratégies de renforcement à prévoir et les coûts qui y seront associés.

## Réfection du toit

Les matériaux composant les toits verts modernes sont indépendants des matériaux standard utilisés sur les toits. Selon les fournisseurs, et tel que vu dans certains projets, il est donc possible de les installer sur une membrane existante installée depuis déjà quelques années. Étant donné les problèmes que posent les toits verts lors de la réparation de membrane, il serait plus logique de les verdir sur une membrane neuve. De plus, les compagnies de matériaux de toits verts auront tendance à réduire leur garantie en conséquence de la condition du toit; il est donc recommandé de les installer sur une toiture dont on vient tout juste de faire la réfection. La démarche d'installation de toit vert devrait idéalement accompagner la réfection, de sorte que les maîtres-couvreurs engagés peuvent entreprendre les deux ouvrages et assurer un suivi adéquat.

## Choix du couvreur

La plupart des fournisseurs de matériaux de toits verts exigent que les couvreurs suivent une formation pour pouvoir installer leurs produits étant donné la grande variété de techniques et d'équipements utilisés selon le type de membrane; certaines garanties en sont même conditionnelles. De plus, la durabilité d'un toit vert dépend grandement de la qualité d'installation de la membrane d'étanchéité et des matériaux de toits verts. Le choix du maître-couvreur devrait être orienté vers la compétence et la reconnaissance par le milieu au lieu que pour des considérations de prix.



## Choix des membranes d'étanchéité

Deux des fournisseurs de matériaux de toits verts présents, Hydrotech et Soprema, offrent aussi des produits d'étanchéité. Les représentants pourront guider leur choix de la membrane appropriée à l'installation de toits verts. Les deux autres fournisseurs de systèmes de toits verts présents au Québec, Xero Flor et ELT Easy Green, ont des ententes avec des fournisseurs de matériaux d'étanchéité ou connaissent les membranes à utiliser avec leurs produits. Les maîtres-couvreurs pourront aussi donner leur point de vue, selon leur expérience. Le choix d'une membrane de qualité est primordial.

À cause de certains risques d'accumulation d'eau occasionnés par la présence d'un toit vert et étant donné les difficultés que celui-ci apporte pour la détection et le calfeutrage d'une brèche dans la membrane d'étanchéité, un système de détection des fuites peut s'avérer un choix judicieux.

## Réglementation municipale

Sauf erreur, aucune municipalité québécoise ne s'est dotée d'une réglementation concernant l'implantation de toits verts, pas même Québec ou Montréal, qui pourtant comptent chacune bon nombre de projets de toits verts.

Dans le contexte montréalais, les règlements sur la construction et la rénovation relèvent de l'autorité d'arrondissement, qui est tenue de faire respecter la « Loi sur les architectes LRQ – chapitre A.21 » et les codes du bâtiment de la Régie du bâtiment du Québec (RBQ). En ce qui a trait à la réfection de toits, c'est-à-dire la réparation ou le changement de membranes d'étanchéité, rien n'oblige un propriétaire à demander un permis de construction à son bureau d'arrondissement, à moins que la propriété soit comprise dans l'arrondissement historique et naturel du mont Royal.

Cependant, en cas de changement majeur ou de modification dans la structure du toit, le propriétaire doit demander un permis de construction ou de transformation à la Direction de l'aménagement urbain et des services aux entreprises de son arrondissement.

Dans le cas d'une implantation d'une toiture végétale, l'ensemble des travaux fait partie de ces modifications majeures : pose des matériaux de toitures non conventionnels, étendage de terreau, aménagement paysager du toit, transformation ou création d'une terrasse, aménagement d'une cage d'escalier ou d'un accès extérieur, installation de parapets

et de garde-corps. Des travaux effectués sans permis valide sont passibles d'amendes.

Pour acquérir les permis, le maître d'ouvrage du projet doit présenter deux exemplaires de son projet à la division des permis et inspection et un exemplaire additionnel au comité consultatif de l'urbanisme. Ce dernier a droit de regard sur les éléments des travaux visibles de la rue et le comité examinera l'intégration du projet dans son milieu par rapport au patrimoine du quartier et du bâtiment lui-même. Par exemple, des rambardes pleines installées en bordure du toit peuvent aller jusqu'à deux mètres de hauteur; par contre, des garde-corps doivent être en retrait de la bordure à une distance équivalente à deux fois leur hauteur.

## Conseil consultatif d'urbanisme de Montréal

Certains permis de transformation ou de construction d'un immeuble sont aussi assujettis à une procédure d'évaluation par la Division de l'urbanisme, et préalablement à une décision du conseil d'arrondissement. C'est le cas notamment de tout projet localisé dans un secteur patrimonial ou concernant des bâtiments historiques classés ou reconnus en vertu de la Loi sur les biens culturels, situés dans une aire de protection, dans un arrondissement historique ou dans l'arrondissement historique et naturel du mont Royal, de même que tout projet présentant certaines caractéristiques de construction. De plus, ces règles de zonage peuvent changer pour les différentes portions d'un même bâtiment, il est donc important de s'en informer au bureau des permis de son arrondissement.

Certains monuments historiques sont aussi désignés dans des aires de protection par le ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine du Québec (MCCCQ) en vertu de la Loi sur les biens culturels. Tout projet de toit vert situé dans ces aires de protection requiert donc l'autorisation du ministère avant même que l'arrondissement puisse étudier le dossier. Fait intéressant : « cette autorisation est également requise pour toute modification extérieure ne nécessitant pas de permis, tels que les aménagements paysagers, les espaces de stationnement, etc. » (Ville-Marie, 2006). En plus du formulaire de demande d'autorisation et des photos des façades des bâtiments à modifier, on doit remettre au MCCCQ deux copies des plans des travaux, avec les couleurs, les matériaux et les dimensions envisagés. Finalement, l'émission de l'autorisation

prend de 4 à 5 semaines.

### **Accessibilité du toit vert**

S'il l'on souhaite rendre accessible au public un toit qui n'avait pas été conçu pour cette fonction initialement, il faut :

- s'assurer que la capacité portante du toit le permet, en fonction des normes sur la sécurité du Code du bâtiment;
- renforcer la structure, si le toit le permet, en conséquence d'un achalandage plus élevé tout en répondant aux normes, si une technique de renforcement est possible;
- installer des structures sécuritaires permettant au public d'accéder au toit, comme les escaliers, garde-corps ou parapet.

### **Accessibilité pour les travailleurs**

Selon le Règlement sur la sécurité dans les édifices publics de la RBQ, les propriétaires d'édifices publics doivent fournir et installer les dispositifs de sécurité nécessaires et de caractère permanent pour le personnel d'entretien. Ces dispositifs comprennent les ancrages pour ceinture de sécurité, les garde-corps, les fixations pour garde-corps autour des toits et des ouvertures des toits. Ces dispositifs doivent donc être présents pour l'implantation d'un toit vert et devront y être rajoutés s'ils n'y sont pas déjà.

### **Accessibilité des matériaux**

Les matériaux peuvent être acheminés de plusieurs façons jusqu'au toit. La taille du projet rendra certaines techniques plus logiques. Pour des projets de grande envergure, on utilisera généralement une grue pour apporter les matériaux sur la toiture, comme c'est le cas pour une réfection de toit. Un espace au sol doit être prévu à cet effet. Le terreau peut être amené en poches d'environ 40 litres, comme on les retrouve sur le marché du détail. Pour de plus grandes surfaces, il sera probablement préférable de transporter le substrat en pochetons de plus grand volume, à l'aide d'une grue. Par ailleurs, il est maintenant possible de souffler le terreau du niveau du sol jusqu'au toit à l'aide d'appareils spécialisés.

Image 12 Terreau soufflé pour le projet de l'ITA à Saint-Hyacinthe, image 13 Terreau étendu à l'aide de pochetons et d'une grue – Projet SAQ à Montréal et image 14- Terreau acheminé en sacs de terres -Projet Camp musical de Cammac. p. 73

### **Occupation temporaire du domaine public**

L'utilisation d'une grue, d'une soufflerie pour le terreau ou de camions livrant les matériaux implique souvent le stationnement de la machinerie dans la voie publique. Selon la ville où l'on implante le projet, le maître d'ouvrage devrait préalablement faire connaître ses intentions et, si nécessaire,

demander les autorisations pour éviter tout désagrément envers quiconque.

À Montréal, en vertu du Règlement sur l'occupation du domaine public, toute activité de construction utilisant la voie publique doit d'abord faire l'objet d'une autorisation. On entend par « domaine public » : les rues, ruelles, parcs et places publiques, y compris les trottoirs, les terre-pleins et les pistes cyclables (Ville de Montréal, 1995).

Le traitement des demandes, la remise d'autorisation et la tarification relèvent de l'arrondissement, plus précisément des Travaux publics. Une demande de permis d'occupation du domaine public doit être dûment remplie au moins 48 heures avant l'occupation des lieux.

### **Choix du type de toit vert**

Le choix du type de toit vert dépend de plusieurs facteurs :

- Le choix du site et les bénéfices escomptés du toit vert;
- Le budget;
- La capacité portante du bâtiment.

### **Terreau**

Le terreau utilisé est généralement spécifique au fournisseur de systèmes de toits verts, chacun ayant sa recette et chaque terreau sa provenance spécifique. Les fournisseurs ne divulguent pas en détail les mélanges utilisés pour le substrat, mais on sait qu'ils sont fortement minéralisés, contenant par exemple de la brique concassée ou des granules d'argile. On met généralement peu de matière organique dans les toitures extensives (en moyenne de 10 % en poids de matière organique) parce qu'elle se décompose avec le temps et laisserait le système racinaire des plantes sans substrat (Oberndorfer, Lundholm et coll., 2007). Ainsi, un toit vert avec un terreau fortement organique requiert des amendements plus fréquents.

### **Système irrigué et non irrigué**

Certains types d'aménagement requièrent l'installation d'un système d'irrigation. Celui-ci permettra l'utilisation d'un plus grand choix de plantes qui requièrent des conditions hydriques stables. On aura notamment besoin d'un tel système pour un aménagement comprenant des plantes indigènes puisque celles-ci poussent au Québec dans des conditions souvent beaucoup moins difficiles qu'un toit vert (Oberndorfer, Lundholm et coll. 2007).

### **Systèmes manuels**

Dans le cas de systèmes manuels, une personne doit être titrée à la surveillance du comportement des végétaux et de l'évolution des températures estivales. Le système le plus rudimentaire consiste à prévoir une sortie d'eau pour

l'arrosage manuel à l'aide d'un boyau dans les périodes de canicule et de sécheresse. Des systèmes d'irrigation dans le sol sont aussi possibles. Généralement faits de caoutchouc élastique, ils sont contrôlés au moyen de valves et permettent d'arroser directement dans le sol. En cas de bris, ils sont toutefois plus compliqués à gérer.

## Systèmes automatisés

Des systèmes automatisés permettent aussi d'éviter d'employer quelqu'un pour l'arrosage du toit. Il existe des systèmes qui arrosent en surface à l'aide de gicleurs et d'autres systèmes qui incorporent l'eau à même le terreau, appelés systèmes de subirrigation. Ces systèmes peuvent être contrôlés par minuterie ou par des capteurs détectant les conditions d'humidité du sol. Un ajustement au fil de la saison est généralement nécessaire avec ce type de système puisqu'il arrose difficilement de manière uniforme sur tout un aménagement. Toutes les sections du toit vert n'auront pas les mêmes conditions hydriques, ceci dépend des conditions d'assèchement dues à l'exposition au vent et au soleil et des besoins différents en eau de plantes variées.

## Considérations à envisager

Dans l'éventualité où un système d'irrigation est installé, il faut :

- anticiper des coûts supplémentaires pour le système lui-même, son installation et l'ajout d'une entrée d'eau sur les toits qui n'en disposent pas;
- s'assurer que la tuyauterie ne soit pas éjectée du sol au bout de quelques années en raison du mouvement occasionné par le gel et dégel du sol, comme cela s'est produit pour certains projets;
- prévoir impérativement qu'une personne purge et ferme le système d'irrigation avant l'hiver pour éviter des bris qu'occasionneraient le gel et l'expansion de l'eau dans la tuyauterie;
- considérer un système de détection des fuites puisqu'un toit ne constitue pas le meilleur endroit pour une accumulation d'eau.

## Irrigation et gestion environnementale des eaux

Le recours à ce type de système semble peu cohérent avec une pensée environnementale quand, parallèlement, on utilise l'eau de l'aqueduc pour entretenir un espace vert artificiel et de l'autre côté, on vante les mérites des toits verts sur la gestion de l'eau. Certains critères LEED® ne sont plus disponibles pour les bâtiments ayant recours à un toit vert irrigué.

On aura tendance à installer un système d'irrigation pour des toitures ayant des limitations sur la capacité portante, forçant l'utilisation d'un terreau peu absorbant et mince, tout en désirant un aménagement de plantes variées. Du point de vue

environnemental, une adaptation aux contraintes du site viendrait. Par exemple, pour de tels types d'aménagement, il vaudrait mieux prévoir un site où l'on peut installer un système intensif dont le terreau a une capacité de rétention d'eau beaucoup plus similaire à celui d'un terreau à même le sol, éliminant l'exigence d'un système d'irrigation.

Image 15- Bassin de rétention d'eau extérieur – 740, Bel-Air, Montréal, p.74

## Récupérer l'eau de pluie

Un système d'appoint pouvant être utilisé dans des projets de toits verts consiste à récupérer l'eau de pluie dans des contenants collecteurs, comme des barils. Ces réserves peuvent être disposées en des endroits stratégiques sur le toit, là où l'on sait que l'on peut imposer une charge plus importante comme sur les bordures du toit. Elles peuvent par la suite être utilisées pour les besoins hydriques des végétaux du toit vert.

À plus grande échelle et pour des projets de nouvelles constructions, les toits de certains bâtiments ont été désignés pour collecter l'eau de ruissellement, qui est accumulée dans des bassins et par la suite utilisée dans le système sanitaire de l'immeuble. C'est le cas du pavillon des sciences biologiques de l'UQAM, du pavillon Lassonde de la Polytechnique et du 740, Bel-Air, à Saint-Henri à Montréal.

## Aménagement paysager

Certains systèmes imposent d'eux-mêmes les plantes à utiliser pour le toit vert, comme les tapis de sedums. D'autres systèmes offrent plus de latitude pour le choix de plantes et le type d'aménagement. Quelques personnes au Québec sont devenues spécialistes dans l'horticulture des toits verts. Mme Marie-Anne Boivin, de chez Soprema, a été une des premières personnes au Québec à tester différents végétaux sur des toitures. Les spécialistes et enseignants en horticulture à l'Institut des technologies de l'agroalimentaire de Saint-Hyacinthe vont potentiellement devenir une référence en la matière dans les années à venir, grâce à un toit vert présent sur leurs bâtiments.

Un aménagement conventionnel sur un toit amène son lot de contraintes. On doit s'assurer que les plantes peuvent supporter les extrêmes de température et les stress hydriques. Il faut aussi connaître le comportement des racines des plantes puisque certaines sont particulièrement agressives et peuvent percer la barrière antiracine et endommager la membrane d'étanchéité. De plus, pour un aménagement de qualité, il faut prévoir de l'entretien, du désherbage et de la tonte : il faut donc s'assurer d'avoir soit la main-d'œuvre, soit le budget pour les réaliser.

## Littérature horticole sur les toits verts

Certains paysagistes et pépiniéristes se sont spécialisés dans le domaine des toits verts. Aux États-Unis, la ferme Emory Knoll s'est entièrement dévouée à la propagation de plantes utilisées sur les toits verts. Une liste de plantes les mieux adaptées est disponible sur leur page Web : <http://www.greenroofplants.com/index.htm>.

Leur expérience a aussi permis de réaliser un ouvrage sur le sujet : *Green Roof Plants: A Resource & Planting Guide* (Snodgrass & Snodgrass, 2006). Le livre *Toits et murs végétaux* (Dunnett & Kingsbury, 2005) offre aussi une bonne section sur le choix de végétaux.

## Rusticité

Il est possible de trouver la zone de rusticité de sa région dans la plupart des guides horticoles. Cette zone de rusticité représente les conditions minimales de température supportées par une plante. Au Québec, elle va de la zone 0 (moins de 45 °C) à 5b (-23 à -26 °C). Pour chaque zone (1 à 5), il existe deux sous-zones, a étant la plus froide et b la plus chaude. Même s'ils sont produits aux États-Unis, les guides de plantes de toits verts peuvent être utilisés au Québec puisque la rusticité des végétaux accompagne habituellement leur description. Les zones de rusticité américaines sont légèrement différentes de celles du Canada : aux États-Unis, les sous-zones a et b sont inversées et il faut généralement ajouter une zone de rusticité pour avoir une équivalence (une zone américaine 3a est considérée 4b au Canada). Finalement, pour présenter la rigueur des conditions sur les toits verts, on suggère généralement de soustraire de une à deux catégories par rapport à sa zone de rusticité. Par exemple, à Montréal, qui se trouve maintenant dans une zone 5a, on conseille l'utilisation de plantes de rusticité d'au minimum 4a sur les toits.

Comme le recommandait la Direction de la santé publique lors de consultations sur les toits verts organisées par la Ville de Montréal, l'utilisation de plantes dont la floraison nuit à la qualité de l'air par la création de pollen allergène devrait être écartée. L'entretien des toits verts devrait être respecté pour que ceux-ci ne deviennent pas des endroits de prolifération d'espèces comme l'*Ambrosia artemisiifolia*, ou herbe à poux.

## Entretien

L'entretien d'un toit vert demande plus d'effort que celui d'un toit standard. On recommande l'inspection du toit vert de 4 à 6 fois par année. Ces inspections couvrent plusieurs corps de métiers et servent notamment à :

- s'assurer de la vitalité des végétaux;
- enlever les plantes nuisibles apportées par le vent qui

pourraient endommager la membrane d'étanchéité avec  
**Plantes indigènes**

Dans une perspective environnementale, l'utilisation de plantes indigènes sur un toit vert peut être une bonne contribution pour la protection de la biodiversité. Les plantes indigènes sont reconnues pour leur résistance aux maladies et aux insectes présents au Québec, ainsi que pour leur facilité d'entretien et leur demande peu exigeante en matière de fertilisants. Cela demeure moins véridique dans le contexte de leur utilisation sur un toit vert, où l'environnement est artificiel et ne représente pas les conditions normalement retrouvées au Québec. Tout de même, l'utilisation de plantes indigènes apporte d'autres effets positifs, comme assurer la pérennité de la flore indigène et fournir des habitats et des ressources pour la faune, semblables à ce que l'on retrouve naturellement. Deux pépinières se sont spécialisées dans la propagation de plantes rustiques au Québec : Horticulture Indigo, situé à Ulverton, et la Pépinière Rustique, basée à Saint-Adolphe-d'Howard.

<http://www.horticulture-indigo.com/>

<http://www.pepiniererustique.com/>

- s'assurer du bon fonctionnement du système d'irrigation, s'il y a lieu;

- vérifier que les drains ne sont pas obstrués par la végétation;

- fertiliser au besoin les végétaux sur le toit; pour ceci, l'utilisation d'engrais naturels semble mieux indiquée dans une perspective environnementale, et on ne connaît pas le potentiel réactif des engrais de synthèse avec les matériaux constituant les toits verts.

## Service de prévention des incendies

Il n'existe pas de règlement officiel par rapport à l'utilisation de végétaux sur un toit pour ce qui est des risques d'incendie. Les normes de la RBQ stipulent qu'on doit limiter la présence de matière combustible sur les toits, mais la liste des matériaux n'est pas encore adaptée aux toits verts. Certaines craintes se sont formées à l'égard de variétés de graminées, qui, une fois desséchées, pourraient constituer de bons combustibles. C'est pourquoi on recommande, dans le Projet-pilote de toit vert : démarche d'une construction écologique (Nerenberg, 2005), d'entretenir un dialogue avec le service de prévention des incendies dès la planification du projet.

À Montréal, la principale crainte du service d'incendie reliée aux toits verts découle des techniques de lutte contre la propagation du feu dans des bâtiments à ossature de bois. En effet, en cas de propagation de feu dans ce type de bâtiments, les pompiers effectuent des trous dans les toits pour créer des cheminées d'où la chaleur peut s'échapper du bâtiment. La présence d'un toit vert peut donc potentiellement nuire au travail des pompiers, qui devront passer au

travers des plantes, du terreau et des matériaux constituant le toit vert avant de créer une brèche (Nerenberg, 2005). Dans le cas d'édifices institutionnels, commerciaux et industriels, étant donné que la plupart sont construits avec des toits en béton ou en acier, cette technique n'est pas utilisée par les pompiers en cas d'incendie et l'installation d'un toit vert ne nuit pas à leur travail.

De plus, les avis sur les risques d'incendie relié aux toits verts sont partagés. D'un côté, on dit que l'humidité d'un toit vert ralentira la progression d'un feu de l'intérieur vers l'extérieur (Peck et Khun, 2000); de l'autre, on prétend que la sécheresse prolongée peut potentiellement augmenter les risques d'incendie sur des toits faits de graminées, par exemple. Des dispositifs comme des sentiers pavés, des allées de gravier, des bandes de plantes retenant l'eau, comme le sedum, ou au système d'irrigation automatique peuvent être inclus dans le design initial du toit pour réduire ces risques.

Pour conclure, aucun cas de création ou d'aggravation d'incendie en lien avec les toits verts n'a jusqu'à maintenant été rapporté. À l'inverse, les premiers toits verts allemands étaient employés comme structure de retardement de feu (Oberndorfer, Lundholm et coll., 2007). Des toits verts ont même récemment été installés sur les casernes de pompiers à Chicago et à Minneapolis.



## Toitures réfléchissantes



Lors de la réfection des toits, plusieurs options environnementales sont disponibles. Dans le contexte où l'on veut strictement diminuer la température en surface des toits, utiliser des matériaux de recouvrement réfléchissants peut s'avérer une bonne solution. De plus, on préfère souvent les toitures réfléchissantes aux toits verts en raison de leur coût d'investissement moindre. Puisqu'elles ne comportent pas de végétaux ni d'éléments vivants, ces toitures semblent aussi beaucoup plus faciles à gérer. Il faut toutefois noter qu'une toiture réfléchissante, comparativement à un toit vert, ne permet pas de retenir les eaux de ruissellement, de purifier l'air, d'isoler du son et, surtout, de rendre un toit esthétiquement plus attrayant.

Même si elles sont très populaires aux États-Unis depuis déjà un certain temps, les toitures réfléchissantes tardent en-

core à faire leur apparition au Québec. Cela est facilement explicable par le fait que nos voisins du sud consomment la majeure partie de leur énergie pour climatiser, contrairement à ici où on l'utilise pour chauffer. On estimait, en 2002, à 40 milliards la dépense énergétique en lien avec la climatisation aux États-Unis (Francoeur, 2003).

De plus, la U.S. Environmental Protection Agency fait activement la promotion des toitures réfléchissantes avec son programme Energy Star. Les manufacturiers souhaitent obtenir le sceau Energy Star doivent faire tester leurs matériaux de recouvrement et obtenir une réflectivité de 65 % et une émissivité de 90 % et conserver une réflectivité d'au moins 50 % pendant les 5 années suivantes. À titre comparatif, voici les propriétés d'autres matériaux étudiés à l'Institut Lawrence Berkley, basé en Californie.

### Les propriétés d'une toiture réfléchissante

Pour être d'une bonne efficacité, les matériaux des toitures réfléchissantes doivent posséder deux propriétés. Premièrement, leur indice de réflectivité solaire, ou albédo, doit être élevé. Un matériau avec un albédo élevé absorbe minimalement l'énergie des rayons solaires. La seconde propriété de bons matériaux réfléchissants est leur haute capacité d'émission infrarouge<sup>1</sup>, ou émissivité, c'est-à-dire leur capacité à libérer l'énergie absorbée. Un matériel qui possède une faible capacité d'émission thermique aura tendance à concentrer l'énergie qu'il absorbe et deviendra très chaud. (EPA, 2007)

<sup>1</sup> Thermal Emittance



**Tableau 4 : Comparaison des performances de différents matériaux sur le marché**

Matériaux de recouvrement	Réflectivité (%)	Emissivité (%)
Polychlorure de vinyle (PVC) et thermoplastique (TPO) foncé	4-5	80-90
Bardeaux d'élastomère bitumineux	4-15	80-90
Bitume et graviers foncés	8-15	80-90
Élastomère pâle	25-27	80-90
Métal nu	30-50	5-30
Bitume et graviers pâles	30-50	80-90
Métal peinturé blanc	60-70	80-90
TPO et PVC blanc	70-85	80-90
Bitume avec enduit blanc	75-85	80-90

## Les toitures réfléchissantes et le contexte québécois

Plusieurs études états-uniennes démontrent les avantages économiques de l'installation de membranes réfléchissantes (Konopacki, 2001), mais l'utilisation de ces données serait hasardeuse dans le contexte québécois. D'abord, la quantité d'énergie pour la climatisation est relativement petite au Québec puisqu'on « évalue que la climatisation ajoute 1,4 % à la consommation globale » (Francoeur, 2003). De plus, l'électricité au Québec est beaucoup plus abordable qu'aux États-Unis et la production hydro-électrique met moins de pression sur l'environnement que l'énergie produite par les centrales thermiques et nucléaires typiques des États-Unis. Néanmoins, les toitures réfléchissantes ont leur place au Québec puisqu'elles contribuent indéniablement à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments en été et peuvent contribuer à faire diminuer les effets des îlots de chaleur. Par contre, aucune recherche locale n'a encore été émise à ce sujet.

### Toitures réfléchissantes et l'efficacité énergétique

« Une récente étude a montré que dans la bande géographique la plus septentrionale des États-Unis, les économies d'énergie permises par les couvertures réfléchissantes étaient soit inexistantes soit négatives » (Liu, 2005). Les toitures réfléchissantes peuvent bien sûr être bénéfiques en climat nordique, mais plusieurs éléments doivent être considérés, comme l'exposition et l'angle du soleil, l'accumulation de neige et la pente du toit. L'avis d'un spécialiste en efficacité énergétique est hautement recommandé avant l'installation systématique de toitures réfléchissantes.

Plusieurs produits pour toitures réfléchissantes sont disponibles sur le marché, mais aucun n'a encore le sceau de garantie de l'Association des maîtres-couvreurs du Québec (AMCQ), dont une majorité d'entrepreneurs couvreurs sont membres. De plus, aucun manufacturier n'a fait la demande d'accréditation pour ce type de produits, qui ne seront pas accrédités à court terme. Ce qui signifie que le consommateur n'obtient pas la garantie que ces produits sont adaptés au climat québécois.

### Disponibilité sur le marché

Plusieurs types de membranes réfléchissantes existent sur le marché, et elles sont composées d'une grande variété de matériaux. Un des matériaux les plus populaires sur des grands bâtiments à toits plats est le gravier blanc, utilisé comme ballast sur une toiture inversée. Peu importe le fournisseur, l'utilisation du gravier blanc, en comparaison à du gravier standard, a peu d'impact sur le coût global de la réfection d'un toit. Toutefois, il n'est pas clair que ce type de toit est très efficace pour réfléchir la lumière. Ces toits n'atteignent pas les exigences de réflectivité d'Energy Star, mais la masse et l'épaisseur du ballast utilisé réussissent à

améliorer l'isolation thermique en été (Gillenwater, Petrie et coll. 2005). Dans le projet du Pavillon Lassonde à Polytechnique, une étude interne a tout de même démontré que le gravier utilisé (Hydrotech) permettait de réduire significativement l'impact du toit sur les îlots de chaleur urbains pour ainsi obtenir les crédits LEED® qui y sont associés.

Image 16- Toiture inversée avec ballast blanc réfléchissant (Hydrotech) sur le pavillon des sciences biologiques à l'UQAM. p.74

### Membrane en polyoléfine thermoplastique (TPO)

La première apparition d'un matériau de couverture de ce type aux États-Unis date de 1987, cependant, on en sait encore peu sur sa durabilité. Sur ce sujet, le Conseil national de recherche du Canada fait actuellement une recherche qui se terminera en 2009 (Ana, 2007). Ce type de membrane est très réputé pour sa résistance à la chaleur, aux rayons UV et à beaucoup de produits chimiques. La membrane est réputée moins dommageable pour l'environnement que le PVC, est recyclable et coûte moins cher que celui-ci (Paroli, 1999). Néanmoins, quoique potentiellement recyclables, les produits TPO sont faits à base de pétrole et ne possèdent généralement pas de composantes recyclées.

### Membrane de Polychlorure de vinyle (PVC)

Encore très utilisées à ce jour, les membranes faites de PVC sont installées depuis les années 1960 en Europe. Avec cette grande utilisation, les membranes de PVC jouissent d'une reconnaissance pour leur durabilité, leur bonne réflectivité et leur bonne résistance aux chocs (RSI, 2001). Sarnafil, une compagnie de membranes d'étanchéité française, est le fournisseur majeur de membranes de PVC au Québec. De coloration blanche, ces membranes sont souvent moins dispendieuses que leurs équivalentes foncées. Toutefois, plusieurs organismes écologistes, dont Greenpeace, ainsi que des médecins et des architectes luttent pour l'élimination des PVC, réputés toxiques et cancérigènes. Ils sont même bannis en Suède et dans certaines villes allemandes (Gagné et Fautoux, 2005). De plus, les PVC sont difficilement recyclables et rarement recyclés. Leur incinération pollue gravement l'air et leur enfouissement contamine le sol et les points d'eau avoisinants.

### Les dangers du PVC

« Le gaz de chlorure de vinyle (monomère) est un puissant cancérigène auquel risquent d'être exposés les travailleurs du PVC, y compris les fabricants de fenêtres qui chauffent le vinyle en le soudant. Les feux de PVC sont parmi les plus rapidement mortels, car ils émettent aussi de grandes quantités d'acide chlorhydrique, gaz corrosif pour les yeux, la peau et les voies respiratoires [...] Le PVC inquiète aussi, car il contient des métaux lourds très toxiques comme stabilisants (plomb, cadmium, composés organostanniques) et pigments (composés de cadmium). »

(Gagné et Fautoux, 2005)

## Membrane Soprastar

Un nouveau produit est maintenant offert par Soprema, la membrane Soprastar, faite à base de matière bitumineuse modifiée et de fines granules concaves blanches, qui devrait se conformer aux exigences Energy Star sous peu. La Ville de Montréal a installé ce type de membrane sur le toit de l'aréna Bill-Durnan, d'une superficie d'environ 4000 m<sup>2</sup> (43 000 pi<sup>2</sup>), dans le but de réduire la consommation d'énergie destinée à la climatisation particulièrement exigeante de l'édifice. L'avantage de ce produit est son coût relativement faible comparé à celui des toits verts, soit 0,65 \$/pi<sup>2</sup> pour le matériau et environ 1,00 \$/pi<sup>2</sup> pour l'installation par thermo fusion. La paillette d'ardoise utilisée pour la membrane est pour l'instant importée de France, mais on prévoit la produ

## Enduits

Une autre façon peu coûteuse de rendre son toit réfléchissant est d'y appliquer un enduit élastomère ou acrylique, respectivement à base de caoutchouc ou d'eau. Ces enduits sont commercialisés sous le nom de Sealoflex. Facilement applicable, l'enduit peut être étendu sur des toitures existantes et sur des surfaces de tout type, que ce soit les membranes bitumineuses, métalliques, goudron-gravier ou d'élastomère. En plus d'augmenter la réflectivité du toit, l'enduit permet d'améliorer l'imperméabilisation de celui-ci et d'augmenter sa durée de vie en le protégeant des intempéries. On estime sa durée de vie à environ 10 ou 12 ans et son coût d'environ 16,15 \$/m<sup>2</sup> (1,50 \$/pi<sup>2</sup>).

## Les toitures réfléchissantes à long terme

Les toitures réfléchissantes ont tendance à perdre de leur efficacité à long terme, par la dégradation chimique de leurs composantes et par l'accumulation de poussières, car elles sont réputées être très salissantes. Des recherches montrent en fait qu'elles perdent 15 % de leur efficacité dès la première année (Prado et Ferreira, 2005). La plupart des fabricants recommandent de laver sous pression ces surfaces de façon régulière pour bénéficier de tous leurs avantages, et de faire des inspections régulières pour s'assurer du bon état de la membrane.

## Éblouissement

Par une journée ensoleillée, l'éblouissement créé par les toitures réfléchissantes est difficilement supportable et requiert le port de lunettes à verres teintés. Des considérations sur les nuisances visuelles devraient être prises en compte avant l'utilisation systématique de ces membranes en milieu urbain. Par exemple, l'U.S. Federal Aviation Administration (FAA) reconnaît que l'éblouissement causé par les toitures réfléchissantes peut nuire aux pilotes et compliquer leur travail. L'éblouissement peut aussi agresser les occupants d'immeubles voisins, et, finalement, les rayons lumineux focalisés par les matériaux réfléchissants peuvent endommager les autres matériaux environnants (Synnefa, Santamouris et coll., 2006; Liu, 2005).



## Position de la Ville de Montréal



La question des toits verts à Montréal a grandement évolué durant la dernière décennie. Michel Rose, directeur du Service des immeubles à Polytechnique, décrit qu'en 2001, au moment où il présenta à la Ville le projet du Pavillon Lassonde dans lequel était inclus des sections de toitures végétales, les spécialistes de la Ville ne connaissaient pas et même s'opposaient à l'implantation d'une toiture verte sur le bâtiment universitaire.

Depuis, la Ville a accueilli un symposium de la société Green Roofs for Healthy Cities, elle a collaboré avec le Centre d'écologie urbaine de Montréal à des projets de recherche d'implantation de toits verts à Montréal et elle a créé un comité et des démarches de consultation visant ultimement la rédaction d'un plan d'action d'implantation de toits verts. Tout récemment, la Ville a garni de plantes le toit d'un de ses édifices, la maison de la culture Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce, pour montrer son engagement dans le développement des toits verts à Montréal.

Dans la documentation de la Ville, les toits verts apparaissent dans le Plan d'urbanisme de la Ville de Montréal en tant qu'innovation technologique et en tant que moyen de réduire la pression sur les ressources essentielles comme l'eau et l'air. On en fait explicitement mention dans plusieurs sections du plan.

Dans les orientations de son plan stratégique de développement durable de 2007-2009, la Ville de Montréal reconnaît l'importance du verdissement dans son « Action vedette » 2.12, c'est-à-dire de « réduire la présence d'îlots de chaleur urbains ». Les toits verts sont mentionnés, au même titre que les autres formes de verdissement, comme moyen de « multiplier les espaces verts » et pour « réduire la chaleur émise par un ou un ensemble de bâtiments municipaux » (Gagnon, 2007).

### Responsabilité des toits verts

Dans les services de la Ville de Montréal, la responsabilité des toits verts revient à la Direction des sports, des parcs et des espaces verts, puisque la Ville considère les toits verts surtout comme un moyen d'augmenter le nombre d'espaces verts pour les citoyens (Gariépy et Lebrun, 2007), une façon de contrer les effets d'îlots de chaleur et les problèmes qui leur sont intimement liés, comme le smog et la mauvaise qualité de l'air (Ville de Montréal, 2007; Viau, Alexandre,

2007). Toutefois, comme les toits verts offrent des bénéfices sociaux, environnementaux et économiques, il serait probablement adéquat de relier l'avancement du plan d'action de toits verts au Comité de développement durable, qui possède un bon réseau de partenaires (Riffon, 2007).

Malgré la grande place accordée aux toits verts dans la documentation municipale, on tarde à récolter les efforts mis dans la réflexion d'un plan d'action. La position de la Ville reste tout de même prudente sur sa collaboration dans le développement des toits verts :

« Les toitures végétales représentent donc une mesure parmi d'autres [...] et l'installation de toitures végétales ne doit pas être faite au détriment d'autres mesures environnementales. » (Ville de Montréal, 2006).

### Le verdissement à Montréal

Le Conseil régional d'environnement de Montréal (CRE-Montréal) mène une lutte active contre les îlots de chaleur urbains par le verdissement. En plus d'activités de plantation d'arbres, d'arbustes, de plantes ornementales et de plantes grimpantes, le CRE-Montréal a publié en 2006 un rapport identifiant les lieux potentiels de plantation d'arbres au centre-ville de Montréal et publie un autre rapport en 2007 dans lequel on émet des recommandations pour optimiser le verdissement dans les espaces publics et privés en fonction des diverses contraintes et opportunités existantes (Deny et Gaumont, 2007). Ils ont aussi organisé à l'hiver 2008 le Colloque montréalais sur l'état du couvert végétal, les stratégies de verdissement et la lutte aux îlots de chaleur urbains, réunissant la majorité des acteurs promouvant le verdissement à Montréal. Finalement, le CRE-Montréal est très activement impliqué dans la démarche de la Ville visant la mise en œuvre du Plan stratégique de développement durable de Montréal.

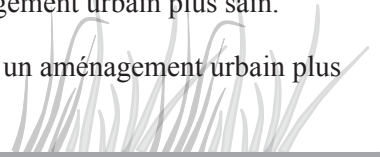
Conjointement à ce plan, la Ville de Montréal a aussi adopté plusieurs mesures pour favoriser le verdissement et la conservation des milieux naturels. Par exemple, la Ville a créé la Politique de protection et de mise en valeur des milieux naturels en 2004, dans la lignée de la Stratégie québécoise sur les aires protégées, qui visait à augmenter la superficie de celles-ci jusqu'à une représentativité de 8% de 2002 à 2005 (Québec, 2002). La stratégie montréalaise vise toutefois la protection de 6% de son territoire.

**Objectif 12 :** Favoriser une architecture de qualité et consolider le cadre bâti en harmonie avec le caractère de chaque lieu.

**Action 12.1 :** Encourager une production architecturale de qualité, écologique et respectueuse du caractère montréalais.

**Objectif 17 :** Assurer une gestion optimale des ressources dans un contexte urbain, objectif qui s'inscrit dans la perspective d'un aménagement urbain plus sain.

**Action 17.1 :** Soutenir un aménagement urbain plus sain.



Montréal possède de très bons documents, plans stratégiques et politiques visant le verdissement, « toutefois, il reste encore fort à faire concrètement pour protéger ce qui existe et développer des voies pour augmenter le couvert végétal en ville » (Deny et Gaumont, 2007). De plus, certains secteurs du centre-ville disposent d'espaces au sol limités et composent avec une forte pression immobilière rendant élevé le coût du mètre carré. Du fait qu'une grande proportion de son espace est composée de toits plats, le verdissement du centre-ville passe inévitablement par celui des toits.

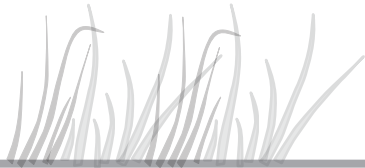
D'autres plans et stratégies de la Ville de Montréal en lien avec le verdissement et la lutte aux îlots de chaleurs urbains.

- L'action 1.17 du Plan d'urbanisme de Montréal vise à assurer le verdissement des milieux de vie par un accroissement de la plantation d'arbres sur les domaines publics et privés, particulièrement dans les secteurs qui en sont dépourvus et dans ceux présentant un caractère fortement minéralisé.
- Le Plan particulier d'intervention chaleur accablante ou chaleur extrême de l'agglomération de Montréal propose différentes actions à poser en situation d'urgence.
- Montréal 2025 : Axe d'intervention Montréal, milieu de vie exceptionnel : Réintroduire la nature dans les quartiers centraux par le reboisement et le verdissement (plantation sur rues et ruelles, toits et murs verts, réhabilitation de secteurs contaminés et de friches urbaines).
- Politique de l'arbre de Montréal.
- Programme de revitalisation urbaine intégrée (RUI).

(Gagnon, 2007)



## L'exemple allemand



« L'Allemagne est le chef de file mondial dans la technologie et les programmes, l'élaboration de politiques et la documentation des avantages sur les toits verts. Il est ici question de ce pays, car les décideurs canadiens peuvent tirer des leçons de l'expérience allemande. » (Lawlor, Currie et coll., 2006, 2006)

L'Allemagne s'est intéressée dès les années 1970 aux toits verts, d'une part par les citoyens déçus par les politiques environnementales (mouvement qui a donné naissance au parti des verts) et d'autre part par la forte recherche académique sur le sujet. Cette synergie a aidé au développement, dans les années 1980, de divers programmes d'incitation, dont les subventions dans différentes municipalités couvraient de 50 % à 100 % des coûts d'installation de toits verts. En 1983, 24 villes allemandes avaient un programme de subvention pour inciter la végétalisation des quartiers (Lawlor, Currie et coll., 2006, 2006). L'importance de ces appuis financiers a permis de populariser les technologies de toits verts, dont les coûts ont diminué avec la demande grandissante. Le résultat est que, jusqu'à maintenant, environ 13,5 millions de mètres carrés (145 millions de pieds<sup>2</sup>) de toits verts ont été installés en Allemagne, ce qui en fait le chef de file mondial en la matière.

La dynamique d'implantation de mesures incitatives est propre à chaque ville, mais en Allemagne, elle s'est articulée autour de deux enjeux majeurs : la gestion de l'eau et la protection des espaces verts. L'existence d'une exemption de taxe ou d'impôt pour les constructions détournant l'eau du réseau d'égout, une réglementation sur la création d'espaces verts incluant les toits verts dans les nouveaux projets ou la création d'un programme de financement direct par subvention sont autant de moyens possibles pour la création d'un politique incitative.

Il faut noter que la recherche et le développement allemands et les incitatifs gouvernementaux ont créé une industrie qui maintenant exporte ses connaissances à travers le monde, donc contribuant à l'économie verte d'Allemagne.

### La nécessité d'une normalisation

La Société de recherche sur l'étude et l'aménagement du

paysage<sup>1</sup> (FLL) est une organisation clé dans le développement du verdissage en Allemagne. Étudiant l'utilisation des végétaux dans diverses formes d'aménagement afin d'améliorer la qualité de l'environnement, la FLL a développé une grande expertise en toits verts.

Une des principales craintes par rapport au développement des toits verts est que l'engouement amène des entrepreneurs à s'improviser spécialistes. Des problèmes de planification, d'installation et de mauvaise connaissance de matériaux ont justifié en partie la première vague de toits verts en Allemagne. Par ces recherches sur les matériaux, les types de toits, les types de plantes, les types d'aménagement, les techniques de construction et l'entretien, la FLL a réussi à normaliser l'implantation de toits verts à travers le pays. Cette expertise pourrait grandement servir à une éventuelle normalisation au Québec.

Les normes de la FLL ont des ramifications dans plusieurs aspects de l'implantation de toits verts en Allemagne :

- Les producteurs de matériaux de toits verts répondant aux normes FLL facilitent grandement la commercialisation de leurs produits;
- Les consommateurs sont assurés de la qualité, de la résistance et de la fiabilité des matériaux de toits verts en achetant des produits certifiés;
- La plupart des incitatifs financiers gouvernementaux exigent que les projets répondent aux normes FLL.

Un guide technique de la FLL peut être commandé sur leur site Web dans la portion anglophone :

<http://www.f-l-l.de/english>.

## Politiques de toits verts

Les politiques de toits verts dans le monde ont généralement été formées à l'échelle municipale, en fonction des bénéfices recherchés par l'implantation de toits verts. Malgré

<sup>1</sup> Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau - German Landscape Research, Development and Construction Society

un engouement général, l'implantation massive de toits verts exige une réglementation et des politiques incitatives pour pallier différentes contraintes associées aux toits verts, pour faciliter la cohésion des différents acteurs désireux de participer au verdissement des toits et aussi pour assurer l'atteinte de standard d'intégration.

**Principaux irritants associés à l'implantation de toits verts**

- les coûts élevés d'investissement de départ;
- les capacités portantes insuffisantes des bâtiments existants;
- le manque d'expertise et de professionnels internes et externes à la Ville;
- le manque de sensibilisation de la population et des promoteurs;
- les contraintes de santé publique (pollens et plantes envahissantes);
- les contraintes de sécurité liées à l'accès aux toits;
- l'aspect inesthétique de certaines toitures écologiques;
- la réglementation qui paralyse plusieurs projets intéressants;
- la méconnaissance des risques d'incendie.

(Riffon, 2007)

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) propose, dans son document Toits verts : Manuel de ressources destiné aux décideurs municipaux, une démarche de création de politiques de toits verts. En plus d'être un outil facilitant la mise en place d'un programme d'implantation de toits verts, ce guide permet de schématiser et de comparer l'état d'avancement des démarches de différentes villes à travers le monde. Essentiellement, la démarche de la SCHL se caractérise en six étapes :

**Phase 1 : Introduction et sensibilisation**

Au cours de cette phase, l'Administration étudie les mérites économiques, sociaux et environnementaux des toitures végétales. Cette phase est normalement l'occasion de désigner un champion de l'endroit comme porte-parole de la collectivité.

**Phase 2 : Engagement de la collectivité**

Le champion du dossier des toitures végétales peut trouver des moyens novateurs pour promouvoir les toits verts et susciter l'adhésion au projet des toitures végétales en réunissant les acteurs concernés. C'est l'occasion de solliciter et de négocier du financement auprès des administrateurs de programmes, des

services publics ou des entreprises spécialisées dans les toitures végétales. Le porteur du dossier réalise également le bilan de la situation en faisant ressortir les occasions à saisir, les embûches à prévoir, les avantages et les inconvénients de l'implantation des toitures végétales dans la municipalité.

**Phase 3 : Élaboration et mise en œuvre d'un plan d'action**

La municipalité invite différents acteurs à former un comité de travail consacré aux toitures végétales. Elle peut lancer un projet de démonstration de toiture végétale, utilisant du matériel de surveillance scientifique selon les besoins de sa recherche. La Ville peut procéder à la création d'une base de données ou d'un répertoire sur les toitures végétales. Cette phase permet d'étudier et d'envisager des propositions de politiques et des mécanismes d'intervention.

**Phase 4 : Recherche technique**

La recherche s'effectue par l'entremise d'un projet de démonstration ou de l'aménagement d'une toiture végétale sur un site ayant une grande visibilité par le comité de travail consacré aux toitures végétales avec un consortium formé de partenaires publics et privés. Des chercheurs étudient et quantifient les impacts des toitures végétales afin de valider les politiques et les directives de conception.

**Phase 5 : Élaboration des programmes et des politiques**

Cette phase permet de traduire les résultats des recherches locales et régionales en des mécanismes d'intervention, en politiques et en mesures réglementaires. La Ville doit trouver des mesures destinées à encourager les entrepreneurs, les promoteurs et les propriétaires immobiliers à aménager des toitures végétales 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 continue**

Au cours de cette phase, l'Administration maîtrise la technologie des toitures végétales. Elle doit alors évaluer l'efficacité des politiques et des programmes et décider si elle poursuit dans la même veine ou si elle envisage de nouvelles pistes de solutions. Pour ce faire, elle doit se doter de mécanismes de retour sur expériences et tenir un registre de suivi identifiant les bonnes et les moins bonnes façons de faire. (Lawlor, Currie et coll, 2006; Riffon, 2007).

**Politique sur les toits verts à Toronto**

Certaines similitudes existent entre Montréal et Toronto au point de vue des toits verts. Du point de vue de la météorologie,

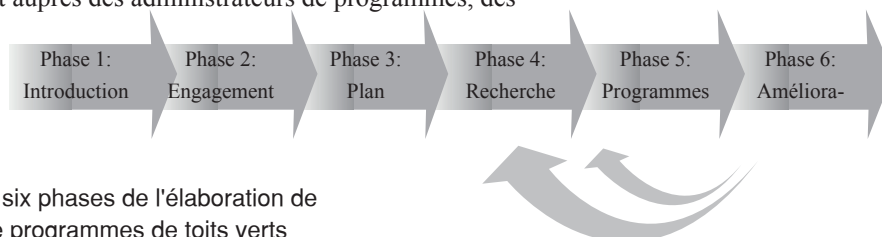


Figure 10. Les six phases de l'élaboration de politiques et de programmes de toits verts

les deux villes peuvent être considérées comme extrêmes pour la survie des plantes sur un toit. Même si Toronto a en moyenne des températures hivernales plus clémentes que Montréal, ses périodes chaudes estivales provoquent des stress hydriques importants. De plus, l'accumulation de neige sur les toits en hiver est de moins en moins importante, diminuant l'isolation des plantes contre les intempéries et les températures froides. Finalement, les deux villes subissent des épisodes de gel et dégel de plus en plus fréquents au printemps, situation peu favorable à la survie végétale.

À l'instar du Centre d'écologie urbaine de Montréal, qui a été le premier groupe à faire la promotion des toits verts à Montréal, c'est un ONG indépendant de la Ville de Toronto, le « Rooftop Garden Resource Group », qui a entamé la phase de sensibilisation aux toits verts dès le début des années 90 (Banting, Doug et coll., 2005).

La démarche actuelle de la Ville de Montréal est semblable à celle de Toronto, même que l'on considère les deux villes comme étant dans la même phase d'élaboration d'une politique de toits verts, soit dans la phase 5, à la différence près que Toronto a entrepris ses réflexions pour cette phase en 2000. À Montréal, ces réflexions viennent tout juste d'être entamées, ce qui place Toronto à un peu plus de 5 ans d'avance en matière de toits verts (Lawlor, Currie et coll, 2006). De plus, à Toronto, le plan d'action a abouti à un programme incitatif pour l'implantation de toits verts, ce qui en fait la ville pionnière en la matière au Canada. L'expérience torontoise aurait donc avantage à être analysée et adaptée pour la situation montréalaise, de sorte qu'on puisse s'en inspirer et intégrer certains éléments dans la future politique des toits verts à Montréal.

### Bref historique des démarches de Toronto

« Depuis les cinq dernières années, la ville de Toronto fait figure de chef de file en matière de technologies et de recherches dans le domaine des toits verts. »  
(Lawlor, Currie et coll, 2006)

En collaboration avec Green Roof for Healthy Cities, Toronto a lancé en 2000 deux projets de démonstration sur des édifices municipaux (l'Hôtel de Ville et un centre communautaire) pour recueillir des données techniques au sujet des toits verts, comme la rétention d'eau, la climatisation, l'amélioration de la qualité de l'air, les coûts et la survie des plantes. Ces toits se voulaient aussi des espaces où les professionnels et le public pouvaient aller chercher de l'information sur des toits déjà existants.

Plusieurs consultations, dans le but d'en arriver à une politique, ont par la suite été menées avec les acteurs principaux

des toits verts : les travailleurs de la ville, les fournisseurs et les concepteurs de toits verts ainsi que les propriétaires et concepteurs d'édifices. Conjointement, un comité créé par la Ville a examiné plusieurs politiques de toits verts existant à travers le monde. Ils ont analysé les éléments à incorporer dans un plan torontois, ce qui a donné naissance à un document nommé Making Green Roofs Happen.

Même si les résultats des projets de démonstration étaient positifs concernant les avantages individuels des édifices, plus de recherches devaient être faites pour quantifier les bénéfices sociaux et environnementaux des toits verts à l'échelle de la région métropolitaine. C'est ainsi que la Ville de Toronto et les Centres d'excellence de l'Ontario<sup>4</sup> se sont liés pour financer une telle étude, réalisée par l'Université Ryerson. Cette étude maintenant largement citée, Report on the environmental benefits and costs of green roof technology for the City of Toronto, a permis de quantifier monétairement les bénéfices des toits verts.

Toutes ces démarches ont abouti à une politique nommée Green Roof Strategy et un programme incitatif d'implantation de toits verts, sous la forme d'un projet-pilote en 2006 et renouvelé en 2007. Les critères, pour pouvoir bénéficier du programme de subvention, étaient de présenter :

- un toit recouvrant un immeuble chauffé, indépendamment de son type ou de ses dimensions, pourvu qu'il soit au-dessus du niveau du sol;
- un toit intensif ou extensif;
- s'il s'agit d'un nouveau toit, une profondeur minimale du substrat de 15 cm (6 po);
- s'il s'agit d'un toit refait, une profondeur minimale du substrat de 7,5 cm (3 po);
- une pente maximale de 10 %;
- une superficie du toit vert représentant au moins 50 % de la superficie au sol occupée par le toit de l'immeuble;
- un peuplement mixte plutôt qu'une monoculture;
- un coefficient de ruissellement maximal de 50 %.

Finalement, Toronto possède un site Internet donnant une excellente visibilité aux démarches de la Ville, aux publications des résultats de recherches disponibles en ligne et à de l'information vulgarisée sur les toits verts.

« Quatrième étage du pavillon Hubert-Aquin, en attendant l'ascenseur, je regarde les toits noirs au bas. C'est noir, c'est sombre. J'ai une vision tout autre dans ma tête, de la verdure, des arbres, des jardins. Quel potentiel pour y établir des toits verts! »  
(Bussières, 2005)

### Projet-pilote d'incitatifs aux toits verts

En 2006, 16 personnes ont appliqué avec succès le « Green Roof Incentive Pilot Program », ce qui a permis la construction potentielle d'environ 4000 mètres carré de toits verts (43 000 pieds<sup>2</sup>), sur des bâtiments de type commercial, résidentiel et institutionnel. Le programme de 2006 incluait des incitatifs financiers de l'ordre de 10 \$/m<sup>2</sup> (1 \$/pied<sup>2</sup>), jusqu'à concurrence de 20 000 \$. En 2007, le programme alloue 50 \$ par mètre carré (5 \$/pied<sup>2</sup>) de toit vert! <http://www.toronto.ca/greenroofs/>

## Pourquoi des toits verts institutionnels comme à l'UQAM?



L'idée de toits verts est présente depuis déjà un certain moment parmi la classe étudiante et le corps professoral. En 2005, l'UQAM a lancé le Défi Éco-initiatives dans la foulée de la mise en œuvre de sa politique environnementale. Le but était de consulter la communauté uqamienne et de « lancer des défis à l'UQAM sur le thème de l'environnement et l'amélioration du cadre de travail de tous et toutes » (<http://www.environnement.uqam.ca>). Parmi les 22 défis reçus, 3 des 6 « coups de cœur » sélectionnés concernaient des projets d'implantation de toits verts, ce qui démontre bien l'enthousiasme et l'intérêt des étudiants et du personnel de l'UQAM à leur sujet. Il est aussi important de noter que l'administration de l'UQAM s'est engagée, à l'époque, à réaliser les « coups de cœur » choisis.

En réalité, les technologies de toits verts sont déjà présentes à l'UQAM. Quelques espaces verts de l'UQAM au niveau du sol ont été aménagés au-dessus de salles de cours, de stationnements et de passages souterrains. La conception et les matériaux utilisés pour le drainage de telles surfaces sont en tous points semblables, sinon parfaitement similaires à ce que l'on retrouve pour des projets de toitures vertes. On pourrait penser, entre autres, à l'espace aménagé au pavillon J.-A. de Sève, au Jardin Sanguinet et à l'aménagement du complexe des sciences comme des espaces semblables à des toits verts. L'adaptation de cette technologie diffère légèrement pour des toitures existantes, mais est loin de constituer un défi technique fastidieux.

### Potentiel d'implantation à l'UQAM

Quoique les toits verts soient beaucoup plus faciles à installer sur de nouveaux bâtiments, avec près de 52 000 mètres carrés (560 000 pieds<sup>2</sup>) de toitures existantes sur ses deux campus, l'UQAM possède un excellent potentiel de végétalisation. C'est parmi les deux campus ouest et est de l'université qu'une analyse de faisabilité a été réalisée pour caractériser les toits les plus intéressants à verdir. Certains bâtiments de l'UQAM ont été exclus de l'analyse :

- Même s'il est possible de les verdir, les toits avec une forte pente ou de formes arrondies ont été exclus, étant donné la plus grande complexité de végétalisation et la grande disponibilité de toits plats à l'UQAM;

- Les bâtiments à vendre n'ont pas été inclus;
- Les bâtiments hors centre-ville et hors des campus est et ouest ont aussi été écartés.

### Types de toits à l'UQAM

Les technologies de membranes d'étanchéité utilisées sur les toits plats de l'UQAM diffèrent selon les bâtiments et sont généralement représentatives de l'époque de construction des différents édifices. On distingue trois types de toits à l'UQAM : le toit à membrane multicouche, le toit à membrane élastomère et la toiture inversée. On retrouve ces types de toits dans différentes proportions présentées dans la Figure 6.

Figure 11 : Proportion des types de toits à l'UQAM, p. 69

#### Membranes multicouches

La membrane multicouche est la membrane goudronnée typique que l'on retrouve sur la plupart des logements à toit plat de Montréal; elle est utilisée au Canada depuis près d'un siècle et demi (Baker, 1966). Les membranes multicouches sont composées de plusieurs couches de feutres organiques ou de fibre de verre qui sont imbibées dans le bitume. Ces couches sont ensuite recouvertes de gravier fin qui protège le bitume des rayons du soleil. Au fil des ans, on a changé le goudron pour de l'asphalte liquide parce que les émanations du goudron intoxiquaient les couvreurs. L'asphalte liquide a tout de même une forte odeur, faisant en sorte que les secteurs sous-jacents à la zone de réfection du toit doivent être évacués temporairement. C'est le type de recouvrement qui possède la valeur d'albédo la plus basse (0.03-0.18), ce qui fait qu'il absorbe beaucoup d'énergie lors d'une journée ensoleillée et en fait ainsi un des recouvrements les plus chauds (Landreville, 2005).

Image 17- Membrane multicouche, Pavillon Hubert-Aquin, UQAM, p.74

Image 18- Désagrégation d'une membrane élastomère à base de bitume de 10 ans d'âge, p. 74

## À propos des membranes multicouches...

« L'exposition à l'air, à l'humidité, à la chaleur et aux rayons ultraviolets de la lumière provoque l'oxydation des bitumes. Les produits de cette réaction sont solubles dans l'eau et volatils. Les bitumes deviennent aussi très cassants lorsqu'ils sont soumis à de basses températures. »

(Baker, 1966)

### Membrane élastomère

Un élastomère, souvent appelé simplement caoutchouc, est utilisé comme recouvrement en une fine couche imperméable. Un des premiers élastomères pour toiture a été développé par l'armée vers la fin de la Deuxième Guerre mondiale (Baker, 1966). Ses propriétés élastiques lui permettent de reprendre facilement sa forme initiale après une dilatation ou une contraction extrême causée par la température. Les fournisseurs ont développé des élastomères à base de plusieurs composés chimiques et d'alliages, notamment avec du bitume, et peuvent être épanchés à l'état liquide, thermosoudés ou appliqués en feuilles autocollantes. Les membranes élastomères sont généralement recouvertes d'une membrane de finition faite de fins granules de pierres grises, qui protègent la substance, rendant le toit hermétique. À la suite des observations sur les toits de l'UQAM, on a remarqué que les fins granules tendent à décoller des tuiles, s'accumulant en amas dans certaines sections du toit, laissant souvent à nu la membrane.

Image 19- Membrane élastomère, Pavillon Sherbrooke, UQAM, p. 75

### Toiture inversée

La toiture inversée n'est pas à proprement parler un type de membrane : c'est une technique qui consiste à mettre l'isolant par-dessus la membrane d'étanchéité, la protégeant des températures extrêmes. L'isolant est, lui, recouvert par un ballast, du gravier, qui protège le tout des rayons solaires. Ce type de toit est réputé pour faire augmenter nettement la durée de vie de la membrane d'étanchéité. La chaleur qu'il dégage par absorption solaire dépend du type de ballast utilisé; dans le cas de l'UQAM, les différents types de graviers semblent réfléchir la lumière de façon supérieure aux toits de bitumes. Ce type de toit est facilement adaptable pour une toiture verte, étant donné la charge déjà prévue pour le ballast. En fonction de la capacité portante du toit, il suffirait de retirer le gravier pour ensuite installer directement le matériel du toit vert. C'est généralement le type de toit utilisé pour des toitures réfléchissantes constituées de pierres blanches, comme pour le Pavillon Lassonde de Polytechnique, le Pavillon de Biologie de l'UQAM et le Pavillon des sciences de la vie à l'Université McGill.

Figure 12. Toiture inversée, p. 69

### Toiture-terrasse

Quelques toits à l'UQAM ont été aménagés en espaces accessibles. Ces surfaces recouvertes de dalles de béton ne représentent toutefois pas une grande proportion des toitures de l'UQAM. Par contre, au moment de la conception de ces toits, une importante capacité portante a été prévue pour assurer la sécurité des usagers, ce qui facilite grandement leur verdissement, que ce soit en y implantant un toit vert extensif, intensif ou par jardins en bacs pour la production hydroponique de légumes.

Image 20 - Terrasse du Pavillon de Design, UQAM, p. 75

### Durabilité des toits verts

Les toits verts sont réputés très durables en raison de la protection apportée par la membrane. Dans le cas de l'UQAM, le coût au mètre carré de toits standard est évalué à 320 \$/m<sup>2</sup> (30 \$/pied<sup>2</sup>) pour une durée de vie d'environ 25 ans<sup>1</sup>. Quant à lui, un toit vert coûte de 85 à 160 \$/m<sup>2</sup> (8 à 15 \$/pied<sup>2</sup>). Un nouveau toit végétalisé coûterait donc de 1,25 à 1,5 fois le prix d'un toit normal, tout en doublant potentiellement sa durée de vie, ce qui en fait un investissement profitable.

De plus, les matériaux utilisés pour les composantes sous-jacentes du toit vert semblent être de plus en plus fabriqués localement, limitant les distances de transport. Selon le choix du fournisseur, certains matériaux sont même recyclés ou réutilisés.

### Ilot de chaleur urbain

L'UQAM se trouve en plein cœur du centre-ville, environné fortement bétonné et asphalté, où la chaleur estivale peut être extrême. Une équipe de chercheurs en géographie de l'UQAM s'intéresse depuis déjà un moment aux effets et à l'évolution des îlots de chaleur urbains. Avec l'aide d'un de ces chercheurs, Camilo Perez Arrau, des températures ont été prélevées sur les différents toits des pavillons du campus central. Les buts de l'exercice étaient :

- de caractériser de manière préliminaire les températures sur les toits;
- d'estimer la contribution des différents types de matériaux rencontrés sur les toits;
- de les comparer avec des espaces végétalisés.

Les résultats se veulent préliminaires et on ne peut préten-

<sup>1</sup> Donnée divulguée par M. Jean-Luc Bujold, technicien en aménagement à l'UQAM

dre qu'ils possèdent une rigueur scientifique absolue. Nous croyons tout de même que les données offrent une bonne idée de la situation et constituent une base pour une recherche plus approfondie sur le sujet. Il faut aussi mentionner que les températures enregistrées ne s'appliquent qu'aux matériaux utilisés sur les toits de l'UQAM et que leurs propriétés physico-chimiques (composante minérale, couleur, albédo, etc.) pourraient être influencées par l'âge de la membrane et par le modèle du produit.

Les prises de températures ont été effectuées avec un pistolet infrarouge, le 9 août 2007 entre 12 h et 15 h 30. Selon Environnement Canada, les températures de l'air ambiant pour ces heures étaient comprises entre 20,5 °C et 22 °C et le temps variait de nuageux à généralement nuageux. Les mesures de températures prises avec le pistolet infrarouge correspondent aux températures de surface en pleine exposition au soleil; les mesures sur la végétation ont été effectuées sur le dessus du couvert feuillu, et non pas sous la canopée. Les températures affichées dans le Tableau 7 représentent la moyenne d'au moins cinq prises de température.

**Tableau 7 : Températures moyennes de surface des différents matériaux**

Matériaux	Température (°C)
	45,4
Élastomère	
Multicouche	37,1
Dallage	33,0
Inversé	29,4
Jonction en métal brun	43,4
Jonction en métal vert	27,5
Mur de brique	28,1
Terreau sec	35,0
Terreau humide	21,1
Gazon sec	34,5
Gazon tondu	22,8
Végétaux d'environ 30 cm de haut	9,3
Arbres	7,3

### Résultats des mesures

- Les membranes d'élastomères sont nettement celles qui deviennent les plus chaudes une fois exposées au soleil. Leur désagrégement ne semble pas influencer significativement la quantité de chaleur qu'elles absorbent et qu'elles réémettent. Bien qu'elles soient de couleur plus pâle que les membranes multicouches, elles semblent être de plus grandes contributrices aux îlots de chaleur urbains.

- Les différents types de ballast utilisés sur les toitures inversées, comportant pourtant une grande variété

de couleurs foncées, contribuent peu à l'accumulation de chaleur sur les toits. L'utilisation de gravier ou de cailloux très pâles amenuiserait potentiellement encore plus cette accumulation.

- Le gazon et le terreau deviennent particulièrement chauds lorsqu'ils sont secs. Dans l'éventualité où un toit vert brunit à cause de la sécheresse, ou se dégarnit au point de mettre le terreau à nu, l'impact du terreau et du gazon sur l'effet d'îlot de chaleur serait comparable à celui de dalles de béton ou de membranes multicouches.

- Sur les portions directement exposées au soleil, la chaleur émise en superficie du feuillage des arbres est nettement inférieure à la température ambiante de l'air; on observe le même effet sur des plantes au port plus bas. Quant à lui, le gazon tondu semble avoir une température de surface légèrement supérieure à la température de l'air ambiant. Cela pourrait s'expliquer par une évapotranspiration plus faible ou par le fait que le volume d'air refroidi sous l'ombrage du feuillage est moins important dans le cas du gazon, en raison de son feuillage relativement mince et court.

- La couleur des peintures utilisées sur les structures en métal présentes sur le toit fait nettement varier la quantité de chaleur absorbée. La pigmentation choisie a un impact sur leur capacité à absorber la lumière : certaines peintures sont maintenant conçues pour diminuer leur absorption d'énergie solaire, tout en conservant leur couleur foncée. Finalement, les murs de briques brunes des bâtiments du campus du centre-ville contribuent modestement à l'accumulation de chaleur au centre-ville.

Figure 13. Mesures des températures de surface de différents toits à l'UQAM, p. 69

### Efficacité énergétique

À l'UQAM, l'efficacité énergétique est difficile à évaluer pour chaque bâtiment parce que la gestion du chauffage et de la climatisation est centralisée par campus ou par bloc de campus, ce qui veut dire qu'il n'existe pas de compteurs d'énergie par bâtiment, mais un compteur central pour les chaudières au gaz et les systèmes de refroidissement à l'eau. Il n'a donc pas été possible de connaître la demande énergétique des différents bâtiments, que ce soit pour la climatisation ou le chauffage.

### Gains offerts par les toits verts

En se basant sur les calculs effectués par Vivre en Ville pour évaluer les économies en énergie réalisées avec l'installation d'un toit vert, il a été déterminé que l'installation d'un toit vert extensif mince sur la bibliothèque du Cœur des sciences de l'UQAM, d'une superficie de 800 m<sup>2</sup>, permettrait de r

Cette section vise à mettre en évidence les différentes considérations à prendre en compte pour l'implantation d'un toit vert, en explicitant celles-ci dans le contexte de l'UQAM et de l'arrondissement Ville-Marie.

## Plan québécois des infrastructures

Dès 2007, un investissement provincial de 5,6 milliards dans les infrastructures scolaires a été planifié. De cette somme, la Direction générale du financement et de l'équipement du Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec entamera un programme d'efficacité énergétique pour les bâtiments collégiaux et universitaires. Ce plan vise la réduction de 14 % en 5 ans des dépenses énergétiques des bâtiments existants. Des subventions seront accordées aux projets d'efficacité énergétique et les toits verts sont reconnus parmi ces moyens. Ils pourraient potentiellement être financés à travers un projet global, qui serait vraisemblablement coordonné par le spécialiste de l'Agence de l'efficacité énergétique travaillant à l'UQAM, M. Michal Zaczekiewicz.

réduire la demande énergétique à des fins de climatisation de 71 500 kWh par année. En estimant le kilowattheure à 6 cents, on obtient des économies de 4290 \$ par année, ce qui rendrait le toit vert rentable au bout de 24 ans, strictement en se basant sur l'efficacité énergétique. Le fait que le bâtiment ait seulement deux étages a favorisé le choix de ce site, mais on pourrait s'attendre à des économies de cet ordre pour des toits aux superficies similaires.

L'implantation de toits verts rejoint aussi plusieurs objectifs de cette politique, comme l'amélioration de la qualité de vie par l'embellissement, la protection et la conservation du milieu et des ressources naturelles, et la gestion « écoefficiente » de l'énergie.

## Recherche et développement

Une des raisons pour lesquelles l'UQAM devrait installer un toit vert réside dans le peu de connaissance technique qui existe à Montréal à ce sujet. Une université étant un phare de la connaissance, l'installation d'un toit vert pourrait servir d'occasions de recherches pour des étudiants en design, en physique des matériaux, en gestion, en biologie, en sciences de l'environnement, etc. Plusieurs questions méritent réflexion à leurs sujets, en voici quelques exemples :

- Quel est le cycle de vie des différents matériaux utilisés pour les toits verts à Montréal?
- Qu'apporte réellement un toit vert au point de vue de la biodiversité? En comparaison aux autres espaces verts?
- Quel est l'impact quantifié des flux thermiques sur un bâtiment du centre-ville à Montréal, en se basant sur la comparaison de deux bâtiments similaires avec et sans toit vert?
- Quels seraient les bénéfices économiques à l'implantation massive de toits verts à Montréal?

## Empreinte écologique de l'UQAM

En tant qu'institution d'éducation, l'UQAM se doit de montrer l'exemple d'une responsabilité sociale et environnementale dans la gestion de ses bâtiments. La réalisation de toits verts sur les pavillons de l'université cadre très bien avec les principes énoncés dans la Politique environnementale de l'UQAM, comme « préconiser des actions préventives et correctives pour amoindrir les répercussions environnementales résultant de ses activités, y compris dans les immobilisations et les nouveaux projets ou activités » (UQAM. 2004).



## Contraintes particulières à l'UQAM



### Choix du site

Le choix du site à l'UQAM est un élément important, puisque l'UQAM dispose de plusieurs édifices et d'une grande superficie de toits. Les critères pour le choix du site sont présentés dans le prochain chapitre.

### Capacité portante

La capacité portante des bâtiments de l'UQAM n'est pas connue et exigerait l'avis d'un spécialiste. Basée sur la date de construction et les plans des édifices, il est possible d'estimer approximativement la faisabilité d'implanter certains types d'aménagement.

### Réfection du toit - choix du couvreur - choix de la membrane

Un contrat lie déjà la réfection des toits de l'université à un entrepreneur pour les prochaines années. Cependant, en vertu des règlements d'approvisionnement, un projet global requérant des investissements de 100 000 \$ ou plus nécessiterait vraisemblablement un processus d'appel d'offre public.

### Permis d'arrondissement

*« Sauf dans l'arrondissement historique et naturel du mont Royal, la réfection d'une toiture d'asphalte ou le remplacement de bardeaux d'asphalte ne requiert pas de permis. Toutefois, il faut un permis pour faire des travaux sur une toiture constituée d'autres matériaux. »  
(Ville-Marie, 2006)*

Une demande de permis de construction à l'arrondissement Ville-Marie devra être présentée à cet arrondissement, advenant la concrétisation d'un projet de toit vert. Trois copies de la demande sont requises, expliquant les détails du projet : deux pour le bureau des permis et une pour le comité consultatif de l'urbanisme. Le sceau d'un spécialiste tel un architecte facilite grandement l'approbation du projet.

La grande majorité des bâtiments de l'UQAM sont situés dans des zones de protection du (ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine du Québec) MCCCQ. Au campus ouest, les bâtiments sont situés dans

En date de publication de ce rapport, pour un projet dans l'arrondissement Ville-Marie dont le coût des travaux est de 13 000 \$ et moins, le permis de transformation du bâtiment coûte 110 \$ pour un projet résidentiel et 330 \$ pour un projet commercial, industriel ou institutionnel. Pour chaque tranche de 1 000 \$ de travaux dépassant le 13 000 \$ minimum, on ajoute 8,25 \$ pour les frais de permis. Par exemple, pour un projet de toit vert de 45 000 \$ dans l'arrondissement Ville-Marie, il faudrait prévoir 594 \$ pour le permis de transformation.



L'Aire de protection des façades de la rue Jeanne-Mance et dans l'Aire de protection de la Maison William-Notman (en annexe). Au campus central, l'Aire de protection des clochers de l'église Saint-Jacques englobe la grande majorité des bâtiments de l'UQAM (en annexe). Il faut donc demander le formulaire au MCCCQ, le remplir et l'y renvoyer par télécopieur.

### Accessibilité du toit vert

Dans le contexte, étant donné les contraintes techniques, administratives et budgétaires qu'impose un toit vert accessible au public, il serait peu logique de transformer un toit existant en terrasse. Qui plus est, l'UQAM dénombre près d'une dizaine de terrasses, la plupart du temps sous-utilisées : un toit vert accessible devrait être implanté strictement sur ce type de toit.

Les employés de l'UQAM travaillant à l'entretien sur les toits sont formés pour la sécurité sur ceux-ci et possèdent des assurances de travail. Des dispositifs sont aussi présents sur les toitures, comme des prises pour les harnais de sécurité ou des garde-corps.

Dans un projet à l'UQAM où pourrait être incluse une participation étudiante, des arrangements avec le service de sécurité (SPS) et des autorisations auprès du Service des immeubles et de l'équipement seront requis (SIE-SECAR). De plus, des formations sur la sécurité sur les toits sont offertes par la RBQ, advenant la formation d'un employé ou d'un bénévole nécessaire.

## **Occupation du domaine public**

Si l'UQAM devait bloquer partiellement une rue (grues, camions de livraison, souffleuse à terre) pour transporter des matériaux jusqu'aux toits, une demande en ce sens devrait être présentée au service de Travaux publics de l'arrondissement. Un exemplaire de Demande de permis d'occupation ou d'obstruction temporaire du domaine public est disponible sur la page Web de l'arrondissement, ainsi que la tarification pour un permis, qui se calcule en fonction de la superficie, du type de lieu public et du temps d'occupation. Les deux documents sont disponibles en annexe.

## **Choix du type de toit vert**

Choisir un type de toit vert exige de déterminer préalablement les fonctions que l'on souhaite lui attribuer. Des recommandations sont énumérées dans la section suivante à ce sujet.

## **Système d'irrigation**

Pour ce qui est de l'irrigation, un choix doit être fait entre du temps d'entretien par un employé ou un système d'irrigation automatique. Certains systèmes exigeront un apport constant en eau pendant la majorité du temps de vie des plantes du toit végétalisé tandis que d'autres en requerront peu ou pas. Cependant, tous les toits verts doivent recevoir un arrosage minimum pendant les premières semaines de l'implantation.

Il faut donc s'assurer que l'on peut acheminer de l'eau sur le toit : le Service des immeubles et de l'équipement est en mesure d'évaluer cette option (SIE-SECAR). Il faut aussi garder en tête que, pour un système temporaire, amener l'eau peut se faire par un simple tuyau d'arrosage sur une longue distance.

## **Aménagement, entretien et rusticité**

L'aménagement horticole au sol comporte son lot de difficultés à l'UQAM, particulièrement au centre-ville, où les variétés de plantes plus ornementales se font voler et où le vandalisme compromet la qualité d'aménagement. L'entretien de ces plates-bandes expose aussi les travailleurs aux risques d'entrer en contact avec de la vitre cassée ou même avec des seringues. La création d'un jardin sur un toit permettrait de contrôler l'accès, donnant aux architectes paysagers plus de liberté dans la conception des aménagements et faciliterait l'entretien fait par les paysagistes.

Toutefois, l'entretien d'un toit vert sera plus exigeant que pour celui d'un toit standard. Dans le contexte actuel où les employés de l'UQAM ne disposent que de peu de ressources pour s'assurer du bon état des toits existants, ajouter une nouvelle tâche risque de leur déplaire. De plus, les différentes tâches d'entretien relèvent de plusieurs corps de métier, ce qui pourrait nécessiter l'accord de plusieurs groupes de travailleurs à l'UQAM.

Les aménagements structurés demandent des soins beaucoup plus exigeants. Les toits verts intensifs ou ornementaux sont implantés dans des établissements ayant soit un service d'entretien paysager possédant beaucoup de moyens, soit un département ou une école relié à l'architecture du paysage ou à la botanique. Comme l'UQAM ne possède ni un ni l'autre, un aménagement mal entretenu perdrait rapidement sa valeur ornementale. Il semblerait plus logique d'opter pour un toit vert extensif, plus facile d'entretien et plus stable. À titre informatif, les budgets prévus accordés pour l'entretien du toit de la Maison de la culture Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce, d'une superficie de 250 m<sup>2</sup> (2700 pieds<sup>2</sup>), est de plus ou moins 4 000 \$ par année.

Image 21. Maison de la culture Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce, p.75

# Évaluation des toits



## Type d'évaluation pour la caractérisation

Comme à l'Université de Guelph, il serait très intéressant de développer un outil d'aide à la décision multicritère, ou analyse multicritère. À partir d'une prise de données quantitatives, il est possible d'analyser mathématiquement plusieurs critères d'aménagement et de cibler les meilleurs choix de sites. Pour la présente étude, la création d'un tel outil aurait été disproportionnellement exigeante par rapport aux finalités recherchées, mais elle pourrait être envisagée dans le futur. Cependant, à l'échelle municipale ce genre d'outil pourrait être particulièrement pratique, puisqu'il permet de faciliter la prise de décision lorsqu'une grande quantité de projets sont possibles.

Pour le projet, le système d'évaluation a donc été basé sur un outil un peu plus rudimentaire, utilisé dans le domaine de l'évaluation d'impacts environnementaux, soit une matrice numérique (André, 2003). La plupart des éléments de la grille sont qualitatifs et, lorsqu'ils sont quantitatifs, leur évaluation demeure du ressort du chercheur. L'évaluation est donc grandement basée sur la visite de toits verts et sur la littérature sur le sujet. Le résultat de cette analyse se veut donc une caractérisation des toits de l'UQAM et l'analyse du chercheur expert sur les meilleurs sites d'implantation.

## Critères d'implantation à l'UQAM

L'analyse s'est faite sur plusieurs critères, évalués directement sur les toits. Certains toits ayant des attributs similaires, une extrapolation a parfois été réalisée. Certains critères auront plus d'importance selon le but : si l'on vise à avoir un toit aux fonctions environnementales prépondérantes, si l'on veut un projet facile et peu coûteux à réaliser ou si, au contraire, d'importantes sommes sont proposées pour un projet très visible et haut en couleur. Évidemment, un certain équilibre est aussi atteignable à travers tous ces critères pour réaliser un projet qui n'est pas trop dispendieux, qui est esthétique et qui possède de bonnes caractéristiques environnementales. La pondération du présent système d'évaluation du choix de site s'est faite selon les propriétés jugées les plus pertinentes en fonction du cas de l'UQAM, de ses contraintes et de la grande disponibilité d'espace d'implantation pour mieux vous démontrer la fonctionnalité des grilles d'analyse.

## Usage sous-jacent au toit

Comme le mentionnait M. André Bourassa, président de l'Ordre des architectes du Québec, il existe deux types de membrane d'étanchéité, celle qui coule et celle qui va couler. Comme les toits verts comportent des risques supplémentaires d'infiltration d'eau, advenant une mauvaise conception, et se dressent comme un obstacle en cas d'infiltration, il serait plus logique de commencer le verdissement par un toit sous lequel les activités ne seront pas menacées par le potentiel d'infiltration d'eau. L'évaluation a donc défavorisé les bureaux, qui contiennent des ordinateurs et des livres, et les bibliothèques; elle a toutefois favorisé les espaces comme les garages, les couloirs et les atriums.

## Potentiel de verdissement au sol

L'évaluation ne s'est pas systématiquement effectuée pour chacun des bâtiments, mais par rapport à l'espace à proximité de ceux-ci. Par exemple, les bâtiments du campus ouest ont été défavorisés globalement dans l'évaluation puisqu'ils disposent d'encore beaucoup d'espace pouvant être verdi. Le campus central offre moins de possibilités sur ce plan, ce qui a été pris en compte dans l'évaluation.

## Type de toit

On retrouve quatre types de toits différents à l'UQAM :

- des terrasses;
- des toitures inversées, dont une est réfléchissante;
- des toits standard avec membranes d'étanchéité faite d'élastomère;
- des toits standard imperméabilisés par une membrane multicouche.

Les deux premiers offrent une protection comparable à celle des toits verts, ont une durée de vie reconnue semblable à celle des toits verts et contribuent faiblement à l'effet d'îlot de chaleur urbain. Les membranes d'élastomère et multicouches contribuent plus fortement aux îlots de chaleur, elles sont reconnues pour leur durabilité moindre et leur dégradation est potentiellement dangereuse pour l'environnement. Dans la présente évaluation, les toitures inversées et les terrasses sont désavantagées puisqu'elles constituent déjà de bons systèmes de toit; pour des raisons de plus grande facilité d'implantation de toit vert, ces toitures pourraient être favorisées au dépend des élastomères et des multicouches.

## Âge des toitures

L'âge des toits est un facteur important puisqu'il permet de cibler les toits à changer sous peu. Certains toits de l'UQAM ont même dépassé leur fin de vie utile et présenteront vraisemblablement des fuites dans un avenir rapproché. Leur réfection prochaine pourrait inclure un projet de toit vert.

## Superficie potentielle du toit

La plupart des bénéfices environnementaux des toits verts sont proportionnels à la superficie que ceux-ci occupent. De grands toits permettent de retenir plus d'eau de ruissellement, de réduire sur une plus grande superficie la demande en climatisation pour le bâtiment, d'augmenter les bénéfices pour la qualité de l'air et la disponibilité d'espaces verts pour la faune et la flore.

## Accès au moment de la construction

L'accès au toit est un critère primordial dans les phases de construction. Par exemple, les toits ayant seulement un accès par les fenêtres ou requérant le transport des matériaux par escalier sur plusieurs étages ont été peu favorisés. Les bâtiments de plusieurs étages, pour lesquels des projets de toits verts requerraient l'utilisation de hautes grues ont aussi été moins favorisés que les bâtiments plus bas.

## Accès pour l'entretien

L'accès aux toits pour le personnel affecté à l'entretien de ceux-ci est un autre facteur important. Par exemple, les toits accessibles par une fenêtre, une échelle ou un espace restreint ont été peu favorisés. Du point de vue de la sécurité, les toits avec un parapet ou un garde-corps ont été avantagés par rapport aux toits avec des petits rebords, ou même sans rebord.

## L'accès au public

Les toits les plus facilement accessibles au public sont les terrasses, qui ont été conçues pour cela. Les mêmes considérations que pour l'accès aux employés doivent être prises en compte, mais chacune d'elles est considérée comme un peu plus difficile.

## Exposition au soleil et au vent

Les toits sont généralement extrêmement exposés aux intempéries, et cela affectera grandement le type de végétaux qu'on pourra y installer et la valeur ornementale et environnementale du toit vert. Les toits de l'UQAM ne sont pas tous exposés également à ces intempéries; par exemple, certains sont protégés du vent par les bâtiments adjacents, certains ont un ensoleillement restreint et d'autres sont situés sur des bâtiments dont la hauteur pourrait nuire grandement à la survie des plantes.

## Visibilité du toit

Les projets de toits verts sont une vitrine environnementale et puisqu'ils ne sont pas encore nombreux, ils possèdent un attrait pédagogique indéniable; la visibilité du projet est donc bien souvent primordiale. De plus, l'impact de tels projets sur les gens travaillant et étudiant sur le campus sera supérieur s'ils sont visibles par plusieurs personnes. Cet aspect a été évalué selon si l'on se trouve sur le campus ou hors du campus.

## Panorama

Advenant l'accessibilité au toit possible, le panorama offert par le site sur le paysage urbain montréalais a aussi été pris en compte. Tout de même, une terrasse avec vue sur une ruelle a été moins avantagée que celle offrant une perspective intéressante sur la ville.

## Poids des critères

Les résultats complets de l'analyse sont disponibles en annexe. L'analyse s'est déroulée en fonction de l'installation d'un toit vert extensif, ne requérant pas de système d'irrigation. Les quatre premiers facteurs, soit le type de toit, le potentiel de verdissement, l'utilisation de l'espace sous le toit et l'âge du toit ont reçu une plus grande importance. La superficie, l'accès lors de l'entretien et de la construction ont reçu une importance intermédiaire. Finalement, l'accessibilité au public, la visibilité du projet et l'exposition du toit ont reçu une importance moindre aux fins de l'évaluation.



## Les toits recommandés par l'analyse



Pratiquement ex aequo, les toits O et N1 du pavillon Judith-Jasmin et les toits K3, K5, K6 et K7 du pavillon Hubert-Aquin se sont nettement démarqués. Les toits O et N1 sont adjacents au clocher de l'église Saint-Jacques, tandis que les toits du pavillon Hubert-Aquin forment un U autour de la cour intérieure du pavillon. Ces sites combinent la plupart des éléments d'importance de l'évaluation :

- Ils sont destinés à la réfection dans un avenir rapproché;
- Ils sont constitués de membranes multicouches, ayant tout avantage à être remplacées par une technologie plus récente;
- Ils sont situés en majorité au-dessus d'aires de passages ou de salles de cours;
- Ils sont dans un secteur de l'UQAM où peu de verdissement est possible;
- Ils sont facilement accessibles pour les étapes de construction et d'entretien;
- Ils jouissent d'une très bonne visibilité à partir des bureaux de l'UQAM;
- Ils représentent une superficie de toit vert intéressante à aménager;
- Ils possèdent de bonnes conditions d'exposition solaire et sont relativement bien protégés du vent par les bâtiments adjacents.

Image 22,23 et 24. Toits O et N1 du pavillon Judith-Jasmin, à l'UQAM, p. 76

Image 25, Toits K3, K5, K6 et K7 – pavillon Hubert-Aquin, à l'UQAM, p. 76

### Toit peu risqué

Un des toits qui ne s'est pas démarqué lors de l'analyse, mais qui constitue un choix intéressant, est l'issue nord du gymnase triple du Centre sportif. De prime abord, le toit n'est pas particulièrement visible, sa superficie est modeste, sa membrane n'est pas à changer sous peu et l'espace au sol adjacent constitue un endroit plein de potentiel pour le verdissement. Par contre, l'avantage de ce toit est qu'il abrite un espace peu utilisé, ce qui en fait un endroit du campus où l'utilisation est la moins préoccupante en cas de fuite de la membrane. De plus, le bâtiment est peu élevé, alors l'implantation d'un toit vert sera grandement facilitée et une

installation permettant l'accès au toit serait parfaitement réalisable. En outre, l'amélioration du site profiterait aussi aux enfants venant aux camps de jour, qui utilisent l'aire au sol adjacente au bâtiment.

### Toiture végétale intensive

Advenant le choix d'un aménagement de toit vert plus élaboré, les terrasses demeurent les endroits idéals pour la création de toits-jardins ou de toitures intensives. La terrasse non utilisée au premier étage du pavillon J.-A. de Sève constitue par exemple un endroit très visible de l'intérieur de l'édifice. En raison de défauts de conception, cette terrasse n'est pas ouverte au public; elle est néanmoins facile d'accès. L'aménagement de ce site permettrait aussi de rehausser le panorama offert à travers les grandes fenêtres, qui donnent sur la ruelle.

Image 26. Terrasse non utilisée du pavillon J.-A. de Sève, à l'UQAM, p. 77

### Possibilités pour l'agriculture urbaine

Étant donné leur plus grande durabilité, les terrasses ont été peu avantagées dans la grille pour l'implantation de toits verts de type extensif. Par contre, ces sites constituent souvent des endroits tout indiqués pour le verdissement. Plus particulièrement, les terrasses du 5e étage au pavillon Président-Kennedy et du 4e étage au pavillon de sciences biologiques sont des endroits jouissant d'excellents potentiels pour l'agriculture urbaine et auraient tout avantage à être aménagées, car elles :

- sont nettement sous-utilisées;
- disposent d'un bon ensoleillement pour la culture vivrière;
- permettent un accès facile et sécuritaire;
- disposent de fortes capacités portantes puisqu'elles sont conçues pour accueillir le public;
- offrent un excellent panorama sur la ville ou sur le campus;
- permettraient d'utiliser le compost issu des divers projets de compostage implantés sur le campus des sciences et ainsi accroître l'autogestion du campus;
- aideraient potentiellement les organismes de sécurité alimentaire dans le quartier;

- permettraient la participation étudiante dans des actions communautaires;
- pourraient éventuellement devenir une opportunité de stage pour des étudiants.

Grâce aux efforts de Mme Cynthia Philippe, conseillère en développement durable à l'UQAM, un projet de jardin en partenariat avec Alternatives sur le toit-terrasse a été inauguré en été 2007, sur la terrasse du pavillon de Design à l'UQAM. L'instauration d'un projet comme celui-ci demeure simple, n'exige pas d'installation de matériaux coûteux et donne une seconde vie à des lieux sous-utilisés pourtant exceptionnels.

Image 27. Projet Alternatives sur la terrasse du pavillon de Design, à l'UQAM, p. 77

### **Possibilité de verdissement sur les campus**

Plusieurs sites au sol sur le campus sont bétonnés et possèdent un potentiel de verdissement. Ces sites auraient avantage à être verdis avant l'installation de toits verts.

Les espaces au sol que l'on verdit :

- possèdent au moins les mêmes mérites que les toits verts;
- ne requièrent pas l'utilisation d'une batterie de matériaux de drainage, de terreaux spéciaux ou de membranes antiracines; conséquemment, l'aménagement au sol est plus simple et moins coûteux;
- permettent l'utilisation de plantes plus performantes comme des arbres pour la purification de l'air et pour les bénéfices de refroidissement de l'air;
- vont profiter esthétiquement à potentiellement plus de personnes qu'un aménagement sur un toit, puisqu'ils sont visibles au niveau de la rue et ne requièrent pas d'autorisations pour les visiter;
- peuvent être ceinturés d'une clôture pour prévenir le vandalisme ou le vol.

### **Espaces possédant un potentiel de verdissement à l'UQAM**

Même s'il jouit d'une bonne quantité d'arbres, l'aménagement du campus des sciences comporte encore beaucoup de béton et d'asphalte qui pourraient être remplacés au profit de la végétation. Comme l'ont montré les résultats des prises de températures sur différents sites de l'UQAM, le gazon tondu et le gazon sec ne constituent pas les meilleurs aménagements pour atténuer les effets d'îlots de chaleur. Ne pas tondre l'herbe ou utiliser d'autres types de couvre-sols seraient des alternatives possibles. De plus, le campus est peuplé d'une grande quantité d'arbres à croissance lente, comme le Ginkgos biloba, arbre fort noble et particulièrement résistant aux stress de l'environnement urbain. Quoique intéressants en raison de leur croissance lente et de leur port bas, ces arbres offriront à moyen terme peu d'ombrage sur le milieu.

Image 28- Cour du centre sportif, UQAM, 27., p. 77,  
Image 29- Cour intérieure au pavillon Judith-Jasmin,  
UQAM, Image 30- Cour intérieure du pavillon J.-A. de

Sève, à l'UQAM et 29. Cour intérieure au campus des sciences, UQAM, p. 78



## Fiches des récents projets de toits verts dans le domaine institutionnel et commercial à Montréal

### Promoteur : Faculté d'aménagement du paysage

Sommaire : À l'origine, une petite terrasse d'un établissement religieux, la toiture végétale a été réalisée suite à un concours d'aménagement organisé par la faculté d'aménagement. Le projet d'envergure modeste repose sur la participation bénévole et sa vocation est avant tout pédagogique et expérimentale. Des difficultés d'accès pour les étudiants restreignent l'entretien, mais le site possède un bon potentiel pour toute initiative étudiante.

Choix du site : À proximité des locaux de la faculté, étant visible de l'intérieur du bâtiment et d'une accessibilité aisée, cette terrasse constituait un endroit facilement aménageable.

Capacité portante : La terrasse a été conçue pour supporter de fortes charges et était auparavant utilisée par les occupants comme terrasse.

Superficie : 150 m<sup>2</sup> (1 600 pieds<sup>2</sup>) de surface végétalisée.

Système : Système Hydrotech, avec 150 à 200 mm de terreau, avec système d'irrigation.

Types de végétaux : L'aménagement initial comportait plusieurs espèces vivaces, dont quelques variétés de graminées. Les conditions difficiles de la position du toit, notamment la forte présence de vent, ont contribué à la mortalité de certaines plantes. Une végétation spontanée s'y est donc installée; un étudiant y a identifié 40 espèces différentes.

Experts : La faculté d'aménagement, professeur Ron Williams et Denis Gingras, représentant des ventes chez Hydrotech.

Mesures incitatives : Probablement dans une optique expérimentale, les motivations initiales du projet demeurent incertaines puisque le créateur du projet est maintenant à la retraite. L'espace sera vraisemblablement utilisé à des fins pédagogiques, comme pour des cours d'identification de la flore et de botanique, vu la grande diversité de plantes indigènes qu'on peut y observer.

Coûts : Des dons et subventions ont permis la création du toit vert

Image 32. Université de Montréal : Faculté d'architecture du paysage, image 33- Toit vert au mois de mai, image 34 et 35- Toit vert au mois d'août, p. 79



### Collège de Rosemont

Date de réalisation : 2007

Promoteur : Collège de Rosemont

Sommaire : Le Collège Rosemont a une politique environnementale et de développement durable forte depuis 1996. On y emploie un technicien en environnement et des cours de gestion de l'environnement y sont offerts, notamment par l'instigateur du projet de toit vert du collège. La vision environnementale du collège est reconnue par l'obtention de plusieurs prix et attestations en lien avec la gestion des matières résiduelles, l'efficacité énergétique et l'embellissement horticole. L'installation d'un toit vert s'insère donc logiquement dans cette vision. En plus d'aménager un toit vert, une toiture réfléchissante a aussi été installée dans le but de réduire l'impact du collège sur l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Choix du site : Les toits des sections aménagées en toits verts étaient rendus à leur fin de vie et requéraient une réfection. Étant donné leur bonne visibilité par rapport à la bibliothèque, leur facilité d'accès et la protection qu'offrent les bâtiments entourant ce toit, le choix s'est fait de lui-même. La toiture réfléchissante a été installée sur un toit qui était aussi à refaire, mais sur des étages avec aucune visibilité, en partie parce que ces toitures sont salissantes et deviennent trop éblouissantes lors d'une journée ensoleillée.

Capacité portante : La capacité portante des sections sous le toit vert est considérable puisque la forme de l'immeuble favorise d'importantes accumulations de neige. Vu le faible poids du système choisi (75 kg/m<sup>2</sup> ou 15 livres/pied<sup>2</sup>), le toit vert ne constitue pas un ajout de poids significatif.

Superficie : Le toit vert a une superficie d'environ 930 m<sup>2</sup> (10 000 pieds<sup>2</sup>).

Système : Le Système Xero Flor, avec 3 épaisseurs de tapis absorbants feutrés pour le toit vert. La membrane de PVC Sarnafil a été choisie pour la toiture réfléchissante.

Types de végétaux : Environ 8 variétés de sedums.

Experts : Toits Vertige a été chargé d'installer le système.

Mesures incitatives : La valeur environnementale des toits verts s'insère parfaitement dans la vision de l'établissement. Le côté esthétique du toit vert a aussi eu un certain poids puisque l'ensemble du toit peut être vu de l'intérieur du bâtiment.

Coûts : Le coût des composantes du toit vert a été évalué à environ 33 % du coût global de la réfection du toit. Le coût du toit blanc est évalué à 20 % plus cher qu'un toit standard.

Image 36, 37 et 38

Experts : La faculté d'aménagement, professeur Ron Williams et Denis Gingras, représentant des ventes chez Hydrotech.

Mesures incitatives : Probablement dans une optique expérimentale, les motivations initiales du projet demeurent incertaines puisque le créateur du projet est maintenant à la retraite. L'espace sera vraisemblablement utilisé à des fins pédagogiques, comme pour des cours d'identification de la flore et de botanique, vu la grande diversité de plantes indigènes qu'on peut y observer.

Coûts : Des dons et subventions ont permis la création du toit vert.

Image 36- Toit vert au mois de mai, image - 37 et 38 toit vert au mois d'août, p.80



## **Société des alcools du Québec**

Date de réalisation : Été 2007

Promoteur : Société des alcools du Québec (SAQ)

Sommaire : La conception du toit vert a été réalisée à même les devis architecturaux du nouveau bâtiment et traduit la volonté de la SAQ d'améliorer son bilan environnemental. Les sociétés d'État québécoises sont encouragées par le gouvernement provincial à adopter un plan d'action de développement durable, et ce toit vert fait partie intégrante du plan de la SAQ. Comme il s'agit d'une première, le toit fait aussi office de projet-pilote, et sa performance énergétique sera testée pendant les prochaines années. Aucune infrastructure n'a été prévue pour l'accès, donc le toit est inaccessible pour les visites et l'entretien. Il n'est visible que de certains bureaux de l'édifice.

Choix du site : La SAQ souhaitait tester le toit sur un bâtiment neuf. De plus, la superficie relativement petite du bâtiment permet d'investir dans le projet-pilote une somme raisonnable.

Capacité portante : La capacité portante de la structure d'acier a été calculée en fonction des recommandations du fournisseur pour une toiture végétale extensive.

Superficie : La portion végétalisée correspond à environ 185 m<sup>2</sup> (2 000 pieds<sup>2</sup>).

Système : Le système SopraNature standard avec une bordure en béton, un espacement avec le parapet fait en pierres de rivière et un terreau léger d'une épaisseur de 6 pouces.

Types de végétaux : Les semences des végétaux étaient incluses dans le terreau du système SopraflorX, contenant principalement du trèfle et de la ciboulette.

Experts : La compagnie Toits Vertige a été chargée de réaliser les devis pour la portion d'installation des matériels de toits verts, du terreau et des premiers arrosages.

Mesures incitatives : L'efficacité énergétique est un élément clé dans le projet. Des thermomètres y ont été inclus pour connaître les bénéfices quantifiés des toits verts, en frais d'isolant thermique, été comme hiver. Le système de chauffage central du bâtiment permet même de faire un monitoring à distance des températures des bâtiments, pour ainsi compiler les données et les analyser plus facilement. De plus, une certaine transversalité entre les sociétés d'État permettra à d'autres de bénéficier de ces analyses. La climatisation étant importante dans la conservation des vins vient ajouter à l'intérêt des toits verts, permettant ainsi de diminuer la demande en climatisation en période de pointe. De plus, le système s'est avéré efficace.

Coût : Le coût du toit vert est de 25 000 \$, soit environ 135 \$/m<sup>2</sup> (12,5 \$/pied<sup>2</sup>).

Images 39,40 et 41, p. 80



### **Polytechnique : Pavillon Lassonde**

Date de réalisation : Inauguration en octobre 2005

Promoteur : L'École Polytechnique de Montréal

Sommaire : Le toit vert du projet est intégré à la nouvelle bâtisse, et il est certifié LEED® Or. Plusieurs technologies ont été utilisées pour atteindre cette prestigieuse cote, dont la récupération de chaleur de la cheminée centrale de l'ancien édifice et des bassins de rétention d'eau de pluie. Les technologies utilisées sont toutes disponibles sur le marché et n'ont aucun lien avec les recherches faites à Polytechnique.

Choix du site : La visibilité et l'accessibilité ont joué un rôle clé dans le choix du site. Deux endroits distincts ont été aménagés : une partie de la terrasse accessible au public et un toit visible de la bibliothèque.

Capacité portante : La capacité portante a été calculée dans la conception de l'édifice, soit au moins 145 kg/m<sup>2</sup> (30 livres/pied<sup>2</sup>) pour le système Hydrotech.

Superficie : 800 m<sup>2</sup> (8600 pieds<sup>2</sup>).

Système : Le système Garden Roof® d'Hydrotech contient 150 mm de terreau, dont la formule est préparée par l'entreprise Savaria. Le toit est non irrigué pour économiser l'eau, ce qui permet en plus d'aller chercher un crédit LEED® additionnel.

Types de végétaux : À la base tapissée de trèfles, une végétation spontanée s'est installée dans les plates-bandes.

Experts : Michel Rose, directeur du service des immeubles à Polytechnique, a dirigé l'équipe de projet. Denis Gingras, représentant chez Hydrotech, a assisté l'installation du toit vert dans le projet. Trois firmes d'architectes ont participé au projet : Menkès Shooner Dagenais Letourneux, Saia Barbarese et Desnoyers Mercure & associés.

Mesures incitatives : Crédits LEED® pour la réduction de l'eau de ruissellement et pour la diminution de l'impact sur les flots de chaleur.

Images 42, 43 et 44, p. 81



## **Université McGill : Complexe des sciences de la vie**

Date de réalisation : 2008

Promoteur : Université McGill

Sommaire : Le toit vert s'intègre dans le nouveau Complexe des sciences de la vie Francesco Bellini de l'Université McGill. Le centre de recherches sera parmi les plus grands dans l'est du Canada et fait la promotion des collaborations interdisciplinaires. Le projet vise l'accréditation LEED® Argent.

Choix du site : Situé à côté du Pavillon McIntyre Medical Sciences Building et en bordure de la montagne, le toit vert sera visible du belvédère du parc Mont-Royal et des fenêtres de la tour McIntyre.

Capacité portante : La capacité portante a été calculée dans la conception de l'édifice, soit au moins 145 kg/m<sup>2</sup> (30 livres/pied<sup>2</sup>) pour le système extensif d'Hydrotech.

Superficie : 700 m<sup>2</sup> (7500 pieds<sup>2</sup>).

Système : Le système d'Hydrotech contient 150 mm de terreau minéralisé. Le toit est doté d'un système d'irrigation goutte à goutte pour économiser l'eau en assurant la verdure tout au long de l'été.

Type de végétaux : Sedums.

Experts : Claude Cormier architectes paysagistes inc., Provencher Roy + Associés architectes, Diamond and Schmitt Architects inc., et Hydrotech.

Mesures incitatives : Crédits LEED® pour réduction de l'eau de ruissellement et pour la diminution de l'impact sur les îlots de chaleur.

Coûts : 100 000 \$ budgétaire.

Images 45 et 46, p. 86



## **Maison de la culture Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce**

Date de réalisation : Octobre 2006, ouverture officielle en juin 2007

Promoteur : Arrondissement Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce

Sommaire : Il s'agit de la première réalisation d'un toit vert sur un édifice municipal à Montréal. La toiture d'origine datait de 1982 et sa réfection devait être imminente. Une étude de faisabilité a été faite pour évaluer la possibilité d'installer un jardin, et l'expertise structurale a confirmé la capacité du toit à accueillir le toit vert.

Choix du site : Le choix de l'immeuble municipal s'est axé sur l'accessibilité de la terrasse (qui était fermée l'été parce que trop chaude), sur la qualité du panorama offert sur le toit et sur la superficie de toiture plate disponible.

Capacité portante : L'analyse a montré une capacité d'environ 122 kg/m<sup>2</sup> (25 livres/pied<sup>2</sup>).

Superficie : Sur une possibilité de 960 m<sup>2</sup> (10 300 pieds<sup>2</sup>), 250 m<sup>2</sup> (2 700 pieds<sup>2</sup>) ont été aménagés en jardin semi-intensif.

Système : Système Sopranature de Soprema. Terreau ultraléger d'une épaisseur de 6 pouces de Compost-Québec pour pallier la faible capacité portante. Système de subirrigation automatisée avec détection d'humidité électronique.

Types de végétaux : L'aménagement comprend plusieurs variétés de vivaces résistantes. L'aspect ornemental est une composante importante puisque le toit vert se veut un jardin. Un budget a donc été prévu pour un entretien régulier. Neuf bacs contenant des vignes ont été installés en hauteur afin de verdifier les murs des volumes supérieurs de l'édifice. Une terrasse en dallage accessible au public a aussi été aménagée avec une pergola, des bacs à fleurs annuelles et des rosiers grimpants.

Experts : Équipe mixte formée de membres de la Direction des immeubles et de quelques spécialistes de l'arrondissement.

Mesures incitatives : Plusieurs objectifs ont motivé la réalisation de ce projet, dont les aspects environnementaux sont indéniables. Le développement d'une expertise et d'un lieu d'apprentissage pour les professionnels de la Ville est un autre facteur. Tout de même, l'accessibilité au public et l'aspect didactique sont les éléments clés de ce projet, situé au cœur du quartier dans l'édifice abritant la Maison de la culture et la bibliothèque. En plus d'avoir prévu des espaces pour inclure des sculptures dans l'aménagement du jardin, on a établi des endroits où le public pourra s'informer sur les toits verts et l'environnement avec :

- des panneaux explicatifs;
- une vidéo de la réalisation du toit vert;
- des activités d'informations pour les jeunes;
- une collection spéciale de livres de référence sur les toits verts à la bibliothèque.

Coûts : La réfection du toit à elle seule a coûté 175 000 \$, et le système de toits verts, incluant les végétaux, les bacs et le système d'irrigation, a coûté 110 000 \$. Le coût total du projet est estimé à 680 000 \$. La différence provenant de l'installation de garde-corps, la pergola, le dallage en béton pour la terrasse, les travaux de maçonnerie, de plomberie et d'électricité, les imprévus et autres.

Images 47, 48, p. 82 et images 49 et 50 p. 83



## Espace Sedna-Cascades-Rebut Global

Date de réalisation : Été 2007

Promoteur : Le projet est la résultante d'un partenariat entre la Fondation Sedna, l'organisme Rebut global et la compagnie Cascades.

Sommaire : Construit près du célèbre voilier Sedna-IV dans le Vieux-Port de Montréal, l'Espace Sedna-Cascades-Rebut Global est une écoconstruction servant de centre d'interprétation et d'exposition. L'utilisation de matériaux récupérés est mise en avant-plan dans le projet, donc les végétaux plantés ont été offerts par les citoyens lors d'une journée de corvée bénévole. Un accès a été prévu pour aller visiter le toit.

Choix du site : Comme le projet est très didactique, la proximité du Sedna-IV, qu'on peut aussi visiter, et l'affluence touristique d'un endroit comme le Vieux-Port permettaient de rejoindre un grand auditoire.

Capacité portante : La structure du bâtiment est constituée d'anciens conteneurs en métal pouvant supporter d'importantes charges.

Superficie : Environ 60 m<sup>2</sup> (650 pieds<sup>2</sup>).

Système : Le système Sopranature, avec un terreau de Compost Québec. Un système de récupération d'eau de pluie fait de barils récupérés a été prévu en cas de besoin.

Types de végétaux : Une partie des plantes a été fournie par les citoyens, donc on peut retrouver plusieurs types de plantes. Des plantes annuelles de surplus ont été fournies par un horticulteur.

Experts : Le concepteur du toit est Vincent Vandenbroock, avec la collaboration de Toits Vertige.

Mesures incitatives : Le potentiel pédagogique du projet et la participation du public.

Coût : Le projet de toit vert a été basé sur les dons.

Images 51 et 52, p. 83



## Le Casse-tête

Date de réalisation : Été 2006

Promoteur : Ron Rayside

Sommaire : Les grands objectifs écologiques de cette bâtisse sont, entre autres, la réduction importante de la consommation énergétique et la gestion responsable de l'eau et des différents matériaux. Pour répondre au premier objectif, un système de géothermie a été installé et permet le chauffage et la climatisation de l'espace. De plus, cet immeuble a été construit avec des murs extérieurs, des fenêtres et un toit qui procurent une grande isolation thermique. Également, un éclairage à faible consommation énergétique est utilisé. Ces différentes installations permettront d'atteindre une réduction totale d'au moins 50 % en consommation d'énergie.

Concernant la gestion responsable de l'eau, l'ensemble des systèmes de plomberie comprend des appareils économiseurs visant spécifiquement à restreindre la consommation d'eau. Le toit vert permet la réduction des rejets d'eau de pluie. Au cours des prochaines années, un relevé sera produit régulièrement, démontrant la consommation d'énergie et d'eau pour chacun des logements locatifs et pour l'espace occupé par Rayside Architecte.

Les matériaux de construction employés sont soit recyclés, soit produits localement ou facilement renouvelables. Par exemple, les armoires de cuisine, les moulures et le mobilier sont fabriqués à partir de panneaux de paille. Les planchers de bois franc proviennent de forêts certifiées. Le plancher des balcons, la main courante des garde-corps et la marquise sont composés de plastique recyclé.

Choix du site : La toiture a été aménagée en entier, deux parties terrasse ont été réalisées et le reste de la toiture est végétalisé.

Capacité portante : 490 kg/m<sup>2</sup> (100 livres/pied<sup>2</sup>) de charge vive, 365 kg/m<sup>2</sup> (75 livres/pied<sup>2</sup>) de charge morte.

Superficie : 166 m<sup>2</sup> (1800 pieds<sup>2</sup>).

Système : Le système Garden Roof d'Hydrotech a été utilisé pour le projet. Un système semi-intensif avec 200 mm de terreau a été installé et aucun système d'irrigation permanent n'est utilisé.

Types de végétaux : Potentilles jaunes au périmètre de la toiture et plantes vivaces : Hémérocailles et couvre-sol lysimache. Plantation de fines herbes variées chaque année.

Experts : Denis Gingras de la compagnie Hydrotech, Aquatanche entrepreneur en toiture et Rayside Architecte.

Mesures incitatives : Créer un espace de vie et de détente intéressant pour les employés de Rayside Architecte ainsi que pour les quatre locataires de l'immeuble. Crédits LEED pour la réduction des îlots de chaleur ainsi que pour la réduction de l'eau de ruissellement.

Coûts : Le coût total du projet est de 40 000 \$, dont 20 000 \$ pour la toiture verte.

Image 53 et 54, p. 83



# Fiches des récents projets de toits verts dans le domaine institutionnel et commercial à Québec et à l'extérieur de Montréal



## Université Laval : Pavillon Charles-De Koninck

Date de réalisation : 2005 et 2006

Promoteur : Université Laval

**Sommaire :** Un agrandissement a été aménagé dans une aire enclavée par les bâtiments du pavillon Charles-De Koninck. Le toit du nouveau bâtiment jouit donc d'une excellente visibilité de l'ensemble des bureaux des étages supérieurs du pavillon. Au pied du bâtiment ont été aménagées deux terrasses entourées de plates-bandes. Ces terrasses sont techniquement des toits verts, puisque les matériaux utilisés sous celles-ci sont les mêmes que pour des toitures végétales. De plus, ces plates-bandes sont situées au-dessus de salles de cours. Ces nouveaux espaces verts sont à la charge des employés d'entretien paysager de l'université qui en ont aussi assuré la plantation et la conception florale.

**Choix du site :** L'idée du toit vert a été proposée dans les devis architecturaux. L'espace occupé par la nouvelle bâtisse était une aire libre où plusieurs végétaux poussaient. Or, on a voulu conserver cette proximité entre espaces verts et utilisateurs des lieux. Au niveau du sol, les toits étaient parvenus à la fin de leur vie.

**Capacité portante :** La capacité portante de la structure d'acier du nouveau bâtiment a été calculée pour supporter 150 kg/m<sup>2</sup> (30 livres/pied<sup>2</sup>) additionnels par rapport aux charges standard.

**Superficie :** Les toits du nouveau bâtiment et des raccords avec le pavillon ont une superficie de 500 m<sup>2</sup> (5300 pieds<sup>2</sup>). Au niveau du sol, 615 m<sup>2</sup> (6600 pieds<sup>2</sup>) de matériaux de toits verts ont été installés, dont la moitié a été pavée, pour un total de 800 m<sup>2</sup> (8600 pieds<sup>2</sup>) de toiture végétalisée.

**Système :** Le système Sopranature Prairie, de Soprema, a été installé avec le système de subirrigation goutte à goutte pour la portion toit, avec une épaisseur de terreau d'environ 6 pouces.

**Types de végétaux :** Plusieurs variétés de plantes vivaces ont été utilisées de manière très ornementale. Le choix des végétaux a été fait avec l'expertise de Mme Boivin et des connaissances horticoles des employés de l'université.

**Experts :** Kevin McInless, de la firme Lemay & Michaud, Marie-Anne Boivin, représentante chez Soprema, et le service d'entretien de l'Université Laval.

**Mesures incitatives :** La motivation majeure du projet est sa valeur ornementale. Malgré un choix de plantes limité en raison des conditions extrêmes d'un toit vert, les employés ont réussi à créer un aménagement attrayant, dynamique et résistant. Des considérations pour l'effet des fleurs sur les îlots de chaleur, ainsi que sur l'imperméabilisation des sols ont aussi encouragé les créateurs du projet.

**Coûts :** Le coût pour l'ensemble des matériaux et du terreau est d'environ 71 000 \$. Les plantes ont été achetées et en partie cultivées par le service d'entretien de l'université.

Images 55, 56 et 57, p. 84

## Centre de la Culture et de l'environnement Frédéric Back

Date de réalisation : Octobre 2005

Promoteur : L'organisme Vivre en Ville, le regroupement québécois pour le développement urbain, rural et villageois viable

Sommaire : Intéressé par des techniques novatrices de construction et de nouveaux types d'aménagement urbain, Vivre en Ville a réalisé ce projet pour mesurer les avantages concrets des toits verts, afin de démontrer la viabilité de ceux-ci dans un climat nordique. Incluse dans un projet nommé Programme de végétalisation de bâtiments, l'installation de murs végétalisés a aussi été expérimentée. Tous les détails du projet, ainsi qu'une analyse des répercussions et une quantification monétaire des retombées de cette végétalisation sont disponibles dans un rapport complet disponible à Vivre en Ville (Vivre en Ville, 2006).

Choix du site : L'intégralité du toit du Centre Frédéric Back, sur deux paliers différents, correspondant aux deux bâtiments composant le centre.

Capacité portante : La capacité portante était assez faible, soit 19 livres le pied<sup>2</sup>, et constituait une contrainte majeure.

Superficie : 720 m<sup>2</sup> (7750 pieds<sup>2</sup>).

Système : Le système Sopranature de Soprema avec une épaisseur de terreau variant de 4 à 6 pouces. Le toit a été installé avec un système de subirrigation avec détecteur d'humidité automatique. Des sondes ont été installées pour analyser les fluctuations thermiques du toit et pour en vérifier la capacité de rétention d'eau. Une section du toit a été renforcée pour accueillir une plus grande épaisseur de terreau fortement organique, dans laquelle un potager est cultivé. Un escalier a été installé pour accéder à la terrasse aménagée en aire de repas et de repos et adjacente au toit vert. Lors de la visite, deux bacs étaient installés pour contenir des arbres de petite taille qui serviraient à faire un peu d'ombrage sur la terrasse.

Types de végétaux : Plusieurs variétés de sedums et de vivaces rustiques ont été implantés. Une dynamique naturelle s'est installée dans l'aménagement : certaines plantes dominent différents secteurs, suivant les variations d'ensoleillement et d'exposition au vent.

Experts : Un comité technique a été créé pour le projet, formé de nombreux spécialistes, dont, notamment, Marie-Anne Boivin, coordonnatrice au développement de Sopranature, chez Soprema. Le projet a été coordonné par Véronique Jampierre, et la supervision a été assurée par Jérôme Vaillancourt en tant que responsable de Vivre en Ville.

Mesures incitatives : Le projet a été mené avec des intentions expérimentales et didactiques énoncées par Vivre en Ville dans ces termes :

- Expérimenter l'application de deux toits et d'un mur végétal sur un même bâtiment dans un contexte climatique nordique;
- Mesurer l'amélioration de l'efficacité énergétique de l'enveloppe du bâtiment
- Mesurer la capacité de rétention des eaux de ruissellement;
- Démontrer la faisabilité et les avantages de ces deux techniques de recouvrement végétal dans le marché de l'habitation au Québec et celui de l'entretien et la rénovation des bâtiments institutionnels et publics;
- Sensibiliser la population et élargir le cercle de ses partenaires;
- Souligner à la fois la pertinence et la nécessité de multiplier cette expérience sur les bâtiments résidentiels, commerciaux, industriels, municipaux et institutionnels d'une même région;
- Démontrer les bénéfices collectifs qui ne peuvent être mesurables qu'à une plus large échelle.

(Vivre en Ville, 2006)

Coûts : Avec ses visées expérimentales et innovatrices, Vivre en Ville a réussi à aller chercher la collaboration de plusieurs organismes : l'Agence d'efficacité énergétique, le Fonds en efficacité énergétique du Québec, la Ville de Québec, le Fonds d'habilitation municipal vert, les caisses populaires Desjardins, Chantier Jeunesse, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) et plusieurs bénévoles. Dans un projet de 295 453 \$, on estime que la végétalisation du toit a coûté 167 830 \$, soit environ 21,64 \$ du pied<sup>2</sup>.

Images 58 et 59, p.84

### **Bibliothèque de Charlesbourg**

Date de réalisation : Inauguration en octobre 2006

Promoteur : Ville de Québec

Sommaire : Le toit vert de la bibliothèque fait partie du projet d'agrandissement du bâtiment. Pour réaliser la nouvelle section, le promoteur a proposé un concours qu'a gagné la firme Croft Pelletier avec son design vert. Le toit est accessible au public, qui peut venir marcher ou se détendre sur la grande surface herbacée. Au moment de la réalisation, ce toit vert était le plus grand toit accessible et utilisable en Amérique du Nord.

Capacité portante : Étant une nouvelle construction, la capacité portante du toit a été prévue en conséquence du poids supplémentaire des matériaux, du terreau, des plantes et des gens qui peuvent s'y promener.

Superficie : Environ 1800 m<sup>2</sup> (19 400 pieds<sup>2</sup>).

Système : Sopranature. Puisque le toit est en pente, le système Highland a été utilisé. Le système vient avec un système de subirrigation intégré. Il est semblable au système Jardin standard, outre le fait que le type de drain utilisé maximise la rétention d'eau en pente.

Types de végétaux : Le mélange de semences utilisé est composé de variétés de graminées, de sedums, de quelques vivaces et de fétuques. Le tout donne un aspect naturel et nécessite peu d'entretien.

Experts : Éric Pelletier, de la firme Croft Pelletier architectes, a réalisé les plans. Marie-Anne Boivin de Soprema a assisté le projet pour la phase d'implantation du toit vert.

Mesures incitatives : Un des aspects les plus importants pour la firme était l'intégration du bâtiment à son environnement. La végétation choisie se veut un rappel de ce qui entoure le site. L'économie d'énergie est un autre élément important, puisque la bâtisse est basse et la superficie du toit, grande. Cela optimise le rendement en climatisation du toit vert. Le fait de créer une aire publique et de donner l'accès à un excellent panorama sur le fleuve Saint-Laurent étaient d'autres considérations importantes.

Coûts : On estime le prix du toit vert à 110 \$/m<sup>2</sup> (10 \$/pied<sup>2</sup>). L'architecte du projet affirme que le toit a coûté deux fois et demie plus cher qu'un toit normal, mais compte tenu de l'augmentation de la durée de vie de deux à trois fois plus longue du toit et de la diminution de la charge du refroidissement d'air, cela devient un investissement rentable (Asselin, 2006). De plus, avec les 21 puits géothermiques, on estime l'économie d'énergie du nouvel immeuble à 52 %.

Image 60 et 61, p. 85

## Institut de technologie agroalimentaire (ITA) : Campus de Saint-Hyacinthe

Date de réalisation : Novembre 2006. Le toit sera inauguré officiellement à l'automne 2007, en même temps que l'adhésion de l'ITA à Cégep Vert du Québec

Promoteur : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)

Sommaire : Le projet a été présenté par deux étudiantes maintenant diplômées, Brigitte Lavoie et Valérie Simard, aux professeurs de l'Institut. Dans l'ensemble, le projet semble avoir bénéficié d'une conjoncture favorable puisque l'idée a été lancée au moment où des démarches étaient entamées pour la réfection d'une section de l'immeuble. De plus, le projet a eu l'appui de l'administration de l'établissement et des supérieurs du MAPAQ, dont l'engouement a propulsé le projet à une vitesse inespérée.

Choix du site : Le choix de l'emplacement du toit pour le projet s'est articulé autour de l'accessibilité, la visibilité et l'efficacité énergétique. Le toit choisi est au-dessus d'un local réputé (mais non quantifié) comme étant le plus chaud en été. De plus, le toit vert est adjacent aux locaux de la bibliothèque qui disposent de grandes fenêtres; le panorama qu'offre le local est idéal pour la visibilité du toit vert de l'intérieur. Un accès au toit était déjà présent, ce qui facilitait sa préparation et son entretien.

Capacité portante : L'analyse montre une capacité d'environ 150 kg/m<sup>2</sup> (30 livres/pied<sup>2</sup>), suffisant pour une toiture extensive légère avec un terreau spécial.

Superficie : Environ 630 m<sup>2</sup> (6785 pieds<sup>2</sup>) de toiture plate ont été aménagés. La partie visible de l'intérieur de l'immeuble a été aménagée de manière semi-intensive, soit en jardin; l'autre section a été aménagée de façon extensive en une surface gazonnée.

Système : Le système Sopranature de Soprema a été installé sur toute la surface avec un terreau de 6 pouces de profondeur. La partie gazonnée n'est pas irriguée, mais des prises d'eau ont été prévues pour arroser en temps de sécheresse. La section semi-intensive possède un système de subirrigation automatisée.

Types de végétaux : La partie semi-intensive contient une grande variété de plantes vivaces et quelques petits arbustes, sélectionnés selon l'expertise en botanique du corps professoral à l'ITA. Le choix de plantes reflète aussi la volonté de tester certaines plantes et de développer une expertise en sélection de végétaux pour les toits verts au Québec. La partie gazonnée est composée d'un mélange de fétuques et autres graminées.

Experts : Le projet a été supervisé par la professeure à l'ITA, Manon Tardif, par René-Paul Debord, contremaître pour la Direction des ressources matérielles et avec l'aide de Marie-Anne Boivin, coordonnatrice au développement de Sopranature.

Mesures incitatives : Trois objectifs principaux ont été énoncés :

- Rendre le bâtiment plus confortable et plus écologique en améliorant son efficacité énergétique;
- Permettre aux futurs étudiants en horticulture et en paysagement de se familiariser avec cette nouvelle technologie;
- Mettre en place un programme de recherche et de transfert technologique au niveau du choix des végétaux pour les toitures végétalisées.

Coûts : L'ITA possède une expertise en horticulture, des partenariats avec des pépinières locales et avait à sa disposition un professeur en horticulture et 25 à 30 étudiants pour accomplir le projet d'aménagement, limitant ainsi grandement les coûts. De plus, le projet a bénéficié de l'aide du Fonds en efficacité énergétique de Gaz Métropolitain, qui a couvert environ 50 % des frais. Les seules dépenses du projet ont été l'analyse de structure et les matériaux et l'irrigation. Le coût total du projet était de 48 204,55 \$ avant subvention, ou de 10,75 \$ le pied<sup>2</sup>. Avec la subvention de 5 \$ du pied<sup>2</sup> de Gaz Métropolitain, les coûts sont passés à 5,75 \$ du pied<sup>2</sup> pour un coût total de 25 657,05 \$ pour l'ensemble du projet, payé par le MAPAQ.

Image 62, 63 et 64, p. 85



## Conclusions et recommandations



Les toits verts représentent un des meilleurs exemples d'un design urbain multifonctionnel. En milieu urbain, où les espaces verts sont en constante régression, où la biodiversité est menacée, où l'air est vicié, où les températures deviennent extrêmes, et où l'eau est gaspillée, le toit vert devient une surface de rétention d'eau vivante, refroidissante et purifiante. Certaines technologies sont intéressantes en milieu urbain, comme les matériaux réfléchissants, les bassins de rétention d'eau de pluie, les capteurs solaires, etc., mais aucune n'est aussi versatile et aucune n'apporte des bénéfices sur autant de sphères reliées à l'environnement que les toits verts.

Néanmoins, il faut garder en tête que, dans une perspective de verdissement, le toit vert est un moyen parmi d'autres. Dans une perspective de coûts-bénéfices, il peut s'avérer moins performant que ce que les gens de l'industrie veulent bien prétendre. Certes, les toits verts deviennent intéressants dans certains secteurs où l'espace au sol est limité, comme dans le centre-ville ou dans tout autre endroit où les espaces verts prennent du recul par rapport à l'espace construit, comme dans les secteurs de fortes activités foncières. Dans certaines situations, le verdissement des ruelles, des stationnements, des terrains vagues et des rues pourrait s'avérer un moyen plus adéquat, soit moins compliqué, moins dispendieux et plus efficace sur le point de vue environnemental. Le travail effectué par le Centre d'écologie urbaine de Montréal, les éco-quartiers et le Conseil régional de l'environnement à Montréal dans cette sphère mérite une attention particulière. Plusieurs publications scientifiques démontrent les impacts positifs des espaces verts sur la qualité de vie des citoyens, sur leur longévité, sur la diminution de leur stress, etc. De la majorité de ces articles ressort le fait qu'il faudrait une plus grande cohésion entre les spécialistes en aménagement, les ingénieurs et les entrepreneurs en construction, pour faciliter l'intégration des espaces verts en ville.

Pourtant dotée d'outils comme la Politique de l'arbre, la Ville de Montréal devrait, par ses schémas d'aménagement, favoriser la réduction d'espaces de stationnement ou d'aires bétonnées ou, à tout le moins, exiger la plantation d'arbres dans ceux-ci. Les différentes réglementations de la Ville et des arrondissements exigent la création d'un minimum d'espaces verts dans le développement des parcs immobiliers et industriels. On devrait restreindre l'utilisation du gazon, d'arbustes et d'arbre à port bas dans ces nouvelles aires construites et exiger la plantation d'arbres d'envergure dans les aménagements de ces sites.

L'importance d'un système de contrôle de qualité sur les toits verts est grande si l'on souhaite des implantations massives. Avec ou sans partenariat, c'est le rôle de la Ville d'aller de l'avant dans cet axe puisqu'elle contrôle déjà plusieurs aspects de l'urbanisme et des permis de construction. De plus, la construction de toits verts rejoint la sphère publique par ses retombées sur le milieu urbain, dont la gestion des ressources (eau, espaces verts, biodiversité, air) incombe encore une fois à l'administration municipale. De plus, le succès des toits verts dépend grandement de leur qualité de conception, puisqu'un échec dans un projet pourrait faire mauvaise presse à tous les toits verts. La Ville de Montréal se doit donc de légiférer rapidement avant que des entrepreneurs s'improvisent experts et minent sa crédibilité par des projets mal conçus. La formation de spécialistes en la matière, et la création d'un guide énonçant les lignes directrices d'un tel projet devraient être envisagées par la Ville, basées sur les exemples de villes américaines et sur la FLL en Allemagne. La Ville devrait également prévoir une stratégie d'implantation de toits verts pour cibler les secteurs où ce type de verdissement serait plus important à promouvoir.

Étant donné les contraintes beaucoup moins grandes pour des bâtiments neufs, une réglementation sur la construction des nouveaux bâtiments permettrait d'intégrer graduellement les toits verts au paysage urbain, que ce soit dans l'inclusion dans le Code national du bâtiment ou dans un règlement municipal. Un moyen indirect d'encourager l'implantation des toits verts est d'exiger des nouvelles constructions qu'elles puissent supporter de plus grandes charges mortes.

Les craintes par rapport aux toits verts ne doivent pas être un frein à leur développement puisque ceux-ci sont somme toute une technologie fascinante. Une certaine prudence est tout de même requise avant leur implantation systématique : l'installation d'un toit vert est une affaire de cas par cas et implique une multitude de facteurs. Le comportement des systèmes de toits verts requiert encore de passer le test du temps et du climat au Québec. Une meilleure idée pourra ainsi être formulée à leur sujet dans les années à venir et des recherches permettraient un avancement considérable dans la crédibilité de cette technologie.



## Bibliographie

- AKBARI, H., C. WRAY, T. XU et R. LEVINSON. 2006. Cool color roofing Material. Lawrence Berkeley National Laboratory and Oak Ridge National Laboratory, Berkeley. En ligne. <<http://www.energy.ca.gov/2006publications/CEC-500-2006-067/CEC-500-2006-067-AT11.PDF>>. (7 août 2007).
- ALTERNATIVES. 2007. Guide pour réaliser son jardin alimentaire sur le toit, Des jardins sur les toits, Montréal: 77 p.
- ANDRÉ, P. 2003. L'évaluation des impacts sur l'environnement: Processus, acteurs et pratique pour un développement durable, 2<sup>ième</sup> édition, Presses internationales Polytechnique, Montréal: 519 p.
- ARRONDISSEMENT VILLE-MARIE. 2006. Les travaux sans permis. Direction de l'aménagement urbain et des services aux entreprises - Division des permis et inspections, Ville de Montréal: 2 p. En ligne. <[http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=87,1424806&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=87,1424806&_dad=portal&_schema=PORTAL)>. (13 janvier 2008).
- ASSELIN, P. 2006. « Nouvelle bibliothèque verte à Charlesbourg ». Le Soleil, 20 mai 2006, Cahier Actualités, p. 27.
- AUDET, I. 2007. « Cour écolo: il n'est jamais trop tôt », La Presse, 27 octobre 2007, Cahier Mon toit p. 8.
- AUGER, N. et T. KOSATSKY. 2002. Chaleur accablante : Mise à jour de la littérature concernant les impacts de santé publique et proposition de mesures d'adaptation, Direction de la santé publique: 35 p.
- BAKER, M.C. 1966. Nouvelles méthodes de couverture des toits - Digests de la construction au Canada CBD-49-F, Conseil National de Recherche du Canada (CNRC). En ligne. <[http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/cbd/cbd049\\_f.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/cbd/cbd049_f.html)>. (18 juin 2007).
- BANTING, D., H. DOSHI, J. LI et P. MISSIOS. 2005. Report on the environmental benefits and costs of green roof technology for the City of Toronto, Department of Architectural Science, Ryerson University, Toronto: 88 p.
- BAPE (Bureau d'audiences publiques sur l'environnement). 2000. L'eau, ressource à protéger, à partager et à mettre en valeur, Rapport de la Commission sur la gestion de l'eau au Québec, Québec. En ligne. <<http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/archives/eau/rapport.htm>>. (16 août 2007).
- BECKETT, K. P., P. H. FREER-SMITH et G. TAYLOR. 1998. « Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution », Environmental Pollution, vol. 99, no 3, p. 347-360.
- BESANCENOT, J.-P. 2005. « La mortalité consécutive à la vague de chaleur de l'été 2003: Étude épidémiologique », Presse thermique et climatique, no 142, p. 13-24. En ligne. <<http://www.lapressethermale.org/fichiers/2-2Besancenot.pdf>>. (15 janvier 2008).
- BHATT, V. et R. KONGSHAUG. 2005. Making the edible landscape: A study of urban agriculture in Montreal, Minimum Cost Housing Group, Université McGill, Montréal: 91 p.
- BISSON, B. 2005. « Hausse de 10 % du nombre d'autos à Montréal ». La Presse, 19 janvier 2005, Cahier A, p. 1.
- BOIVIN, M., M. LAMY, A. GOSELIN et B. DANSEREAU. 2001. « Effect of artificial substrate depth on freezing injury of six herbaceous perennials grown in a green roof system », HortTechnology, vol. 11, no 3, p. 409-412.
- BOULAY, J., P.-J. CEJKA et R. LÉVESQUE. 1999. La réforme de la gestion de l'eau à la Communauté urbaine de Montréal «Une œuvre en cours», Station d'épuration des eaux usées, Service de l'Environnement, Communauté urbaine de Montréal, Montréal: 85 p. En ligne. <<http://services.ville.montreal.qc.ca/station/fr/pdf/memoirep.pdf>>. (11 octobre 2007).
- BOURGAULT-CÔTÉ, G. 2007. « Les surverses d'eau sont là pour rester », Le Devoir, 9 août 2007, Cahier A, p. 2.
- BRENNEISEN, S. 2006. « Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland », Urban habitats, vol. 4, no 1, p. 27-36.
- BUSSIÈRES, D. 2005. Les Jardins de l'UQÀM, Toits Verts en Vue!, Éco-Initiatives, Université du Québec à Montréal, Montréal: 3 p. En ligne. <[http://www.environnement.ca/backup/swf/pdf/defi/Denis\\_Bussiere.pdf](http://www.environnement.ca/backup/swf/pdf/defi/Denis_Bussiere.pdf)>. (12 juillet 2007).
- CONSEIL DU BÂTIMENT DURABLE DU CANADA. 2004. LEED®, Système d'évaluation et addenda pour nouvelles constructions et rénovations importantes, Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDC), Ottawa: 167 p. En ligne. <<http://www.cagbc.org/>>. (21 juillet 2007).
- 2007. Projets certifiés LEED®, Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDC), Ottawa. En ligne. <<http://www.cagbc.org/>>.
- CURRIE, A. 2005. « Estimates of Air Pollution Mitigation with Green Roofs and Other Vegetation using the UFORE Model », Windows of Opportunities for Advancing Ecological Economics, Canadian Society for Ecological Economics (CANSEE), Toronto: 17 p. En ligne. <[http://www.cansee.org/2005\\_showSession\\_e.aspx?sessionID=30](http://www.cansee.org/2005_showSession_e.aspx?sessionID=30)>. (14 septembre 2007).
- DAGENAIS, D. 2007. Au-delà du génie: les autres atouts du végétal, présentée au Colloque sur la phyto-ingénierie. Institut Recherche en Biologie Végétale, Montréal, 18 juin 2007.
- DANSEREAU, F. et M. CHOKO. 2002. Les logements privés au Québec: la composition du parc de logements, les propriétaires bailleurs et les résidents, Société d'habitation du Québec (SHQ), Québec: 116 p.

- DELGADO, A. 2007. Évaluation de la performance des membranes de couverture en polyoléfine thermoplastique (TPO), Conseil national de recherche du Canada (CNRC), Ottawa. En ligne. <[http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/bes/prsi/tpo\\_f.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/bes/prsi/tpo_f.html)>. (21 août 2007).
- DENY, C. et C. GAUMONT. 2007. Le verdissement montréalais: Pour lutter contre les îlots de chaleur urbains, le réchauffement climatique et la pollution atmosphérique, Conseil régional de l'environnement de Montréal, Montréal: 84 p.
- DROUIN, L. et N. KING. 2007. Présentation sur le projet de Loi C-30 (Loi canadienne sur la qualité de l'air). Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, Direction de santé publique, Montréal. En ligne. <<http://www.santepub-mtl.qc.ca/Environnement/pdf/loiC30.pdf>>. (3 janvier 2008).
- DROUIN, L., P. MORENCY, N. KING, F. THÉRIEN, L. LAPIERRE et C. GOSSELIN. 2006. Le transport urbain, une question de santé : rapport annuel 2006 sur la santé de la population montréalaise. Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, Direction de Santé publique, Montréal: 133 p. En ligne. <<http://www.santepub-mtl.qc.ca/Publication/rapportannuel/2006/rapportannuel2006.pdf>>. (4 janvier 2008).
- DUFFY, F., P. GUTHRIE, T. RYCE et H. BARTLETT. 2007. Élaborer des systèmes d'évaluation pour l'immobilier durable, présenté à l'Observatoire Régional de l'immobilier d'entreprise, Cambridge University, Cambridge. En ligne. <<http://www.orie.asso.fr/>>. (26 juillet 2007).
- DUNNET, N. et N. KINGSBURY. 2005. Toits et murs végétaux: Éditions du Rouergue, Rodez, 254 p.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY U.S. 2007. Heat Island Effect: Cool roofs. En ligne. <<http://www.epa.gov/hiri/strategies/cool-roofs.html>>. (16 août 2007).
- FRANCOEUR, L.-G. 2003. « Comme rafraîchissement, un toit réfléchissant? », Le Devoir, 4 juillet 2003, Cahier A, p. 1.
- FUJII, S., H. CHA, N. KAGI, H. MIYAMURA et Y.-S. KIM. 2005. « Effects on air pollutant removal by plant absorption and adsorption », Building and Environment. vol. 40, no 1, p. 105-112.
- GAGNÉ, S. et A. FAUTEUX. 2005. « Le PVC : un danger pour la santé », La Maison du 21e siècle. vol. printemps 2005. En ligne. <[http://www.21esiecle.qc.ca/la\\_fin\\_du\\_PVC.htm](http://www.21esiecle.qc.ca/la_fin_du_PVC.htm)>. (16 juillet 2007).
- GAGNON, C. 2007. Premier plan stratégique de développement durable de la collectivité montréalaise: Phase 2007–2009, Direction de l'environnement et du développement durable, Service des infrastructures, transport et environnement, Ville de Montréal: 120 p. En ligne. <[http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/dev\\_durable\\_fr/media/documents/PSDD\\_2007-2009F.pdf](http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/dev_durable_fr/media/documents/PSDD_2007-2009F.pdf)>. (5 mars 2007).
- GARIEPY, B. et I. LEBRUN. 2007. Toiture et culture: réalisation du premier toit jardin sur un édifice municipal, Direction des immeubles, Section expertise technique, Ville de Montréal: 4 p.
- GIDLÖF-GUNNARSSON, A. et E. OHRSTROM. 2007. « Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas », Landscape and Urban Planning. vol. 83, no 2-3, p. 115-126.
- GIEC (GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT). 2001. Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité. En ligne. <[http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/vol4/french/pdf/wg2sum.pdf](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/french/pdf/wg2sum.pdf)>. (15 décembre 2006).
- GIGUÈRE, M. et P. GOSSELIN. 2006. Vagues de chaleur, îlot thermique et santé: examen des initiatives actuelles d'adaptations aux changements climatiques au Québec, Institut national de santé publique du Québec, Gouvernement du Québec, Québec: 16 p. En ligne. <[www.ouranos.ca/doc/Rapports%20finaux/515-ChangeementsClimatiquesVagueChaleur.pdf](http://www.ouranos.ca/doc/Rapports%20finaux/515-ChangeementsClimatiquesVagueChaleur.pdf)> (16 janvier 2008).
- GILLENWATER, D., T. PETRIE, B. MILLER et A. DESJARLAIS. 2005. Are ballasted roof systems cool?, présenté au Cool Roofing Symposium: U.S. Department of Energy's Oak Ridge National Laboratory, University of Tennessee, Oak Ridge. En ligne. <[http://www.energy.ca.gov/title24/2008standards/documents/public\\_comments/Ballasted\\_roof\\_report\\_OakRidge.pdf](http://www.energy.ca.gov/title24/2008standards/documents/public_comments/Ballasted_roof_report_OakRidge.pdf)>. (15 août 2007).
- GRAHN, P. et U. A. STIGSDOTTER. 2003. « Landscape planning and stress », Urban Forestry & Urban Greening, vol. 2, no 1, p. 1-18.
- GRANT, G. 2006. « Extensive Green Roofs in London », Urban habitats, vol. 4, no 1, p. 51-65.
- GRAVEL, PAULINE. 2005. « Philosophie verte à Polytechnique », Le Devoir, 4 octobre 2005, Cahier A, p. 1.
- GUAY, F. 2003. Relation entre la localisation des îlots de chaleur urbains et le type d'occupation du sol de la ville de Montréal, Département de géographie, Université du Québec à Montréal, Montréal: 76 p.
- HARTIG, T., A. BÖÖK, J. GARVILL, T. OLSSON et T. GÄRLING. 1996. « Environmental influences on psychological restoration », Scandinavian Journal of Psychology, vol. 37, no 4, p. 378-393.
- HARTIG, T., G.W. EVANS, L.D. JAMNER, D.S. DAVIS et T. GÄRLING. 2003. « Tracking restoration in natural and urban field settings », Journal of Environmental Psychology, vol. 23, no 2, p. 15.
- HERZOG, T.R., A.M. BLACK, K.A. FOUNTAINE et D.J. KNOTTS. 1997. « Reflection and attentional recovery as distinctive benefits of restorative environments », Journal of Environmental Psychology, no 17, p. 165-170.
- HIDDING, M., C. TEUNISSEN et T. J. ANDRÉ. 2002. « Beyond fragmentation: new concepts for urban-rural development », Landscape and Urban Planning, no 58, p. 297-308.
- JIM, C. Y. et W. Y. CHEN. 2007. « Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China) », Journal of Environmental Management, vol. In Press, Corrected Proof.

- JOURDAIN, C. 2007. Étude de faisabilité pour le Centre d'écologie Urbaine, Services Conseils GITE, Montréal: 24 p.
- KADAS, G. 2006. « Rare Invertebrates Colonizing Green Roofs in London », *Urban habitats*, vol. 4, no 1, p. 69-86.
- KAPLAN, R., S. KAPLAN et R.L. RYAN. 1998. *With people in mind: Design and management of everyday nature*, Island Press, Washington DC: 239 p.
- KAPLAN, R. et S. KAPLAN. 1989. *The experience of nature: a psychological perspective*, Cambridge University Press, New-York: 340 p.
- KÖHLER, M. 2006. « Long-Term Vegetation Research on Two Extensive Green Roofs in Berlin », *Urban habitats*, vol. 4, no 1, p.3-26.
- KONOPACKI S. et H. AKBARI. 2001. *Measured Energy Savings and Demand Reduction from a Reflective Roof Membrane on a Large Retail Store in Austin*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley: 33 p.
- LACHANCE, G. 2005. *Prototype d'évaluation de la dynamique entre l'intensité thermique estivale, la population et les composantes du tissu urbain en milieu résidentiel à Montréal*, Département de géographie, Université du Québec à Montréal, Montréal: 87 p.
- LANDREVILLE, M. 2005. *Toitures vertes à la montréalaise: Rapport de recherche sur l'implantation des toits verts à Montréal*, Centre d'écologie urbaine de Montréal, Montréal: 106 p.
- LAPLANTE, L. et S. ROMAN. 2006. *Guide d'intervention: Chaleur accablante volet santé publique*. Comité chaleur accablante de la TNCSE, Ministère de la santé et des services sociaux du Québec, Québec: 168 p. En ligne. <<http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/pdf/Guide-intervention.pdf>>. (14 janvier 2008).
- LAROCHE, D., A.-M. MITCHELL et S. PÉLOQUIN. 2004. *Les toits verts aujourd'hui, c'est construire le Montréal de demain*, Mémoire présenté à l'Office de consultation publique de Montréal, Montréal: 21 p.
- LAWLOR, G., B. A. CURRIE, H. DOSHI et I. WIEDITZ. 2006. *Toits verts: Manuel de ressources destiné aux décideurs municipaux*, Société canadienne d'hypothèque et de logements (SCHL), Ottawa: 146 p.
- LIU, K.K.Y. 2005. *Vers des systèmes de couverture durables*. Institut de la recherche en construction, Conseil national de recherches Canada (IRC-CNRC), Ottawa: 15 p. En ligne. <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/nrcc47354/nrcc47354.pdf>>. (4 juillet 2007).
- LIU, K.K.Y. et B. BASKARAN. 2003. *Thermal performance of green roofs through field evaluation*, Conseil national de recherches du Canada (CNRC), Ottawa: 11 p. En ligne. <<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/nrcc46412/nrcc46412.pdf>>. (14 juillet 2007).
- MAAS, J., R.A. VERHEIJ, P.P. GROENEWEGEN, S. DE VRIES et P. SPREEUWENBERG. 2006. « Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? », *Journal of Epidemiology and Community Health*, no.60, p. 587-592.
- MDDEPQ (Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec. 2002. *Indice de la qualité de l'air (IQA)*, Gouvernement du Québec, En ligne. <<http://www.iqa.mddep.gouv.qc.ca/contenu/polluants.htm>> (14 janvier 2008).
- MITCHELL, R. et F. POPHAM. 2007. « Greenspace, urbanity and health: relationships in England », *Journal of Epidemiology and Community Health*, no 61, p. 681-683.
- MSSSQ (Ministère de la santé et des services sociaux du Québec). 2008. *Santé environnementale > Environnement extérieur > Smog*, Gouvernement du Québec. En ligne. <<http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/index.php?smog>> (14 janvier 2008).
- NERENBERG, J. 2005. *Projet-pilote de toit vert : démarche d'une construction écologique*, Montréal, Centre d'écologie urbaine de Montréal, Montréal: 60 p.
- NEWELL, P.B. 1997. « A Cross-Cultural Examination of Favorite Places », *Environment and Behaviour*, no 29, p. 495-514. En ligne. <<http://eab.sagepub.com/cgi/reprint/29/4/495>>. (14 octobre 2007).
- OBERNDORFER, E., J. LUNDHOLM, B. BASS, R. REID, R.R. COFFMAN, H. DOSHI, N. DUNNETT, S. GAFFIN, M. KÖHLER, K.K.Y. LIU et B. ROWE. 2007. « Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services », *BioScience*, vol. 57, no 10, p. 823-834.
- PAROLI, R.M., K.K.Y. LIU et T.R. SIMMONS. 1999. *Membranes de couverture en polyoléfine thermoplastique*, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada (IRC-CNRC), Ottawa: 4 p.
- PECK, S. 2007. *Green Roof Industry Survey 2006: Final Report*, Green Roofs for Healthy Cities, Toronto: 4 p. En ligne. <<http://www.greenroofs.org/storage/2006grhcsurveyresults.pdf>>. (15 octobre 2007).
- PECK, S., M. CALLAGHAN, M. E. KUHN et B. BASS. 1999. *Benefits, barriers and opportunities for green roof and vertical garden technology diffusion*, Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), Ottawa: 78 p. En ligne. <<http://www.greenroofs.org/pdf/Greenbacks.pdf>>. (27 juin 2007).
- PECK, S. et M. KUHN. 2000. *Lignes directrices de conception de toits verts*. Société d'hypothèque et de logements, Ottawa: 22 p. En ligne. <[http://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/inso/recherche/recherche\\_001.cfm](http://www.cmhc-schl.gc.ca/fr/inso/recherche/recherche_001.cfm)>. (28 juin 2007).
- PRADO, R.T. A. et F. L. FERREIRA. 2005. « Measurement of albedo and analysis of its influence the surface temperature of building roof materials », *Energy and Buildings*, no 37, p. 295-300.
- QUÉBEC. 2002. *Stratégie québécoise sur les aires protégées: Plan d'action stratégique*. Ministère du développement durable de l'environnement et des parcs, Québec: 44 p. En ligne. <[http://www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/aires\\_protegees/strategie/resultat-plan/aires\\_protegees.pdf](http://www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/aires_protegees/strategie/resultat-plan/aires_protegees.pdf)>. (15 octobre 2007).
- RESTANY, P. 2001. *Hundertwasser: le peintre-roi au cinq peaux*, Éditions Taschen, Cologne: 95 p.

- RIFFON, O. 2007. Plan d'action pour l'implantation des toitures végétales sur le territoire de la Ville de Montréal, Chaire de recherche et d'intervention Éco-Conseil, Chicoutimi: 31 p.
- ROCHETTE, A. et S. ARCE. 2007. La conservation de l'eau à Montréal et dans le quartier Milton-Parc, Chaire d'études sur les écosystèmes urbains de l'Université du Québec à Montréal, Montréal: 63 p.
- ROULET, N.T. et B. FREEDMAN. 1999. Le rôle des Arbres dans la réduction du CO2 dans l'atmosphère, La fondation canadienne de l'arbre: 9 p. En ligne. <[http://www.treecanada.ca/publications/pdf/french\\_reduceco2.pdf](http://www.treecanada.ca/publications/pdf/french_reduceco2.pdf)>. (6 octobre 2007)
- ROYAL COMMISSION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION. 2004. Desk Study: Urban Nature, Royal Commission on Environmental Pollution, London: 27 p. En ligne. <<http://www.rcep.org.uk/urban/urban-nature.pdf>>. (14 août 2007).
- RSI. 2001. The ABCs of PVC roof membranes - Advanstar, En ligne. <[www.sarnafilus.com/abc\\_of\\_pvc.pdf](http://www.sarnafilus.com/abc_of_pvc.pdf)> (21 août 2007).
- SNODGRASS, E.C. et L.L. SNODGRASS. 2006. Green Roof Plants: A Resource & Planting Guide, Timber Press, Portland OR: 204 p.
- SOCIÉTÉ D'HABITATION DU QUÉBEC. 2005. Profil statistique de l'habitation: Montréal, Société d'habitation du Québec (SHQ): 81 p.
- SYNNEFA, A., M. SANTAMOURISA et I. LIVADAA. 2006. « A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment », Solar Energy, no 80, p. 968-989.
- TAKANO, T., K. NAKAMURA et M. WATANABE. 2002. « Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces », Journal of Epidemiology and Community Health, vol. 56, no 56, p. 913-918.
- ULRICH, R.S. 1984. « View through a window may influence recovery from surgery », Science, vol. 224, no 4647, p. 420-421.
- 2002. Health Benefits of Gardens in Hospitals, présenté à l'International Exhibition Floriade 2002, Haarlemmermeer, Pays-Bas: 10 p. En ligne. <[http://greenplantsforgreenbuildings.org/pdf/Health-SettingsUlrich\\_copy.pdf](http://greenplantsforgreenbuildings.org/pdf/Health-SettingsUlrich_copy.pdf)> (15 août 2007).
- UQAM. 2004. Politique no 37 - Politique environnementale. En ligne. <[http://www.instances.uqam.ca/politiques/Politique\\_37.htm](http://www.instances.uqam.ca/politiques/Politique_37.htm)>. (13 juin 2007).
- VIAU, A. 2007. « Un toit végétal pour voir la vie en vert », Actualités: Côtes-des-Neiges - Notre-Dame-de-Grâce, 13 juin 2007, p. 8.
- VILLE DE MONTRÉAL. 1995. Règlement sur l'occupation du domaine public 95-133: 13 p. En ligne. <<http://ville.montreal.qc.ca/sel/sypre-consultation/afficherpdf?id=5364&typeDoc=1>>. (14 janvier 2008).
- 2004. Plan d'urbanisme de la Ville de Montréal. En ligne. <[http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?\\_pageid=2761,3096665&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=2761,3096665&_dad=portal&_schema=PORTAL)>. (15 septembre 2007).
- 2006. Aménagement de toitures végétales sur le territoire de la Ville de Montréal: Pistes de réflexion en vue de l'élaboration d'un plan d'action, Directions des sports, des parcs et des espaces verts, Montréal: 8 p.
- VIVRE EN VILLE. 2006. Programme de végétalisation de bâtiments, Vivre en ville, Québec: 48 p.



## Annexe : Grille d'analyse des choix de site à l'UQAM

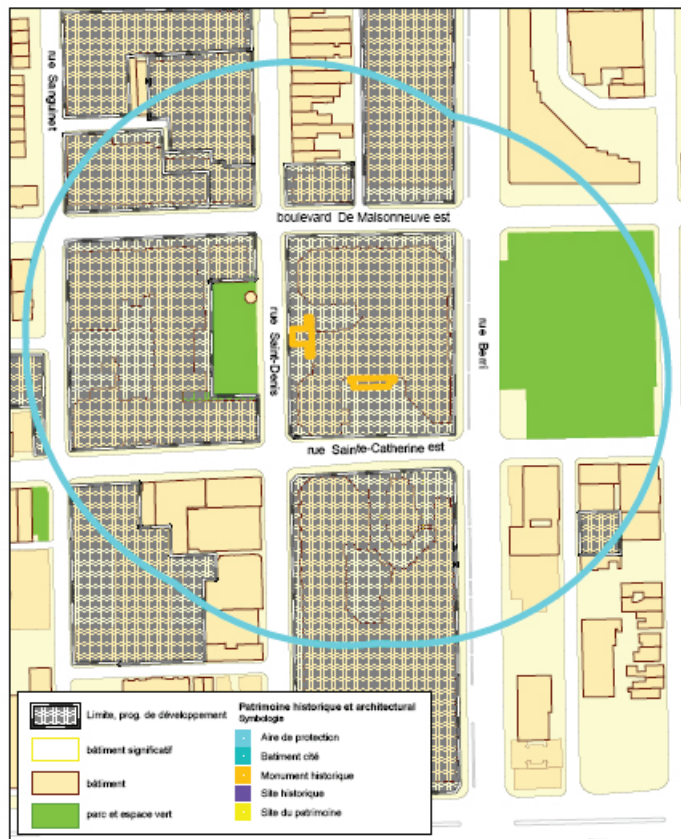
Building	Toit	Type de toit	Potentiel de verdissement	Utilisation du bâtiment	Âge du toit	Superficie	Accès entretien	Accès construction	Accès public	Panorama	Visibilité UQAM	Visibilité hors UQAM	Soleil	Vent	Total
DeSève		1	2	2	2	3	4	4	1	2	3	3	2	5	<b>59</b>
DeSève	DS 2ème	1	2	2	2	5	3	2	2	5	2	4	4	3	<b>61</b>
DeSève	DS 8	1	2	2	2	3	4	4	5	2	4	2	1	5	<b>62</b>
DeSève	DS 1	1	2	2	2	5	5	2	2	4	2	4	4	2	<b>63</b>
DeSève	DS 6 A	1	2	2	2	5	4	2	2	4	2	4	4	2	<b>61</b>
DeSève	DS 6 B	1	2	2	2	5	4	2	2	4	2	4	4	2	<b>61</b>
DeSève	DS 6 C	1	2	2	2	5	4	2	2	4	2	4	4	2	<b>61</b>
DeSève	DS 6 D	1	2	2	2	5	4	2	2	4	2	4	4	2	<b>61</b>
Design	DS 6 E	1	5	2	3	4	5	3	2	2	3	5	4	2	<b>75</b>
Design	DE 7	1	5	2	3	3	4	3	4	4	4	4	4	3	<b>76</b>
Centre sportif	DE 5	5	1	5	3	3	4	4	4	2	4	3	4	4	<b>85</b>
Centre sportif	garage	5	1	2	3	5	1	3	1	1	4	4	4	4	<b>69</b>
Judith Jasmin	3A	4	3	2	5	3	3	2	2	3	4	4	4	4	<b>79</b>
Judith Jasmin	K1	4	3	2	5	3	3	3	2	2	3	4	4	5	<b>80</b>
Judith Jasmin	K2	4	3	5	5	3	4	4	2	3	5	2	4	4	<b>93</b>
Judith Jasmin	N	4	3	5	3	5	4	4	2	3	5	3	4	4	<b>92</b>
President Kennedy	O1	1	1	5	1	2	5	4	5	4	3	3	5	3	<b>69</b>
President Kennedy	PK-5A	1	1	5	1	1	5	5	5	4	4	1	1	5	<b>66</b>
President Kennedy	PK-3A	1	1	2	1	5	4	2	3	5	1	1	4	2	<b>53</b>
Bibliothèque sc.	PK-9A,C,J	5	1	1	2	5	3	5	2	4	5	1	5	5	<b>75</b>
Sherbrooke	KI-2A, B, C, D	5	1	2	2	3	1	2	1	4	4	4	5	3	<b>63</b>
Sherbrooke	SH-C,E,F	5	1	2	2	4	1	3	1	3	4	4	5	3	<b>66</b>
Sc.Biol.	SH-A,B,D1,D5	1	2	5	1	3	5	3	5	4	5	1	5	4	<b>73</b>
Sc.Biologiques	4A	1	2	5	1	2	5	4	4	3	4	1	5	5	<b>71</b>
Sc.Biologiques	Serre	1	2	2	1	5	3	2	1	5	1	2	5	3	<b>55</b>
Sc.Biologiques	SB-7A,B,D,F,H	1	2	2	1	5	3	2	1	5	1	2	5	1	<b>53</b>
Sc.Biologiques	SB-8A,C,E,G	1	2	2	1	5	3	2	1	4	3	2	4	3	<b>55</b>
Résidence Ouest	SB-6D,F,H	5	2	2	1	3	2	1	1	4	5	5	4	1	<b>62</b>
Thérèse Casgrain	RS-9A,B,C,D,E,F,G,H	1	4	2	3	3	4	4	2	2	4	4	4	3	<b>71</b>
Thérèse Casgrain	W-B1	1	4	2	3	3	5	2	3	5	2	2	4	3	<b>69</b>
Hubert-Aquin	W-B2,3,4,7	4	4	2	5	4	4	4	2	3	4	4	4	4	<b>90</b>
Hubert-Aquin	A-J1,J2	4	4	2	5	4	4	4	2	3	3	4	4	3	<b>88</b>
Hubert-Aquin	A-K1,K2	4	4	2	5	4	4	4	3	2	5	3	4	5	<b>91</b>
Hubert-Aquin	A-K3,5,6,7,8	5	4	2	3	4	3	4	2	2	4	4	4	4	<b>84</b>
Centre Pierre Pél.	K9,10	1	4	2	3	4	4	3	3	4	2	3	5	3	<b>72</b>
Gestion	Q-A R-A1,2,3	5	5	2	3	3	3	2	3	4	1	2	5	2	<b>78</b>

**Annexe : Aires de protection pour les monuments historiques du ministère de la Culture comprises dans le campus ouest**



Ville de Montréal - Arrondissement Ville-Marie  
 Direction de l'aménagement et des services aux entreprises  
 Ce document a été produit pour des besoins internes d'information et ne possède aucune valeur légale.

**Annexe : Aires de protection pour les monuments historiques du ministère de la Culture comprises dans le campus est**



Ville de Montréal - Arrondissement Ville-Marie  
 Direction de l'aménagement et des services aux entreprises  
 Ce document a été produit pour des besoins internes d'information et ne possède aucune valeur légale.

Figure 2 : Système Garden Roof® typique

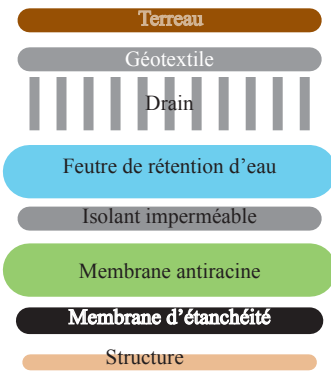


Figure 3 : Système Sopranature typique

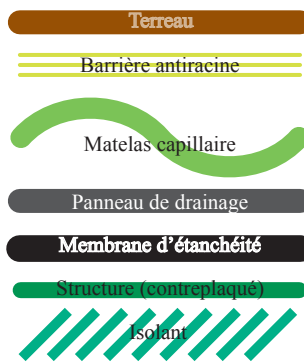


Figure 4 : Système Xero Flor

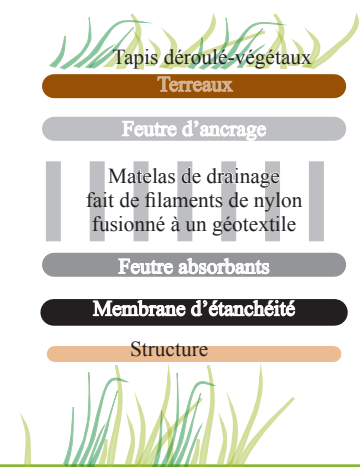


Figure 5 : Système ELT Easy Green

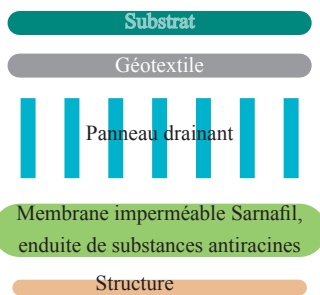


Figure 6 : Températures mesurées au niveau de trois types de surfaces : une strate de végétaux, de la terre non plantée et des pavés nus

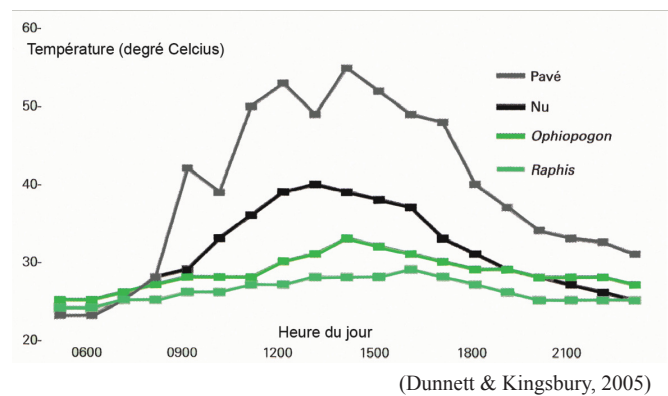


Figure 7 : Flux quotidien moyen de chaleur à travers un toit végétalisé et un toit nu Toronto (Canada) entre janvier 2001 et décembre 2001

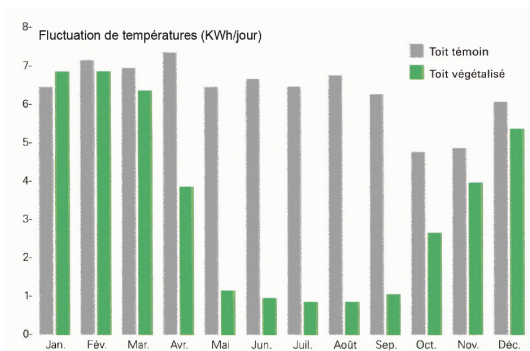


Figure 8 : Ruissellement sur toit plat traditionnel et un toit végétalisé extensif sur une période de 22 heures

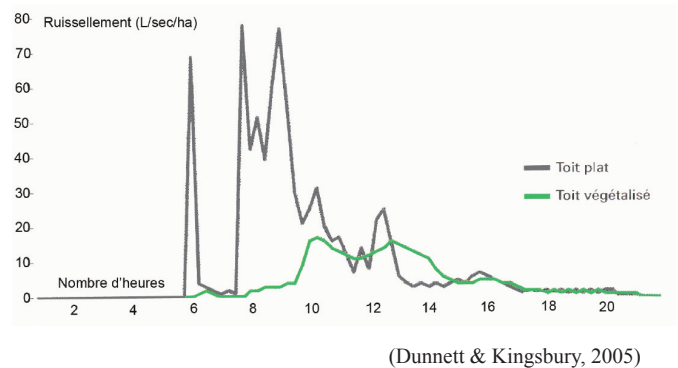
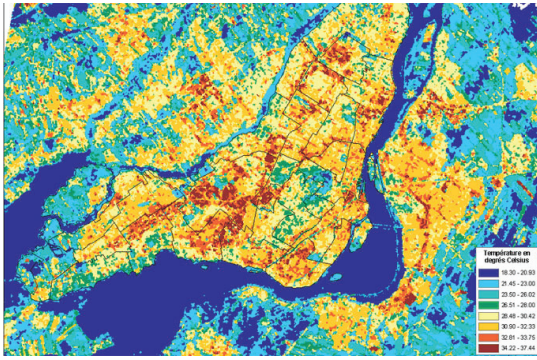


Figure 9 :Représentation thermique de l'île de Montréal, image Landsat 7ETM, 11 août 2001



(Frédéric Guay, 2003)

Figure 11 : Proportion des types de toits à l'UQAM

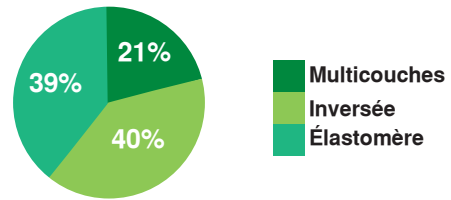


Figure 12 : Toiture inversée

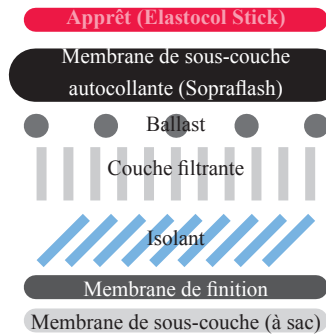


Figure 13 : Mesures de température de surface à l'UQAM



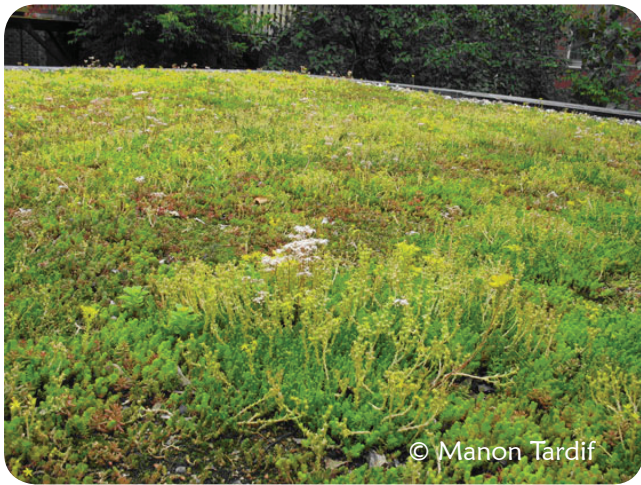


Image 1-Toit de sedums – Xero Flor



Image 2-Mur végétal ELT à l'International Flora



Image 3- Mur ELT de la Fonderie Darling



Image 4- Système MODI Roof Garden en démonstration chez Toits vertige



Image 5 - Tiré de Hundertwasser : Le peintre-roi aux cinq peaux



Image 6 et 7 -Espaces verts sur le campus de l'UQAM, au centre-ville de Montréal



Image 8- Potager sur le toit de Vivre en Ville, matériaux Soprema, à Québec



Image 9- Potager sur le toit de Catalyse urbaine, matériaux ELT, à Montréal



Image 10 et 11- Projet de jardin sur la terrasse Burnside Field, Université McGill



© Manon Tardif - Institut de technologie agroalimentaire

Image 12- Terreau soufflé pour le projet de l'ITA à Saint-Hyacinthe



Image 13- Terreau étendu à l'aide de pochetons et d'une grue – Pro-jet Camp musical de Cammac.



Image 14- Terreau acheminé en sacs de terres -Projet Camp musical de Cammac.



Image 15- Bassin de rétention d'eau extérieur – 740, Bel-Air, Montréal



Image 16- Toiture inversée avec ballast blanc réfléchissant (Hydrotech) sur le pavillon des sciences biologiques à l'UQAM- Membrane en polyoléfine thermoplastique (TPO)



Image 17- Membrane multicouche, Pavillon Hubert-Aquin, UQAM



Image 18- Désagrégation d'une membrane élastomère à base de bitume de 10 ans d'âge



Image 19- Membrane élastomère, Pavillon Sherbrooke, UQAM



Image 20- Terrasse du Pavillon de Design, UQAM



Image 21- Maison de la culture Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce



Images 22, 23 ET 24- Toits O et N1 du pavillon Judith-Jasmin, à l'UQAM



Image 25 - Toits K3, K5, K6 et K7 – pavillon Hubert-Aquin, à l'UQAM



Image 26- Terrasse non utilisée de J.A. de Sève à l'UQAM



Image 27- Projet Alternatives sur la terrasse du pavillon de Design, à l'UQAM



Image 28- Espaces possédant un potentiel de verdissement à l'UQAM, Cour du centre sportif, UQAM



Image 29- Cour intérieure au pavillon Judith-Jasmin, UQAM



Image 30- Cour intérieure du pavillon J.-A. de Sève, à l'UQAM



Image 31- Cour intérieure au campus des sciences, UQAM



Image 32- Université de Montréal : Faculté d'architecture du paysage



© Danielle Dagenais

Image 33- Toit vert au mois de mai



© Danielle Dagenais



© Danielle Dagenais

Images 34 et 35- Toit vert au mois d'août



Images 36, 37 et 38- Collège de Rosemont



© Toits Vertige inc.



© Toits Vertige inc.

Images 39, 40 et 41- Société des alcools du Québec



© Toits Vertige inc.



Images 42, 43 et 44- Polytechnique : Pavillon Lassonde





Images 45 et 46-Université McGill : Complexe des sciences de la vie



Images 47 et 48-Maison de la culture Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce



Images 49 et 50- Maison de la culture Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce



© Blue Storm Média 2007



© Blue Storm Média 2007

Images 51 et 52- Espace Sedna-Cascades-Rebut Global



2007/08/14



2007/08/14

Images 53 et 54- Le Casse-tête



Images 55, 56 et 57- Université Laval : Pavillon Charles-De Koninck



Images 58 et 59- Centre de la Culture et de l'environnement Frédéric Back



Images 60 et 61- Bibliothèque de Charlesbourg



Images 62, 63 et 64- Institut de technologie agroalimentaire (ITA) : Campus de Saint-Hyacinthe



