RAPPORT DE RECHERCHE

Derniers développements en matière de toitures vertes au Québec

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

LA SCHL : AU CŒUR DE L'HABITATION

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est l'organisme national responsable de l'habitation au Canada, et ce, depuis plus de 60 ans.

En collaboration avec d'autres intervenants du secteur de l'habitation, elle contribue à faire en sorte que le système canadien de logement demeure l'un des meilleurs du monde. La SCHL aide les Canadiens à accéder à un large éventail de logements durables, abordables et de qualité, favorisant ainsi la création de collectivités et de villes dynamiques et saines partout au pays.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, veuillez consulter le site Web de la SCHL à l'adresse suivante : **www.schl.ca**

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone, au 1-800-668-2642, ou par télécopieur, au 1-800-245-9274.

De l'extérieur du Canada : 613-748-2003 (téléphone); 613-748-2016 (télécopieur).

La Société canadienne d'hypothèques et de logement souscrit à la politique du gouvernement fédéral sur l'accès des personnes handicapées à l'information. Si vous désirez obtenir la présente publication sur des supports de substitution, composez le 1-800-668-2642.

Derniers développements en matière de toitures vertes au Québec

Auteur : Antoine Trottier
Collaborateurs : Cynthia Philippe, Odette Béliveau et Owen Rose
Comité Verdis-Toit du Groupe de recherche d'intérêt public de l'UQAM (GRIP-UQAM)
Centre d'écologie urbaine de Montréal

Octobre 2008

Cette recherche a été financée (en partie) par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). La qualité rédactionnelle de ce rapport, son contenu et les opinions qui y sont émises sont de l'auteur (des auteurs). La SCHL ne saurait en assumer la responsabilité et se dégage de toute obligation relativement aux conséquences résultant de l'utilisation que le lecteur pourrait faire des renseignements, des matériaux ou des techniques qui y sont décrits.

Résumé

Ceci est un résumé des derniers développements en matière de toitures vertes au Québec. Il sert à exposer la toute dernière génération de technologies qui commencent à faire leurs preuves dans le climat sud-québécois. En plus, ce résumé montre le lien entre les toits verts (et le verdissement en général), la santé et le bien-être des êtres humains en milieu urbain. Le résumé termine avec des fiches techniques sur une dizaine de projets de toits verts récents au Québec. Ces fiches traitent entre autres des coûts, des barrières techniques et réglementaires rencontrées et des solutions incorporées dans les projets, et ou disponibles, ainsi que des résultats scientifiques et la survivance des plantes.

Ce document est tiré d'une plus grande étude sur les toits verts titrée, **Toitures végétales : Implantation de toits verts en milieu institutionnel – Étude de cas : UQÀM**, publié en avril 2008 par par le comité Verdis-toit du Groupe de recherche d'intérêt public (GRIP) de l'UQAM et par le Centre d'écologie urbaine de Montréal (CÉUM).

Le rapport est disponible au :

Centre d'écologie urbaine de Montréal
3516, avenue du Parc
Montréal, H2X 2H7
Téléphone : 514. 282.8378
info@ecologieurbaine.net
www.ecologieurbaine.net

Executive Summary

This is a summary of the latest developments in green roofs in Quebec, serving to outline the very latest generation of technologies that are starting to prove themselves in the southern Quebec climate. In addition, this summary shows the link between green roofs (and greening in general) and the health and well-being of human beings in urban environments. The summary ends with fact sheets on 10 recent green roof projects in Quebec. These fact sheets include information on costs, technical and regulatory barriers encountered, and available solutions that were or could be incorporated into the projects, as well as scientific results and plant survival.

This document was drawn from a broader study on green roofs entitled **Toitures végétales : Implantation de toits verts en milieu institutionnel – Étude de cas : UQÀM**, a case study on the implementation of green roofs in institutional environments, published in April 2008 by the Verdis-toit committee of the Groupe de recherche d'intérêt public (GRIP), the public interest research group, of the Université du Québec à Montréal (UQÀM) and the Montréal Urban Ecology Centre (MUEC).

The report is available at the:

Montréal Urban Ecology Centre
3516, avenue du Parc
Montréal, Quebec H2X 2H7
Telephone: 514-282-8378
E-mail: info@ecologieurbaine.net
Website: www.ecologieurbaine.net

National Office
700 Montreal Road
Ottawa ON K1A 0P7
Telephone: (613) 748-2000

Bureau national
700 chemin de Montréal
Ottawa ON K1A 0P7
Téléphone : (613) 748-2000

Since a limited demand for this research document has been anticipated, only a summary of its contents has been translated

By completing and returning this form you will help us to determine if there is a significant demand for this report in English. Mail the completed form to:

Canadian Housing Information Centre
Canada Mortgage and Housing Corporation
C1-200
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

Report Title: _____

_____

I would prefer to have this report made available in English.

Name _____

Address _____
Street Apt.

_____
City Province Postal Code

Telephone ( ) _____

Table des matières

Les toits verts au Québec 4

Nouvelle génération de toits verts au Québec.....4

Les bienfaits des toits verts 6
- Toits verts, santé et bien-être 7
- Pollution atmosphérique.....9
- Les plantes comme purificateurs d'air 10
- Îlots de chaleur urbains 11
- Impacts des îlots de chaleur urbains sur la santé 12
- Smog 13
- Chaleur accablante 14
- Supprimer les îlots de chaleur 15

Récents projets de toits verts au Québec.....16
- Le Casse-tête 16
- Société des alcools du Québec 19
- Maison de la culture Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce 21
- Centre de la Culture et de l'environnement Frédéric Back.....23
- Université de Montréal : Faculté d'aménagement 26
- Collège de Rosemont 28
- Polytechnique : Pavillon Lassonde 30
- Université McGill : Complexe des sciences de la vie.....32
- Université Laval : Pavillon Charles-De Koninck.....34
- Bibliothèque de Charlesbourg.....36
- Institut de technologie agroalimentaire (ITA) : Campus de Saint-Hyacinthe.....38

Bibliographie.....41

Les toits verts au Québec

Les toits verts modernes sont apparus au Québec depuis maintenant près de 15 ans. Bien que suscitant énormément d'intérêt auprès du public, certains irritants comme leurs coûts et leurs poids ont fait progresser modestement les toits verts dans le secteur résidentiel au Québec. En effet, avec approximativement un peu plus d'une centaine de projets dans la province, la plupart se sont concrétisés sur des bâtiments appartenant au secteur institutionnel ou commercial. C'est par souci de refléter cette réalité que l'ouvrage *Toitures végétales : Implantation de toits verts en milieu institutionnel – Étude de cas : UQÀM* s'est attardé principalement aux bâtiments publics et commerciaux. Ceci étant dit, l'information qu'on retrouve dans cette publication et son présent résumé s'applique aussi bien au secteur résidentiel, tout particulièrement pour les immeubles à logements multiples. Par ailleurs, avec l'avènement d'une nouvelle technologie de toits verts plus mince et plus légère, on peut anticiper un regain de projets de toitures végétales sur les résidences québécoises.

Nouvelle génération de toits verts au Québec

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^2 (8 à 18 livres/pied^2).

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, généralement onéreux. La plupart de ces technologies ont été testées dans des endroits où le climat hivernal est relativement rigoureux. Dans le cas des technologies disponibles au Québec, Xeroflor et ELT, elles ont été testées à Umea, ville nordique suédoise comprise dans le cercle polaire. Ces dernières années, ces toitures ultra-légères ont été installées avec succès dans différentes municipalités canadiennes. Malgré qu'une étude québécoise ait démontré que l'épaisseur de terreau minimale pour la survie des végétaux en climat québécois serait de 10 cm (4 pouces) (Boivin, 2001), des toitures végétales avec une épaisseur de terreau inférieure à cela (5 et 7,5 cm ou 2 à 3 pouces) ont survécu aux deux derniers hivers (2006 à 2008). Cela n'est toutefois pas encore suffisant pour être assuré de

leur viabilité, puisque la règle d'or veut qu'un produit persiste pendant trois années consécutives pour être considéré fiable.

Figure 1 : Toit de sedums – Xero Flor saison 2007

Figure 2 : Toit de sedums – Xero Flor saison 2008

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 quelques 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. Par exemple, les sédums sont très résistants aux écarts de chaleur et

peuvent résister longtemps sans eau, laissent peu de places aux plantes envahissantes et s'accommodent d'une épaisseur mince de terreau.

Les sedums sont des plantes à croissance particulièrement lente, donc ayant une activité photosynthétique moindre. Ils constituent donc 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).

Tableau 1 : Comparatif des systèmes de toits verts au Québec

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

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.

Les bienfaits des toits verts

Les principaux arguments évoqués pour l'installation des toits verts ont surtout attrait au confort et à la rentabilité pour son propriétaire. On cite par exemple leur impact positif sur l'efficacité énergétique, leur capacité à protéger et prolonger la membrane

d'étanchéité ou augmenter la valeur d'une résidence. Pourtant, l'élément principal des toits verts, les plantes, jouent de très grands rôles en milieu urbain. Leur ajout, que ce soit sur une toiture ou dans un aménagement paysager, peut grandement améliorer la qualité de vie des citadins.

Toits verts, santé et bien-être

On parle généralement des bénéfices apportés par les plantes aux humains 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 biologiste Edward Wilson inventa le terme *biophilie* pour expliquer l'attirance instinctive des humains envers les espaces naturels. 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). Par ailleurs, l'œil humain perçoit mieux le vert que les autres couleurs et est adapté pour en reconnaître plus de variations.

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).

Plusieurs voient le stress comme un des facteurs les plus importants reliés aux divers problèmes de santé dans notre société moderne (Grahn et Stigsdotter, 2003). Or, la relation entre la proximité d'espaces verts, la diminution du stress et la santé des citadins 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).

Selon les théories évoquées dans Kaplan (1989) et Hartig (1996), 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 assimile 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).

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).

À une époque où la population est vieillissante, la santé chez les ainés 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).

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 (µg/m3) 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 $\mu g/m^3$ 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 (O_3), d'oxydes nitreux (NOx) et d'oxydes sulfureux (SOx) (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 (CO_2) pendant la photosynthèse; d'autres polluants comme les NOx 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 ($PM_{2,5}$,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). En milieu urbain, on relève que 1,5 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 (Obendorfer, 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, en raison de 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[1], qui calcule le potentiel de séquestration du CO_2 d'arbres 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

De plus, les plantes sont reconnues pour séquestrer le CO_2 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_2 par année (Roulet et Freedman, 1999). Étant donné qu'un arbre mature séquestrera jusqu'à 1000 fois plus de CO_2 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 permettent de croire que les toits verts joueraient un rôle significatif dans la dépollution de l'air urbain (Currie, 2005).

Îlots de chaleur urbains

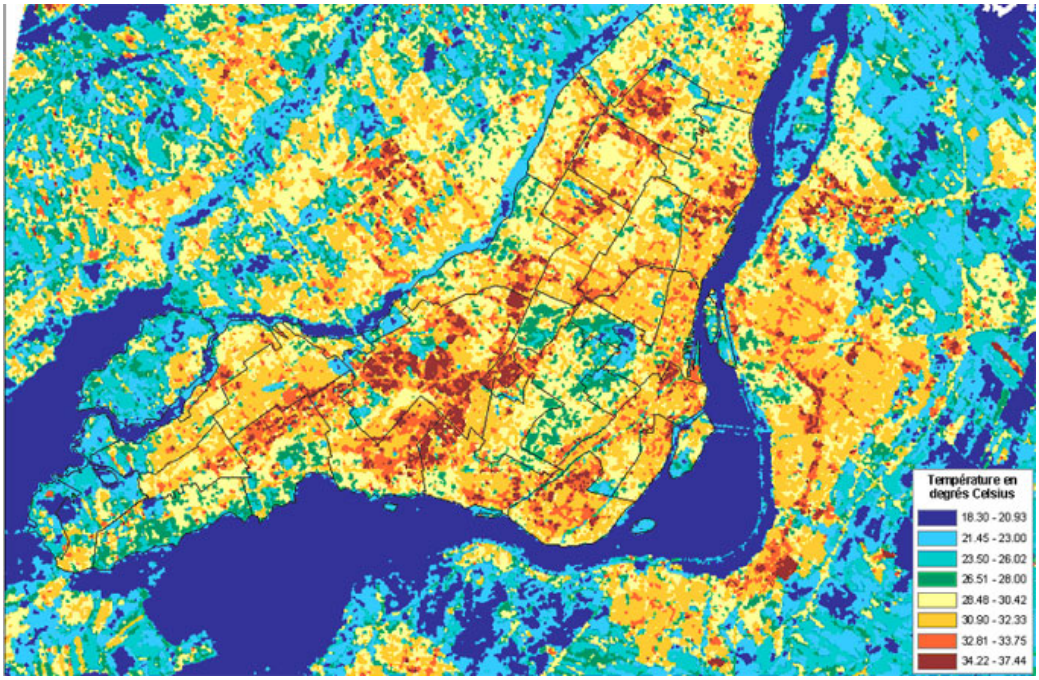
On définit le concept d'îlot de chaleur comme « une zone urbanisée, caractérisée par des températures estivales de l'air ou du sol plus élevées de 5 °C à 10 °C que l'environnement immédiat du point de prise de mesure » (Lachance, 2005), engendrant « des températures nocturnes plus élevées, une hygrométrie de l'air plus importante » et

[1] Tree Benefits Estimator

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).

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, 2003).

Figure 3 : Représentation thermique de l'île de Montréal, image Landsat 7ETM, 11 août 2001



(Guay, 2003)

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 moisissure 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 ($PM_{2,5}$ et PM_{10}) et d'ozone, plus précisément l'ozone dit "troposphérique" (O_3), soit celui mesuré au sol. L'ozone (O_3) 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 $PM_{2,5}$, PM_{10} et de l'O_3, 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 PM_{10} 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 ($PM_{2,5}$)

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 cancérogènes.

Ozone troposphérique

L'ozone troposphérique est produit 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, touchant plus particulièrement les femmes (Besancenot, 2005).

Le stress thermique cause des effets directs et indirects sur la santé. Parmi les effets directs les plus marqués, on mentionne : dermite, 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.

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. La Ville de Montréal elle-même voit dans les toits verts principalement un moyen de lutte aux îlots de chaleur. Aucune politique incitative n'est toutefois prévue dans avenir rapproché à Montréal, ni aucune autre ville du Québec.

Récents projets de toits verts au Québec

Malgré le manque d'appui des municipalités et des différents paliers gouvernementaux, une foule de projets de toits verts ont vu le jour ces dernières années au Québec. Sans prétendre répertorier exhaustivement tous ces projets, les prochaines pages présentent des projets types, en pointant les motivations, les choix de matériaux, les experts, les coûts et les technologies pour arriver à l'accomplissement de ces projets.

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^2 (100 livres/pied^2) de charge vive, 365 kg/m^2 (75 livres/pied^2) de charge morte.

Superficie : 166 m^2 (1800 pieds^2).

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 : Hémérocalles, couvre-sol et lysimaques. 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.

Figure 4 : toiture semi-intensive adjacente à la terrasse sur le toit

Figure 5 : Exemple de relief végétal possible dans les aménagements sur toit

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^2 (2 000 $pieds^2$).

Système : Le système SopraNature standard de Soprema avec une bordure en béton, un espacement avec le parapet fait en pierres de rivière et un terreau léger d'une épaisseur de 15 cm (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 monitorage 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^2$ (12,5 $/$pied^2$).

Entretien: aucun entretien prévu, ni même d'accès.

Figure 6 : Toiture végétale extensive semée de trèfle

Photo par Toits Vertige inc.

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 le besoin de réfection était imminent. Une étude de faisabilité a été réalisée 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 supplémentaire d'environ 122 kg/m^2 (25 livres/pied^2).

Superficie : Sur une possibilité de 960 m^2 (10 300 pieds^2), 250 m^2 (2 700 pieds^2) 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 verdir 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 de la Ville de Montréal et de quelques spécialistes de l'arrondissement Côte-des-Neiges – Notre-Dame-de-Grâce.

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, de la pergola, du dallage en béton pour la terrasse, des travaux de maçonnerie, de plomberie et d'électricité, des imprévus et autres.

Entretien : 4 000 $ prévu pour la première année pour l'entretien horticole de l'aménagement.

Figure 7 : Aménagement du jardin sur la portion de toiture extensive

Figure 8 : Verdissement de la section-terrasse du toit

Centre Culture et 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^2, et constituait une contrainte majeure.

Superficie : 720 m^2 (7 750 pieds^2).

Système : Le système Sopranature de Soprema avec une épaisseur de terreau variant de 10 à 15 cm (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 serviront à faire un peu d'ombrage sur la terrasse.

Types de végétaux : Plusieurs variétés de sedums et de vivaces rustiques ont été implantées. 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 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 qui ne peuvent être mesurés 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^2.

Entretien : Végétation laissée à elle-même. Suivi scientifique et professionnel fréquent.

Résultats scientifiques :

Efficacité énergétique

Deux méthodes ont été utilisées pour évaluer les économies d'énergie : un calcul de l'électricité épargnée par la non-installation d'un système de climatisation et la seconde, une évaluation de la résistance thermique du toit vert. Ainsi, il a été déterminé que le toit vert fait épargner par année approximativement 10 000 kWh en matière de climatisation. De plus, il a été déterminé que le potentiel isolant de la toiture végétale est surtout associé à l'absorption de radiations plutôt qu'à son pouvoir de réduire les flux thermiques de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment. Cette conclusion appuie bien les résultats de Liu et Baskaran, qui démontrent que les toits verts sont plus efficaces en été qu'en hiver en milieu nordique, c'est-à-dire qu'ils sont de bons systèmes pour réduire l'impact des radiations du soleil, mais qu'ils sont de mauvais isolants thermiques l'hiver (Liu et Baskaran, 2003; Liu, 2005).

Réduction des gaz à effet de serre

Étant donné qu'au Québec l'hydro-électricité crée peu de gaz à effet de serre (1 kWh génère 0,022 kg d'équivalent CO), les retombées du toit vert sont modestes en cette matière. Ainsi, une réduction de 10 000 kWh permet d'éviter le rejet de 330 kg d'équivalent CO2 par année dans l'atmosphère.

Dans un second temps, en se référant au Leucopoa kingii, plante à la consommation de CO_2 comparable à celle des plants installés sur le toit, le projet aurait permis de séquestrer environ 5 757 kg de CO_2 sur une période de 105 jours (période estivale).

Qualité de l'air

Les plantes sont reconnues pour leur pouvoir filtrant. Pour les 720 mètres^2 de surface végétale et à raison de 0,2 kg de particules fines en suspension absorbé par mètre carré de végétation par année, la toiture filtre potentiellement 144 kg de particule de poussière à chaque an.

Potentiel de rétention des eaux

Pour l'année 2005, le potentiel de rétention d'eau des toitures végétalisées a été estimé à 100 % pour des pluies de 4 à 8 mm d'eau et à 98% pour de pluies de 8 à 12 mm. Pour la plus importante précipitation de l'année, soit 18 mm, le système a retenu 98% des eaux. Des 8 272 litres de précipitations, seulement 161 ont été rejetés, et ce, sur 3 jours. Ces résultats sont nettement au-dessus des données présentées par l'industrie, surtout que le substrat ne fait que 10 cm d'épaisseur en moyenne sur ce projet.

Figure 9 : Exemple d'aménagement d'aspect naturel possible sur système extensif

Université de Montréal : École d'architecture de paysage

Date de réalisation : Automne 2004

Promoteur : Faculté de l'aménagement

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 de l'aménagement. Le projet d'envergure modeste repose sur la participation bénévole et sa vocation est avant tout pédagogique et expérimentale. Malgré que la terrasse soit facilement accessible, des contraintes réglementaires empêchent le public d'accéder facilement à ce toit. Néanmoins, 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^2 (1 600 $pieds^2$) 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 de l'aménagement, le 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, par exemple 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.

Entretien : Aucun entretien prévu

Figure 10: Toit vert au mois de mai

Photo de Danielle Dagenais

Figure 11 : Toit vert au mois d'août

Collège de Rosemont

Date de réalisation : 2007

Promoteur : Collège de Rosemont

Sommaire : Le Collège de 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 du toit vert, une toiture réfléchissante a 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 ces toits, le choix s'est fait de lui-même. La toiture réfléchissante a été installée sur un toit qui était aussi à refaire, mais sur un étage où le toit n'est pas visible. Les raisons de ce choix s'explique en partie parce que les toitures réfléchissantes se salissent plus facilement 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^2 ou 15 livres/pied^2), le toit vert ne constitue pas un ajout de poids significatif.

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

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 : L'entreprise Les Toits Vertige a été chargée 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 dans la décision 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.

Entretien : Suivi fait par l'entreprise Entretien indigo et Xeroflor comme étude de cas.

Figure 12 : Toit adjacent à la bibliothèque du Collège

Figure 13 : Toit de sédums première année en 2007 (gauche) et deuxième année en 2008 (droite)

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 qui 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^2 (30 livres/pied^2) pour le système Hydrotech.

Superficie : 800 m^2 (8600 pieds^2).

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 îlots de chaleur.

Entretien : Aménagement laissé à lui-même.

Figure 24 : Toit vert extensif sur la terrasse donnant sur Montréal

Figure 15 : Portion du toit visible de l'intérieur dans la bibliothèque

Université McGill : Complexe des sciences de la vie Francesco Bellini

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 recherche 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 est visible du belvédère du parc du 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^2 (30 livres/pied^2) pour le système extensif d'Hydrotech.

Superficie : 700 m^2 (7 500 pieds^2).

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.

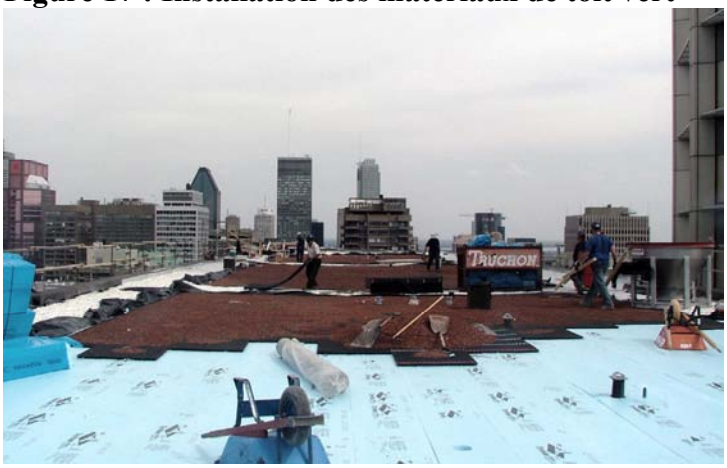
Experts : Claude Cormier architectes paysagistes inc., Provencher Roy + Associés architectes, Diamond and Schmitt Architects inc. et Hydrotech.

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

Coûts : 100 000 $ budgétaire.

Figure 36 : Toit recouvert de terreau avant la végétalisation

Figure 17 : Installation des matériaux de toit vert



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 pour le drainage 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 terrasses 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^2 (30 livres/pied^2) additionnels par rapport aux charges standard.

Superficie : Les toits du nouveau bâtiment et des raccords avec le pavillon ont une superficie de 500 m^2 (5 300 pieds^2). Au niveau du sol, 615 m^2 (6 600 pieds^2) de matériaux de toits verts ont été installés, dont la moitié a été pavée, pour un total de 800 m^2 (8 600 pieds^2) 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 15 cm (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.

Entretien : La toiture végétale fait partie des aménagements à entretenir au même titre que les autres plates-bandes.

Figure 48 : Terrasse faite de matériaux de toits verts

Figure 195 : Aménagement en massif sur toiture extensive

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 : Puisqu'il s'agit d'une nouvelle construction, la capacité portante du toit a été prévue pour accueillir le poids supplémentaire des matériaux, du terreau, des plantes et des gens qui peuvent s'y promener.

Superficie : Environ 1 800 m^2 (19 400 $pieds^2$).

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. La création d'une aire publique et l'accessibilité 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^2$ (10 $/$pied^2$). L'architecte du projet affirme que le toit a coûté deux fois et demie plus cher qu'un toit ordinaire mais, compte tenu de l'augmentation de deux à trois fois de la durée de vie 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 %.

Entretien : Comme un espace public gazonné.

Figure 206 : Toiture végétale aux allures de prairie en pente

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

Date de réalisation : Novembre 2006. Le toit a été 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 fonctionnaires 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^2 (30 livres/pied^2), suffisante pour une toiture extensive légère avec un terreau spécial.

Superficie : Environ 630 m^2 (6 785 pieds^2) 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 15 cm (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 quant au 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, les matériaux et le système d'irrigation. Le coût total du projet était de 48 204,55 $ avant subvention, ou de 10,75 $ le pied^2. Avec la subvention de 5 $ du pied^2 de Gaz Métropolitain, les coûts sont passés à 5,75 $ du pied^2 pour un coût total de 25 657,05 $ pour l'ensemble du projet, payé par le MAPAQ.

Entretien : Professeurs de l'institut et étudiants volontaires.

Figure 71 : Portion gazonnée du toit vert extensif

Figure 82 : Aménagement visible de l'intérieur du bâtiment

Bibliographie

AUGER, N., et S. HOUDE. 2004. *Chaleur accablante: « Docteur, il fait chaud pour mourir! »*. Prévention en pratique médicale. Montréal, Direction de la santé publique: 4 p.

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.

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.

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 épidémilogique », *Presse thermale et climatique*, no 142, p. 13-24. En ligne. <http://www.lapressethermale.org/fichiers/2-2Besancenot.pdf>. (15 janvier 2008).

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. GOSSELIN 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.

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>. (14 septembre 2007).

DAGENAIS, D. 2007. *Au-delà du génie: les autres atouts du végétal*, présentée au Colloque sur la phyto-ingénérie. Institut Recherche en Biologie Végétale, Montréal, 18 juin 2007.

DENY, C. et C. GAUMONT. 2007. *Le verdissement montréalais: Pour lutter contre les îltos 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).

DUNNET, N. et N. KINGSBURY. 2005. *Toits et murs végétaux*: Éditions du Rouergue, Rodez, 254 p.

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.

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]>. (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-ChangementsClimatiquesVagueChaleur.pdf > (16 janvier 2008).

GRAHN, P. et U. A. STIGSDOTTER. 2003. « Landscape planning and stress », *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 2, no 1, p. 1-18.

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 n 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. GARLING. 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.

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).

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).

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.

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).

LIU, K.K.Y. (2005). Vers des systèmes de couverture durables. Institut de la recherche en construction, Conseil national de recherches Canada,: 15 p En ligne. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/nrcc47354/nrcc47354.pdf>.

LIU, K.K.Y. et B. BASKARAN (2003). Thermal performance of green roofs through field evaluation, Conseil national de recherches du Canada: 11 p En ligne. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/nrcc46412/nrcc46412.pdf>.

MITCHELL, R. et F. POPHAM. 2007. « Greenspace, urbanity and health: relationships in England », *Journal of Epidemiology and Community Health*, no 61, p. 681-683.

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.

ROULET, N.T. et B. FREEDMAN. 1999. *Le rôle des Arbres dans la réduction du CO_2 dans l'atmosphère*, La fondation canadienne de l'arbre: 9 p. En ligne. <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/urbannature.pdf>. (14 août 2007).

SANTÉ CANADA. 2006. «Ozone troposphérique (O3)». En ligne. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/air/out-ext/effe/talk-a_propos_f.html#ozone>. (13 janvier 2008).

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. 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/HealthSettingsUlrich_copy.pdf> (15 août 2007).

VIVRE EN VILLE. 2006. *Programme de végétalisation de bâtiments,* Vivre en ville, Québec: 48 p.

Visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : www.schl.ca