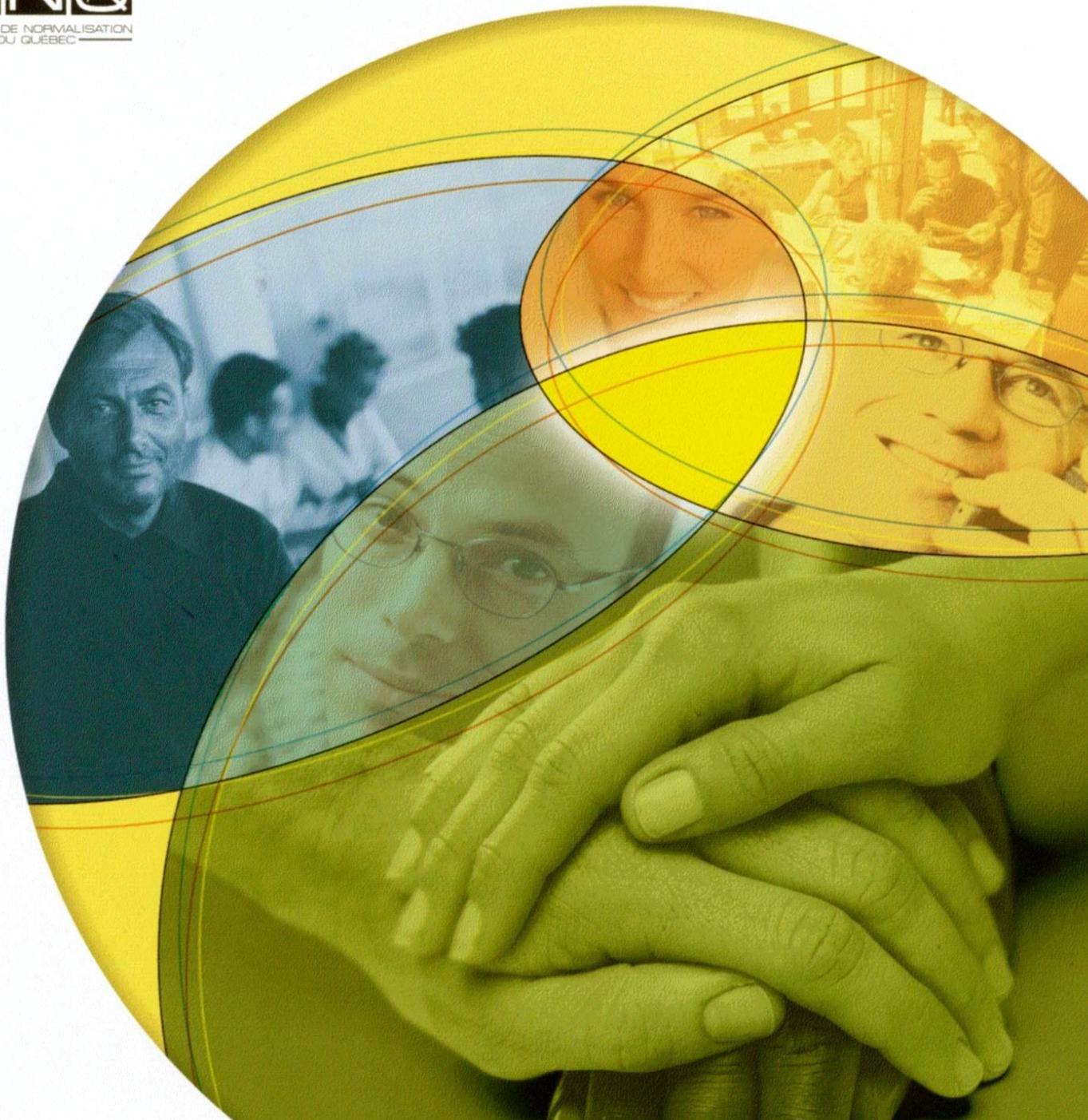


Norme



BNQ 3019-190/2013

Lutte aux îlots de chaleur urbains – Aménagement
des aires de stationnement – Guide à l'intention des
concepteurs



Cette page est laissée intentionnellement vierge.

BNQ 3019-190/2013

Lutte aux îlots de chaleur urbains – Aménagement
des aires de stationnement – Guide à l'intention des
concepteurs



ICS : 13.020.40; 13.040.01; 91.120.99; 93.080.99

DEMANDE DE RENSEIGNEMENTS ET D'ACHAT

Toute demande de renseignements ou d'achat concernant le présent document peut être adressée au Bureau de normalisation du Québec (BNQ), à l'adresse suivante : 333, rue Franquet, Québec (Québec) G1P 4C7
[téléphone : 418 652-2238, poste 2437, ou 1 800 386-5114; télécopieur : 418 652-2292; courriel : bnqinfo@bnq.qc.ca; site Web : www.bnq.qc.ca].

RÉVISION DES DOCUMENTS DU BNQ

La collaboration des utilisateurs et des utilisatrices des documents du BNQ est essentielle à la mise à jour de ceux-ci. Aussi, toute suggestion visant à améliorer leur contenu sera reçue avec intérêt par le BNQ. Nous vous prions de nous faire parvenir vos suggestions ou vos commentaires en utilisant le formulaire que vous trouverez à la fin du présent document.

PREMIÈRE ÉDITION — 2013-02-14

Le présent exemplaire du document, qu'il soit en format électronique ou qu'il soit imprimé, n'est destiné qu'à une utilisation personnelle. Toute distribution à des tiers, à des partenaires ou à des clients, ainsi que toute sauvegarde, diffusion ou utilisation dans un réseau informatique, est interdite, à moins qu'une entente particulière n'ait été conclue entre un acheteur enregistré et le BNQ.

Seul un acheteur dument enregistré auprès du service à la clientèle du BNQ reçoit les mises à jour du document. Les notifications et le catalogue peuvent être consultés en tout temps dans le site Web du BNQ [www.bnq.qc.ca] pour vérifier l'existence d'une édition plus récente d'un document ou la publication de modificatifs ou d'erratas.

S'il désire continuer de recevoir les mises à jour, un acheteur enregistré doit informer, dans les meilleurs délais, le service à la clientèle du BNQ de tout changement d'adresse.

© BNQ, 2013

Tous droits réservés. Sauf prescription différente, aucune partie du présent document ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et le microfilmage, sans l'accord écrit du BNQ.

ISBN 978-2-551-25376-0 (version imprimée)
ISBN 978-2-551-25377-7 (PDF)

Dépôt légal — Bibliothèque et Archives
nationales du Québec, 2013

Document accessible gratuitement en format PDF dans le site Web du Bureau de normalisation du Québec

AVIS

COMPRÉHENSION DE LA NOTION D'ÉDITION

Il importe de prendre note que la présente édition inclut implicitement tout modificatif et tout errata qui pourront éventuellement être faits et publiés séparément. C'est la responsabilité des utilisateurs du présent document de vérifier s'il existe des modificatifs et des erratas.

INTERPRÉTATION

Dans le présent document, l'utilisation des expressions et des formes verbales présentées ci-dessous, des notes et des annexes informatives doit être interprétée par le lecteur ou la lectrice de la façon suivante.

Les expressions équivalentes **il convient** et **il est recommandé** sont utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires ou la possibilité jugée la plus appropriée pour suivre les recommandations du présent document.

Toutes les notes mentionnées **notes** dans le présent document sont **informatives** et servent à fournir des éléments utiles à la compréhension d'une idée, des clarifications ou des précisions.

Les **annexes** sont également informatives et fournissent des renseignements supplémentaires destinés à faciliter la compréhension ou l'utilisation de certains éléments du présent document ou à en clarifier l'application.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Le présent document a été élaboré comme document de référence à des fins d'utilisation volontaire. C'est la responsabilité des utilisateurs de tenir compte des limites et des restrictions formulées notamment dans l'objet ou dans le domaine d'application, ou dans les deux.

Cette page est laissée intentionnellement vierge.



AVANT-PROPOS

Le présent document a été approuvé par un comité de normalisation formé des membres votants suivants :

BAUDOIN, Yves	Université du Québec à Montréal (UQAM) — Département de géographie
BINET-VANDAL, Marie-Hélène	Ville de Montréal — Service de la mise en valeur du territoire
BOUCHER, Isabelle	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT)
BOULET, Guy	Québec Multiplants
DAGENAIS, Danielle	Université de Montréal (UdeM) — École d'architecture de paysage
FUAMBA, Musandji	École polytechnique de Montréal
GIGUÈRE, Mélissa	Institut national de santé publique du Québec (INSPQ)
GODIN, Bruno	Société Parc-Auto du Québec (SPAQ)
LALIBERTÉ, Guy	Association des paysagistes professionnels du Québec (APPQ), ITA campus de Saint-Hyacinthe
LARRIVÉE, Caroline	Ouranos
LEBEL, Sébastien	Ville de Québec — Division design, architecture et patrimoine
LUSSIER, Bob	Aménagement Côté Jardin — Association des paysagistes professionnels du Québec (APPQ)
PASQUIER, Marie-Bernard	Association des architectes paysagistes du Québec (AAPQ)



ROY, Guy	Roche ltée, groupe-conseil (Urbanex)
GARDON, Paul (normalisateur)	Bureau de normalisation du Québec (BNQ)
La participation des personnes suivantes est également à souligner :	
AMAROUCHE, Brahim	Ville de Montréal
BUSSIÈRES, Guy	Université Laval — Département des sciences du bois et de la forêt
CHARTIER, Lyne	Teknika HBA inc. (Exp.)
COUPAL, Marie-Josée	Ville de Québec — Division de la foresterie urbaine et de l'horticulture
DUCHESNE, Michel	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT)
FONTAINE, Nicolas	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT)
FOREST, Serge*	Ville de Québec — Division design, architecture et patrimoine
GAUTHIER, Charles	Entreprises Paradis Paysagistes
GLORIEUX, Mélanie	Objectif paysage
TARDIF, Jean	Blouin Tardif Architecture + Environnement

* Au moment de la publication du présent document, cette personne avait cessé de travailler pour cet organisme.

L'élaboration du présent document a été rendue possible grâce au soutien financier des organismes et fonds de financement suivants : le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), Ouranos et le Fonds vert dans le cadre de l'action 21 du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques (PACC) du gouvernement du Québec. Ce projet a également été réalisé en collaboration avec Ressources naturelles Canada.

La gratuité du présent document a été rendue possible grâce au soutien financier de la Ville de Montréal et du Fonds vert dans le cadre de l'action 21 du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques (PACC) du gouvernement du Québec.

SOMMAIRE

		Page
1	OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION	3
2	DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	3
3	DÉFINITIONS	3
4	CARACTÉRISATION DES ILOTS DE CHALEUR URBAINS	5
4.1	LE PHÉNOMÈNE DES ILOTS DE CHALEUR URBAINS	5
4.2	CARTOGRAPHIE DES ILOTS DE CHALEUR URBAINS AU QUÉBEC	6
4.3	CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX DE SURFACE DES AIRES DE STATIONNEMENT	7
4.4	INDICATEURS DE PERFORMANCE THERMIQUE D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT	8
	4.4.1 Généralités	8
	4.4.2 Ombre	8
	4.4.3 IRS moyen d'une aire de stationnement	9
	4.4.4 Surfaces perméables et imperméables	9
	4.4.5 Performance thermique globale de l'aire de stationnement	10
5	LUTTE AUX ILOTS DE CHALEUR URBAINS	11
5.1	MESURES DE MITIGATION	11
5.2	STRATÉGIE DE MISE EN ŒUVRE DES MESURES DE MITIGATION	11
5.3	OBJECTIFS DE PERFORMANCE ET ÉLÉMENTS DE CONCEPTION	12
	5.3.1 Objectifs de performance d'une aire de stationnement	12
	5.3.2 Éléments de conception connexes à considérer	12
5.4	RECOMMANDATIONS DU MAMROT POUR LA LUTTE AUX ILOTS DE CHALEUR URBAINS	13
5.5	LE VERDISSEMENT DES AIRES DE STATIONNEMENT	14
	5.5.1 Généralités	14

5.5.2	Conservation et protection des arbres existants	17
5.5.3	Les plantations d'arbres	17
5.5.4	Choix des essences d'arbres	23
5.5.5	Végétalisation et protection du sol	26
5.5.6	Autres considérations	28
5.6	LA GESTION DES EAUX PLUVIALES SUR LE SITE	29
5.6.1	Généralités	29
5.6.2	Perméabilité des sols	30
5.6.3	Ruissèlement de surface	31
5.6.4	Rôle des surfaces perméables	34
5.6.5	Rôle des végétaux dans la gestion des eaux pluviales	34
5.6.6	Les végétaux et la qualité de l'eau	36
5.6.7	Pratiques de gestion optimale (PGO) des eaux pluviales	37
5.6.8	Entretien	43
6	EXEMPLE D'AMÉNAGEMENT D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT	44
6.1	GÉNÉRALITÉS	44
6.2	ÉTAPE 1 — RÉDUCTION DE LA SURFACE DES CASES DE STATIONNEMENT ET CONSERVATION DE LA VÉGÉTATION EXISTANTE	44
6.3	ÉTAPE 2 — REVÊTEMENT AYANT UN IRS ÉLEVÉ	46
6.4	ÉTAPE 3 — PLANTATION DES VÉGÉTAUX	47
6.5	ÉTAPE 4 — GESTION DES EAUX DE RUISSÈLEMENT	49
FIGURE 1 —	DRAINAGE CONVENTIONNEL ET DRAINAGE ALTERNATIF DANS LES AIRES DE STATIONNEMENT	51
ANNEXE A —	IMAGES THERMIQUES D'ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS DANS DES SECTEURS COMMERCIAUX	52
FIGURE A.1 —	EXEMPLE DE TEMPÉRATURES ENREGISTRÉES À PROXIMITÉ DU CENTRE COMMERCIAL DIX30 À BROSSARD	52
FIGURE A.2 —	TEMPÉRATURE ENREGISTRÉE AU CARREFOUR LAVAL	53
ANNEXE B —	CALCUL DE L'IRS (SRI) MOYEN D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT	54
ANNEXE C —	ÉLÉMENTS DE CONCEPTION D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT	55

ANNEXE D —	IMAGES THERMIQUES DE DEUX SECTEURS D’HABITATION	59
FIGURE D.1 —	IMAGES DE L’ÉVOLUTION THERMIQUE DE DEUX SECTEURS (1984-2001)	59
ANNEXE E —	RECOMMANDATIONS DU MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES, DES RÉGIONS ET DE L’OCCUPATION DU TERRITOIRE À L’ÉGARD DE LA LUTTE AUX ILOTS DE CHALEUR URBAINS PAR L’AMÉNAGEMENT DES AIRES DE STATIONNEMENT	60
FIGURE E.1 —	UTILISATION DES CASES DE STATIONNEMENT POUR CERTAINS USAGES, LES JOURS DE SEMAINE	63
FIGURE E.2 —	EXEMPLES DE SUPERFICIES D’AIRES DE STATIONNEMENT EN FONCTION DES DIMENSIONS DES CASES DE STATIONNEMENT	65
TABLEAU E.1 —	DIMENSIONS DES CASES DE STATIONNEMENT DE LA FIGURE E.2	65
TABLEAU E.2 —	DIMENSIONS DES TYPES DE VÉHICULES	66
ANNEXE F —	CRÉDIT 7.1 DU PROGRAMME DE BÂTIMENTS DURABLES LEED	69
ANNEXE G —	TECHNIQUES PERMETTANT LE DÉVELOPPEMENT D’UN RÉSEAU RACINAIRE SOUS UNE CHAUSSÉE	72
FIGURE G.1 —	DIAGRAMME MONTRANT LE PRINCIPE DE LA COMPACTION PIERRE-SUR-PIERRE ET DES ESPACES INTERSTICIELS REMPLIS DE SOL	73
FIGURE G.2 —	DÉVELOPPEMENT RACINAIRE DANS UN MÉLANGE TERRE-PIERRE	73
FIGURE G.3 —	DISPOSITIFS MODULAIRES EN CELLULES	75
ANNEXE H —	RÉFÉRENCES INFORMATIVES	76
ANNEXE I —	BIBLIOGRAPHIE	85

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

LUTTE AUX ILOTS DE CHALEUR URBAINS — AMÉNAGEMENT DES AIRES DE STATIONNEMENT — GUIDE À L'INTENTION DES CONCEPTEURS

INTRODUCTION

Depuis 1995, onze des douze années les plus chaudes jamais observées dans le monde ont été enregistrées et seraient attribuables aux concentrations croissantes des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère [61]. Les villes d'Amérique du Nord, « qui subissent actuellement des vagues de chaleur, devraient faire face à une hausse du nombre, de l'intensité et de la durée de ces phénomènes » [61]. Au Québec, les dix années les plus chaudes du XX^e siècle ont été enregistrées à partir des années 1980 [66]. Les prévisions indiquent que les températures moyennes continueront leur ascension dans les prochaines décennies [61], [14].

Cette hausse constante de la température observée et projetée accentuera un problème déjà existant et connu : les îlots de chaleur urbains. Les îlots de chaleur urbains sont des zones urbaines où la température de surface ou la température de l'air ambiant sont sensiblement plus élevées que la température moyenne dans l'ensemble de la ville. En plus du climat local, influencé par différents paramètres météorologiques comme la température, l'humidité relative et le vent, plusieurs causes de source anthropique favorisent l'émergence et l'intensification de ces îlots de chaleur urbains. Ces causes sont la perte progressive du couvert forestier et végétal, l'imperméabilité et le faible albédo des matériaux, les propriétés thermiques des matériaux, la morphologie urbaine, la taille des villes ainsi que la production de chaleur liée aux activités humaines (climatisation, voitures, activités commerciales et industrielles...). De plus, l'intensification de l'urbanisation exacerbe ce phénomène dans les régions méridionales du Québec.

Les îlots de chaleur urbains présentent un risque pour la santé publique et davantage pour certaines populations vulnérables, dont font partie les personnes socialement isolées et les personnes âgées. En effet, la chaleur accablante en période estivale, accentuée par les îlots de chaleur urbains, peut provoquer des inconforts, des faiblesses, des troubles de la conscience, des crampes, des syncopes, des coups de chaleur, voire exacerber les maladies chroniques préexistantes comme le diabète, l'insuffisance respiratoire, les maladies cardiovasculaires, cérébrovasculaires, neurologiques et rénales au point de causer la mort [13], [52]. Les agences de santé dans le monde, y compris au Québec et sur recommandation de l'Organisation mondiale de la santé, ont mis en place divers programmes de lutte aux effets de la chaleur accablante et de prévention des îlots de chaleur urbains. L'Institut national de santé publique du Québec, en collaboration avec la Direction de santé publique de Montréal, ont à cet effet produit un outil cartographique de repérage des îlots de chaleur urbains et de certaines populations vulnérables au Québec.

Les grandes aires pavées urbaines que sont les infrastructures routières, les cours d'école, les routes et les aires de stationnement sont recouvertes de bitume et d'autres matériaux à faible albédo qui absorbent la majorité du rayonnement solaire. Lors de journées chaudes et ensoleillées, ces surfaces peuvent atteindre des températures de l'ordre de 50 °C, créant des îlots de chaleur urbains [63]. Cependant, certaines pratiques d'aménagement intégrées permettent de contrer la formation d'îlots de chaleur urbains dans de telles zones et aident également à mieux gérer les eaux pluviales, deux problèmes qui pourraient s'aggraver dans un contexte de changements climatiques.

Dans un objectif de protection de la santé publique, le présent guide vise donc à contrer la formation d'îlots de chaleur urbains dans les aires de stationnement en proposant des pistes de solution pour un aménagement plus adapté et stratégique.

Si l'objectif du concepteur est de limiter l'augmentation de l'étendue des aires consacrées au stationnement sur le territoire des villes, il existe des moyens qui peuvent être mis en place à cet effet. Par exemple, en proposant un mode de développement urbain qui favorise la mobilité durable, l'utilisation du transport collectif et le covoiturage, ou par le resserrement des périmètres urbains.

Ces sujets ne sont pas abordés dans le présent guide, parce qu'il s'agit d'actions qui se situent en amont de la problématique des techniques d'aménagement des aires de stationnement dans le but de lutter contre les effets d'îlot de chaleur urbain.

Mentionnons que l'organisme Vivre en ville propose une approche élargie qui traite de ces concepts.

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

L'objectif du présent guide est de donner des renseignements, des lignes directrices et des recommandations pour améliorer la performance thermique d'une aire de stationnement afin d'en diminuer les effets d'îlot de chaleur urbain.

Ainsi, il présente les caractéristiques des îlots de chaleur urbains, des moyens pour lutter contre les effets de ces îlots de chaleur urbains ainsi que des documents de référence sur ce sujet.

Le présent guide traite de la réalisation de certains ouvrages comme les espaces végétalisés, les aménagements paysagers, les surfaces de roulement, les ouvrages reliés aux eaux de ruissèlement et d'autres aménagements. Il donne des exemples et des recommandations pour l'aménagement d'aires de stationnement.

Le présent guide s'applique à l'aménagement et au réaménagement des aires de stationnement hors rue, de petite ou de grande superficie. Il s'applique aux aires de stationnement existantes, aux aires de stationnement projetées ou aux aires de stationnement qui sont appelées à être rénovées.

Le présent guide s'adresse aux concepteurs, aux municipalités, aux organismes, aux ministères et aux propriétaires d'aires de stationnement.

2 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

Les numéros de référence entre crochets indiquent des documents dont la référence complète est donnée dans l'annexe H. Les références d'autres documents qui concernent le sujet du présent guide sont données dans la bibliographie de l'annexe I.

3 DÉFINITIONS

Pour les besoins du présent document, les termes suivants sont ainsi définis :

albédo, n. m. Rapport entre le rayonnement solaire réfléchi par une surface et le rayonnement solaire global incident. {Référence : [7] Office québécois de la langue française, *Le grand dictionnaire terminologique* (formulation modifiée).} Anglais : *albedo*.

NOTE — Les valeurs de l'albédo se situent entre 0 et 1. Plus l'albédo d'une surface est élevé, plus cette surface réfléchit la lumière et moins elle réchauffe le sol et, par conséquent, l'atmosphère.

émissivité, n. f. Propriété de la surface d'un corps d'émettre de la chaleur par radiation, exprimée par le rapport entre la radiation émise par cette surface et celle émise par un corps qui absorbe et transmet toute la radiation qui l'atteint (appelé corps noir), les deux corps étant à la même température. (Référence : [7] Office québécois de la langue française, *Le grand dictionnaire terminologique*.) Anglais : *emissivity*.

NOTE — L'émissivité d'une feuille d'aluminium est égale à 0,09 et celle d'une brique est de 0,90. Un corps réfléchissant toute la radiation qui l'atteint aura une émissivité nulle.

îlot de chaleur urbain, n. m. Endroit dans un milieu urbain où la température de l'air est plus élevée qu'ailleurs et qui a pour effet d'augmenter localement la chaleur ressentie. Anglais : *urban heat island*.

NOTE — Trois types d'îlots de chaleur urbains sont distingués dans la littérature, soit :

- les îlots de chaleur de surface : grâce à des lectures des rayons infrarouges émis et réfléchis par les surfaces, il est possible de déceler les endroits d'une ville où les surfaces sont les plus chaudes;
- les îlots de chaleur de la canopée urbaine, qui est la couche d'air comprise entre le sol et la cime des arbres ou entre le sol et les toitures des bâtiments, où l'essentiel de l'activité humaine se déroule;
- les îlots de chaleur de la couche limite urbaine, située au-dessus de la couche de la canopée. Les îlots de chaleur de la canopée urbaine et de la couche limite urbaine font référence à la température de l'air [59], [80].

indice de réflectance solaire, n. m. (abrév. : IRS). Indice exprimé normalement par un nombre allant de 0 à 100 combinant la capacité d'un corps d'absorber et de réémettre de la chaleur (émissivité) et la fraction du rayonnement solaire (direct et diffus) qui est réfléchi par une surface (albédo). Anglais : *solar reflectance index; SRI*.

performance thermique, n. f. Évaluation de paramètres précis comme le pourcentage d'ombre, l'IRS moyen, les surfaces de rétention d'eau et d'autres paramètres qui permettent d'évaluer, sur une échelle arbitraire, si une aire de stationnement a un potentiel de rafraîchissement plus ou moins important. Anglais : *thermal performance*.

NOTE — Une performance thermique élevée indique que l'effet d'îlot de chaleur est faible.

surface imperméable, n. f. Surface d'une aire de stationnement qui permet à l'eau de ruisseler et d'atteindre une sortie d'évacuation sans permettre la percolation de l'eau dans le sol. Anglais : *impervious surface*.

surface perméable, n. f. Surface d'une aire de stationnement qui permet à l'eau de percoler dans le sol. Anglais : *pervious surface*.

4 CARACTÉRISATION DES ILOTS DE CHALEUR URBAINS

4.1 LE PHÉNOMÈNE DES ILOTS DE CHALEUR URBAINS

Environnement Canada décrit les îlots de chaleur urbains comme des *zones urbanisées, caractérisées par des températures estivales plus élevées que l'environnement immédiat avec des différences qui varient, selon les auteurs, de 5 °C à 10 °C.*

Il a été démontré par plusieurs auteurs [39], [44], [68], [69], [71], [77], [78], [81], [82] que les pratiques d'aménagement avaient un effet direct sur la présence des îlots de chaleur, influençant par le fait même le confort thermique des citoyens. « Différentes occupations du sol ou des changements d'occupation du sol induisent différentes réactions climatiques en raison de leurs albédos différents. L'albédo n'est bien entendu pas le seul facteur responsable des différences climatiques entre deux surfaces et il n'est d'ailleurs pas évident de dissocier ces facteurs ainsi que leurs influences respectives. » [77]

Ainsi, les matériaux utilisés dans la construction des infrastructures urbaines, tels que les revêtements bitumineux, favorisent l'apparition d'îlots de chaleur urbains. Une étude américaine menée auprès de quatre grandes villes démontre que les surfaces pavées représentent de 30 % à 45 % de l'espace construit [34], d'où l'intérêt de se pencher d'un peu plus près sur l'aménagement de ces espaces et plus précisément des aires de stationnement.

Les grandes surfaces pavées que l'on trouve autour des centres commerciaux peuvent influencer la température de l'air à l'intérieur d'une zone qui dépasse les limites physiques du terrain qu'occupe l'aire de stationnement. L'élévation de température peut se faire ressentir dans les quartiers qui sont situés à proximité de ces îlots de chaleur urbains. Des exemples de profils de température mesurés aux alentours de centres commerciaux démontrent cet état de fait (voir annexe A). Il convient donc de tenir compte du fait que l'élévation globale de température d'une ville découle de la somme des élévations de température de ses multiples îlots de chaleur.

D'autres infrastructures que les aires de stationnement peuvent constituer des îlots de chaleur urbains, telles que les routes et les toits des bâtiments. Le présent document s'intéresse plus précisément aux aires de stationnement.

Le tableau de Grimmond [44] présente quelques causes de détérioration thermique d'un milieu.

CAUSES DES DÉTÉRIORATIONS THERMIQUES SELON GRIMMOND

Causes et effets des ilots de chaleur urbains	
Caractéristiques	Effets
<ul style="list-style-type: none"> — Présence accrue des surfaces minéralisées — Structures verticales de grande dimension — Réduction du <i>facteur de vue du ciel</i>* 	<ul style="list-style-type: none"> — Absorption accrue de la radiation solaire — Diminution de la perte radiative infrarouge émise par les objets — Réduction du déplacement des flux de chaleur turbulents — Réduction de la vitesse des vents
Caractéristiques thermiques des matériaux de surface (bâtiments et infrastructures)	<ul style="list-style-type: none"> — Capacité thermique accrue — Conductivité accrue — Augmentation de la capacité d'emmagasinement de la chaleur
Caractéristiques hydriques	<ul style="list-style-type: none"> — Taux de surfaces imperméables élevé — Évacuation rapide de l'eau pluviale et modification du cycle naturel de l'eau — Ruissèlement accru et accéléré — Diminution de l'évapotranspiration

* Mesure de l'ouverture vers le ciel d'une texture urbaine qui a une influence sur divers phénomènes climatologiques tels que l'îlot de chaleur urbain, l'éclairage naturel et l'absorption de chaleur.

{ Source : [44] Grimmond, 2007 (partie du tableau, traduction libre). }

4.2 CARTOGRAPHIE DES ILOTS DE CHALEUR URBAINS AU QUÉBEC

Les ilots de chaleur urbains peuvent être détectés en mesurant la température des surfaces par satellite afin de cartographier ces zones à petite échelle (résolutions possibles de 60 m à 120 m. Les données obtenues grâce à cette méthode ajoutées à des données d'autres sources ont permis à l'Institut national de santé publique du Québec d'élaborer un outil de repérage des ilots de chaleur urbains du Québec. Cet outil offre aux concepteurs de projets d'aménagement une carte interactive qui permet de localiser les zones d'ilots de chaleur urbains sur le territoire du Québec dans des secteurs qui possèdent une densité minimale de 400 habitants par km². Le concepteur peut consulter cette carte gratuitement à l'adresse Internet suivante : http://geoegl.mspq.gouv.qc.ca/inspq_icu.

Pour détecter les ilots de chaleur urbains à une échelle plus fine, il est également possible de munir des avions ou des hélicoptères d'une caméra thermique afin d'obtenir des images à quelques mètres de résolution et même à une quinzaine de centimètres (p. ex. : compagnie Hansa Luftbild). Des mesures de température plus ponctuelles s'avèrent également réalisables à l'aide d'un thermomètre

numérique à rayonnement infrarouge pour connaître la température en un point précis de la surface du sol (p. ex. : compagnie VWR). Également, il existe des caméras thermiques portables (p. ex. : compagnie Fluke, modèle Ti55FT10/20/54; compagnie NEC, modèle R300Z) munies d'un détecteur ayant une résolution de 320 points × 240 points.

4.3 CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX DE SURFACE DES AIRES DE STATIONNEMENT

Les ilots de chaleur urbains sont causés, en partie, par les matériaux qui composent les surfaces des aires de stationnement; il est donc important de caractériser ces matériaux selon certains paramètres afin de pouvoir expliquer leur comportement et de faire des choix éclairés pour leur utilisation.

Selon l'Environmental Protection Agency (EPA), trois paramètres fondamentaux se trouvent associés aux matériaux de surface pour en caractériser le comportement, soit l'albédo, l'émissivité et la perméabilité. En plus de ces trois paramètres, il convient de prendre en considération un quatrième qui est de plus en plus utilisé, soit l'indice de réflectance solaire (IRS), un indice combinant l'émissivité et l'albédo. Ces quatre paramètres sont définis dans le chapitre 3.

Un matériau ayant un indice de réflectance solaire élevé, tel du béton blanc neuf (IRS de 86), conservera une température fraîche peu importe la puissance du rayonnement solaire auquel il est exposé. À titre indicatif, le tableau ci-dessous présente l'IRS de différents matériaux.

VALEUR DE L'IRS (SRI) POUR QUELQUES MATÉRIAUX

Matériau	IRS (SRI)	Source*
Asphalte neuf	0	1
Asphalte vieilli	6	1
Tuile de béton rouge	17	2
Béton gris typique vieilli	19	1
Pavé de béton gris naturel	32	3
Béton gris neuf	35	1
Tuile d'argile rouge	36	2
Béton blanc typique vieilli	45	1
Pavé de béton gris sable	46	3
Pavés de calcaire	62	2
Béton blanc neuf	86	1
Tuile de béton blanche	90	2

*Source 1 : [23] Conseil du bâtiment durable du Canada, 2010.

*Source 2 : [58] Natural Stone Council, 2009.

*Source 3 : Fabricant de pavés de béton.

Les valeurs de l'IRS que l'on trouve habituellement dans la littérature, pour les champs et la forêt, ne tiennent pas compte de facteurs qui diminuent l'effet d'îlot de chaleur comme l'ombre qui est produite par les végétaux, l'évaporation et l'évapotranspiration. Ces valeurs ne tiennent pas compte des températures au niveau du sol et au niveau de la canopée. L'IRS est une mesure qui est habituellement utilisée pour caractériser les matériaux inertes.

La norme ASTM E1980 [3] encadre le calcul de l'IRS et donne deux méthodes de calcul. Chacune de ces méthodes de calcul constitue une approche particulière.

NOTE — Le calcul de l'IRS selon la norme ASTM E1980 [3] donne des résultats qui s'échelonnent de 0 à 100, mais, selon le contexte (albédo et émissivité), il arrive que les valeurs calculées soient négatives ou au-dessus de 100. Ceci est directement attribuable aux formules, mais, en pratique, l'échelle de 0 à 100 est utilisée.

D'autres paramètres, qui ne sont pas abordés ici, peuvent aussi influencer la température des matériaux, soit : la convection (vélocité), la conductivité thermique, la capacité thermique d'emmagasinement, l'épaisseur du matériau et la morphologie urbaine, c'est-à-dire la dimension des bâtiments et l'espacement entre ceux-ci, de même que le facteur de vue du ciel (*sky view factor*), qui génèrent souvent des canyons urbains [41].

4.4 INDICATEURS DE PERFORMANCE THERMIQUE D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT

4.4.1 Généralités

Pour évaluer et comparer les aires de stationnement, le présent document fait référence à la notion de « performance thermique ». L'évaluation de la performance thermique d'une aire de stationnement a pour objectif de déterminer certains paramètres qui pourront servir de comparatifs entre des aires de stationnement existantes ou pour évaluer l'amélioration de la performance thermique d'une aire de stationnement existante avant et après des travaux d'aménagement. Plus une aire de stationnement présente une performance thermique élevée, plus l'effet d'îlot de chaleur urbain est minimisé. Les paramètres évalués peuvent aussi servir à établir la performance thermique minimale à atteindre dans un contexte particulier.

Pour connaître la performance thermique d'une aire de stationnement, il est possible d'évaluer les paramètres suivants : pourcentage d'ombre, IRS moyen, proportion de surfaces perméables et de surfaces imperméables.

4.4.2 Ombre

Le calcul de l'ombre a pour objectif de déterminer le pourcentage de la surface de l'aire de stationnement qui ne reçoit pas de rayonnement solaire directement au sol. L'ombre sera produite par les arbres, par les bâtiments voisins ou par d'autres moyens comme des panneaux solaires, des structures, des parasols ou autres.

Le calcul du pourcentage d'ombre constitue un moyen possible de comparer deux aires de stationnement. Éventuellement, le pourcentage d'ombre pourrait aussi devenir une exigence réglementaire. La méthode de calcul devrait tenir compte de plusieurs paramètres pour donner des résultats fiables.

La Ville de Sacramento a développé une méthode de calcul qui doit être suivie par les demandeurs d'un permis de construction d'une aire de stationnement. Le critère à atteindre est de 50 % d'ombre (heure et période de l'année non indiquées). Cette méthode de calcul peut être utilisée par le concepteur. Elle est simple à appliquer, mais elle ne tient pas compte de la position du soleil et des surfaces où l'ombre est produite [20].

Le programme LEED du Conseil du bâtiment durable du Canada propose, pour sa part, une méthode de calcul qui est différente et qui tient compte de la position du soleil et des surfaces ombragées pour déterminer le pourcentage d'ombre. Il tient compte également de l'IRS des matériaux inertes. En effet, le programme de certification LEED Canada propose, dans son système d'évaluation des bâtiments durables, un crédit pour des mesures visant à réduire les effets d'îlot de chaleur urbain. Le texte relatif au crédit 7.1 du programme LEED [23] est reproduit dans l'annexe F. Les exigences qu'on y trouve s'appliquent aux éléments autres que les toitures de bâtiments. Il est recommandé au concepteur de lire l'analyse du programme LEED qui est faite dans l'annexe F en rapport avec les objectifs du présent guide.

Lorsque le concepteur calcule le pourcentage d'ombre, il est recommandé qu'il énonce clairement les hypothèses et la méthode de calcul utilisées (position du soleil, heure et date, âge et dimension de la canopée des arbres, ombre d'autres infrastructures avoisinantes, logiciel de simulation). Il convient également que le concepteur présente les données utilisées pour caractériser l'ombrage des arbres.

4.4.3 IRS moyen d'une aire de stationnement

Le calcul de l'IRS moyen d'une aire de stationnement peut aussi servir de paramètre de mesure ou de comparaison de la performance thermique de plusieurs aires de stationnement.

L'IRS moyen d'une aire de stationnement est évalué en tenant compte ou non de l'ombre. Lorsqu'on ne tient pas compte de l'ombre, il faut calculer la valeur moyenne pondérée de toutes les surfaces au niveau du sol. Lorsqu'on tient compte de l'ombre, il faut calculer la valeur moyenne pondérée de toutes les surfaces que l'on voit en plan (à vol d'oiseau).

Lorsque le concepteur utilise cette méthode de calcul, il est recommandé qu'il indique de quel document de référence la valeur de l'IRS a été tirée. Une feuille de calcul est donnée dans l'annexe B afin de présenter un exemple de calcul de l'IRS (moyenne pondérée).

4.4.4 Surfaces perméables et imperméables

La superficie de la surface perméable par rapport à celle de la surface totale de l'aire de stationnement est un indicateur potentiel de la performance thermique dans la mesure où ces surfaces sont à même de contribuer à diminuer la température par évaporation d'eau.

Cette donnée peut être indiquée sous forme de pourcentage. Plus le pourcentage est élevé, plus l'aire de stationnement comporte des surfaces perméables, et meilleure est la performance thermique.

4.4.5 Performance thermique globale de l'aire de stationnement

Afin de dresser un portrait complet de la performance thermique d'une aire de stationnement ou pour effectuer une comparaison de deux aires de stationnement, il est possible d'utiliser un ou plusieurs des indicateurs de performance présentés. Chaque indicateur donne une évaluation selon une approche particulière et permet de connaître les caractéristiques physiques de l'aire de stationnement.

Pour améliorer la performance thermique d'une aire de stationnement, on utilise différents moyens, comme la réduction de l'espace minéralisé, la création d'ombre, l'utilisation de matériaux réfléchissant le rayonnement solaire et des moyens favorisant l'évaporation (voir chapitre 5).

5 LUTTE AUX ILOTS DE CHALEUR URBAINS

5.1 MESURES DE MITIGATION

Considérant les effets du réchauffement climatique sur l'intensification du phénomène d'îlots de chaleur urbains, plusieurs auteurs et groupes de recherche se sont penchés sur des mesures de mitigation pour en réduire les effets tant sur la santé que sur la consommation énergétique [25], [32], [34], [44], [50], [83]. La World Health Organization [83] recense divers exemples; ainsi, à Munich (1985), l'augmentation du nombre d'arbres a modifié les périodes de canicule, dont l'indice est passé de « chaleur extrême » à « chaleur élevée »; à Berlin (1985), selon la superficie de la surface végétalisée, les bienfaits se font ressentir de 150 m à 900 m de cette surface, tout comme à Bonn, où la distance est de l'ordre de 250 m; à Tel-Aviv (2000), la présence de cours d'eau a réduit la température de l'air et a augmenté l'humidité relative.

5.2 STRATÉGIE DE MISE EN ŒUVRE DES MESURES DE MITIGATION

Les éléments de réflexion qui sont présentés dans les paragraphes qui suivent sont donnés afin d'aider le concepteur à choisir les mesures de mitigation qu'il mettra en place pour lutter contre les îlots de chaleur urbains.

Les surfaces minérales imperméables et foncées, comme les enrobés bitumineux, qui sont continuellement exposées au soleil sont la première cause d'élévation de température des aires de stationnement. Ces revêtements de surface, qui sont d'usage courant, font partie de l'aménagement conventionnel d'une aire de stationnement et sont les premiers éléments sur lesquels le concepteur devrait travailler.

Pour parvenir à lutter efficacement contre les îlots de chaleur urbains, le concepteur ou l'autorité réglementaire peuvent considérer la possibilité d'utiliser, dans l'ordre proposé, les solutions qui s'offrent à eux :

- réduire la superficie de l'aire de stationnement (approche réglementaire pour réduire la superficie totale de l'aire, le nombre ou la taille des cases de stationnement [voir article 5.4]);
- verdifier les aires de stationnement et les environs :
 - conserver les espaces végétalisés naturels et existants sur le site;
 - planter différents types de végétaux et plus particulièrement des arbres à grand déploiement pour créer de l'ombrage à l'intérieur de l'aire de stationnement et réduire la chaleur ambiante; cela inclut aussi d'autres moyens comme les toits vert, les murs végétalisés, etc.
- gérer les eaux de pluie sur le site :
 - favoriser l'infiltration des eaux de pluie dans le sol ou dans les surfaces perméables;
 - créer des zones d'accumulation des eaux de pluie souterraines ou en surface;

- utiliser des surfaces ayant un IRS élevé ou une forte perméabilité (surtout les espaces qui ne sont pas ombragés ou qui sont exposés le plus longtemps au rayonnement solaire. Dans plusieurs cas, il s'agit des voies de circulation).

L'utilisation d'une seule ou de plusieurs des mesures de mitigation suggérées plus haut dépend de plusieurs facteurs qui sont particuliers à chaque aire de stationnement (voir article 5.3.2).

Un exemple d'aménagement d'une aire de stationnement où ces recommandations ont été appliquées est présenté dans le chapitre 6.

5.3 OBJECTIFS DE PERFORMANCE ET ÉLÉMENTS DE CONCEPTION

5.3.1 Objectifs de performance d'une aire de stationnement

Il existe une vaste gamme de moyens pour lutter contre les ilots de chaleur urbains qui peuvent être utilisés dans l'aménagement des aires de stationnement.

La diversité de configurations, de superficies et de contextes des aires de stationnement fait en sorte qu'il est possible d'utiliser des moyens différents et adaptés à chaque situation pour lutter contre les ilots de chaleur urbains.

L'état des connaissances et le développement de pratiques reconnues ne permettent pas encore de définir avec précision les performances susceptibles d'être exigées en fonction d'une classification des aires de stationnement qui serait élaborée à cet effet. Étant donné cette situation, il est préférable de cibler un même niveau de performance pour toutes les aires de stationnement et d'utiliser des moyens différents et appropriés à chaque situation pour atteindre cet objectif. Le principal objectif devrait être de poser des actions qui contribueront à diminuer les effets d'îlot de chaleur urbain.

5.3.2 Éléments de conception connexes à considérer

Dans la réglementation municipale, les aires de stationnement sont souvent identifiées par le type d'usage que l'on trouve dans le règlement de zonage. On distingue alors les aires de stationnement suivantes :

- aire de stationnement en zone commerciale;
- aire de stationnement en zone industrielle;
- aire de stationnement en zone résidentielle;
- stationnement sur rue.

Les aires de stationnement peuvent aussi être caractérisées par une typologie liée à la forme, à la dimension ou à la relation avec l'environnement bâti.

Lors de la conception d'une aire de stationnement qui doit contribuer à la diminution des ilots de chaleur urbains, il convient de considérer plusieurs paramètres de conception, comme ceux associés à l'affectation du bâtiment, la durée et la fréquence d'utilisation des cases de stationnement, les utilisateurs de l'aire de stationnement, le contexte physique (géographique) ou encore la tarification des aires de stationnement. L'annexe C présente des éléments de réflexion sur ce sujet.

5.4 RECOMMANDATIONS DU MAMROT POUR LA LUTTE AUX ILOTS DE CHALEUR URBAINS

Les villes et les municipalités ont le pouvoir de règlementer sur différents aspects en matière d'aménagement urbain afin d'encadrer le stationnement des véhicules. Par la réglementation municipale, il est, par conséquent, possible de contribuer à lutter contre les îlots de chaleur urbains que constituent les aires de stationnement extérieures et promouvoir des aménagements qui n'aggravent pas ce problème.

Dans cette optique, le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT) propose différentes dispositions réglementaires que pourraient adopter les municipalités afin de réduire les effets d'îlot de chaleur urbain des aires de stationnement.

Ces dispositions sont illustrées au moyen d'exemples qui sont présentés dans l'annexe E et touchent les sujets suivants :

- Nombre de cases de stationnement
 - Réduction du nombre de cases de stationnement
 - Imposition d'un nombre maximal de cases de stationnement
 - Utilisation commune d'aires de stationnement
 - Incitatifs au stationnement partagé
 - Élimination de l'obligation de fournir des cases de stationnement
- Dimensions des cases de stationnement
 - Réduction des dimensions minimales des cases de stationnement
 - Aménagement de cases de stationnement de différentes dimensions
 - Établissement de grandeurs maximales de cases de stationnement
 - Aménagement de cases pour les voitures de petit gabarit et les vélos
- Aires de stationnement intérieures
 - Réduction de la superficie des aires de stationnement extérieures par l'aménagement d'aires de stationnement souterraines ou étagées
- Aménagement des aires de stationnement
 - Végétalisation des aires de stationnement
 - Gestion durable des eaux de ruissèlement
 - Utilisation de revêtements de surface appropriés

5.5 LE VERDISSEMENT DES AIRES DE STATIONNEMENT

5.5.1 Généralités

La plantation de végétaux, dans une aire de stationnement, contribue à limiter l'augmentation de température de l'air et des matériaux grâce aux surfaces perméables exigées pour la plantation et à l'ombrage que ces zones végétalisées créent. Il est conseillé d'utiliser tous les espaces disponibles pour végétaliser, y compris les toits et les murs des bâtiments attenants aux aires de stationnement. Dans tous les cas, il est recommandé au concepteur de demander conseil auprès d'un expert en végétaux pour s'assurer de faire les bons choix.

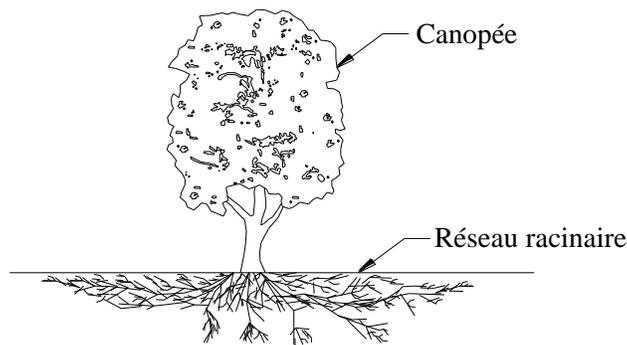
L'annexe D présente des images thermiques de deux secteurs d'habitation où des plantations d'arbres ont été faites. Ces images font ressortir l'effet de la végétation sur le réchauffement thermique de ces secteurs.

Parmi les végétaux, les arbres contribuent de façon importante à réduire l'effet d'îlot de chaleur et sont à privilégier dans tout aménagement d'aire de stationnement. Pour que les plantes, et en particulier les arbres, puissent se développer en ayant une croissance normale, il convient de tenir compte des besoins vitaux suivants :

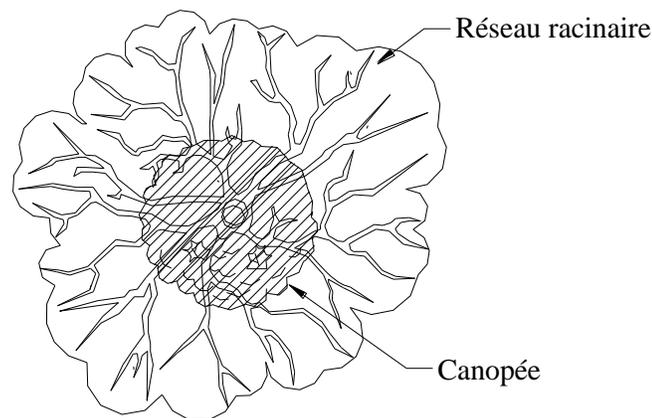
- besoin en oxygène des racines;
- besoin en eau de qualité adéquate;
- besoin en éléments nutritifs;
- besoin en lumière;
- besoin d'un espace aérien et souterrain adapté à sa croissance future.

Pour pouvoir répondre à ces besoins, le concepteur doit tenir compte de quelques facteurs qui constituent un défi pour la croissance des arbres dans une aire de stationnement :

- Le réseau racinaire d'un arbre est beaucoup plus étendu que la projection des branches de l'arbre sur la surface du sol, la superficie occupée pouvant être jusqu'à 4 fois supérieure (voir illustration 1).



VUE EN ÉLÉVATION



VUE EN PLAN

ILLUSTRATION 1 — DÉVELOPPEMENT SUPERFICIEL DU RÉSEAU RACINAIRE D'UN ARBRE

{ Source : [56] Matheny et Clark, 1998 (adaptation). }

- Les racines des arbres ne se développent généralement pas en profondeur, mais surtout près de la surface. Plus de 80 % des racines actives pour l'entrée de l'air et de l'eau (radicelles) se trouvent dans les 10 premiers centimètres de sol [54]. Certaines racines peuvent suivre des voies créées par des fissures naturelles ou des galeries de terre, par exemple, et descendre plus en profondeur. Dans des sols à texture plus grossière comme les sols sablonneux, l'air peut pénétrer plus facilement et est plus présent en profondeur, ce qui peut amener les racines à s'y développer plus facilement (voir l'exemple de recouvrement de paillis comparé à une surface de gazon de l'illustration 2).
- Le haut degré de compaction des infrastructures modernes de voirie (gravier) qu'on trouve surtout dans les zones de circulation des véhicules empêche les racines des arbres de s'y développer; il est, par conséquent, impossible pour un arbre de

déployer un réseau racinaire fonctionnel propice au développement de son plein potentiel dans de telles conditions.

- L'illustration 2 présente la différence entre un réseau racinaire qui se développe sous du gazon et un réseau racinaire qui se développe sous une surface de paillis. Le paillis est un matériau organique constitué de feuilles, de sciure de bois, de paille, de résidus d'exploitation, qui sont broyés et épandus à la surface du sol pour conserver l'humidité, limiter le développement des mauvaises herbes et contrôler l'érosion (paillis de chaume, paillis de poussière).
- Il importe de mentionner que l'apport en éléments organiques nutritifs nécessaires à la survie des arbres, quelques années après leur plantation, a souvent été surévalué; les cas d'arbres matures qui se sont développés sans apport d'engrais ou d'amendements fertilisants sont fréquents (p. ex. : Grande Allée à Québec). Ainsi, il est impératif avant tout de faire place à l'air et à l'eau dans le sol. Lors de la mise en terre de l'arbre, il est primordial que les conditions nécessaires à sa survie soient respectées.

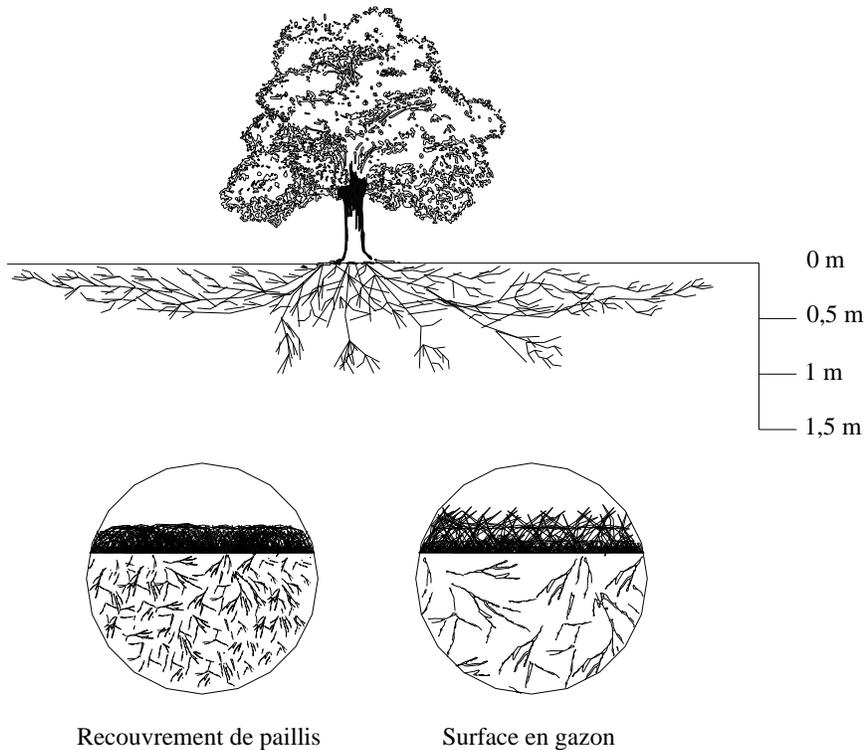


ILLUSTRATION 2 — DÉVELOPPEMENT EN PROFONDEUR DU RÉSEAU RACINAIRE D'UN ARBRE

{Source : [46] Harris, Clark et Matheny, 2004 (adaptation).}

5.5.2 Conservation et protection des arbres existants

De la conception du projet à la réalisation des travaux de construction pour l'aménagement ou le réaménagement d'une aire de stationnement, il est recommandé au concepteur de tenir compte des éléments suivants pour protéger les arbres existants :

- minimiser les pertes ou les blessures racinaires lors des travaux d'excavation et de compaction;
- éviter, lorsque cela est possible, le rehaussement et l'abaissement du sol environnant, et, dans le cas où cela doit être fait, prévoir des moyens adéquats pour permettre la survie des arbres;
- protéger les arbres durant les travaux par des moyens appropriés afin d'assurer l'intégrité des branches, des feuilles et de l'écorce du tronc et aussi préserver l'intégrité du système racinaire en minimisant les zones de circulation de véhicules lourds et d'entreposage des matériaux;
- tailler les arbres de façon que les véhicules ne puissent pas endommager les branches les plus basses durant les travaux et que les piétons ne soient pas incommodés.

Il est recommandé au concepteur de veiller à ce que les exigences de la partie IX de la norme NQ 0605-100 [1] soient respectées afin de conserver les arbres et les arbustes lors des travaux d'aménagement et de construction.

5.5.3 Les plantations d'arbres

5.5.3.1 Les espaces de plantation adéquats — Il a été constaté que les arbres plantés dans des fosses de plantation trop petites et entourées de gravier compacté ne se développaient pas normalement et mouraient en moyenne moins de 5 ans après leur plantation dans les milieux fortement urbanisés ou cessaient leur développement. Ne pouvant pas développer leur réseau racinaire normal, ces arbres ont vite fait de coloniser tout le sol disponible pour les racines et sont alors soumis à la sécheresse, au manque d'air et parfois au sel de déglacage, de sorte qu'ils dépérissent et meurent à court ou à moyen terme.

Le défi principal des concepteurs d'aires de stationnement intégrant des arbres en vue de créer de l'ombrage consiste à créer des conditions de croissance favorables aux arbres dans un espace réduit et inhospitalier, notamment par la création d'une surface de plantation de dimensions suffisantes. Dans ce but, il est recommandé au concepteur de favoriser toute augmentation de la surface et du volume de sol disponible pour les arbres non seulement dans le but d'assurer la croissance suffisante de leur cime, mais aussi afin d'en assurer la survie pendant de nombreuses années. Cela est possible, par exemple, en concevant des zones de plantation en grandes banquettes continues de sol plutôt que de petites fosses ou de petits espaces individuels. On peut aussi utiliser toute autre méthode d'augmentation du volume et de la surface de sol disponible.

5.5.3.2 Fosses de plantation — Le réseau racinaire d'un arbre doit pouvoir se développer facilement et rapidement pour en assurer une croissance constante jusqu'à sa maturité. Ainsi, il convient de construire une fosse de plantation adéquate.

Dans le cas des fosses de plantation usuellement utilisées pour un seul arbre, il est recommandé au concepteur de se référer aux exigences de la partie VIII de la norme NQ 0605-100 [1], qui traite de ce sujet pour les arbres et les arbustes. L'illustration 3, qui est extraite de la norme, présente un exemple d'une fosse de plantation généralement utilisée pour la plantation d'un arbre.

Il est aussi recommandé au concepteur, lorsque cela est possible, d'utiliser des matériaux de fondation qui permettent le développement racinaire des arbres. Les mélanges terre-pierre, qui sont constitués d'un mélange de pierres nettes, de terre et parfois d'agents liants, procurent un milieu adéquat pour atteindre cet objectif (voir article 5.5.3.4 et annexe G).

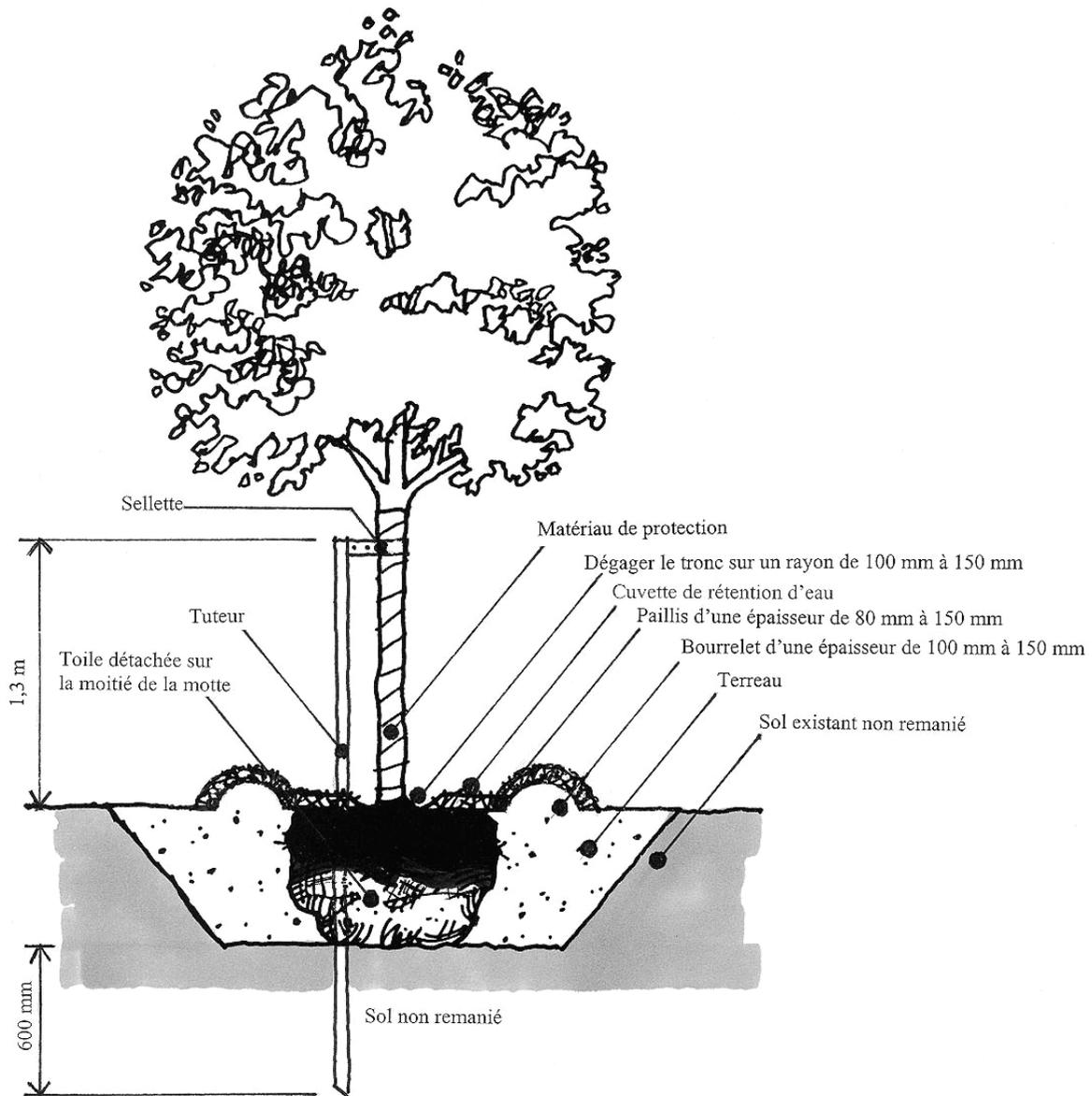


ILLUSTRATION 3 — FOSSE DE PLANTATION POUR UN ARBRE

Toutes les fosses de plantation devraient respecter certaines exigences minimales, qu'il s'agisse d'une fosse pour un seul arbre ou d'une fosse qui contient plusieurs arbres et arbustes. Il est recommandé au concepteur de tenir compte des paramètres suivants :

- Le volume de la fosse est établi en fonction de l'arbre planté.
- La fosse a un volume minimal recommandé.

- Lorsque plusieurs arbres sont plantés, il convient d'assurer la continuité de la fosse de plantation.
- Les fosses de plantation doivent avoir un fond perméable.
- Lorsque cela est possible, les fosses de plantation doivent avoir une largeur suffisante (de 2,5 m à 3 m) pour empêcher les véhicules d'entrer en contact avec le tronc.

Le document *Tree Space Design — Growing the Tree Out of the Box* [18] présente des exemples de fosses de plantation dont certains sont reproduits dans l'illustration 4. Ce document propose aussi une méthode de conception des fosses de plantation. Il est recommandé au concepteur de s'y référer pour concevoir les fosses de plantation (volume, profondeur et autres paramètres techniques). Les images de plantations en banquette qu'on voit dans l'illustration 4 ont pour objectif de montrer la croissance maximale qu'un arbre peut atteindre en fonction des dimensions de la fosse de plantation.

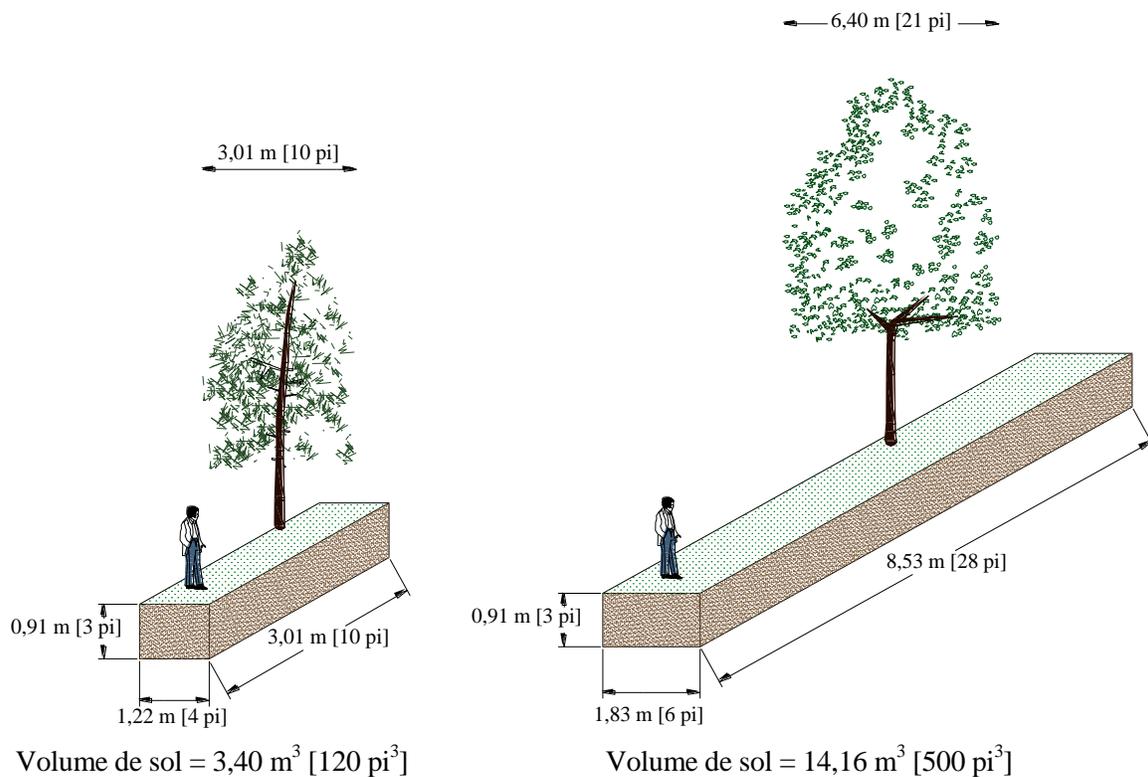
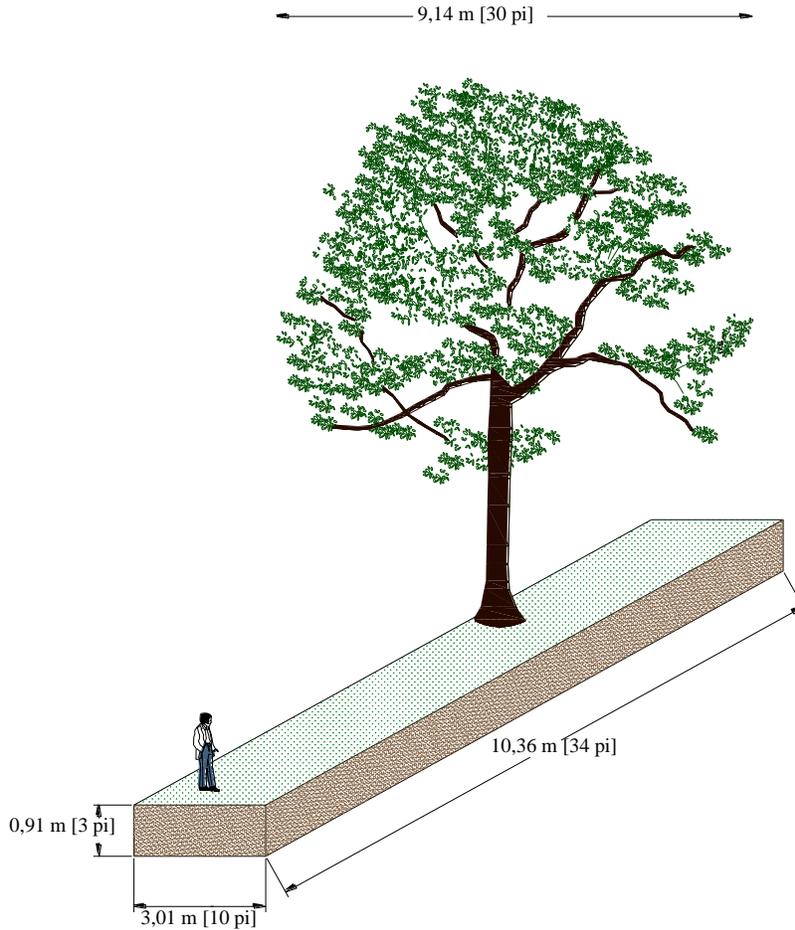


ILLUSTRATION 4 — EXEMPLES DE FOSSES DE PLANTATION



Volume de sol = 28,32 m³ [1000 pi³]

ILLUSTRATION 4 — EXEMPLES DE FOSSES DE PLANTATION (suite et fin)

5.5.3.3 Chemins racinaires — Dans un contexte de fondation granulaire classique d'aire de stationnement qui ne permet pas facilement le développement racinaire et, par le même fait, de la couronne de l'arbre, il existe une autre technique qui peut être appliquée, soit les chemins racinaires (sandwich terre-pierre ou terreau, tubes rigides perforés avec terreau, par exemple).

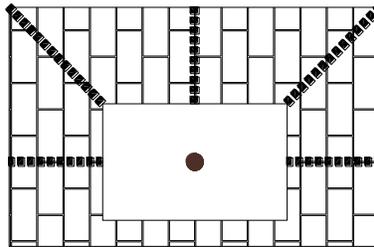
Il existe également des dispositifs modulaires en cellules assurant la stabilité des trottoirs tout en permettant l'intégration d'un important volume de sol. À l'essai dans certaines villes canadiennes, ceux-ci semblent prometteurs, puisqu'ils sont susceptibles d'augmenter la croissance et la survie des arbres en fosses (voir article 5.5.3.4 et annexe G). Cependant, il convient de souligner qu'une aire de stationnement demeure un milieu très inhospitalier pour la survie des végétaux, particulièrement si ces derniers ne sont pas irrigués ou arrosés en période de canicule.

Pour pallier la trop petite taille d'une fosse de plantation qui freinera le développement du réseau racinaire, il est possible de créer des chemins racinaires à l'aide de tuyaux ou d'autres techniques. Ces derniers peuvent être installés dans la fondation de la chaussée afin de permettre aux racines de s'y développer et peuvent même servir de pont vers des sols intéressants pour les racines dans le

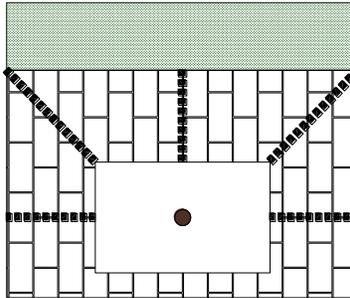
voisinage des espaces de plantation. Quelques exemples de ces techniques qui sont tirés du document cité dans l'article 5.5.3.2 [18] sont présentés ci-après (voir illustration 5). Cette technique peut se révéler intéressante à condition que l'eau et l'air des surfaces puissent atteindre les zones souterraines de croissance racinaire.

Il est recommandé au concepteur de se référer à ce document pour la conception des fosses de plantation.

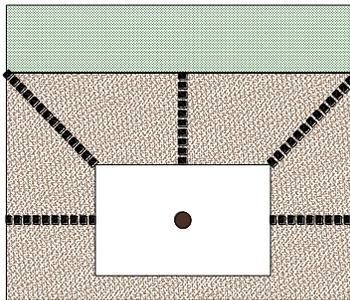
Mentionnons qu'il n'y aurait pas de projets réalisés à l'aide de cette technique au Québec, mais qu'en Ontario, quelques projets ont été réalisés.



Chemins racinaires



Chemins racinaires reliés à une zone de verdure sous un sol perméable



Chemins racinaires reliés à une zone de verdure sous un sol imperméable

ILLUSTRATION 5 — TECHNIQUES PERMETTANT LE DÉVELOPPEMENT D'UN RÉSEAU RACINAIRE SOUS UNE CHAUSSÉE (VUES EN PLAN)

5.5.3.4 Mélanges de terre et de pierre — Les mélanges terre-pierre sont formés de terre, de pierre et parfois d'autres substances ou matériaux dans des proportions qui sont variables.

Ce type de mélange possède une capacité structurale qui en permet l'usage sous une surface de roulement ou qui pourrait être soumise à la compaction. Ce mélange, qui forme un réseau solide et drainant rempli de gravier enrobé et de terre, permet au réseau racinaire de l'arbre de se développer entre les pierres. Pour que le mélange terre-pierre soit efficace pour la croissance des arbres, il doit permettre à l'air et à l'eau d'y pénétrer. Ces mélanges peuvent être utilisés sous la surface de roulement d'une aire de stationnement comme structure de chaussée ou sous un trottoir ou un espace piétonnier.

D'autres systèmes utilisent des structures de plastique rigides qui peuvent loger un substrat permettant aux racines des arbres de se développer. Ce système aurait une capacité portante suffisante pour supporter les charges d'une route.

Des renseignements sur ces produits et techniques sont donnés dans l'annexe G.

5.5.3.5 Mélanges standards — Il est recommandé au concepteur de voir à ce que les mélanges utilisés pour la plantation des arbres répondent aux exigences de la partie III de la norme NQ 0605-100 [1], qui traite des terreaux utilisés à cette fin.

5.5.4 Choix des essences d'arbres

5.5.4.1 Généralités — Il est recommandé au concepteur de faire appel à des experts pour l'assister dans le choix des essences d'arbres. Il est également conseillé d'analyser certains paramètres qui sont décrits dans le présent article afin de faire un choix judicieux des essences d'arbres.

Pour que les arbres plantés puissent résister aux facteurs climatiques, le concepteur doit tenir compte de la rusticité de l'espèce, de la variation de température annuelle, de la direction et de la force des vents et de la neige ainsi que de la façon dont ces paramètres sont susceptibles d'évoluer avec les changements climatiques au cours de la durée de vie des arbres.

Il est recommandé que le concepteur prenne en considération les facteurs édaphiques, c'est-à-dire les composants chimiques, physiques et biologiques du sol ayant une influence sur les organismes vivants. Il faut aussi que le concepteur tienne compte du fait que certaines maladies et insectes ravageurs peuvent nuire à certaines essences d'arbres.

D'autres paramètres, comme l'espace souterrain et aérien disponibles, doivent également être pris en considération.

Dans le contexte des changements climatiques, le concepteur peut aussi tenir compte des conditions météorologiques qui prévaudront au cours des prochaines années.

Les facteurs liés à l'esthétique constituent aussi un élément qui permettra au concepteur de faire une intégration harmonieuse des végétaux dans les aménagements paysagers. Ces considérations liées à l'esthétique et à l'intégration dans le paysage des aménagements des aires de stationnement ne sont

pas prises en compte dans le présent chapitre, mais d'autres éléments de conception dont le concepteur peut tenir compte sont présentés dans l'annexe C.

5.5.4.2 Sélection des essences d'arbres — Lors de la sélection des espèces et des cultivars, il est recommandé au concepteur de respecter les critères suivants qui sont propres aux contraintes environnementales des aires de stationnement en plus de tenir compte des facteurs généralement considérés que sont la rusticité et la résistance aux ravageurs et aux maladies :

- résistance au stress causé par les variations de température;
- résistance au stress hydrique (inondations et périodes de sécheresse);
- résistance aux sels de déglçage (eaux de ruissèlement salines et embruns salins);
- résistance à la pollution de l'air;
- résistance à la compaction du sol;
- application de mesures de protection contre le vandalisme;
- attractivité pour les rongeurs;
- entretien nécessaire (p. ex. : taille).

Il convient de considérer ces critères afin d'en évaluer les effets potentiels sur la vie utile des végétaux après leur plantation. Mentionnons que les arbres indigènes ne sont pas toujours les plus viables dans les milieux urbains contraignants et que plusieurs autres choix peuvent se révéler judicieux. Par contre, il reste possible d'utiliser, dans plusieurs situations, des végétaux indigènes produits par les pépinières.

Il est également recommandé au concepteur de tenir compte des propriétés allélopathiques de certaines espèces lors de l'aménagement de zones végétalisées. En effet, ces espèces peuvent nuire à la croissance d'autres végétaux et ainsi se révéler problématiques dans les cas de plantations mixtes ou denses.

Il est recommandé au concepteur de choisir différentes essences d'arbres afin d'augmenter la diversité des espèces présentes (biodiversité) et d'ainsi limiter les problèmes importants de ravageurs ou de maladies souvent associées aux monocultures.

Pour que le concepteur puisse connaître certaines caractéristiques des arbres afin de faire un choix, il lui est recommandé de consulter les documents suivants :

- *Répertoire des essences arboricoles de la Ville de Québec* [65].
- *Guide des normes de plantation* [45].
- *Guide sur le verdissement — Pour les propriétaires institutionnels, commerciaux et industriels — Contrer les îlots de chaleur urbains* [26].

- *Répertoire des arbres et arbustes ornementaux* [28].
- *Design Guidelines for "Greening" Surface Parking Lots* [73].
- *Parking Lot Tree Shading Design and Maintenance Guidelines* [20].
- *Recommended Urban Trees: Site Assessment and Tree Selection for Stress Tolerance* [10].

Les trois premiers documents ont été élaborés par des organismes du Québec et sont donc rédigés pour les conditions qui prévalent au Québec. Les trois autres documents ont été rédigés en fonction des conditions qui prévalent respectivement à Toronto, en Californie et dans l'État de New York.

Il est recommandé que la sélection des arbres tienne compte du contexte de chaque projet. D'autres contraintes comme les fils électriques, les pylônes, les poteaux, les emprises et les propriétés limitrophes à l'aire de stationnement peuvent impliquer des limitations dans le choix des arbres.

Il est recommandé au concepteur de prévoir des arbres adaptés aux conditions d'ensoleillement (plein soleil, semi-ombragé, ombragé). D'autres éléments comme les caractéristiques des parties aériennes, les caractéristiques du système racinaire de même que la distance de plantation méritent d'être considérés.

Lorsque cela est possible, les arbres choisis doivent avoir une bonne densité de feuillage et un grand déploiement horizontal afin d'assurer une zone d'ombrage prononcée. En espaces restreints, lorsqu'ils sont orientés de façon judicieuse, des végétaux fastigiés de grande taille et densément plantés peuvent procurer un ombrage suffisant.

D'autres facteurs, comme les fruits, peuvent être considérés comme une nuisance chez certaines espèces d'arbre. Il est recommandé au concepteur d'en tenir compte et d'évaluer leurs effets sur le site lorsqu'il effectue ses choix.

5.5.4.3 Choix des arbres produits en pépinière — Les arbres provenant des pépinières peuvent être cultivés et livrés de différentes façons. Il est recommandé au concepteur de spécifier dans son devis, lorsque cela est possible, qu'il a besoin d'arbres livrés avec un réseau racinaire complet et, si possible, avec des racines nues. Ces arbres sont les plus viables, puisqu'ils possèdent 100 % de leur système racinaire. Lorsque ces arbres sont cultivés dans des contenants, il est préférable de choisir des arbres dans de petits contenants. Les arbres de pépinières recommandés dans le présent paragraphe donneront d'excellents résultats. Ces arbres seront d'un coût inférieur et auront une plus faible empreinte écologique.

Il convient d'éviter les arbres arrachés au champ placés dans des paniers de broche ou des contenants, puisque, dans les conditions actuelles de production, ceux-ci auront perdu plus de 80 % de leur système racinaire. L'arbre aura besoin en moyenne d'une année par tranche de 25 mm de diamètre du tronc pour surmonter l'effet important d'arrachage dans les champs avant de commencer à développer sa ramure. Par exemple, après la plantation, un arbre d'un diamètre de 100 mm mettra au moins 4 ans avant de reformer un système racinaire comparable au système existant avant l'arrachage et, si les conditions sont propices, il y aura un début de développement aérien. Comme les aires de stationnement restent des milieux inhospitaliers et peu propices à la

croissance et au développement des arbres, on ne peut espérer obtenir l'ombrage voulu à moyen terme, voire à long terme, avec des végétaux plantés dans ces conditions.

5.5.4 Règlements municipaux concernant les essences d'arbres — Il est recommandé au concepteur de vérifier la réglementation municipale en vigueur pour connaître les restrictions qui peuvent s'appliquer dans le choix des arbres. Certaines essences d'arbres ne peuvent pas être plantées sur le territoire des municipalités en raison de risques phytosanitaires (maladies, insectes), d'inconvénients causés par les racines ou pour d'autres raisons.

5.5.5 Végétalisation et protection du sol

Il est avantageux de végétaliser la surface du sol non recouverte de pavage dans une aire de stationnement. Tout d'abord, lorsqu'entretenue, elle contribue à améliorer l'aspect du stationnement. De plus, comme mentionné dans les articles précédents, la végétation permet :

- de conserver une température de sol plus fraîche par son ombrage;
- de tempérer le milieu environnant par l'évapotranspiration;
- de maintenir la perméabilité des sols à l'eau et à l'air;
- de réduire l'érosion du sol;
- d'améliorer la qualité de l'air et de réduire les épisodes de smog;
- dans le cas de plantes de plus haute taille, de décourager la circulation autour des arbres et donc la compaction du sol.

Lorsque vient le temps de végétaliser entre les arbres et sous les arbres, il faut choisir des revêtements végétalisés et des essences d'arbres mutuellement compatibles. Ainsi, on optera pour une espèce adaptée à l'ombrage sous un arbre au feuillage dense. On choisira de planter un arbre à la cime plus clairsemée au-dessus d'un couvre-sol exigeant plus de lumière. Dans tous les cas, il est recommandé au concepteur de maintenir un périmètre non végétalisé de bonne dimension autour du tronc et de couvrir cette surface de paillis [38], [40], [43], [74].

Quatre types de revêtements sont couramment utilisés dans les sections végétalisées : la pelouse, les plantes couvre-sol (herbacées et ligneuses de faible hauteur), le pré fleuri et les arbustes [43].

La pelouse moins chère à l'achat lorsque semée exige cependant, à la longue, plus d'entretien que d'autres revêtements végétaux : tonte, surtout, enlèvement des débris et des feuilles, arrosage, fertilisation ou amendement. La pelouse participe au verdissement, mais son effet esthétique reste minime par rapport aux autres revêtements végétaux qu'on peut utiliser. Il est recommandé de ne pas employer de tondeuse ou de coupe-herbe à proximité des arbres, ceci afin d'éviter les blessures au tronc. Tout entretien de la pelouse (fertilisation, désherbage) devrait être conciliable avec la présence des arbres [43], [74].

Il est recommandé au concepteur de se référer aux exigences de la partie IV la norme NQ 0605-100 [1] pour l'engazonnement par plaque et de la partie V de la norme NQ 0605-100 [1] pour

l'ensemencement de pelouse. Le concepteur peut aussi consulter le guide *Implantation et entretien d'une pelouse durable* publié par la Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec [36].

Quant aux plantes couvre-sols (herbacées ou ligneuses), il est recommandé au concepteur de mettre en place les couvre-sols au moment de la plantation des arbres afin d'éviter d'endommager ultérieurement leur système racinaire. L'utilisation de plantes annuelles, qui doivent être replantées chaque année, est déconseillée au concepteur pour cette raison [40]. Outre les avantages mentionnés plus haut, la plantation de couvre-sols à fleurs, à fruits ou à feuillage coloré l'automne ou survivant l'hiver permet d'assurer un intérêt saisonnier pour les aménagements.

Le semis ou la plantation de pré fleuri sont parfois utilisés entre les arbres et sous les arbres en milieu urbain. De plus, une surface de dimension suffisante, une bonne préparation du sol, un arrosage et un entretien suivis (désherbage, fauchage) et une bonne connaissance des végétaux sont essentiels à la réussite du semis ou de la plantation de pré fleuri [31]. Il est recommandé au concepteur de consulter les fournisseurs de mélanges de semences à pré fleuri, qui peuvent donner de nombreux conseils à ce sujet.

Les arbustes présentent l'avantage supplémentaire de constituer une barrière efficace à la circulation au pourtour des arbres [43]. Selon les essences, les arbustes peuvent apporter fleurs, feuillage, fruits colorés et volume tout au long de l'année, ce qui augmente d'autant l'intérêt esthétique des aménagements. Il est recommandé au concepteur de se référer aux exigences de la partie VIII de la norme NQ 0605-100 [1] pour la plantation des arbustes. Cette dernière devrait être effectuée au moment de la plantation des arbres [43].

Pour diminuer la compaction du sol causée par le piétinement, il est recommandé au concepteur d'obstruer les passages piétonniers potentiels par la plantation d'arbrisseaux, d'arbustes ou de vivaces pour compléter la végétalisation des zones de plantation. Une telle pratique est recommandée au concepteur, parce qu'elle permet aussi d'augmenter la diversité des espèces présentes (biodiversité) et d'ainsi limiter les problèmes importants de ravageurs ou de maladies souvent associées aux monocultures. Pour les mêmes raisons, il est recommandé au concepteur de varier les espèces d'arbres plantés.

La plantation de végétation autour des arbres permet de diminuer les pertes d'eau au sol par l'action du soleil direct sur les zones racinaires exposées. Pour la même raison, il est recommandé au concepteur d'éviter l'utilisation du gazon, qui est reconnu pour accaparer l'air et l'eau au détriment des jeunes arbres moins compétitifs après leur plantation. La même recommandation s'applique à l'utilisation de plantes annuelles, de plantes vivaces et d'arbustes, qui sont trop compétitifs [43], [74].

Il est recommandé au concepteur de prévoir des aménagements qui fassent en sorte que l'air et les eaux de ruissellement exemptes de sels de déglçage puissent pénétrer dans le sol afin d'atteindre les racines des arbres et des autres végétaux. Pour y parvenir, on peut utiliser des matériaux perméables ou comportant des joints perméables ou des fissures produites volontairement dans le revêtement. Différents matériaux perméables peuvent être utilisés et sont présentés dans l'article 5.6.7.

Il est recommandé au concepteur de ne pas utiliser les dallages ou les pavages à joints imperméables, comme les joints remplis avec un mélange de sable et de polymère, dans les zones où l'on veut permettre l'infiltration de l'eau et de l'air dans le sol.

5.5.6 Autres considérations

5.5.6.1 Positionnement des plantations — Lorsque le concepteur choisit l'emplacement des arbres dans le but de créer de l'ombrage, il est recommandé que son analyse tienne compte des éléments suivants :

- la position de l'arbre par rapport aux surfaces où il est nécessaire de créer de l'ombrage;
- la géométrie de l'arbre ainsi que sa dimension à maturité et tout au long de sa croissance.

Les arbres qui seront placés à des endroits de façon à produire de l'ombrage en dehors de l'aire de stationnement ou qui produiront de l'ombrage sur des surfaces ayant un IRS élevé (surfaces réfléchissantes qui absorbent moins de chaleur) ne contribueront pas à diminuer l'effet d'îlot de chaleur urbain. C'est pourquoi la position des arbres doit être déterminée de façon à maximiser les surfaces où ils seront susceptibles de créer de l'ombrage à l'intérieur de l'aire de stationnement ou sur les surfaces qui seront recouvertes de matériaux pouvant accentuer l'effet d'îlot de chaleur urbain (IRS faible).

De plus, comme l'ombrage se déplace au cours d'une journée de l'ouest vers l'est en passant par le nord, il est important que les arbres soient positionnés entre les surfaces à ombrager et le soleil. Selon ce principe, un arbre planté dans la partie nord d'une aire de stationnement créera, en grande partie, de l'ombrage en dehors de l'aire de stationnement. Pour obtenir la plus grande zone d'ombrage au sol, il est recommandé au concepteur de prendre en considération le fait que les arbres procurent un ombrage maximal qui varie en fonction du déplacement du soleil et que l'ombrage se trouve en majeure partie du côté nord du tronc.

L'analyse menant au positionnement des arbres doit aussi tenir compte des éléments existants comme les bâtiments adjacents, les plantations existantes et tous les autres facteurs qui peuvent influencer l'effet d'îlot de chaleur urbain sur l'aire de stationnement.

5.5.6.2 Façade végétale — Les plantes grimpantes peuvent être utilisées pour s'intégrer à des structures, comme des clôtures ou des murs de bâtiments, afin de former des façades végétales.

Ces façades végétales constituent un moyen efficace pour lutter contre les effets d'îlot de chaleur urbain des aires de stationnement qui sont situées à proximité des bâtiments.

Il est recommandé au concepteur de consulter le document *Les plantes grimpantes : une solution rafraichissante* [12] pour faire le choix des plantes, des matériaux de support, de la plantation et de l'entretien des végétaux qui peuvent être utilisés pour l'aménagement des façades végétales. On y trouve des fiches descriptives des végétaux recommandés avec des caractéristiques comme la rusticité, le taux de croissance, le type de support à utiliser, les conditions d'exposition et autres.

5.5.6.3 Entretien des végétaux — L'entretien des végétaux est une pratique importante à mettre en place à la suite de la plantation et elle doit être maintenue par la suite, ce qui nécessite une planification des budgets qui s'y rattachent au début du projet.

L'entretien inclut entre autres l'arrosage, l'élagage, la protection hivernale, la protection par des arceaux ou d'autres barrières physiques, le nettoyage et le désherbage des surfaces.

Le concepteur peut consulter la norme NQ 0605-200 [2] pour obtenir des précisions sur l'entretien arboricole et horticole.

5.5.6.4 Plantation — Il est recommandé au concepteur d'effectuer la plantation d'arbres ou d'autres végétaux durant la seule période de l'année où cela est possible, soit avant l'éclosion des bourgeons au printemps, et ce, afin d'obtenir de meilleurs résultats de reprise à des coûts inférieurs.

Lors de la mise en terre, il convient d'assurer un arrosage et un tuteurage adéquats. Il faut aussi que des biostimulants soient utilisés (voir la partie VIII de la norme NQ 0605-100 [1]). Mentionnons qu'il est important de maintenir une surface de paillis adéquate au pied de l'arbre lors de la plantation (voir illustration 3).

Il est recommandé au concepteur de demander que les arbres soient plantés selon les exigences de la partie VIII de la norme NQ 0605-100 [1].

5.5.6.5 Sels de déglçage — Le chlorure de sodium utilisé dans les aires de stationnement peut nuire à la survie des végétaux si les eaux chargées de sel dissous parviennent dans les fosses de plantation. En effet, une eau trop saline peut conduire à la réduction de l'absorption de l'eau par les racines, et donc au dessèchement de la plante. De plus, une eau contenant du chlorure de sodium est toxique à divers degrés pour les végétaux. Enfin, l'augmentation de la teneur en sodium du sol peut accroître les problèmes de compaction du sol dans le cas de sols plutôt argileux. Il convient donc de réduire l'utilisation des sels de déglçage au minimum dans les zones se drainant dans les fosses de plantation et de choisir des végétaux résistant à ces conditions [4], [17], [22], [27].

Une série de mesures de mitigation pour pallier les conséquences de l'usage des sels de déglçage proposées dans diverses publications sont répertoriées dans la référence [27] de l'annexe H. Il est toutefois recommandé au concepteur de ne pas planter d'arbres dans les zones prévues pour l'entreposage de la neige.

5.6 LA GESTION DES EAUX PLUVIALES SUR LE SITE

5.6.1 Généralités

Tel qu'il est mentionné au début du présent chapitre, la réduction des îlots de chaleur urbains peut être réalisée en ayant recours à plusieurs stratégies, dont :

- la réduction des surfaces imperméables et leur remplacement par des surfaces perméables;
- l'augmentation des surfaces végétalisées;
- la gestion des eaux pluviales.

Ces trois stratégies produisent des effets positifs pour la réduction des îlots de chaleur urbains, mais elles contribuent aussi à réduire le volume et le débit de pointe des eaux de ruissèlement produits sur un site lors d'une pluie. Remplacer les surfaces imperméables et d'autres matériaux urbains par des espaces verts et des pratiques de gestion optimale des eaux pluviales (PGO, voir article 5.6.7) permettra de créer des microclimats tempérés qui amélioreront le bien-être des utilisateurs et des résidents des environs.

Plusieurs études établissent une corrélation entre le taux d'humidité des sols et l'atténuation des îlots de chaleur urbains. En effet, l'eau contribue à rafraîchir l'air en raison du processus de changement d'état (de l'état liquide à l'état gazeux) lors de l'évaporation et de la transpiration, puisque l'eau consomme une partie de l'énergie thermique de l'atmosphère, diminuant ainsi la température de l'air. Ainsi, un sol humide même sans végétaux aura un effet de rafraîchissement comparativement à un sol sec ou imperméabilisé [30], [37], [47], [49], [62].

Par conséquent, les PGO, qui incluent aussi toute mesure d'interception, d'infiltration, de traitement ou de rétention des eaux de ruissèlement sur le site faisant appel ou non à des systèmes végétalisés, peuvent s'avérer des moyens efficaces pour lutter contre les îlots de chaleur urbains. Les paragraphes qui suivent décrivent les principes de base derrière ces systèmes et fournissent quelques précisions sur les différentes PGO applicables pour les aires de stationnement.

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) [6], en partenariat avec le MAMROT, a publié un document qui s'intitule *Guide de gestion des eaux pluviales — Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion pour les réseaux de drainage en milieu urbain*. On peut obtenir ce document sur le Web, et il est recommandé au concepteur de s'y référer pour les sujets qui sont abordés dans le présent chapitre.

5.6.2 Perméabilité des sols

La dispersion de l'eau, soit verticalement ou horizontalement à travers les différentes couches du sol, constitue ce qui est désigné communément par le terme « infiltration ». La perméabilité est la capacité que possède une substance poreuse (une couche de sol) de permettre à un fluide ou à un gaz de la traverser, c'est-à-dire de l'infiltrer. Dans un sol, cela correspond à la facilité avec laquelle l'air ou l'eau traversent un horizon pédologique donné, en fonction de la texture¹ et de la structure² du sol. La perméabilité dépend aussi de la stratigraphie, de la compaction et du degré de saturation du sol.

Le coefficient de perméabilité décrit la perméabilité d'un sol et désigne le rapport entre la perméabilité du sol et la viscosité du liquide qui traverse le sol. Plus un milieu est perméable, plus l'eau s'écoulera vite. Les sols les plus perméables sont constitués de blocs de gravier et les sols moins perméables sont formés d'argiles homogènes. On peut aussi qualifier la perméabilité comme étant forte, moyenne ou faible.

-
1. Proportions relatives des différentes fractions du sol ou de la granulosité du sol.
 2. Combinaison ou disposition des particules primaires du sol en particules, unités ou agrégats secondaires, appelés peds, qui sont classés suivant la taille, la forme et la netteté d'apparence en classes, en types et en degrés d'agrégation (organisation et épaisseur des couches de sol successives).

Le terme le plus couramment utilisé en hydrologie urbaine pour représenter la perméabilité d'un sol est le taux d'infiltration. Il désigne le flux d'eau pénétrant dans le sol en surface. Le taux d'infiltration est la vitesse à laquelle l'eau pénètre dans le sol. Il est généralement mesuré par la profondeur (en mm) de la couche d'eau qui peut pénétrer dans le sol en une heure. Par exemple, un taux d'infiltration de 20 mm/h signifie qu'une nappe d'eau de 20 mm sur la surface du sol prendra une heure pour s'infiltrer. Le régime d'infiltration dépend avant tout du régime d'alimentation (irrigation, pluie), de l'état d'humidité et des propriétés du sol à l'étude. Le coefficient de perméabilité et le taux d'infiltration du sol sont des données importantes à considérer par le concepteur pour atteindre un des objectifs de la lutte aux îlots de chaleur urbains qui consiste à permettre la présence et l'accumulation de l'eau dans le sol.

La présence de la végétation accroît la perméabilité des sols, et ce, de multiples façons. D'une part, de larges pores sont produits par les racines et le passage d'organismes du sol tels que les lombrics; d'autre part, les végétaux et la matière organique que ces derniers produisent contribuent au maintien d'une structure granulaire du sol garante d'une porosité adéquate, et donc d'une perméabilité à l'eau et à l'air. Enfin, l'interception de la pluie par les végétaux atténue l'effet des gouttes de pluie sur le sol, ce qui préserve ce dernier de la compaction, et donc en maintient la perméabilité [15], [33], [55].

5.6.3 Ruissèlement de surface

Par opposition à l'infiltration, le ruissèlement désigne la capacité que présente un sol à un moment donné de favoriser l'écoulement des eaux sur sa surface. C'est le coefficient de ruissèlement qui caractérise ce phénomène. Il exprime la fraction de la pluie qui s'écoule sur la superficie d'un terrain donné, en tenant compte entre autres de la nature de la surface du terrain, de la pente moyenne de cette surface, de l'intensité de la pluie, du pourcentage d'emmagasinage de l'eau dans les points bas du terrain, des conditions atmosphériques antérieures à la pluie (par exemple, s'il a plu au cours des jours précédents), etc. [16]. Le tableau suivant donne un aperçu de quelques valeurs que peut prendre ce paramètre en fonction du type de surface.

COEFFICIENT DE RUISSÈLEMENT SELON LE TYPE DE SURFACE

Type de surface	Coefficient de ruissèlement*
Pavage	0,70 à 0,95
Toits	0,70 à 0,95
Pelouses, sols sablonneux	
Faible pente (2 %)	0,05 à 0,10
Pente moyenne (2 % à 7 %)	0,10 à 0,15
Pente forte (7 % et plus)	0,15 à 0,20
* Valeurs typiques pour des périodes de retour de 2 à 10 ans. Des valeurs plus élevées sont appropriées pour des événements plus rares.	

(Source : [6] MDDEP, 2011, chapitre 6, extrait du tableau 6.19.)

Le tableau suivant présente des valeurs du coefficient de ruissèlement en fonction du type d'occupation du sol. Plus le coefficient de ruissèlement est élevé, plus il y aura du ruissèlement de surface et, par conséquent, moins d'infiltration dans le sol. L'illustration 6 montre l'effet de l'urbanisation progressive sur le ruissèlement et l'infiltration à partir du moment où un couvert végétal existe jusqu'à une urbanisation dense.

COEFFICIENT DE RUISSÈLEMENT SELON LE TYPE D'OCCUPATION DU SOL

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissèlement*
Commercial	
Centre-ville	0,70 à 0,95
Banlieue	0,50 à 0,70
Résidentielle	
Maisons de banlieue	0,25 à 0,40
Maisons détachées	0,30 à 0,50
Unités jumelées	0,40 à 0,60
Maisons de ville	0,60 à 0,75
Blocs appartement	0,50 à 0,70
Industrielle	
Légère	0,50 à 0,80
Lourde	0,60 à 0,90
Parcs, cimetières	0,10 à 0,25
Terrains de jeu	0,20 à 0,35
Champs	0,10 à 0,30
*Valeurs typiques pour des périodes de retour de 2 à 10 ans. Des valeurs plus élevées sont appropriées pour des événements plus rares.	

(Source : [6] MDDEP, 2011, chapitre 6, tableau 6.20.)

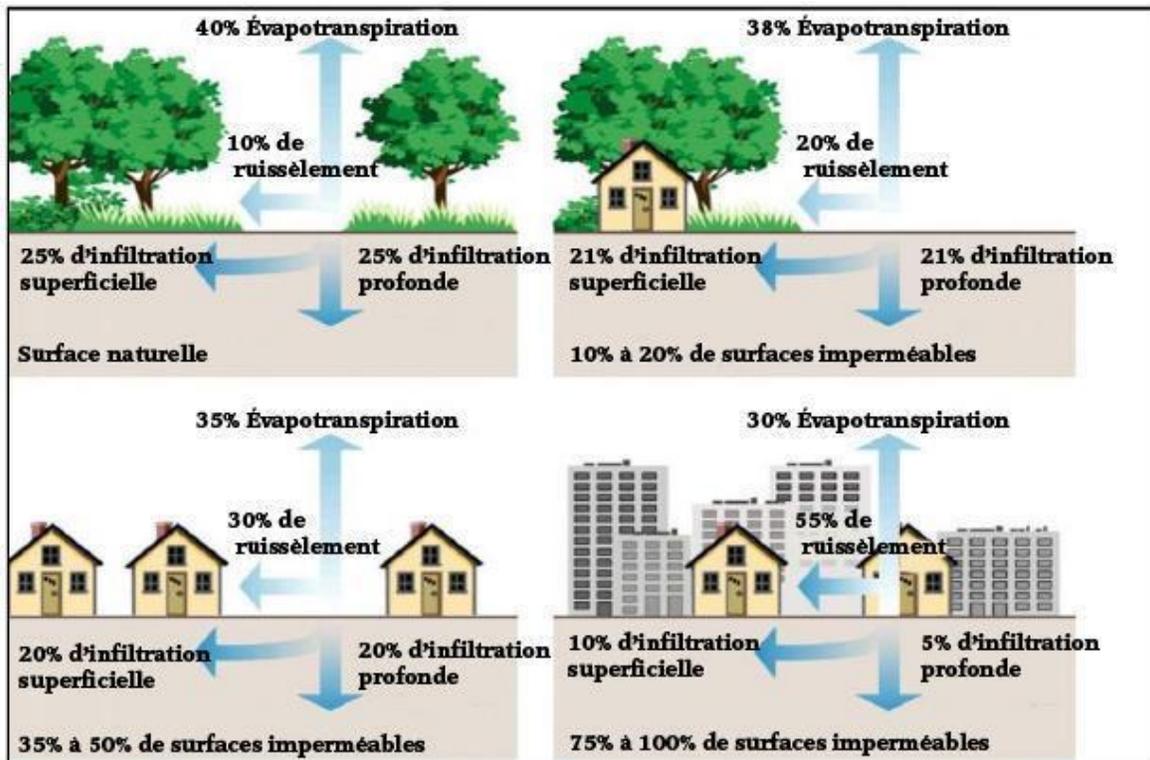


ILLUSTRATION 6 — ÉVOLUTION DU RUISSÈLEMENT EN FONCTION DE L'AUGMENTATION DES SURFACES IMPERMÉABLES
 {Source : [72] Toronto and Region Conservation Authority, Credit Valley Conservation Authority, 2010 (traduction libre).}

En hydrologie de surface, en hydrogéologie et en géographie physique, on parle des « terrains perméables » quand ceux-ci favorisent l'infiltration des eaux pluviales et qu'ils tendent, en conjonction avec d'autres facteurs, à réduire le ruissèlement.

Il n'existe pas, de manière formelle, de relation mathématique reliant le coefficient de perméabilité au coefficient de ruissèlement. Ces deux coefficients sont utilisés dans des équations différentes qui permettent de déterminer la transformation de la pluie en débit de ruissèlement. Il est toutefois important que le concepteur comprenne ces deux phénomènes (ruissèlement et perméabilité des sols) dans la conception des surfaces des aires de stationnement afin d'atteindre l'objectif de diminuer l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Les gouttes de pluie qui tombent touchent d'abord les surfaces existantes (végétaux, édifices etc.), puis elles ruissèlent et commencent à remplir les dépressions et à s'infiltrer dans le sol là où c'est possible. L'eau infiltrée est soit conduite vers les aquifères, soit restituée sous forme de débit de base des cours d'eau, ou encore elle est retenue dans le sol pour ensuite s'évaporer ou être absorbée et transpirée par les végétaux. Une fois le sol bien humide et certains paramètres réunis (pente et type de sol), les gouttes de pluie ruissèlent ensuite vers les points bas du bassin versant (phénomène qu'on désigne sous le nom de « mécanisme d'Horton » ou encore de « ruissèlement hortonien »).

5.6.4 Rôle des surfaces perméables

L'augmentation des surfaces imperméables (routes, autoroutes, aires de stationnement, etc.), en plus de contribuer à l'effet d'îlot de chaleur, fait augmenter la quantité d'eau et la charge de polluants qui drainent rapidement l'eau vers les plans d'eau récepteurs (cours d'eau, lacs) ou vers les réseaux d'égout. Il est établi qu'environ 80 % du ruissèlement direct des eaux de surface est causé par l'imperméabilisation des surfaces destinées à l'utilisation de véhicules.

À l'inverse, un sol perméable présente différents avantages. Il retient l'eau et favorise la diminution de la température et des îlots de chaleur urbains par l'évaporation de l'eau infiltrée. Il permet à l'eau de se filtrer par un traitement naturel et de poursuivre son cycle en passant par le processus d'infiltration dans le sol. La percolation de l'eau à travers les sols perméables, en réduisant les volumes et les débits de pointe, diminue également les charges destinées au réseau d'égout, réduit les débits de crues des cours d'eau et limite le risque d'érosion des berges des cours d'eau récepteurs. Enfin, lorsqu'infiltrée, l'eau contribue à la recharge des aquifères ou à l'alimentation des végétaux qui l'absorbent et assure ainsi leur survie. Rappelons que les eaux de ruissèlement d'une aire de stationnement sont susceptibles de contenir diverses substances polluantes qui risquent de contaminer le sol. Ainsi, il sera important de prendre les précautions nécessaires (voir article 5.6.6).

5.6.5 Rôle des végétaux dans la gestion des eaux pluviales

Les végétaux jouent un rôle primordial dans la réduction du ruissèlement. Les feuilles, les rameaux et les tiges ou troncs des végétaux interceptent l'eau de pluie, dont une partie s'évapore à partir de ces surfaces. Le taux d'interception moyen d'une forêt de feuillus serait de 15 % à 25 %, et celui d'une forêt de résineux de 25 % à 40 % [8]. Le taux d'interception pour une précipitation donnée varie selon l'âge, l'espèce et la densité du peuplement forestier. Dans le cas d'un arbre individuel ou de tout autre végétal, le taux d'interception est fonction de l'importance du feuillage, de son architecture, du type d'écorce ainsi que de la saison. L'interception varie aussi selon l'intensité et la durée de la pluie, la présence de vent et d'autres facteurs climatiques [8], [48], [53]. De façon générale, les arbres interceptent davantage de pluie que les arbustes, et les arbustes, davantage que les plantes herbacées [55]. Un seul arbre pourrait intercepter 6,6 m³ d'eau au cours d'une année [48].

Une partie de l'eau initialement retenue par l'arbre atteindra éventuellement le sol, soit en glissant le long du tronc ou en gouttant directement de la canopée [8]. La force de l'impact des gouttes de pluie sur le sol et la compaction résultante sont alors fortement diminuées par ce passage de la pluie dans la végétation, ce qui contribue à préserver la perméabilité du sol [15], [33].

L'illustration 7 présente ces phénomènes pour le cas particulier de la forêt Montmorency.

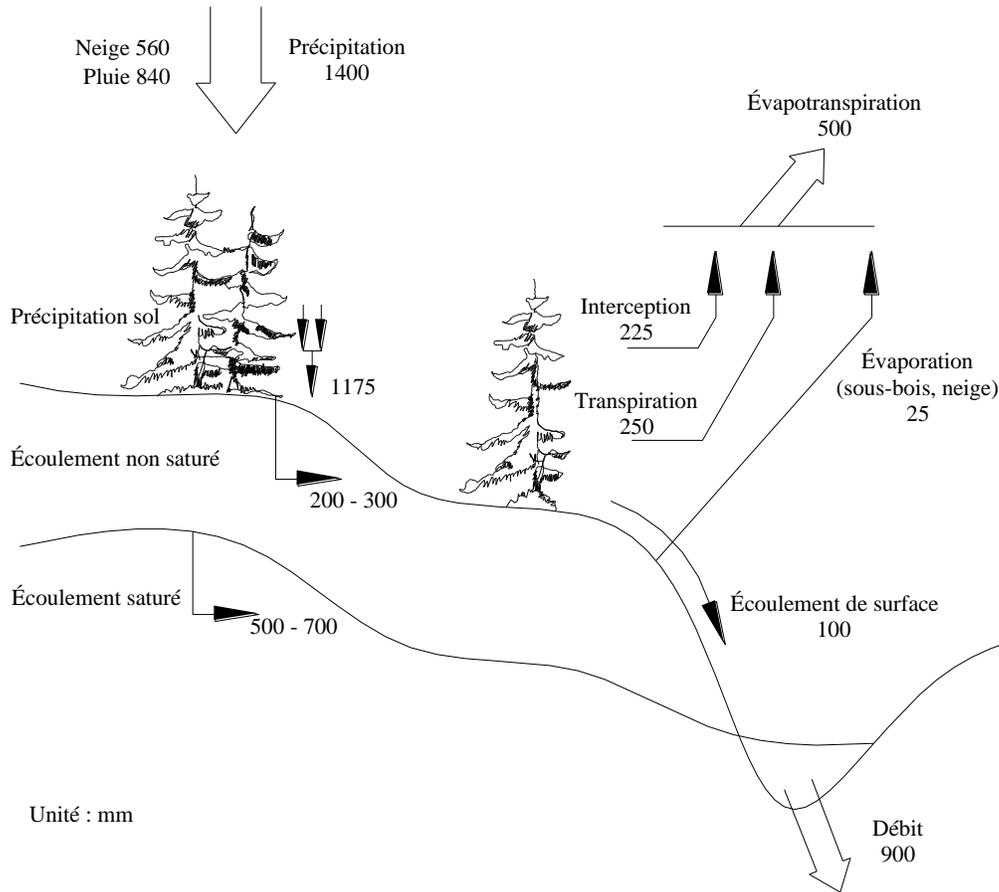


ILLUSTRATION 7 — CYCLE HYDROLOGIQUE TERRESTRE ET BILAN EN MILLIMÈTRES PAR AN POUR LA FORÊT MONTMORENCY

{Source : [8] Barry et autres, 2009 (adaptation).}

La présence de la végétation accroît aussi l'infiltration de l'eau dans le sol. Lorsqu'elle s'infiltré, l'eau contribue à la recharge des aquifères et à l'alimentation des végétaux qui l'absorbent. Dans ce dernier cas, une partie de l'eau retournera dans l'atmosphère par la transpiration. On estime qu'environ 50 % à 64 % de l'eau de pluie s'infiltré dans le sol (29 % pour la recharge des aquifères et 35 % pour l'absorption par les plantes, pour un total de 64 %) [5], [67]. Tous ces mécanismes réduisent les volumes d'eau de ruissèlement et les débits de pointe.

La transpiration, de même que l'évaporation de l'eau à partir du sol et des végétaux (évapotranspiration), permettent de refroidir le milieu ambiant. La transpiration compte pour environ la moitié de l'évapotranspiration [8], [51]. De 300 kilogrammes à 700 kilogrammes d'eau sont transpirés par les végétaux pour chaque kilogramme de biomasse produite. On estime qu'un chêne de grande taille peut transpirer plus de 151 400 litres (40 000 gallons) d'eau par année [35]. Tous ces chiffres démontrent l'importance de ce phénomène.

Les végétaux ne transpireront généralement pas en période de sécheresse. En effet, la transpiration s'effectue par les stomates, de petites ouvertures situées habituellement sous les feuilles. Or ceux-ci vont demeurer clos en période de sécheresse afin d'éviter les pertes d'eau inutiles à la plante [57]. Il est donc avantageux de maintenir un niveau suffisant d'eau dans le sol en période de sécheresse pour approvisionner les végétaux et d'ainsi maintenir l'effet climatiseur de l'évapotranspiration. Ceci peut être fait soit en conservant l'eau présente dans le sol par l'usage de paillis, soit en l'y apportant par arrosage ou par irrigation [29], [60]. Par ailleurs, l'inondation du système racinaire nuit à la respiration, et donc au fonctionnement des racines absorbant l'eau [9]. Il convient également d'éviter de maintenir trop longtemps inondées les racines de végétaux, à moins que les essences choisies ne soient adaptées à cette situation.

5.6.6 Les végétaux et la qualité de l'eau

La qualité de l'eau d'une aire de stationnement constitue un enjeu :

- pour l'intégrité du milieu aquatique et des eaux souterraines;
- pour l'innocuité des eaux de surface et souterraines;
- pour la survie et la croissance des végétaux qui entrent en contact avec cette eau.

Les eaux de ruissèlement d'une route ou d'une aire de stationnement contiennent diverses substances polluantes, telles que les matières en suspension (MES), les huiles et graisses, les métaux lourds et métalloïdes (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, plomb, mercure et zinc), les sels de déglacage (chlorure de sodium) et divers types de nutriments (azote, phosphore) [64], [75]. Ces substances peuvent provenir de plusieurs sources : des produits pétroliers utilisés pour propulser ou entretenir les véhicules, de l'usure d'une partie de la chaussée ou des véhicules (huiles et graisses, autres produits pétroliers, métaux et métalloïdes), de l'entretien de la chaussée en période hivernale (sable, sels de déglacage), des excréments d'animaux (nutriments, bactéries, virus fécaux) ou encore de l'entretien des aménagements paysagers (pesticides, herbicides, nutriments), voire même de l'atmosphère, etc. [5].

La présence de polluants, en particulier les sels de déglacage sous forme d'embruns salins ou d'eau saline, peut compromettre l'apparence, la croissance et même la survie des végétaux. Ainsi, il convient de réduire la pollution à la source, en restreignant ou en limitant l'usage des sels de déglacage par l'utilisation d'autres produits tels que l'acétate de calcium-magnésium pour l'entretien des surfaces en hiver. Il convient aussi de choisir des végétaux résistants aux sels [4], [17], [27], [72]. Il convient aussi d'éviter d'entreposer la neige souillée dans les zones de PGO.

Les études sur le traitement de l'eau par les divers ouvrages végétalisés (PGO) concluent cependant généralement à l'efficacité de ces derniers pour retirer les polluants, surtout en présence d'un système de prétraitement (pour enlever les sédiments et pour séparer les huiles [6, section 11.4]). En effet, la végétation favorise la filtration et le dépôt des MES [55], [70]. Plusieurs polluants, tels que le phosphore, certains métaux lourds, certaines bactéries ou certains virus associés aux MES sont aussi retirés de l'eau à cette occasion [15]. Les végétaux favorisent la dégradation des composés organiques par les microorganismes qui prolifèrent autour de leurs racines. Ils absorbent aussi une partie des nutriments, des métaux lourds et d'autres polluants présents dans les eaux de ruissèlement [15], [76]. Il est recommandé au concepteur que la teneur en phosphore du substrat se situe entre

10 parties par million et 30 parties par million lors de la plantation et qu'elle soit maintenue dans cette plage de valeurs de façon à favoriser une bonne croissance de la végétation sans libération de phosphore dans l'effluent.

Il convient que des précautions soient prises pour éviter l'infiltration des chlorures et du sodium (substances très solubles) ou de tout autre polluant vers la nappe phréatique et leur dispersion dans le milieu aquatique. On suggère généralement un dégagement minimal de plus de 1,2 mètre entre le dessous de l'ouvrage (PGO) et le niveau le plus élevé de la nappe phréatique lorsque l'ouvrage est conçu pour l'infiltration [6], [72]. On recommande aussi de ne pas laisser migrer vers la nappe phréatique les eaux provenant de zones à haute intensité de circulation et à fort usage de sels de déglacage. Dans le cas d'eaux trop polluées, des ouvrages (PGO) avec fond imperméable doivent alors être utilisés, et les eaux parvenant au drain situé au fond de ces ouvrages doivent être acheminées vers le réseau de drainage urbain [6], [72].

5.6.7 Pratiques de gestion optimale (PGO) des eaux pluviales

La gestion optimale des eaux pluviales est basée sur les trois principes essentiels de la lutte aux îlots de chaleur urbains dans les aires de stationnement, soit :

- l'accroissement de l'infiltration des eaux pluviales / la réduction des surfaces imperméables, entraînant une diminution de l'IRS;
- l'augmentation de l'évaporation et de la transpiration, engendrant une réduction du réchauffement des surfaces;
- le stockage et l'épuration des eaux pluviales par la biorétention et l'humidification des sols, optimisant ainsi les chances de survie des végétaux.

Les PGO qui peuvent être mises en place dans les aires de stationnement sont :

- a) les revêtements perméables;
- b) les fossés engazonnés et les noues engazonnées;
- c) les tranchées filtrantes;
- d) les jardins de pluie ou les zones de biorétention;

Il est recommandé au concepteur de se référer au chapitre 11 du guide du MDDEP pour connaître les détails techniques et les paramètres de conception détaillés de ces ouvrages (PGO). Les renseignements donnés dans le présent chapitre se limitent à une description sommaire de ces PGO. Le concepteur peut également consulter la littérature qui existe sur ce sujet, dont on trouve quelques références dans les annexes H et I.

Tel qu'il est mentionné dans l'article 5.6.6, le ruissèlement en provenance d'une aire de stationnement est susceptible d'être contaminé par des sédiments, des hydrocarbures, des sels de déglacage et des métaux lourds [64], [72], [75]. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser des mécanismes de prétraitement avant d'appliquer les PGO des eaux pluviales. Les pratiques

envisageables pour un prétraitement incluent l'utilisation des séparateurs d'huile et de sédiments, de noues avec des barrages de contrôle, de bandes filtrantes ou de cellules particulières de prétraitement (tranchée en pierre, paillis, trappe à sédiments). Un séparateur hydrodynamique est utilisé pour contrôler des déversements en amont d'autres ouvrages (PGO) pour des sites de petites dimensions (inférieures à 2 ha). Plusieurs types existent, mais les deux grandes catégories sont les séparateurs d'huile et eau et les séparateurs d'huile et sédiments. Un séparateur hydrodynamique est en principe compatible avec les systèmes de drainage urbain, en plus de présenter une longue durée de vie si un entretien adéquat est effectué. Il se met souvent facilement en place grâce à sa conception standardisée. Ces systèmes ne conviennent cependant pas pour les huiles dissoutes ou émulsifiées.

La figure 1 placée à la suite du chapitre 6 présente un schéma comparant le drainage conventionnel d'une aire de stationnement et deux autres modes de drainage, qui intègrent les PGO.

On trouve dans les paragraphes qui suivent une description de quelques PGO.

a) Revêtements perméables

Les revêtements perméables (photos 1, 2 et 3, illustration 8) sont conçus pour favoriser l'infiltration à travers des surfaces plus ou moins imperméables (coefficient de ruissèlement élevé). L'eau traverse d'abord le revêtement et est ensuite interceptée par des drains perforés qui l'acheminent vers un réseau de drainage, ou encore elle peut s'infiltrer à travers la fondation en gravier et ensuite dans les couches du sol au besoin.



PHOTO 1

(Source : G. Laliberté, Saint-Hyacinthe, 2012.)

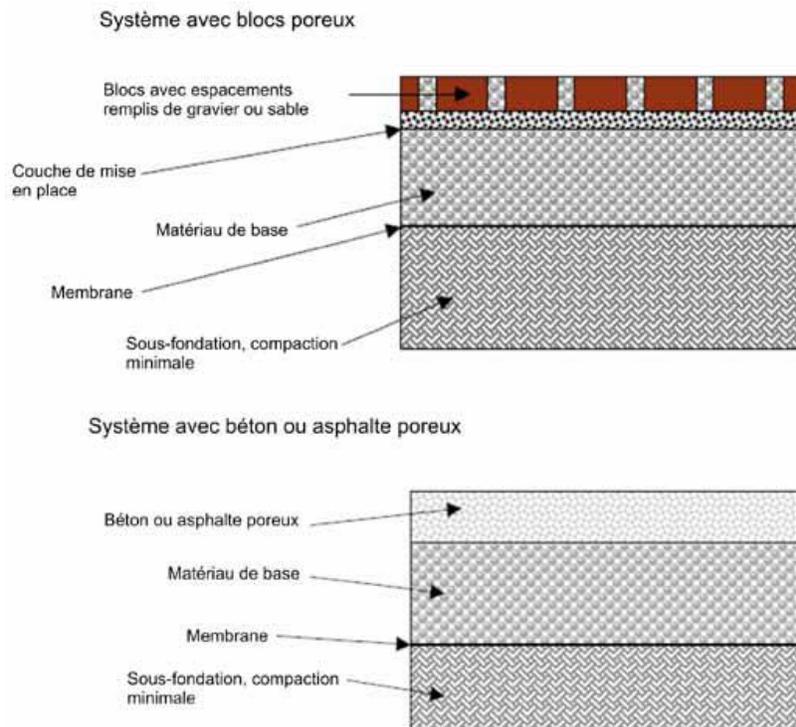

PHOTO 2

(Source : G. Laliberté, Saint-Hyacinthe, 2012.)


PHOTO 3

(Source : G. Laliberté, Saint-Hyacinthe, 2012.)

De manière générale, les revêtements perméables comprennent l'asphalte poreux, le béton poreux, les pavés en béton et les systèmes alvéolaires en béton ou en plastique. Leur utilisation est particulièrement adaptée aux zones à faible trafic, telles que les trottoirs pour cyclistes et les aires de stationnement, ainsi qu'aux rues résidentielles, étant donné leur capacité structurale réduite [6, section 11.5.12].


ILLUSTRATION 8 — COUPES TYPIQUES DE SYSTÈMES AVEC BLOCS OU REVÊTEMENT POREUX

{Source : [6] MDDEP, chapitre 11 (adaptée de [19] City of Portland, Oregon, 2005).}

b) Fossés engazonnés et noues engazonnées

Ces fossés sont conçus pour le contrôle des débits de pointe et le traitement des eaux pluviales [6, section 11.6 et photo 4]. Le gazon ou la végétation qui émerge dans la rigole permet la réduction des vitesses d'écoulement, empêche l'érosion, capture les sédiments et retient de ce fait les polluants charriés par l'eau transportée. Un autre effet induit par ces ouvrages est la recharge de la nappe phréatique grâce à l'infiltration de l'eau.



PHOTO 4

(Source : [6] MDDEP, 2011.)

Le fossé engazonné est différent du fossé de drainage par sa fonction et ses dimensions [21]. Le fossé de drainage est généralement conçu pour répondre au critère quantitatif (transport de débit pour une période donnée et contrôle de l'érosion), alors que le fossé engazonné est plus large, et que ses pentes longitudinales sont plus douces. La noue comprend souvent un lit filtrant avec des drains perforés dans l'objectif de drainer l'eau plus rapidement et de produire une rétention pour le débit associé au contrôle de qualité. Un prétraitement est toujours recommandé pour capter les sédiments en amont de ces ouvrages.

Ces fossés et noues engazonnés conviennent bien au drainage des aires de stationnement. Toutefois, ils ne peuvent traiter qu'une surface tributaire relativement réduite. Ils requièrent plus d'entretien et ne sont pas applicables dans des secteurs vulnérables à l'érosion ou lorsqu'il est difficile de maintenir une végétation dense.

c) Tranchées filtrantes (tranchées d'infiltration)

Les tranchées filtrantes [6, sections 1.5.8 et 11.6.4] sont particulièrement sensibles au problème potentiel de colmatage et nécessitent un prétraitement efficace de l'eau avant que celle-ci n'atteigne la tranchée.

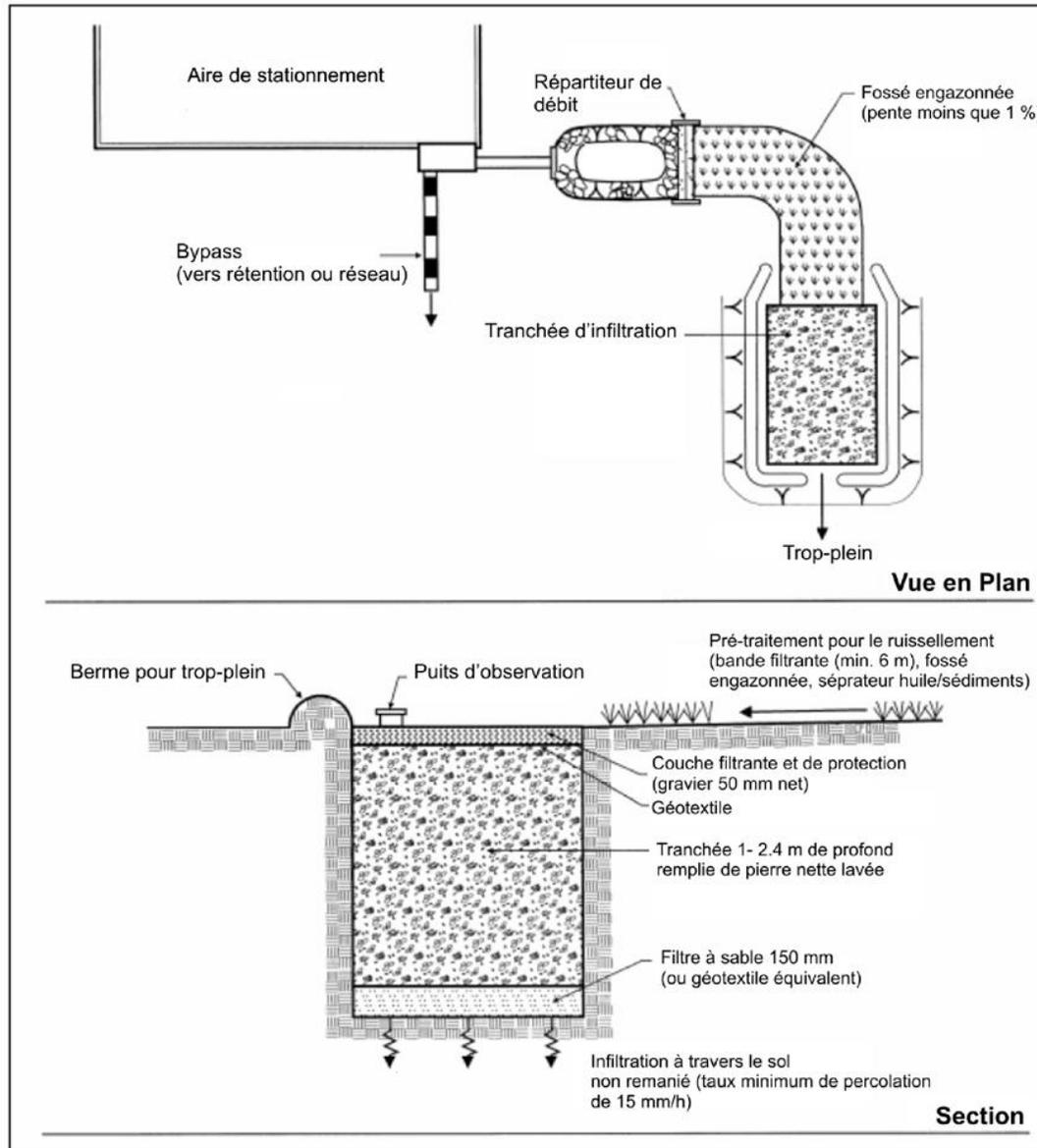


ILLUSTRATION 9 — EXEMPLE DE SYSTÈME DE TRANCÉE FILTRANTE
 {Source : [6] MDDEP, 2011, chapitre 11 (adaptée de [79] Vermont Agency of Natural Resources, 2002).}

Ces ouvrages (voir illustration 9) permettent de réduire le volume de ruissèlement, en plus de s'avérer efficaces pour l'enlèvement des sédiments (y compris les sédiments plus fins), des métaux, des nutriments et des bactéries adsorbés sur ces derniers ainsi que des substances organiques. Toutefois, ils ne sont pas appropriés pour des sites industriels ou commerciaux où la libération de quantités importantes de polluants est possible, en plus d'être dépendants des conditions et de l'occupation du sol de même que de la profondeur de la nappe phréatique.

La bande filtrante végétalisée est une zone engazonnée en pente douce composée d'arbres, d'arbustes ou d'herbacées dans le but de filtrer, de ralentir et d'infiltrer une partie de l'écoulement souterrain [19].

d) Jardins de pluie ou zones de biorétention

Le jardin de pluie est une solution efficace pour l'enlèvement des sédiments fins, des métaux, des nutriments, des bactéries et des matières organiques [6]. Il s'agit d'une aire de biorétention conçue pour enlever les polluants des eaux de ruissellement par plusieurs processus, incluant notamment l'interception, l'absorption, l'adsorption, la filtration, la volatilisation, l'échange d'ions et la décomposition [6, sections 11.5.9, 11.5.10 et 11.6.3]. Bien conçues et entretenues adéquatement, les zones de biorétention sont esthétiquement plus intéressantes avec l'aménagement de plantations (voir photo 5).

Un inconvénient de cette technique est l'accumulation de sédiments qui peut conduire au colmatage du site. Un prétraitement est donc recommandé à cet effet ainsi qu'un entretien régulier. Cet ouvrage se prête bien à l'intérieur ainsi qu'aux limites extérieures des aires de stationnement. Il ne peut toutefois pas être utilisé pour traiter de grandes surfaces tributaires.



PHOTO 5

(Source : M. Glorieux, Saint-Hilaire, 2012.)

5.6.8 Entretien

Dans tous les cas, les ouvrages associés à une PGO (végétalisés ou non) requièrent un entretien adéquat et régulier pour assurer la performance de ces systèmes et ainsi réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain et gérer les eaux de pluie. Les principales activités associées à l'entretien incluent :

- l'inspection régulière des systèmes;
- la taille de la végétation et le contrôle des mauvaises herbes;
- la plantation des végétaux;
- l'enlèvement des débris.

Le lecteur pourra consulter le guide du MDDEP [6, chapitre 12] pour plus de précisions à ce sujet.

6 EXEMPLE D'AMÉNAGEMENT D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT

6.1 GÉNÉRALITÉS

Dans le présent chapitre, les principes énoncés dans le présent document pour la lutte aux îlots de chaleur urbains seront utilisés afin de concevoir une aire de stationnement de surface moyenne comportant 80 cases.

Cet exercice permettra de comprendre les étapes de conception et les moyens recommandés pour aménager une aire de stationnement.

Plusieurs illustrations sont présentées afin d'expliquer la réflexion que ferait le concepteur lors de l'élaboration d'un plan d'aménagement d'ensemble.

Les choix qui sont faits à chaque étape du processus sont détaillés dans les paragraphes qui suivent et sont inspirés de la stratégie de mise en œuvre des mesures de mitigation présentée dans l'article 5.2.

6.2 ÉTAPE 1 — RÉDUCTION DE LA SURFACE DES CASES DE STATIONNEMENT ET CONSERVATION DE LA VÉGÉTATION EXISTANTE

Pour les besoins de l'exercice, le site est un terrain vierge qui ne comporte pas de bâtiments ou d'autres constructions, ce qui donne le champ libre au concepteur pour aménager l'aire de stationnement.

À priori, une aire de stationnement standard comporte des cases de 2,70 m sur 5,5 m et des voies de circulation d'une largeur de 6,0 m à 7,5 m permettant aux usagers de manœuvrer sans difficulté dans l'aire de stationnement. Pour les besoins de l'exercice, la largeur des voies de circulation a été fixée à 6,0 m.

Selon ces données, une aire de stationnement standard comportant 80 cases occuperait une surface approximative de 1836 m² en asphalte.

En réduisant les dimensions des cases à 2,5 m sur 5,0 m et en maintenant les voies de circulation à 6,0 m, il est possible de diminuer la superficie d'asphalte de 188 m², soit une réduction de 10 % (voir illustration 10).

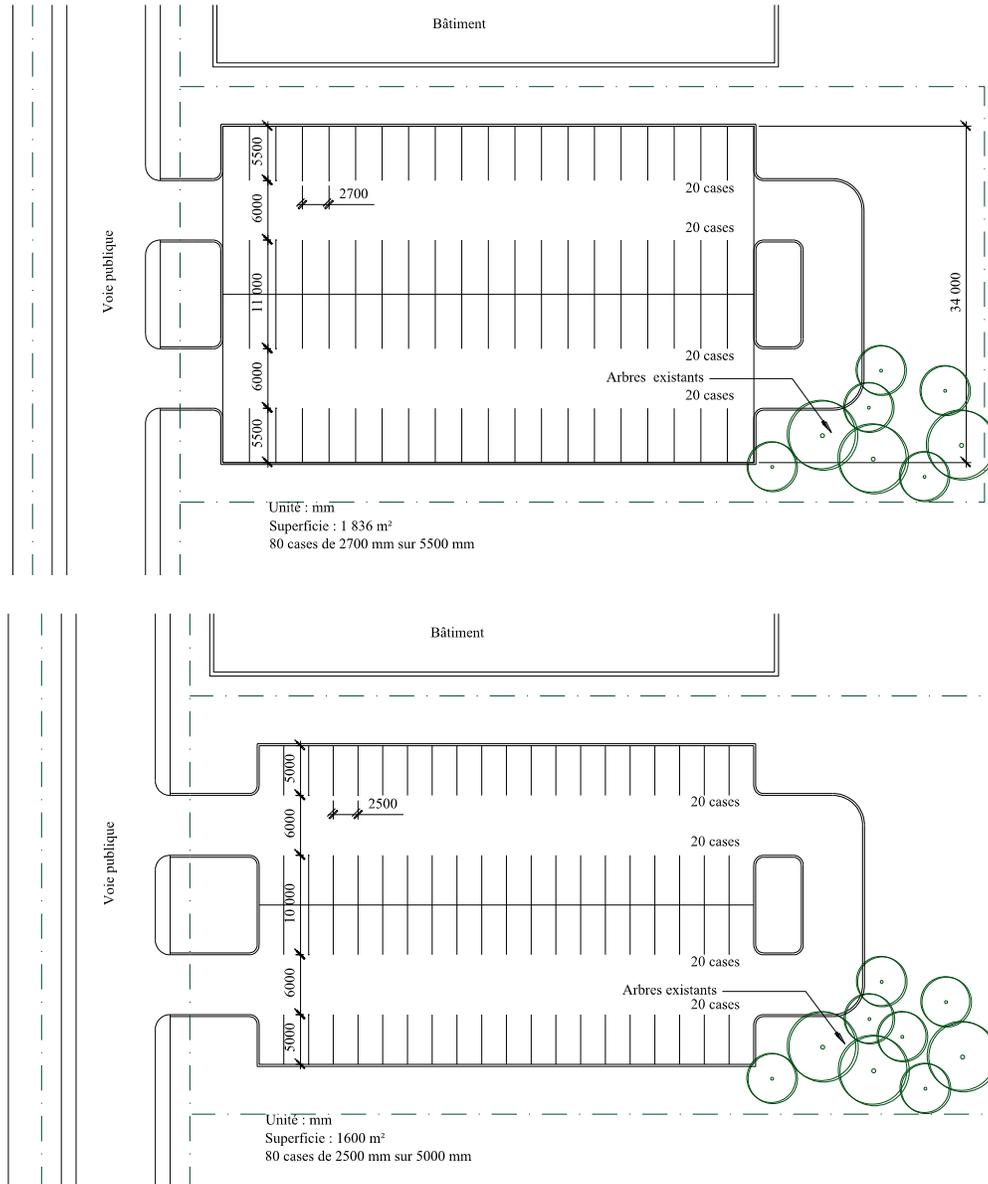


ILLUSTRATION 10 — RÉDUCTION DE LA SUPERFICIE DE L'AIRE DE STATIONNEMENT

(Source : Groupe IBI DAA.)

Dans le cas présent, la longueur des cases de stationnement a été réduite de 0,5 m et la largeur des cases de 0,2 m, ce qui permet de gagner de l'espace pour la plantation. À cela s'ajoute le dégagement minimal réglementaire exigé par la Ville, s'il y a lieu. Le résultat apparaît dans l'illustration 11.

La réduction de la dimension des cases de stationnement permet au propriétaire de l'aire de stationnement de réaliser des économies en coûts de construction des infrastructures tout en contribuant à réduire les effets d'îlot de chaleur.

Lors de l'élaboration du plan d'aménagement de l'aire de stationnement, le concepteur a tenu compte de la dimension du site, de sa topographie, de son orientation et de la présence de végétation. Le concepteur a préservé la végétation existante lors de l'élaboration du plan d'ensemble, et des mesures spéciales seront appliquées durant les travaux pour la protection des végétaux.

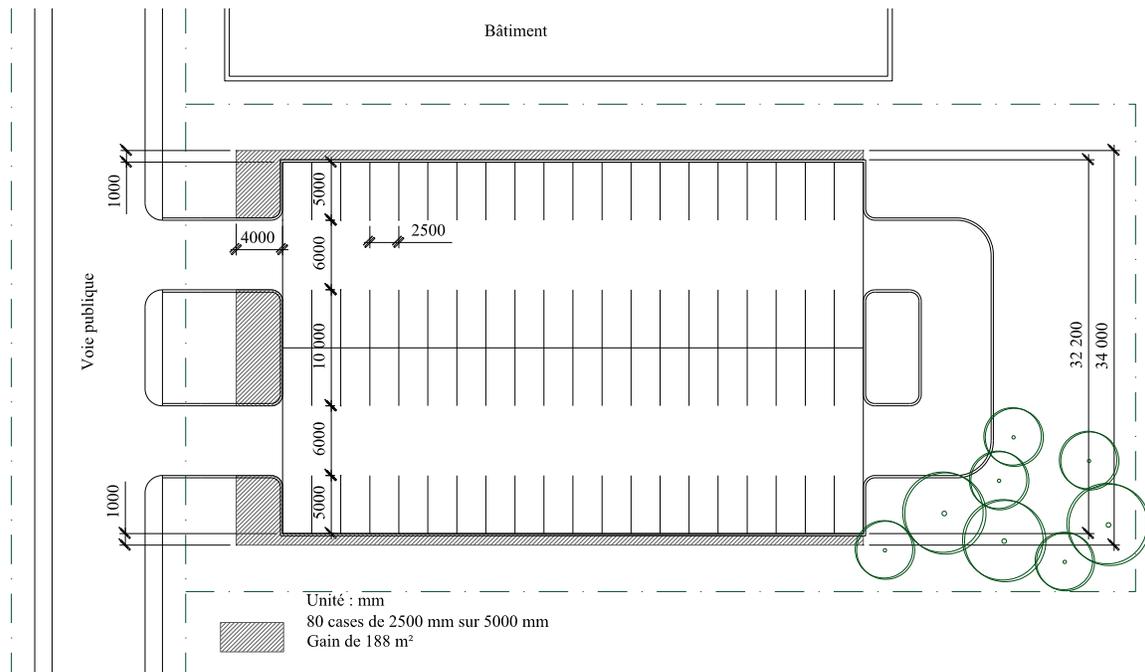


ILLUSTRATION 11 — GAIN DE SUPERFICIE PAR LA RÉDUCTION DE LA SURFACE DES CASES DE STATIONNEMENT
(Source : Groupe IBI DAA.)

6.3 ÉTAPE 2 — REVÊTEMENT AYANT UN IRS ÉLEVÉ

Une fois que la surface de l'aire de stationnement est réduite, il est possible de mettre en place des revêtements de surface ayant un IRS élevé. Les combinaisons sont nombreuses, puisqu'il est possible d'appliquer ces revêtements à la totalité de la surface de l'aire de stationnement ou uniquement à une partie. Le choix peut dépendre de plusieurs facteurs, comme la réglementation municipale, les zones à ombrager, l'achalandage de l'aire de stationnement, le budget de construction, etc.

Dans le cas présent, toutes les voies de circulation sont conservées en asphalte et la surface des cases de stationnement est construite avec un revêtement ayant un IRS élevé (pavé de béton de couleur pâle, application d'enduit de couleur pâle, gazon renforcé, gravillon, etc.). Il en résulte une

diminution de 62,5 % de la surface en asphalte, peu importe le choix du type de revêtement (voir illustration 12).

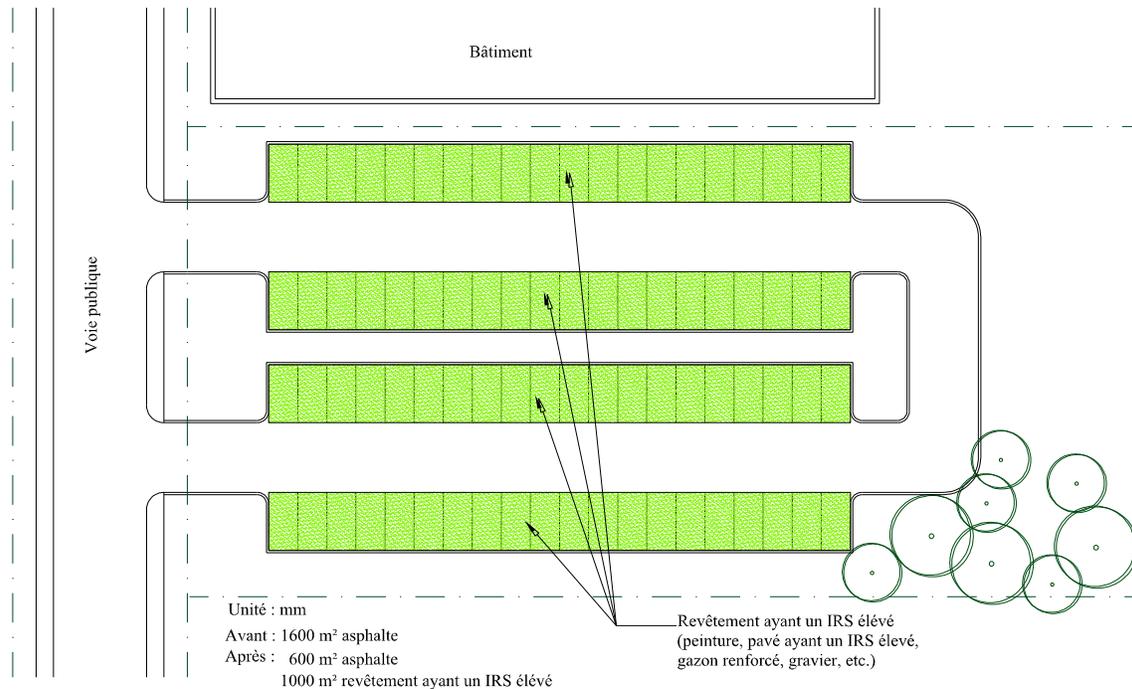


ILLUSTRATION 12 — UTILISATION D'UN REVÊTEMENT AYANT UN IRS ÉLEVÉ

(Source : Groupe IBI DAA.)

6.4 ÉTAPE 3 — PLANTATION DES VÉGÉTAUX

La plantation d'arbres à grand déploiement et la plantation d'arbustes au sol en remplacement du gazon sont choisies par le concepteur. Dans cette optique, il est préférable d'aménager des fosses de plantation continue afin de favoriser le développement du système racinaire des arbres.

Les arbres seront plantés du côté sud de l'aire de stationnement afin d'assurer une zone d'ombrage maximale, et un mur végétal sera aménagé sur le bâtiment du côté nord pour améliorer la performance thermique de l'ensemble du site.

Dans le cas présent, le concepteur privilégiera des végétaux à grand déploiement, résistants à la sécheresse ou tolérant la sécheresse, résistants aux sels de déglacage et aux embruns salins.

À cette étape de la conception, le concepteur ne doit pas omettre de prévoir un espace pour l'entreposage de la neige, à moins qu'elle ne soit pas entreposée sur place. Dans cette zone, il n'y aura pas de plantation de végétaux; une surface de gazon sera adéquate (voir illustration 13).

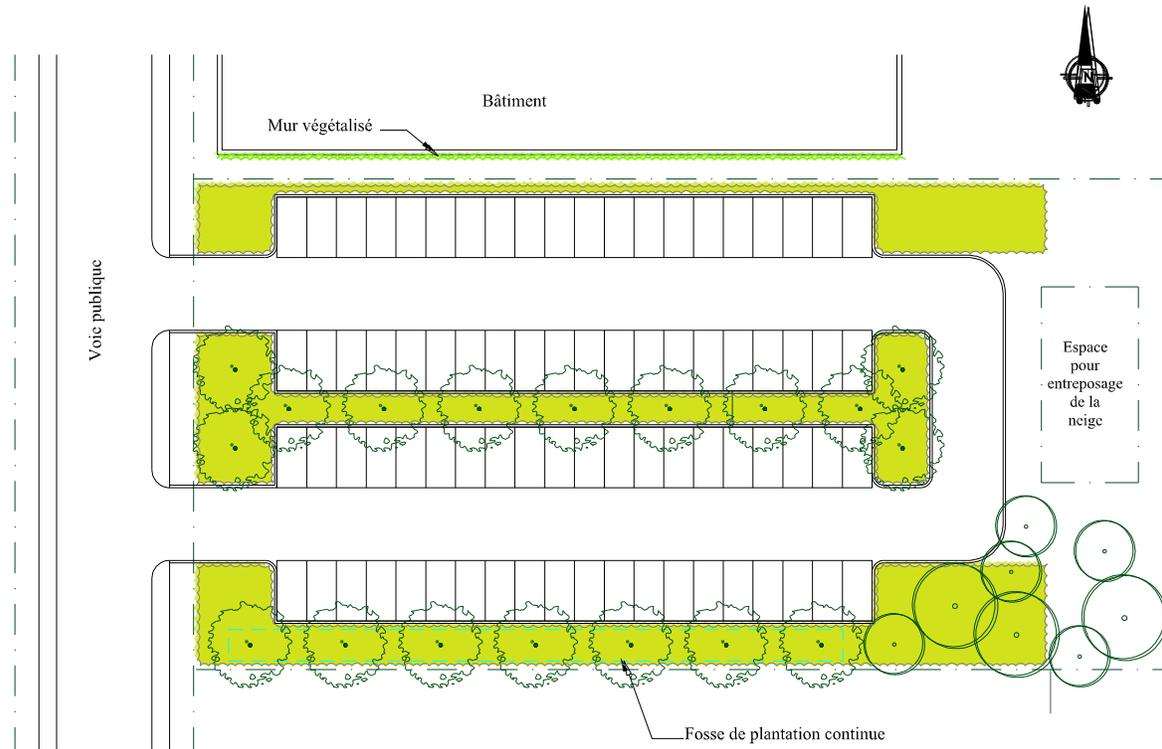


ILLUSTRATION 13 — PLANTATION DE VÉGÉTAUX
(Source : Groupe IBI DAA.)

L'ensemble des aménagements est présenté dans l'illustration 14. Le concepteur complètera les plans de l'aire de stationnement avec les spécifications liées au choix des arbres, arbustes et autres végétaux ainsi que les spécifications des matériaux de surface.

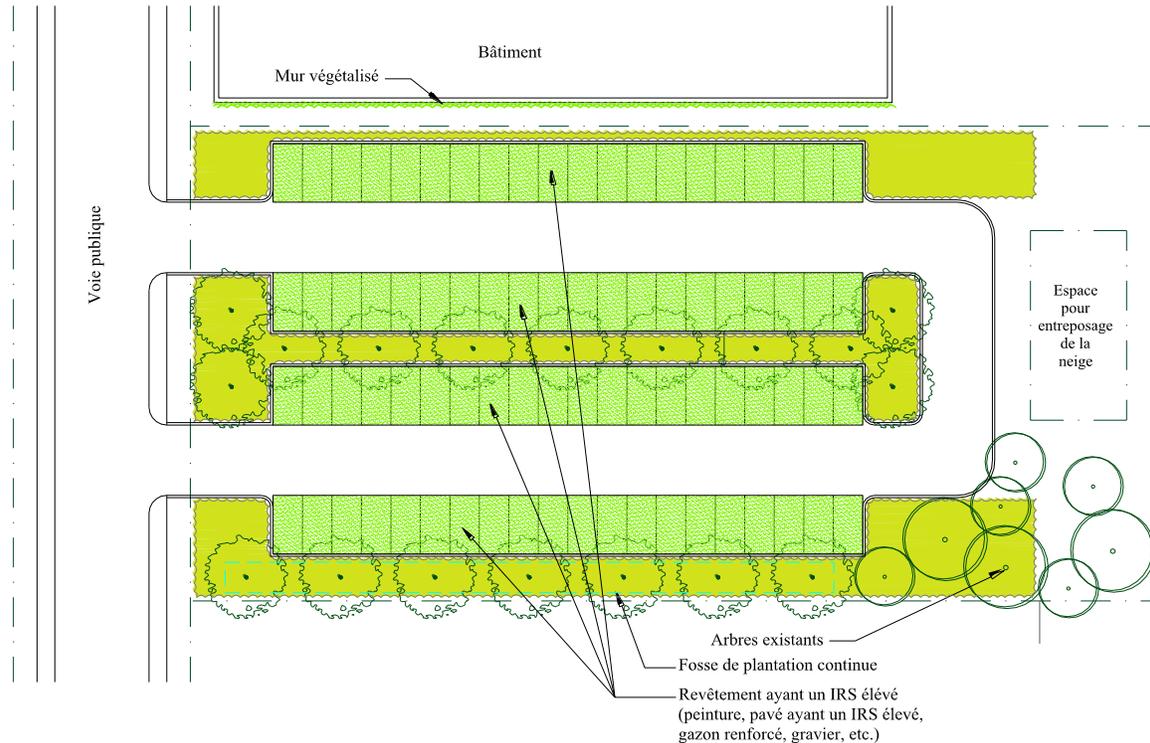


ILLUSTRATION 14 — ENSEMBLE DES AMÉNAGEMENTS
(Source : Groupe IBI DAA.)

6.5 ÉTAPE 4 — GESTION DES EAUX DE RUISSÈLEMENT

Pour gérer les eaux de ruissèlement dans le but de lutter contre les îlots de chaleur urbains, plusieurs scénarios sont envisageables. En voici quelques-uns :

- Installation d'un revêtement ayant un IRS élevé et qui permettra la percolation de l'eau dans le sol (gazon renforcé, pavé drainant, gravier). Cette technique nécessite toutefois la réalisation d'une fondation granulaire permettant d'emmagasiner de l'eau ainsi qu'une sous-fondation permettant la percolation de l'eau vers la nappe phréatique. De plus, il faut s'assurer que l'eau qui s'infiltre dans le sol ne comporte pas de contaminants (hydrocarbure, phosphore) pour la nappe phréatique. Avec le temps, il est courant que les fines matières en suspension (MES) colmatent les joints de ces revêtements et la fondation granulaire, ce qui nuit à la performance du système.
- Aménagement d'une noue ou d'une tranchée drainante au centre ou en périphérie du site afin de recueillir les eaux de ruissèlement. Normalement, cette noue doit comporter un système de trop-plein (puisard) raccordé au réseau pluvial de la ville (voir illustration 15). Une vue en coupe est présentée dans l'illustration 15 afin de montrer le principe d'accumulation d'eau à l'intérieur de la noue.

Il existe des PGO des eaux de ruissèlement qui s'appliquent plus spécialement à la rétention souterraine des eaux pluviales. Ces PGO ne sont pas destinées particulièrement à la lutte aux îlots de chaleur, mais elles peuvent contribuer à améliorer la qualité de l'eau et aussi à recharger la nappe phréatique. Voici la description d'un système de ce type :

- Mise en place d'un réseau pluvial conventionnel composé de puisards et de conduites. Les conduites acheminent l'eau vers une unité de traitement qui récupère les MES et les hydrocarbures, puis l'eau est injectée dans un champ d'infiltration situé sous la surface de l'aire de stationnement. Le champ d'infiltration récupère le phosphate. L'eau recharge la nappe phréatique par percolation et peut ensuite s'évaporer ou être captée par les racines des arbres et contribuer à l'évapotranspiration. Cette technique permet de réduire le diamètre des conduites pluviales destinées à la rétention. Elle détourne du réseau d'égout pluvial municipal une grande partie (voire la totalité) des eaux pluviales provenant de l'aire de stationnement. Le champ d'infiltration comporte un système de trop-plein raccordé au réseau municipal. Cette technique est de plus en plus utilisée au Québec.

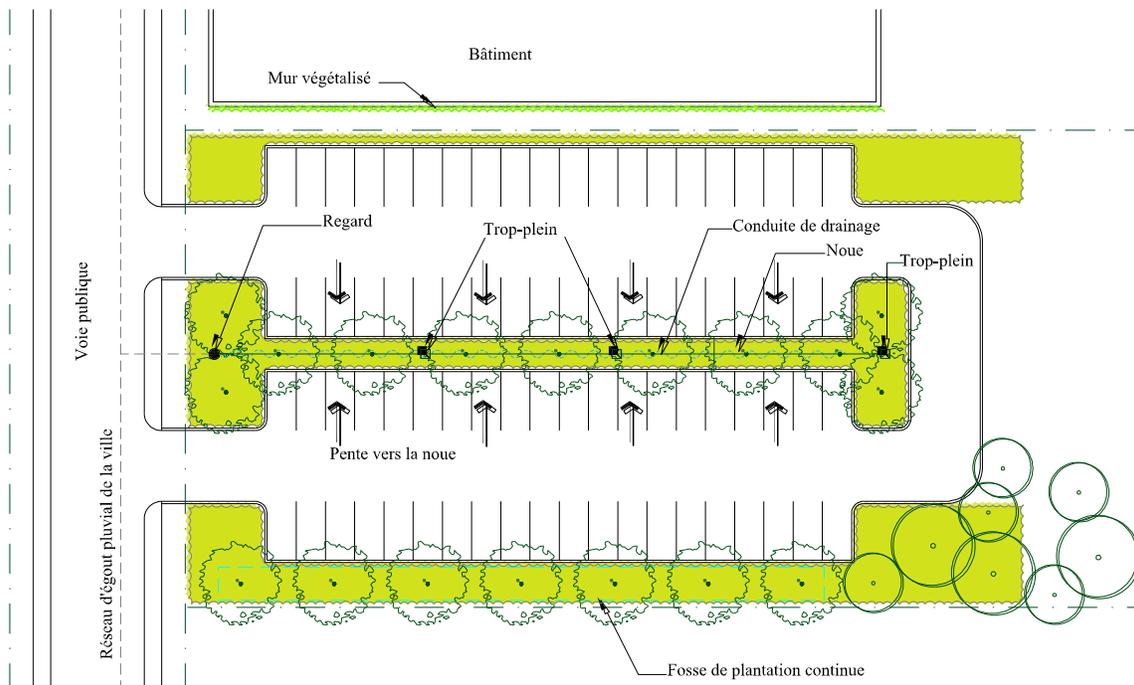


ILLUSTRATION 15 — NOUE OU TRANCHÉE DRAINANTE AVEC TROP-PLEIN

(Source : Groupe IBI DAA.)

-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-

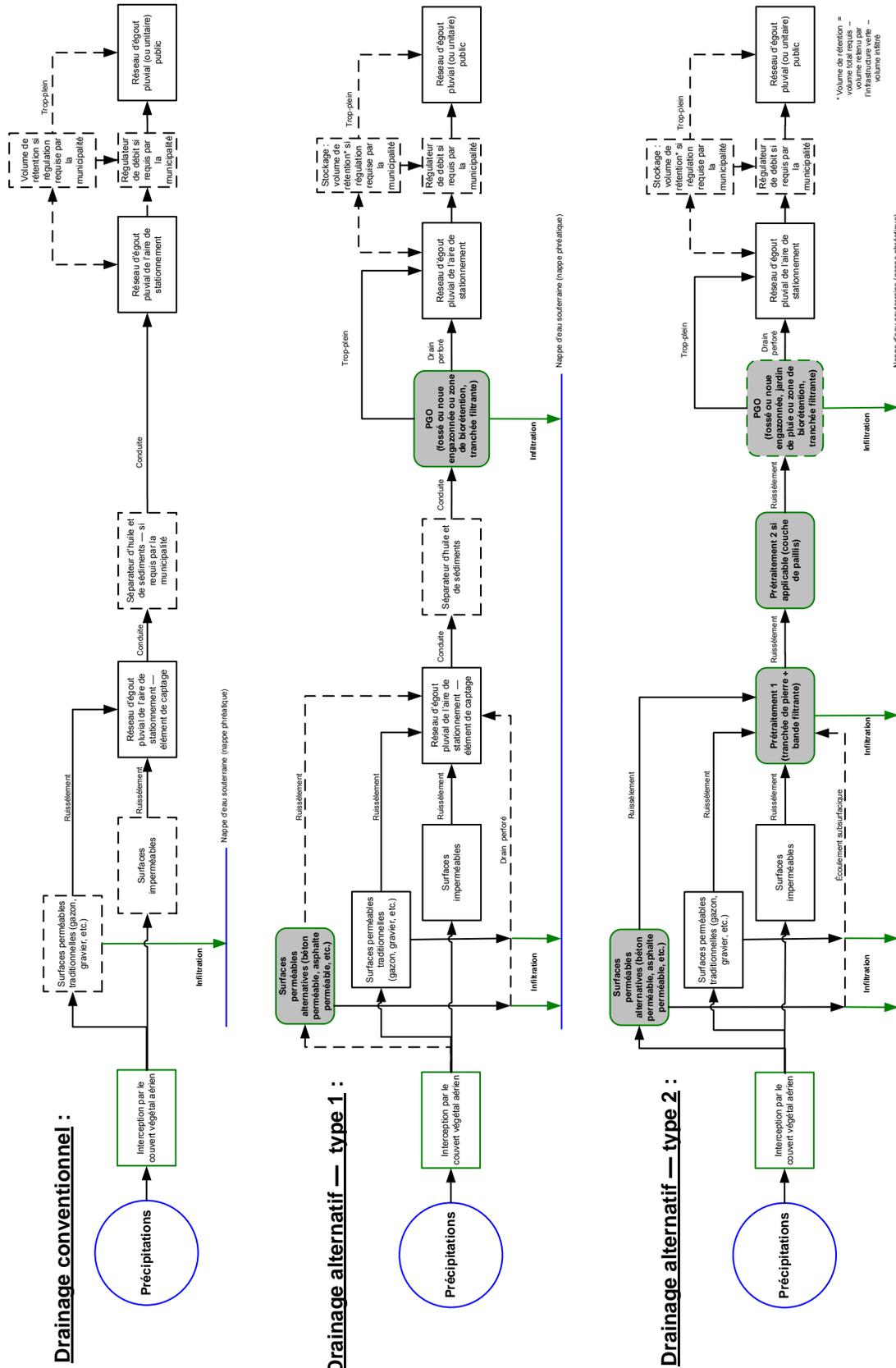


FIGURE 1 — DRAINAGE CONVENTIONNEL ET DRAINAGE ALTERNATIF DANS LES AIRES DE STATIONNEMENT (Voir agrandissement à la fin du document.)

ANNEXE A

IMAGES THERMIQUES D'ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS DANS DES SECTEURS COMMERCIAUX

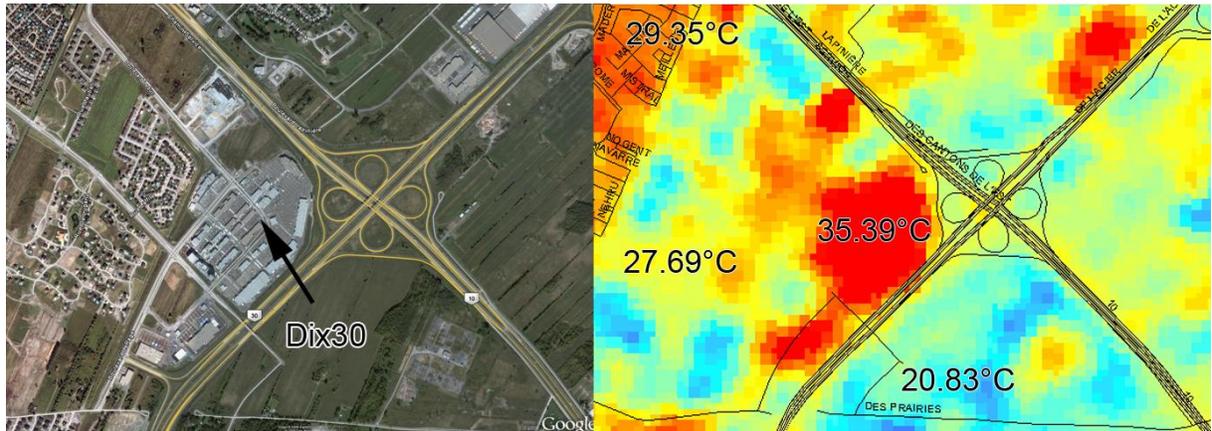


FIGURE A.1 — EXEMPLE DE TEMPÉRATURES ENREGISTRÉES À PROXIMITÉ DU CENTRE COMMERCIAL DIX30 À BROSSARD

(Sources : figure de gauche : image Google Earth; figure de droite : Y. Baudouin et P. Martin, UQAM, image Landsat 5 du 5 juillet 2008.)

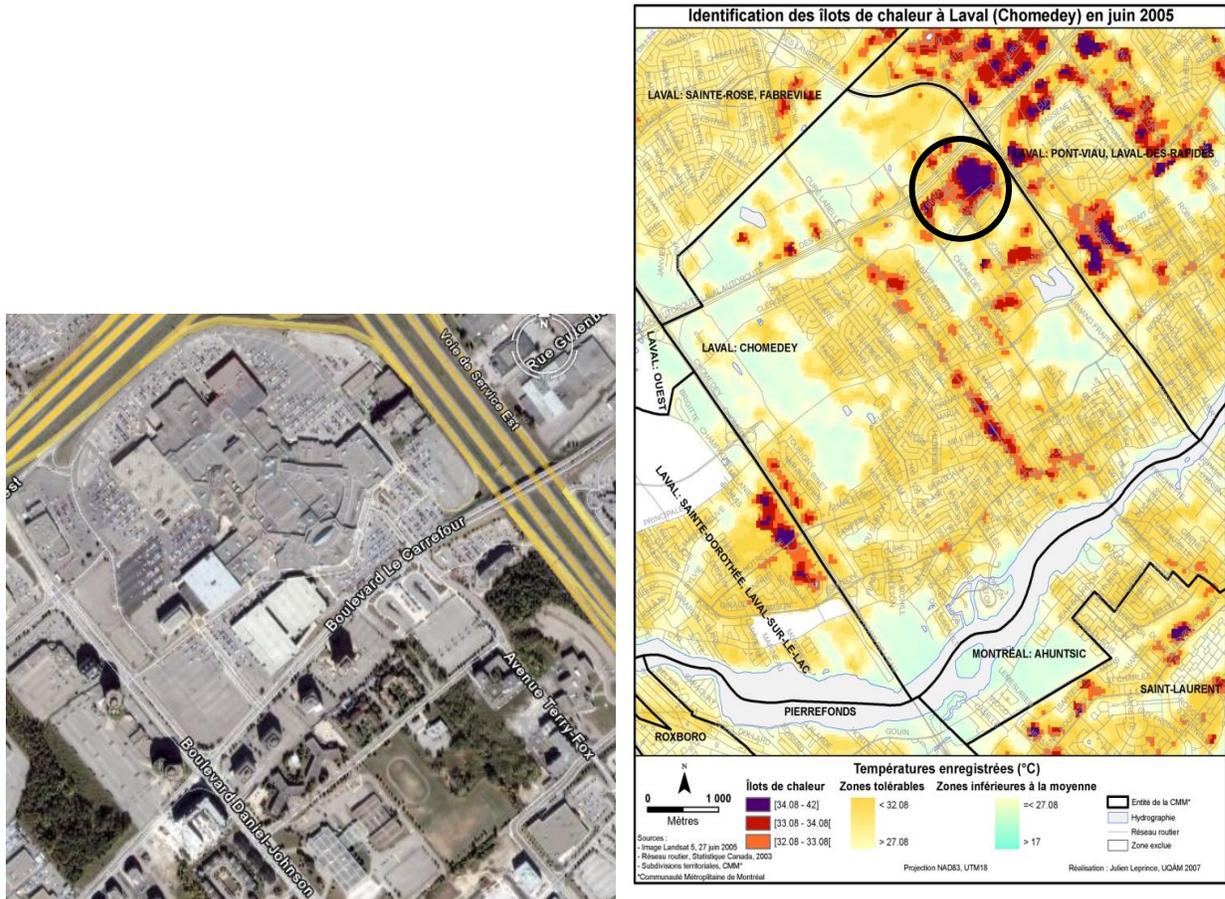


FIGURE A.2 — TEMPÉRATURE ENREGISTRÉE AU CARREFOUR LAVAL
(Sources : figure de gauche : image Google Earth; figure de droite : Y. Baudouin et J. Leprince, UQAM, image Landsat 5 du 27 juin 2005.)

{On remarque que les matériaux utilisés (asphalte, toiture foncée) influencent à la hausse les températures de surface [classe supérieure] (de 34,08 °C à 42 °C).}



ANNEXE B

CALCUL DE L'IRS (SRI) MOYEN D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT

Nom du projet : _____

Localisation : _____

Firme : _____

Responsable de l'évaluation : _____

Date : _____

Hypothèse de calcul : Sans ombre Avec ombre

Remarques : _____

Type de surface	Superficie (A), en m ²	Superficie pondérée (C), C = A/B	IRS (SRI) de la surface (D)	IRS (SRI) moyen, C × D
Superficie totale de l'aire de stationnement (B)			IRS (SRI) moyen de l'aire de stationnement	

ANNEXE C

ÉLÉMENTS DE CONCEPTION D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT

C.1 GÉNÉRALITÉS

L'objectif de la présente annexe est de proposer aux concepteurs différents aspects à considérer pour l'aménagement ou le réaménagement d'une aire de stationnement.

L'analyse de chacun des paramètres proposés dans les aspects du fonctionnement, de la circulation, des usagers, des environnements physique et social, devrait conduire à une définition plus précise de l'aire de stationnement. Cette approche permettra ensuite de mettre en place des moyens et des interventions plus adaptés pour lutter contre les îlots de chaleur urbains.

Les éléments de conception à considérer pour les aires de stationnement des résidences privées ne sont pas traités dans la présente annexe.

C.2 PARAMÈTRES ASSOCIÉS À L'AFFECTATION DU BÂTIMENT

Selon le type de bâtiment et selon la clientèle qui le fréquente, on peut définir des paramètres qui seront utiles pour concevoir l'aménagement d'une aire de stationnement.

Les types d'utilisation d'une aire de stationnement sont normalement classifiés comme suit : aire de stationnement publique, commerciale, industrielle et résidentielle. Pour diversifier davantage la classification, il est possible d'ajouter d'autres catégories d'utilisation.

Pour chaque affectation particulière, on peut chercher à connaître les caractéristiques qui pourront bonifier la conception de l'aire de stationnement. Une liste non exhaustive de quelques aspects à considérer est donnée plus bas. D'autres aspects peuvent s'ajouter à cette liste en fonction du contexte particulier d'aménagement de chaque aire de stationnement :

- **Santé** : cet aspect vise à mettre en place des mesures donnant des résultats réels sur la santé et le bien-être des utilisateurs de l'aire de stationnement (p. ex. : hôpital).
- **Qualité des équipements** : cet aspect vise à orienter la conception et le choix des matériaux en fonction des exigences de circulation des véhicules, dans le but d'améliorer la durabilité et la commodité des aménagements (génie civil, p. ex. : industrie du transport).
- **Image de l'organisme** : cet aspect vise à mettre à profit l'éthique de l'entreprise et son image corporative, pour des aménagements de qualité et qui contribueront à la lutte aux îlots de chaleur (p. ex. : hôtellerie).

- **Esthétique** : cet aspect s'inscrit dans une meilleure intégration urbaine et une meilleure acceptabilité sociale (p. ex. : restauration).

L'analyse des bénéfices recherchés donne une orientation sur les principes de conception, mais il convient ensuite de relier ces derniers à différents moyens qui peuvent être utilisés pour la lutte aux îlots de chaleur urbains.

D'autres éléments très importants devraient être analysés et évalués pour faire la conception d'une aire de stationnement, soit :

- le nombre de cases de stationnement pour les employés;
- le nombre de cases de stationnement pour les visiteurs;
- l'intensité de la circulation.

C.3 PARAMÈTRES ASSOCIÉS À LA DURÉE ET À LA FRÉQUENCE D'UTILISATION DE L'AIRE DE STATIONNEMENT

La conception de l'aménagement et la gestion d'une aire de stationnement peuvent être grandement influencées par des paramètres liés à la durée et à la fréquence d'utilisation de l'aire de stationnement.

On trouve dans les lignes qui suivent quelques-uns des paramètres pouvant être analysés :

- la durée de la période de stationnement;
- le moment de la journée durant lequel l'aire de stationnement est utilisée (jour, nuit, matinée, après-midi);
- les jours de la semaine durant lesquels l'aire de stationnement est utilisée (semaine, fin de semaine);
- les périodes de l'année durant lesquelles l'aire de stationnement est utilisée;
- les événements spéciaux, par exemple une fête annuelle, un rendez-vous mensuel ou saisonnier;
- un débarcadère pour les piétons est-il prévu?
- le stationnement de longue durée est-il autorisé?
- à quels types d'événements a-t-on affaire?

Le concepteur peut ajouter d'autres paramètres à sa grille d'analyse.

C.4 PARAMÈTRES ASSOCIÉS AUX UTILISATEURS DE L'AIRE DE STATIONNEMENT

Les utilisateurs de l'aire de stationnement devraient être connus afin que la conception soit adaptée à la clientèle de l'aire de stationnement. L'étude de ces paramètres a pour objectif de concevoir les schémas de circulation, de positionner les aires de stationnement pour chaque utilisateur et d'élaborer des priorités d'accès ou de proximité des services.

Une liste non exhaustive des paramètres dont on peut tenir compte est donnée ici :

- voiture;
- voiture électrique et bornes de recharge;
- camion;
- camionnette;
- camion semi-remorque;
- moto, scooteur;
- bicyclette (personnelle ou commune);
- piéton;
- personne à mobilité réduite;
- transport collectif (autobus, tramway).

Les paramètres associés aux usagers de l'aire de stationnement peuvent être associés à d'autres paramètres, par exemple ceux associés à l'affectation du bâtiment.

C.5 PARAMÈTRES ASSOCIÉS AU CONTEXTE PHYSIQUE DE L'AIRE DE STATIONNEMENT

Le contexte physique de l'aire de stationnement devrait être analysé pour effectuer la conception des aménagements comme la plantation de végétaux, la gestion des eaux pluviales, les aires d'entreposage de la neige, les allées piétonnes, les bassins de rétention et autres aménagements.

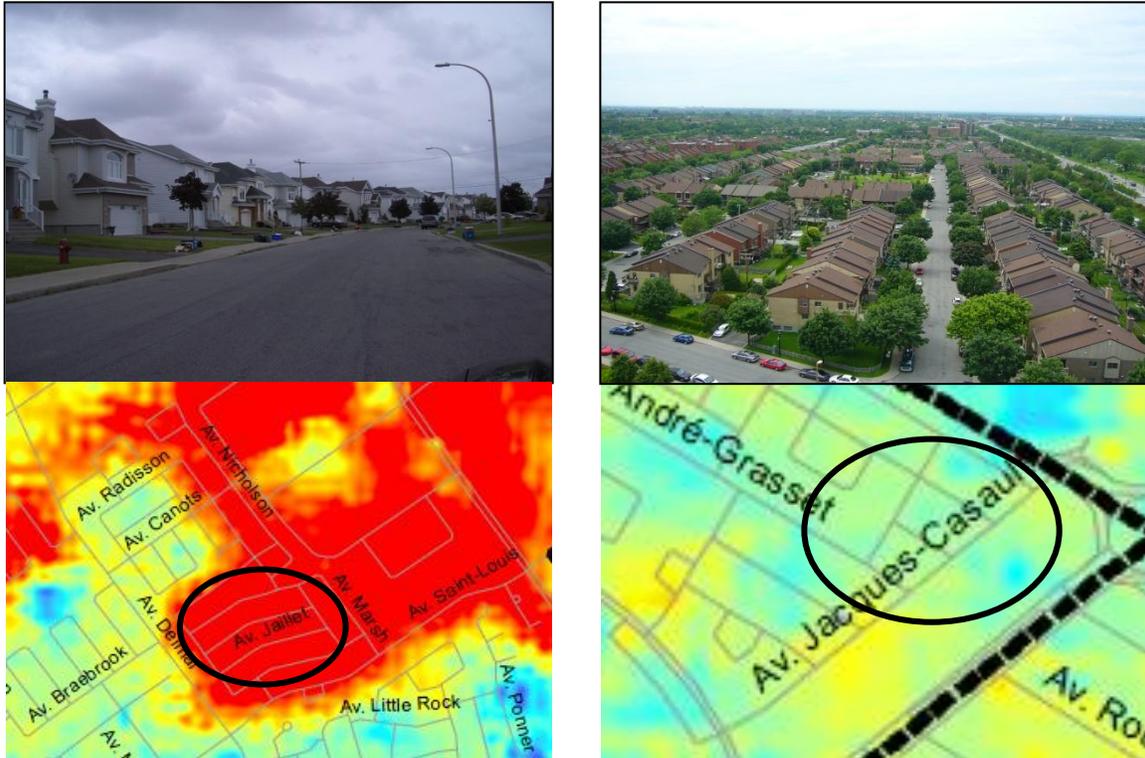
Une liste non exhaustive des paramètres dont on peut tenir compte est donnée ici :

- **Ensoleillement** : l'évaluation de la durée et de la localisation de l'ensoleillement peut se révéler stratégique pour le positionnement des aménagements dans le contexte de la lutte aux îlots de chaleur urbains et pour le confort des utilisateurs; l'évaluation du pourcentage d'ombre est un paramètre qui est souvent utilisé dans les municipalités pour déterminer la conformité réglementaire des aménagements.
- **Topographie** : la topographie du terrain est un facteur important dans la gestion des eaux pluviales et peut occasionner des contraintes en ce qui a trait à ces aménagements.

- **Nature des sols** : la nature des sols peut influencer la gestion des eaux pluviales et, entre autres, la rétention des eaux souterraines; la nature des sols peut aussi constituer une contrainte pour les ouvrages souterrains (aire de stationnement souterraine, canalisations, bassin de rétention et autres).
- **Conditions climatiques** : les conditions climatiques pouvant être étudiées comprennent, entre autres, la direction et l'intensité des vents dominants et les chutes de neige annuelles.
- **Ambiance sonore** : l'évaluation de l'ambiance sonore peut impliquer que des ouvrages particuliers, comme des écrans acoustiques sous forme de mur ou de talus, soient installés dans l'aire de stationnement. Ces aménagements peuvent aussi être associés à la lutte aux îlots de chaleur urbains.

C.6 PARAMÈTRES ASSOCIÉS À LA TARIFICATION DES AIRES DE STATIONNEMENT

Le mode de tarification et les tarifs des aires de stationnement peuvent influencer les paramètres associés à la durée et à la fréquence d'utilisation de l'aire de stationnement. L'influence de la tarification sur ces paramètres pourra orienter la conception des aménagements pour lutter contre les îlots de chaleur urbains.

ANNEXE D**IMAGES THERMIQUES DE DEUX SECTEURS D'HABITATION****POINTE-CLAIRE****MONTREAL****FIGURE D.1 — IMAGES DE L'ÉVOLUTION THERMIQUE DE DEUX SECTEURS (1984-2001)**

(Sources : photographies de C. Perez et P. Martin, UQAM, 2008.)

Voici deux milieux résidentiels érigés approximativement dans les mêmes années (fin 1980-début 1990). À gauche (Pointe-Claire/quartier Valois, autour de 1994), une plantation récente de petits arbres offre un portrait thermique dégradé (à la hausse), tandis qu'à droite (Montréal/arrondissement Ahuntsic-Cartierville, secteur est, autour de 1986), une plantation d'arbres aménagée dès la fin des travaux a permis d'abaisser la température de surface.

Les images thermiques du bas indiquent l'intensité de la différence (du changement) entre deux images thermiques Landsat 5 de 1984 et de 2005, où le rouge indique un réchauffement (jusqu'à 16 °C), tandis que le bleu indique un refroidissement (jusqu'à -11 °C).

ANNEXE E

RECOMMANDATIONS DU MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES, DES RÉGIONS ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE À L'ÉGARD DE LA LUTTE AUX ILOTS DE CHALEUR URBAINS PAR L'AMÉNAGEMENT DES AIRES DE STATIONNEMENT

E.1 PRÉAMBULE

La lutte aux îlots de chaleur urbains par un aménagement optimal des aires de stationnement ne saurait être envisagée sans se préoccuper de la taille de ces aires de stationnement. Leur taille est principalement déterminée par le nombre de cases de stationnement qu'elles comprennent, par les dimensions de ces cases et par les dimensions des allées de circulation de ces aires de stationnement.

Ces composantes (nombre de cases et dimensions des cases et des allées) peuvent faire l'objet de dispositions dans le règlement de zonage des municipalités (*Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, art.113). Ainsi, le règlement de zonage peut : « prescrire, pour chaque zone ou chaque usage ou combinaison d'usages, l'espace qui sur les lots doit être réservé et aménagé pour le stationnement ou pour le chargement ou le déchargement des véhicules [...] et la manière d'aménager cet espace; établir des normes de stationnement à l'intérieur ou à l'extérieur des édifices. »

Les municipalités ont également le pouvoir d'exiger que soit délivré un permis ou un certificat pour aménager ou réaménager une aire de stationnement. La délivrance du permis ou du certificat est à ce moment assujettie à la conformité du projet d'aménagement à la réglementation d'urbanisme.

Comme de nombreuses municipalités se prévalent de leur pouvoir de réglementation en matière d'aménagement des aires de stationnement, l'un des moyens de lutter contre les îlots de chaleur causés par l'aménagement des aires de stationnement est d'agir sur la réglementation municipale.

Par conséquent, différentes recommandations du ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire sont données dans la présente annexe pour limiter la superficie occupée par les aires de stationnement aménagées en milieu urbanisé, et, par le fait même, pour restreindre les superficies asphaltées.

E.2 RECOMMANDATIONS VISANT LA RÉGLEMENTATION MUNICIPALE

Les recommandations qui suivent se présentent davantage sous la forme d'objectifs que sous la forme de normes chiffrées. En ce sens, l'adoption d'un règlement sur les plans d'implantation et d'intégration architecturales comportant des critères pour favoriser l'insertion des aires de stationnement dans le paysage bâti se révèle une solution intéressante.

E.3 NOMBRE DE CASES DE STATIONNEMENT

E.3.1 RÉDUIRE LE NOMBRE MINIMAL DE CASES DE STATIONNEMENT À FOURNIR

Règle générale, les municipalités adoptent un nombre minimal de cases de stationnement à fournir, par usage. Ainsi, dans une municipalité X, un commerce de détail de vêtements pourrait avoir à fournir 1 case par 10 m² d'espace commercial.

Dans le but de réduire les îlots de chaleur en diminuant la surface asphaltée, le nombre de cases de stationnement exigées pour certains usages pourrait être réduit.

Par exemple, le règlement de zonage de l'arrondissement de Saint-Laurent a été modifié en décembre 2009 pour inclure des dispositions visant à réduire le nombre minimal de cases exigées¹. Pour les habitations multifamiliales, le nombre minimal de cases exigées par logement est réduit de 36 % et le nombre de cases exigées pour les visiteurs est réduit de 33 %. Le nombre minimal de cases de stationnement est réduit de 20 % pour un regroupement commercial, de 15 % pour les immeubles de bureaux, de 70 % pour les services de garde à la petite enfance, de 50 % pour les lieux de réunion et de 35 % pour les stations-services.

E.3.2 IMPOSER UN NOMBRE MAXIMAL DE CASES DE STATIONNEMENT À FOURNIR

Par ailleurs, les règlements de zonage, qui exigent pour la plupart un nombre minimal de cases de stationnement, pourraient également prévoir un nombre maximal de cases pouvant être aménagées.

Par exemple, le document complémentaire au plan d'urbanisme adopté par la Ville de Montréal en 2004 exige que l'arrondissement de Ville-Marie établisse un nombre maximal de cases de stationnement autorisées lors de la construction, de l'agrandissement ou du changement d'usage d'un bâtiment.

L'arrondissement de Saint-Laurent a modifié son règlement de zonage pour fixer un plafond au nombre de cases de stationnement pouvant être aménagées sur une propriété. Ce plafond est établi à 150 % du nombre minimal de cases exigées. Pour les habitations unifamiliales, les plex et les aires de stationnement de moins de 5 cases, ce plafond est établi à 200 % du minimum exigé. Dans le cas des industries, des commerces, des bureaux et des services, lorsque le nombre de cases est supérieur à 125 % du minimum exigé, elles doivent être en souterrain.

À Gatineau, le nombre de cases de stationnement autorisées sur une rue d'ambiance, dans certains secteurs patrimoniaux et villageois, est limité à 50 % du nombre minimal requis par usage.

1. Il importe de préciser que les bonnes pratiques québécoises décrites dans la présente annexe sont présentées à titre indicatif et n'ont pas fait l'objet d'une analyse juridique. Il va sans dire que, avant d'adopter toutes dispositions légales, il est indispensable qu'une municipalité consulte ses conseillers juridiques pour s'assurer de la légalité des dispositions prévues.

E.3.3 RÉDUIRE LE NOMBRE DE CASES DE STATIONNEMENT EXIGÉES EN FONCTION DE LA PROXIMITÉ D'UN ÉQUIPEMENT

Toujours pour réduire la surface asphaltée de manière à limiter l'effet d'îlot de chaleur, il est possible de réduire le nombre de cases de stationnement requises dans certains secteurs qui sont, par exemple, à proximité d'arrêts de transport en commun, dans les noyaux villageois ou dans les secteurs patrimoniaux.

Ainsi, à proximité des stations de transport collectif (Rapibus), dans son centre-ville, ses noyaux urbains, sur les rues d'ambiance et dans les secteurs patrimoniaux, la Ville de Gatineau utilise un nombre de cases minimal qui est inférieur aux dispositions s'appliquant aux autres secteurs du territoire. Cette réduction varie de 20 % à 50 %, selon les situations.

La Ville de Québec base, quant à elle, ses dispositions règlementaires sur les aires de stationnement selon des secteurs qu'elle qualifie ainsi : « urbain dense », « axe structurant » et « général ». Le nombre de cases à fournir varie selon la forme urbaine. Ainsi, pour certains usages en zone urbaine dense, il n'y a pas de nombre de cases exigé, mais un nombre de cases maximal est fixé.

À Matane, à Thetford Mines et à La Malbaie, certaines zones ne sont pas assujetties à des dispositions visant le nombre minimal de cases à fournir.

En périphérie des stations de métro et de certaines gares de train de banlieue, la Ville de Montréal exige, dans son document complémentaire, que les dispositions règlementaires des arrondissements limitent l'offre de stationnement.

E.3.4 PRENDRE EN COMPTE LA PROXIMITÉ D'UNE AIRE DE STATIONNEMENT PUBLIQUE

Le nombre de cases de stationnement exigé peut également être modulé en fonction de la proximité d'une aire de stationnement publique.

Par exemple, la Ville de Richmond réduit le nombre de cases à fournir de 50 % pour les établissements commerciaux situés à moins de 50 m d'une aire de stationnement publique.

E.3.5 PERMETTRE LA MISE EN COMMUN DES AIRES DE STATIONNEMENT

Il serait possible que deux ou plusieurs établissements puissent aménager une aire de stationnement en commun leur permettant de réduire le nombre de cases minimal à fournir.

La municipalité de Rémigny permet ainsi une réduction de 20 % du nombre total de cases requises pour chaque usage à condition que l'aire de stationnement soit située à moins de 300 m des établissements.

E.3.6 ENCOURAGER LE STATIONNEMENT PARTAGÉ

Certaines municipalités préconisent le stationnement partagé entre les différents usages de manière à réduire les surfaces asphaltées. Il est souhaitable que les pics d'utilisation des aires de stationnement se produisent toutefois à des périodes différentes. Par exemple, du lundi au vendredi, les usagers d'un cinéma utilisent davantage l'aire de stationnement en soirée, alors que les employés de bureau utilisent l'aire de stationnement entre 8 h et 17 h (voir figure E.1).

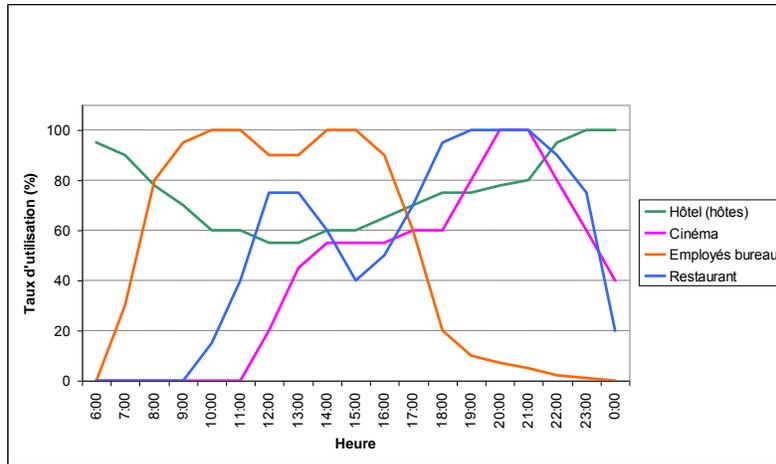


FIGURE E.1 — UTILISATION DES CASES DE STATIONNEMENT POUR CERTAINS USAGES, LES JOURS DE SEMAINE

Dans son règlement de zonage, la Ville de Brossard édicte que « lorsque autorisé dans la grille des dispositions particulières d'une zone, le concept de stationnement partagé peut s'appliquer en particulier à un projet commercial mixte où sont présents, en tout temps, sur un même emplacement », certains usages. Les dispositions sur le stationnement partagé sont basées sur une matrice qui illustre la répartition de l'utilisation d'une aire de stationnement selon les usages et les heures de la journée et qui fournit le nombre minimal de cases de stationnement requis. Le règlement de zonage spécifie : « L'espace de stationnement partagé doit faire l'objet d'une servitude dument enregistrée entre les parties concernées prévoyant que ledit espace de stationnement sera maintenu et partagé entre les usages faisant partie de l'ensemble commercial mixte. »

La Ville de Chicago permet que 100 % des cases requises pour les activités diurnes soient fournies par les cases dont l'usage est destiné aux activités nocturnes ou dominicales.

La Ville de Portland (Oregon) utilise une disposition semblable. Un document légal garantissant l'accès à l'aire de stationnement doit être fourni lors de la demande de permis. Ce sont les demandeurs qui doivent montrer que les pics d'utilisation des cases de stationnement ont lieu à des moments différents.

E.3.7 ÉLIMINER L'OBLIGATION DE FOURNIR DES CASES DE STATIONNEMENT

En plus de permettre que, dans certaines zones patrimoniales, par exemple, le nombre de cases minimal à fournir soit nul, il peut être envisagé d'éliminer cette obligation également pour les cas où l'absence de besoins est démontrée. Dans ce cas, toutefois, il est indispensable que l'exemption

de l'obligation de fournir et de maintenir des cases de stationnement soit assortie du paiement d'une somme déterminée.

Pour les usages résidentiels et industriels, l'arrondissement de Saint-Laurent élimine l'obligation de fournir une aire de stationnement dans les cas où l'absence de besoins est démontrée.

E.3.8 REMPLACER DES CASES DE STATIONNEMENT POUR VÉHICULE MOTORISÉ PAR DES PARCS À VÉLOS

Le nombre de cases de stationnement à fournir pourrait aussi être modulé en fonction des parcs à vélos fournis.

Ainsi, la Ville de Portland (Oregon) permet que 25 % des cases de stationnement requises soient remplacées par des parcs à vélos, une case pour voiture étant remplacée par cinq parcs à vélos.

E.4 DIMENSIONS DES CASES

E.4.1 RÉDUIRE LES DIMENSIONS MINIMALES DES CASES

Les règlements municipaux relatifs au stationnement exigent généralement une largeur et une longueur minimales de case qui varient selon l'angle de l'aire de stationnement (cases en parallèle, cases à 30°, 45°, 60° ou 90°).

Par exemple, dans le cas d'une case à 90°, la largeur minimale exigée peut varier de 2,5 m à 2,7 m. La longueur minimale varie de 5 m à 6 m et elle est corrélée à la largeur de l'allée de circulation qui, elle, varie de 6 m à 7 m pour une allée bidirectionnelle. La différence de superficie occupée par une case A qui correspond aux dimensions minimales exigées, entre autres, par les Villes de Gatineau et de Drummondville (2,5 m sur 5 m) et par une case B qui correspond aux dimensions exigées par plusieurs municipalités (2,7 m sur 5,5 m) peut ainsi s'élever à 2,35 m². Multipliée par 100 cases, cette différence prend toute son importance dans le contexte de la lutte aux ilots de chaleur urbains.

Prenons l'exemple d'un commerce de détail de 200 m² pour lequel il est nécessaire d'aménager 7 cases de stationnement à 90°. Dans la municipalité qui exige des cases A de 2,5 m sur 5 m, l'aire de stationnement occupera une superficie de 147,5 m². Dans la municipalité qui exige des cases B de 2,7 m sur 5,5 m, l'aire de stationnement occupera une superficie de 168,75 m² pour une différence de 21,25 m² ou 14 % (voir tableau E.1 et figure E.2).

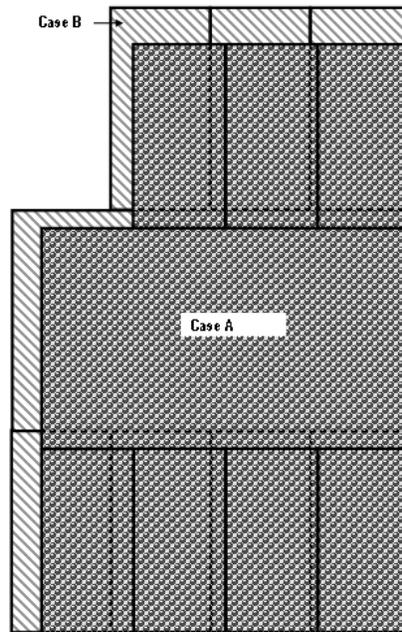


FIGURE E.2 — EXEMPLES DE SUPERFICIES D’AIRES DE STATIONNEMENT EN FONCTION DES DIMENSIONS DES CASES DE STATIONNEMENT

TABLEAU E.1

DIMENSIONS DES CASES DE STATIONNEMENT DE LA FIGURE E.2

	A	B
Longueur de la case, en mètres	5	5,5
Largeur de la case, en mètres	2,5	2,7
Largeur de l’allée, en mètres	6	6

E.4.2 AMÉNAGER DIFFÉRENTS TYPES DE CASES DANS LES AIRES DE STATIONNEMENT

L’aménagement d’une aire de stationnement peut comprendre des cases réservées aux petites voitures, ce qui permet de réduire la superficie asphaltée. Il peut également comprendre des cases plus vastes. Ce faisant, comme un nombre de cases est réservé aux plus gros véhicules, cela permet de réduire la taille des cases conventionnelles sans toutefois pénaliser les conducteurs de véhicules plus gros.



Aux dimensions des cases conventionnelles de stationnement destinées aux grandes voitures comme les intermédiaires, les compactes et les familiales, il est ainsi possible d'ajouter les dimensions des cases réservées aux petites voitures comme les sous-compactes et les deux-places de même que les dimensions des cases plus importantes destinées aux camionnettes et aux fourgonnettes (voir tableau E.2).

Évidemment, l'identification des cases pour petites voitures, voitures ordinaires ou gros véhicules est essentielle et un contrôle pourrait se révéler nécessaire de façon ponctuelle. Il est également préférable que la municipalité prévoise la proportion des aires de stationnement à réserver aux cases conventionnelles, aux petites cases et aux grandes cases.

À titre d'exemple, la Ville de Vancouver prévoit que 25 % des aires de stationnement peuvent être occupées par de petites cases dont la dimension est de 2,3 m de largeur sur 4,6 m de longueur. Regina permet, quant à elle, de petites cases de 2,3 m sur 4,9 m.

TABLEAU E.2

DIMENSIONS DES TYPES DE VÉHICULES

Dimensions des modèles 2011 de certaines voitures vendues au Canada			
Catégorie	Modèle	Longueur, en mm	Largeur, en mm
Deux-places	Smart ForTwo	2690	1560
Sous-compacte	Mini Cooper	3723	1683
Sous-compacte	Toyota Yaris	4300	1690
Sous-compacte	Ford Fiesta	4409	1722
Familiale	Hyundai Elantra Touring	4485	1765
Compacte	Toyota Corrola	4540	1760
Familiale	Kia Rondo	4545	1820
Véhicule à usages spéciaux	Toyota RAV4	4620	1855
Véhicule à usages spéciaux	Toyota Highlander	4785	1910
Intermédiaire	Nissan Altima	4844	1795
Fourgonnette	Toyota Sienna	5085	1985
Grande berline	Ford Taurus	5154	1936
Grande berline	Cadillac DTS	5273	1900
Véhicule à usages spéciaux	Ford Expedition (le plus grand modèle)	5621	2002
Véhicule à usages spéciaux	Cadillac Escalade (le plus grand modèle)	5662	2009
Véhicule à usages spéciaux	Lincoln Navigator (le plus grand modèle)	5672	2002
Camionnette	Ford F-150 (le plus grand modèle)	5888	2012
Camionnette	GMC Sierra HD (cabine multiplace)	6580	2032

NOTES —

- 1 Les catégories proviennent de données de Ressources naturelles Canada.
- 2 Les dimensions sont tirées des sites Web des constructeurs respectifs.



E.4.3 FIXER DES DIMENSIONS MAXIMALES

Il convient, d'une part, de s'assurer du bon fonctionnement des aires de stationnement en fixant les dimensions minimales des cases et des allées de circulation. D'autre part, pour s'assurer de limiter la superficie asphaltée, il convient également de fixer des dimensions maximales.

Il importe toutefois de souligner que le fait de prévoir les dimensions et la quantité à fournir de petites cases, de cases conventionnelles et de grandes cases permet d'éviter de fournir des dimensions minimales et maximales.

E.4.4 FAVORISER LES VOITURES DE PETIT GABARIT ET LES VÉLOS

Toujours dans l'objectif de limiter la taille des aires de stationnement et, par conséquent, des superficies asphaltées, une localisation privilégiée des parcs à vélos et des petites cases, par exemple à proximité de l'entrée du bâtiment, est une façon d'affirmer sa volonté de favoriser les véhicules les moins pollués. Toutefois, pour être efficace, il est possible qu'une telle règle exige d'appliquer des mesures coercitives envers les contrevenants.

E.5 AIRES DE STATIONNEMENT INTÉRIEURES

Pour réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain, un certain nombre de cases de stationnement peut être exigé en souterrain. Certaines municipalités obligent le stationnement souterrain, par exemple, pour améliorer le paysage urbain ou pour augmenter la densité construite d'un secteur.

Par exemple, dans certains secteurs sur son territoire, la Ville de Québec exige qu'un pourcentage minimal de la superficie des cases de stationnement aménagées soit souterrain. Ce pourcentage est variable (par exemple, 50 % ou 65 %) selon les zones et peut même grimper à 100 %.

L'arrondissement de Saint-Laurent, à Montréal, exige que toutes les cases des projets d'habitations multifamiliales soient souterraines, à l'exception des cases réservées aux visiteurs.

Pour favoriser l'aménagement d'aires de stationnement souterraines, il est également possible de limiter le nombre de cases à fournir. La Ville de Chicago, lorsque toutes les cases de stationnement sont aménagées en souterrain, réduit le nombre minimal de cases à fournir à 50 %.

Dans le cas d'une aire de stationnement étagée, les dispositions réglementaires peuvent exiger que le dernier étage, soit la toiture, soit recouverte de végétation. Cette exigence peut aussi s'appliquer au toit d'une aire de stationnement souterraine.

E.6 AMÉNAGEMENT DES AIRES DE STATIONNEMENT

Les dispositions réglementaires concernant le stationnement peuvent également s'appliquer aux aménagements paysagers des aires de stationnement, à la présence d'arbres, aux matériaux de revêtement de même qu'à la gestion des eaux pluviales.

Le règlement de zonage de l'arrondissement Rosemont—La Petite-Patrie, à Montréal, exige les matériaux suivants pour le revêtement des aires de stationnement pavées, des aires de chargement ou d'entreposage extérieures et des voies d'accès :

- « 1. le béton et le gravier de couleur grise;
2. le pavé alvéolé;
3. un matériau inerte dont l'indice de réflectance solaire est d'au moins 29, attesté par les spécifications du fabricant ou par un avis d'un professionnel. »

Le document complémentaire au plan d'urbanisme de la Ville de Montréal comprend des dispositions s'appliquant aux aires de stationnement des commerces de moyenne et de grande surface. Ainsi, une bande de verdure plantée est obligatoirement aménagée en bordure de la voie publique. Lorsque l'aire de stationnement est contiguë à une zone résidentielle, une bande de verdure longeant la limite de propriété est à prévoir. Les aires de stationnement d'une superficie supérieure à 1000 m² doivent comprendre suffisamment d'ilots végétalisés pour assurer un environnement attrayant et pour contribuer à la compréhension de l'aménagement de l'aire de stationnement.

Le règlement de zonage de l'arrondissement de Saint-Laurent prévoit l'intégration d'espaces verts à l'intérieur des aires de stationnement de 20 cases et plus. Il exige également que le couvert formé par les arbres matures (*la canopée*) couvre 40 % des aires de stationnement.

À Québec, les aires de stationnement de plus de 100 cases doivent être divisées en ilots d'au plus 100 cases. Ces ilots doivent être séparés par un passage piétonnier d'une largeur minimale de 1,5 m bordé d'une bande de plantation d'une largeur d'au moins 2 m.

À Gatineau, les exigences paysagères du règlement de zonage deviennent plus sévères avec l'augmentation du nombre de cases de stationnement. Par exemple, pour les aires de stationnement de plus de 25 cases, « au moins 5 % de la surface d'un espace de stationnement hors rue, en excluant la superficie d'une bande gazonnée ou autrement paysagée bordant l'espace de stationnement hors rue, doit être composée de bandes gazonnées ou autrement paysagées. Chacune de ces bandes doit être bordée par une bordure de béton d'une hauteur d'au moins 0,15 m; b) Dans la bande gazonnée ou autrement paysagée, bordant tout espace de stationnement hors rue, un arbre feuillu ayant un D. H. P. d'au moins 5 cm ou un conifère d'une hauteur d'au moins 2 m, au moment de leur plantation, doit être planté à chaque 12 m. Au moins 60 % des arbres plantés doivent être des conifères. » En plus de ces exigences, il existe également dans la réglementation municipale de Gatineau des exigences supplémentaires pour les aires de stationnement de plus de 100 cases.

ANNEXE F

CRÉDIT 7.1 DU PROGRAMME DE BÂTIMENTS DURABLES LEED

Le programme LEED est utilisé fréquemment dans le domaine du bâtiment et il est bien connu par les professionnels du domaine, comme les architectes. Le texte relatif au crédit 7.1 du document LEED [24] est reproduit à la page suivante.

Le programme offre aussi des crédits pour d'autres paramètres qui s'inscrivent dans les préoccupations du présent guide :

Aménagement écologique des sites

- Crédit 5.2 Aménagements des sites : maximiser les espaces verts
- Crédit 6.1 Gestion des eaux pluviales : contrôle de la quantité
- Crédit 6.1 Gestion des eaux pluviales : contrôle de la qualité

Lorsque le concepteur veut obtenir un de ces crédits, il met en place des aménagements qui correspondent aux objectifs du crédit et pour lesquels une méthode de calcul quantitative est donnée afin de déterminer si le crédit est obtenu.

Le fait de vouloir obtenir un des crédits mentionnés (5.2, 6.1, 6.2 ou 7.1) peut avoir comme conséquence de limiter les aménagements nécessaires à l'obtention d'un autre de ces crédits. Le concepteur fait alors un choix, sachant que l'obtention d'un crédit pourra empêcher l'obtention de l'autre.

Le système d'obtention de crédits LEED est donc limitatif sur les bonnes pratiques qu'il faut mettre en place pour lutter efficacement contre les îlots de chaleur urbains et qui sont suggérées dans le présent guide. Il est recommandé au concepteur de tenir compte de cette limitation du programme LEED dans la conception d'un projet qui a pour objectif de mettre en place toutes les mesures nécessaires à la lutte aux îlots de chaleur urbains.

Le Conseil du bâtiment durable du Canada a également publié un document explicatif, le Guide de référence LEED Canada, pour le calcul des crédits et l'atteinte des objectifs qui sont proposés, entre autres, pour les options du crédit 7.1 [23].

**CRÉDIT 7.1 DU PROGRAMME DE BÂTIMENTS DURABLES LEED —
AMÉNAGEMENT DU SITE VISANT À RÉDUIRE LES ILOTS DE CHALEUR :
ÉLÉMENTS AUTRES QUE LES TOITURES**

BUT

Réduire les îlots de chaleur pour minimiser leur impact sur le microclimat et sur les habitats humains et fauniques.

CAS 1 : TOUS LES PROJETS

OPTION 1

Utiliser toute combinaison des stratégies suivantes pour 50 % des matériaux inertes de l'aménagement (y compris les voies de circulation, les trottoirs, les cours et les stationnements) :

- fournir de l'ombre au moyen du couvert forestier existant ou en fournir dans les cinq ans suivant l'aménagement du terrain; les travaux d'aménagement paysager (plantation d'arbres) doivent être réalisés au moment de l'occupation;
- fournir de l'ombre au moyen des structures recouvertes par des panneaux solaires qui produisent l'énergie servant à compenser en partie la consommation de ressources non renouvelables;
- fournir de l'ombre au moyen de dispositifs architecturaux ou de structures qui ont un indice de réflectance solaire (IRS) d'au moins 29;
- utiliser des matériaux inertes dont l'IRS est d'au moins 29;
- utiliser un système de pavage alvéolé (dont au moins 50 % de la surface est perméable).

Ou

OPTION 2

Placer au moins 50 % des espaces de stationnement sur des espaces recouverts. Toute toiture qui sert à fournir de l'ombre ou à recouvrir un stationnement doit avoir un IRS d'au moins 29, être végétalisée ou abriter des panneaux solaires qui

produisent de l'énergie servant à compenser en partie la consommation de ressources non renouvelables.

CAS 2 : UNIQUEMENT POUR LES PROJETS AUTRES QUE DES CAMPUS

Les projets pour lesquels les surfaces autres que les toitures représentent moins de 5 % de la superficie totale du site doivent satisfaire aux exigences du crédit AÉS 7.2, Aménagement du site visant à réduire les îlots de chaleur : toitures, et du crédit AÉS 2, Densité de développement et lien avec la communauté.

TECHNOLOGIES ET STRATÉGIES POTENTIELLES

Utiliser des stratégies, des matériaux et des techniques d'aménagement paysager qui réduisent l'absorption de la chaleur des matériaux extérieurs. Utiliser l'ombre (calculée le 21 juin au midi solaire) provenant d'arbres et de grands arbustes indigènes ou adaptés, de treillis avec plantations ou d'autres structures extérieures sur lesquelles des plantes peuvent grimper. Envisager l'utilisation de nouveaux revêtements et de colorants intégrés pour que l'asphalte ait des surfaces de couleur claire plutôt que d'être noire. Disposer les cellules photovoltaïques de manière à ce qu'elles fournissent de l'ombre à des surfaces imperméables.

Envisager le remplacement de surfaces construites (c'est-à-dire des toits, voies de circulation, trottoirs, etc.) par des surfaces végétalisées comme des terrasses-jardins et des systèmes de pavage alvéolés ou spécifier pour ces surfaces des matériaux à albédo élevé, comme le béton, pour réduire leur absorption de chaleur.

ANNEXE G

TECHNIQUES PERMETTANT LE DÉVELOPPEMENT D'UN RÉSEAU RACINAIRE SOUS UNE CHAUSSÉE

G.1 SOL STRUCTURAL

Le sol structural est une technique qui a été créée pour permettre le développement d'un réseau racinaire sous une chaussée. Dans ce contexte, il existe notamment un mélange de pierre nette et de substrat qui est breveté aux États-Unis sous le nom de CU-Sol structural®. Les explications données dans les paragraphes qui suivent sont inspirées du document *Utiliser le CU-Sol Structural® dans un environnement urbain* de l'Institut d'horticulture urbaine de la Cornell University, Département d'horticulture.

NOTE — Le CU-Sol structural® est un produit breveté qui est donné à titre d'exemple; d'autres mélanges de matériaux qui ne sont pas brevetés peuvent être utilisés comme sol structural et permettre le développement du réseau racinaire des arbres.

Le CU-Sol structural® (brevet américain n° 5 849 069) est un système formé de deux composantes, soit un treillis de pierres angulaires, respectant les exigences de capacité portante normalement fixées par les ingénieurs, et du sol servant de substrat de croissance pour les racines des arbres. Le treillis de pierres fournit la stabilité ainsi que des vides communicants pour la pénétration des racines et pour le mouvement de l'air et de l'eau (voir la reproduction de la figure extraite du document à la page suivante [figure G.1]). La pierre concassée uniforme de calibre de 20 mm à 40 mm [de ¾ po à 1 ½ po] est spécifiée pour le CU-Sol structural® dans le but d'assurer une grande porosité. De plus, les pierres concassées angulaires fournissent une plus grande capacité de compaction et d'interfaces pierre-sur-pierre que les pierres rondes.

Puisque parmi les textures de sol, l'argile a la plus grande capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs, un *loam* très argileux a été sélectionné comme intrant au CU-Sol structural®. Le CU-Sol structural® contient aussi de 2 % à 5 % de matières organiques afin d'encourager une activité bénéfique des microorganismes.

De plus, un minimum de 20 % d'argile est essentiel pour une capacité d'échange cationique adéquate. Lorsqu'on fait un bon choix de pierres calibrées et qu'on atteint le juste ratio pierre-sol, un mélange de pierre nette et de substrat de croissance pour de saines racines est créé et celui-ci peut être compacté afin de respecter les exigences de capacité portante normalement fixées par les ingénieurs. L'intention est de suspendre pratiquement le sol argileux entre les pierres sans complètement remplir les vides, ce qui compromettrait l'aération, le drainage et la capacité portante. Le CU-Sol structural® comprend un hydrogel Gelscape® comme agent poisseux. Cet hydrogel breveté n'est pas phytotoxique.

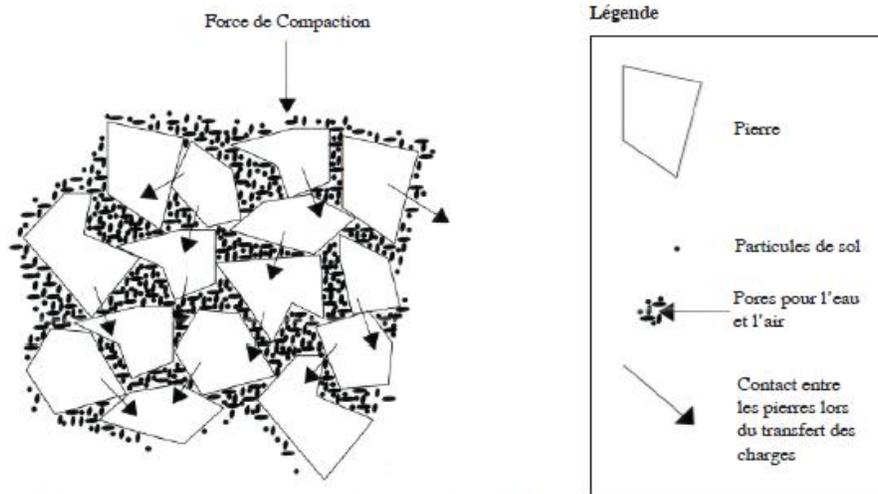


FIGURE G.1 — DIAGRAMME MONTRANT LE PRINCIPE DE LA COMPACTION PIERRE-SUR-PIERRE ET DES ESPACES INTERSTITIELS REMPLIS DE SOL

(Source : [11] Bassuk, Grabosky et Trowbridge, 2005.)

La figure G.2 présente un exemple de plantation d'arbres dans un mélange terre-pierre et illustre plus particulièrement le développement racinaire dans la partie située sous une surface de roulement ou sous la surface d'un trottoir.

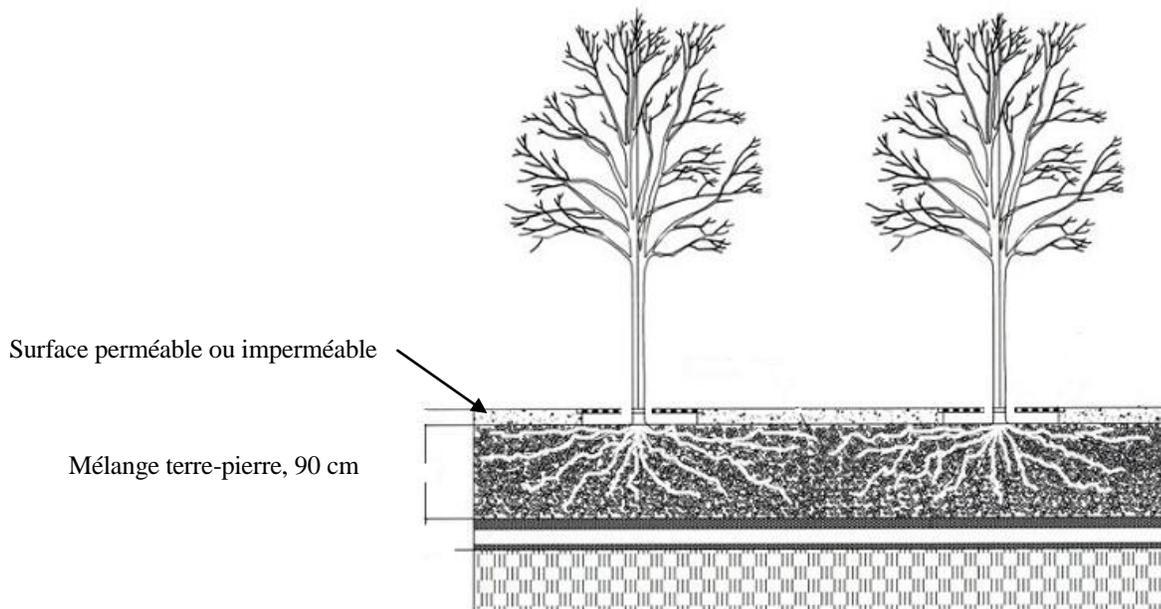


FIGURE G.2 — DÉVELOPPEMENT RACINAIRE DANS UN MÉLANGE TERRE-PIERRE

{Source : [11] Bassuk, Grabosky et Trowbridge, 2005 (adaptation).}

La photo G.1 présente un arbre planté dans un mélange terre-pierre dont la surface est composée de pavés perméables.



PHOTO G.1

(Source : G. Laliberté, Saint-Hyacinthe, 2012.)

G.2 DISPOSITIFS MODULAIRES EN CELLULES

Les dispositifs modulaires qui sont composés de structures en plastique créent pour les arbres un cadre souterrain pouvant porter la charge de véhicules routiers, tout en offrant un espace libre pour l'enracinement, de sorte que les arbres peuvent se développer correctement.

Ces structures sont remplies d'un substrat et permettent la réception et l'accumulation des eaux pluviales. Elles ont une grande capacité d'absorption grâce au sol non compacté se situant dans la cellule.



FIGURE G.3 — DISPOSITIFS MODULAIRES EN CELLULES

(Source : [42] Greenmax, 2013.)

ANNEXE H

RÉFÉRENCES INFORMATIVES

H.1 DOCUMENTS D'ORGANISMES DE NORMALISATION

BNQ (Bureau de normalisation du Québec) [www.bnq.qc.ca]

- [1] NQ 0605-100/2001 *Aménagement paysager à l'aide de végétaux — Partie I : Définitions — Partie II : Préparation des surfaces — Partie III : Terreau — Partie IV : Engazonnement — Partie V : Ensemencement — Partie VI : Rénovation des surfaces engazonnées et ensemençées — Partie VII : Naturalisation et stabilisation des berges et des talus — Partie VIII : Plantation des arbres et des arbustes — Partie IX : Conservation des arbres et des arbustes lors de travaux d'aménagement et de construction — Partie X : Plantation de plantes annuelles et vivaces incluant les plantes à bulbes — Partie XI : Aménagement de mosaïques.*
- [2] NQ 0605-200/2001 *Entretien arboricole et horticole — Partie I : Définitions — Partie II : Taille des arbustes et des jeunes arbres — Partie III : Entretien des arbustes et des jeunes arbres — Partie IV : Élagage des arbres — Partie V : Abattage des arbres, essouchement et élimination des pousses — Partie VI : Haubanage et traitement des plaies — Partie VII : Entretien des surfaces engazonnées — Partie VIII : Entretien des plantes à fleurs en contenants à suspendre ou à accrocher — Partie IX : Entretien des mosaïques.*
- ASTM International** [www.astm.org]
- [3] ASTM E1980-11 *Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces.*

H.2 DOCUMENTS GOUVERNEMENTAUX

- [4] ENVIRONNEMENT CANADA ET SANTÉ CANADA. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999), liste des substances d'intérêt prioritaires, rapport d'évaluation, sels de voirie*, Gatineau, ministère des Travaux publics du Canada, 2001, 188 p.
- [5] MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ONTARIO (MEO). *Savoir gérer les eaux de ruissellement*, [En ligne], 2003.
[\[www.ene.gov.on.ca/environnement/fr/resources/STD01_077653.html\]](http://www.ene.gov.on.ca/environnement/fr/resources/STD01_077653.html) (page consultée le 7 juillet 2011).
- [6] MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). *Guide de gestion des eaux pluviales*, [En ligne].
[\[www.mddep.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm\]](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm) (page consultée le 23 mai 2011).
- [7] OFFICE QUÉBÉCOIS DE LA LANGUE FRANÇAISE (OQLF). *Le grand dictionnaire terminologique*, [En ligne], 2013.
[\[www.granddictionnaire.com\]](http://www.granddictionnaire.com).

H.3 AUTRES DOCUMENTS

- [8] BARRY, Richard, et autres. « Hydrologie forestière et aménagement du bassin hydrographique », *Manuel de foresterie*, ouvrage collectif, Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, 2^e édition, chapitre 5, Québec, Éditions Multimondes, 2009, p. 317-358.
- [9] BARTENS, Julia, et autres. « Transpiration and Root Development of Urban Trees in Structural Soil Stormwater Reservoirs », *Environmental Management*, vol. 44, n^o 4, 2009, p. 646-657.
- [10] BASSUK, Nina, et autres. *Recommended Urban Trees: Site Assessment and Tree Selection for Stress Tolerance*, Ithaca, New York, Department of Horticulture, Urban Horticulture Institute, Cornell University, 2009, 121 p.
- [11] BASSUK, Nina, Jason GRABOSKY et Peter TROWBRIDGE. *Utiliser le CU-Sol Structural^{MD} dans un environnement urbain*, Ithaca, New York, Department of Horticulture, Urban Horticulture Institute, Cornell University, 2005, 15 p.
- [12] BERNIER, Anne-Marie. *Les plantes grimpantes : une solution rafraichissante*, Montréal, Centre d'écologie urbaine de Montréal, [En ligne], 2011, 80 p.
[\[www.ecologieurbaine.net/sites/www.ecologieurbaine.net/files/documents/les_plantes_grimpantes_une_solution_rafraichissante_0.pdf\]](http://www.ecologieurbaine.net/sites/www.ecologieurbaine.net/files/documents/les_plantes_grimpantes_une_solution_rafraichissante_0.pdf).
- [13] BESANCENOT, J. « Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations Urbaines », *Environnement, risques et santé*, vol. 4, n^o 1, 2002, p. 229-240.

- [14] BOURQUE, A., et G. SIMONET, chap. 5 dans LEMMEN, D. S., et autres. *Vivre avec les changements climatiques au Canada*, Ottawa, Gouvernement du Canada, 2007, p. 171-226.
- [15] BRADY, Nyle C., et Ray R. WEIL. *The Nature and Properties of Soils*, Upper Saddle River, Prentice Hall, 2002, 960 p.
- [16] BRIÈRE, François G. *Distribution et collecte des eaux*, Montréal, Presses internationales Polytechnique, 2012.
- [17] CAIN, Nancy P., et autres. *Critical review of effects of NaCl and other road salts on terrestrial vegetation in Canada*, rapport présenté au Groupe-ressource environnemental d'Environnement Canada en regard des sels de voirie, figurant dans la *Liste des substances d'intérêt prioritaire* de la LCPE, Gatineau, Direction des substances existantes, Environnement Canada, 2001.
- [18] CASEY TREES. *Tree Space Design — Growing the Tree Out of the Box*, Washington, D. C., Casey Trees, 2008, 15 p.
- [19] CITY OF PORTLAND, OREGON. *Portland Stormwater Management Manual*, Portland, Bureau of Environmental Services, 2005.
- [20] CITY OF SACRAMENTO. *Parking Lot Tree Shading Design and Maintenance Guidelines*, Sacramento, Californie, City of Sacramento, 17 juin 2003.
- [21] CLAYTOR, R. A., et T. R. SCHUELER. *Design of Stormwater Filtering Systems*, Center for Watershed Protection Inc., Ellicott City, [En ligne], 1996. [www.stormwatercenter.net].
- [22] COMMITTEE ON THE COMPARATIVE COSTS OF ROCK SALT AND CALCIUM MAGNESIUM ACETATE (CMA) FOR HIGHWAY DEICING. *Comparing Salt and Calcium Magnesium Acetate*, Washington, Transportation Research Board, National Research Board, 1991, 171 p.
- [23] CONSEIL DU BÂTIMENT DURABLE DU CANADA (CBDCa). *Guide de référence LEED Canada*, 2010.
- [24] CONSEIL DU BÂTIMENT DURABLE DU CANADA (CBDCa). *LEED Canada pour les nouvelles constructions et les rénovations importantes 2009 — LEED Canada pour les projets de noyau et enveloppe 2009 — Système d'évaluation*, Ottawa, Ontario, 2010, 113 p.
- [25] CONSEIL DU BÂTIMENT DURABLE DU CANADA (CBDCa). *LEED, Système d'évaluation des bâtiments écologiques*, LEED Canada-NC version 1.0, 2004, 105 p.

- [26] CONSEIL RÉGIONAL DE L'ENVIRONNEMENT DE MONTRÉAL (CRE DE MONTRÉAL). *Guide sur le verdissement — Pour les propriétaires institutionnels, commerciaux et industriels — Contrer les îlots de chaleur urbains*, Montréal, 2010, 42 p.
- [27] DAGENAI, Danielle, et autres. *Conception d'un écran antibruit végétalisé adapté aux normes du ministère des Transports du Québec*, documentation et critères de conception, volet portant sur le végétal et l'esthétique, rapport final déposé au ministère des Transports du Québec, Direction de l'est de la Montérégie, Montréal, Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal, Université de Montréal, 2007, 188 p.
- [28] DAIGLE, Marilène. *Répertoire des arbres et arbustes ornementaux : 1760 espèces et variétés de végétaux du Québec*, Montréal, Hydro-Québec, 2010, 687 p.
- [29] DEETER, L. « Landscape plants: Trees, Shrubs and Herbaceous Plants », dans KOFRANEK, Anton M., et Vincent E. RUBATZKY. *Hartmann's Plant Science, Growth, Development, and Utilization of Cultivated Plants*, 5^e édition, New Jersey, Prentice Hall, 2011, p. 579-614.
- [30] DONGLIAN, S., et R. T. PINKER. « Case study of soil moisture effect on land surface temperature retrieval », *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, vol. 1, n° 2, 2004, p. 127-130.
- [31] DUNNETT, N., et J. D. HITCHMOUGH. *The Dynamic Landscape: Design Ecology and Management of Naturalistic Urban Planting*, SPON, Londres, 2004, p. 332.
- [32] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Cooling Our Communities: A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*, Policy, Planning And Evaluation (PM-221), 1992, 245 p.
- [33] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Preserving Natural Vegetation*, National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) [En ligne], 2006.
[\[www.heatislandmitigationtool.com/Inputs.aspx\]](http://www.heatislandmitigationtool.com/Inputs.aspx),
[\[http://cfpub.epa.gov/npdes/stormwater/menuofbmps/index.cfm?action=browse&Rbutton=detail&bmp=34\]](http://cfpub.epa.gov/npdes/stormwater/menuofbmps/index.cfm?action=browse&Rbutton=detail&bmp=34).
- [34] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies — Cool Pavements*, Washington, D.C., Climate Protection Partnership Division, Office of Atmospheric Programs, EPA, 2008a, 39 p.
- [35] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies — Trees and Vegetation*, Washington, D.C., Climate Protection Partnership Division, Office of Atmospheric Programs, EPA, 2008b, 29 p.

- [36] FÉDÉRATION INTERDISCIPLINAIRE DE L'HORTICULTURE ORNEMENTALE DU QUÉBEC (FIHOQ). *Guide — Implantation et entretien d'une pelouse durable*, feuillet synthèse, coordination par Sophie Rochefort, Saint-Hyacinthe, [En ligne], [s. d.], 34 p.
[www.fihq.qc.ca/medias/D1.1.14B.pdf].
- [37] GIGUÈRE, Mélissa. *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains — Revue de littérature*, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique, gouvernement du Québec, [En ligne], juillet 2009, 77 p.
[www.inspq.qc.ca/pdf/publications/988_MesuresIlotsChaleur.pdf] (Page consultée le 16 décembre 2009).
- [38] GILLIG, Charles-Maternelle, Corinne BOURGERY et Nicolas AMANN. *L'arbre en milieu urbain : conception et réalisation des plantations*, 2008.
- [39] GIRIDHARAN, R., et autres. « Urban design factors influencing heat island intensity in high-rise high-density environments of Hong Kong », *Building and Environment*, vol. 42, n° 10, octobre 2007, p. 3669-3684.
- [40] GRANASTEIN, David, et Enrique SANCHEZ. « Research Knowledge and Needs for Orchard Floor Management in Organic Tree Fruit Systems », *International Journal of Fruit Science*, 9, 2009, p. 257-281.
- [41] GRAND LYON — COMMUNAUTÉ URBAINE. *Lutte contre les îlots de chaleur urbains — Référentiel — Conception et gestion des espaces publics*, [En ligne], 2010, 6 p.
[www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/Pdf/professionels/Referentiel_espaces_publics/Thematique_lutte_contre_ilots_chaleur_urbains.pdf].
- [42] GREENMAX. *Silva Cell — Infrastructure pour l'arbre*, [En ligne], 2013.
[www.greenmax.eu/fr/silvacell].
- [43] GRIFFIN, J. Jason, William R. REID et Dale J. BREMER. « Turf Species Affect Establishment and Growth of Redbud and Pecan », *Hortscience*, 42 (2), 2007, p. 267-271.
- [44] GRIMMOND, S. « Urbanization and Global Environmental Change: Local Effects of Urban Warming », *The Geographic Journal*, vol. 173, n° 1, 2007, p. 83-88.
- [45] GROUPE ROUSSEAU LEFEBVRE. *Guide des normes de plantation*, préparé par le Groupe Rousseau Lefebvre, Montréal, Agence métropolitaine de transport, janvier 2004, 28 p.
- [46] HARRIS, Richard W., James R. CLARK et Nelda P. MATHENY. *Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines*, Prentice Hall, New Jersey, 2004, 578 p.

- [47] INSTITUT D'AMÉNAGEMENT URBAIN — ÎLE DE FRANCE. *Les îlots de chaleur urbains. Répertoire de fiches connaissances*, Paris, IAU Île-de-France, novembre 2010, 54 p.
- [48] LABRECQUE, M. et Y. VERGRIETE. *Capacité de rétention d'eau des milieux végétalisés*, rapport de mi-étape destiné au Conseil régional de l'environnement de Laval, octobre 2006, 21 p.
- [49] LAKSHMI, V., D. ZEHRFUHS et T. JACKSON. « Observations of Land Surface Temperature and its Relationship to Soil Moisture During SGP99 », *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2000 — IEEE 2000 International*, vol. 3, 2000, p. 1256-1258.
- [50] LEPRINCE, J. *Analyse des îlots de chaleur, de la dynamique thermique et végétale, ainsi que des mesures de mitigation associées, aux campus de l'Université McGill*, rapport de recherche de maîtrise, Département de géographie, UQAM, 2008, 136 p.
- [51] LEUNING, R., et autres. « Rainfall interception and evaporation from soil below a wheat canopy », *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 67, n^{os} 3-4, janvier 1994, p. 221-238.
- [52] LUBER, G., et M. MCGEEHIN. « Climate Change and Extreme Heat Events », *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 35, 2008, p. 429-435.
- [53] LYMES, D. « The Hydrological Effects of Urban Forests, with Reference to the Maritime Pacific Northwest », *Technical Bulletin*, Vancouver, Colombie-Britannique, James Taylor Chair in Landscape & Liveable Environments, University of British Columbia, n^o 6, octobre 2000.
- [54] MAILLET, Laurent, et Corinne BOURGERY. *L'arboriculture urbaine*, I. D. F. — collection Mission du paysage, 1993.
- [55] MARSH, W. M. *Landscape Planning Environmental Applications*, Hoboken, New Jersey, John Wiley and Sons, 2005.
- [56] MATHENY, N., et J. Clark. *Trees and Development: A Technical Guide to Preservation of Trees During Land Development*, ISA Champaign, Illinois, International Society of Arboriculture, 1998, 183 p.
- [57] METZGER, J. D., et M. J. MCMAHON. « Water Relations, Soil, Plant, Air », dans KOFRANEK, Anton M., et Vincent E. RUBATZKY. *Hartmann's Plant Science, Growth, Development, and Utilization of Cultivated Plants*, 5^e édition, New Jersey, Prentice Hall, 2011, 573 p.
- [58] NATURAL STONE COUNCIL. *Case Study: Natural Stone Solar Reflectance Index and the Urban Heat Island Effect*, University of Tennessee, Center for Clean Products, 17 juillet 2009, 7 p.

- [59] OKE, T. R. « The energetic basis of the urban heat island », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 108, 1982, p. 1-24.
- [60] OKE, T. R., et autres. « The Micrometeorology of the Urban Forest », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, vol. 324, n° 1223, « Forest, Weather and Climate » (31 aout 1989), 1983, p. 335-349.
- [61] PACHAURI, R. K., et A. REISINGER. *Bilan 2007 des changements climatiques — Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, Genève, GIEC, 2007, 103 p.
- [62] PIEL, C., M. PIRE et T. MAYTRAUD. *La maîtrise, le traitement et la récupération des eaux pluviales, supports d'une ville bioclimatique : 4 études de cas*, compte-rendu NOVATECH 2010, Lyon, France, 2010.
- [63] POMERANTZ, M. *Benefits of cooler pavements*, Heat Island Group, Lawrence Berkeley National Laboratory, 1999.
- [64] PRONOVOST, René, et Andrés ALARCÓN GAVIRIA. *Projets Jardins de pluie*, rapport final, Convention Fédération canadienne des municipalités, Étude du Fonds d'habilitation municipal vert (EF-2049), Ville de Québec, Fonds d'habilitation municipal vert, 2009, 29 p.
- [65] PRONOVOST, René, et autres. *Répertoire des essences arboricoles de la Ville de Québec*, Québec, Ville de Québec, Service de l'environnement, [En ligne], 2007, 37 p.
[\[www.ville.quebec.qc.ca/publications/docs_ville/repertoire_ess_arboricoles_partie1.pdf\]](http://www.ville.quebec.qc.ca/publications/docs_ville/repertoire_ess_arboricoles_partie1.pdf),
[\[www.ville.quebec.qc.ca/publications/docs_ville/repertoire_ess_arboricoles_partie2.pdf\]](http://www.ville.quebec.qc.ca/publications/docs_ville/repertoire_ess_arboricoles_partie2.pdf).
- [66] RESSOURCES NATURELLES CANADA (RNCAN). *Un temps de changement : les changements climatiques au Québec, un climat en constante transformation*, [En ligne], 2004.
[\[http://adaptation.nrcan.gc.ca/posters/qc/qc_02_f.php\]](http://adaptation.nrcan.gc.ca/posters/qc/qc_02_f.php).
- [67] RIVERSIDES STEWARDSHIP ALLIANCE. « Urban Water Cycle », *Riversides — Toronto Homeowners' Guide to Rainfall*, [En ligne], 2005-2009.
[\[www.riversides.org/rainguide/riversides_hgr.php?cat=1&page=34&subpage=35&subpage2=112\]](http://www.riversides.org/rainguide/riversides_hgr.php?cat=1&page=34&subpage=35&subpage2=112) (page consultée le 2 octobre 2007).
- [68] ROSENZWEIG, C., et autres. « Mitigating New York City's Heat Island with Urban Forestry, Living Roofs, and Light Surfaces », *Sixth Symposium on the Urban Environment*, Atlanta, Géorgie, American Meteorological Society, 29 janvier-2 février 2006, 5 p.
- [69] SAILOR, D. J. « Mitigation of Urban Heat Islands — Recent Progress and Future Prospects », *Sixth Symposium on the Urban Environment*, Atlanta, Géorgie, American Meteorological Society, 29 janvier-2 février 2006, 14 p.

- [70] SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT (SCHL). *Techniques végétaives*, [En ligne], 1996-2013. [www.cmhc-schl.gc.ca/fr/prin/dedu/ealo/ealo_011.cfm].
- [71] TAHA, H. « Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat », *Energy and Buildings*, vol. 25, n° 2, 1997, p. 99-103.
- [72] TORONTO AND REGION CONSERVATION AUTHORITY, CREDIT VALLEY CONSERVATION AUTHORITY. *Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide*, version 1, Toronto, Ontario, Toronto and Region Conservation Authority, Credit Valley Conservation Authority, 2010, 300 p.
- [73] TORONTO CITY PLANNING — URBAN DESIGN. *Design Guidelines for "Greening" Surface Parking Lots*, projet, Toronto, Ontario, City of Toronto, novembre 2007, 35 p.
- [74] TROWBRIDGE, P. J., et Nina L. BASSUK. *Trees in the Urban Landscape: Site Assessment, Design and Installation*, Hoboken, New Jersey, John Wiley and Sons, 2004.
- [75] TROWSDALE, Sam A., et Robyn SIMCOCK. « Urban stormwater treatment using bioretention », *Journal of Hydrology*, vol. 397, n° 3-4, 2011, p. 167-174.
- [76] UNIVERSITY OF HAWAII AT MANOA. *Hawaii Bioremediation Database*, [En ligne]. [www.hawaii.edu/abrp/dbase.html] (page consultée le 8 juillet 2011).
- [77] VAN DURME, G., et M. ERPICUM. « Variabilité spatiotemporelle de l'albédo — Analyse menée à la résolution métrique », *Bulletin de la Société géographique de Liège*, vol. 46, 2005, p. 27-35.
- [78] VELÁZQUEZ-LOZADA, A., J. E. GONZALEZ et A. WINTER. « Urban Heat Island Effect Analysis for San Juan, Puerto Rico », *Atmospheric Environment*, vol. 40, n° 9, 2006, p. 1731-1741.
- [79] VERMONT AGENCY OF NATURAL RESOURCES. *Vermont Stormwater Management Manual*, rédigé par le Center for Watershed Protection, 2002.
- [80] VOOGT, J. A. « Urban heat island », *Encyclopedia of Global Environmental Change*, vol. 3, 2002, p. 660-666.
- [81] WENG, Q., et S. YANG. « Managing the Adverse Thermal Effects of Urban Development in a Densely Populated Chinese City », *Journal of Environmental Management*, vol. 70, n° 2, 2004, p. 145-156.

-
- [82] WILBY, R. L., et G. PERRY. « Climate Change, Biodiversity and the Urban Environment: A Critical Review Based on London, UK », *Progress in Physical Geography*, vol. 30, n° 1, 2006, p. 73-98.
- [83] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Heat-waves: risks and responses*, série Health and Global Environmental Change, n° 2, 2004, 123 p.

ANNEXE I

BIBLIOGRAPHIE

I.1 DOCUMENTS GOUVERNEMENTAUX

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Model Low Impact Development Strategies for Big Box Retail Stores — The Greening of Surface Water Management Methods for Large Format Retailer*, Seattle, Washington, juillet 2007 (rapport final préparé par King County Department of Natural Resources and Parks, Water and Land Resources Division) [X7-83203301-0].

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ONTARIO (MEO). *Stormwater Management Planning and Design Manual*, mars 2003.

I.2 AUTRES DOCUMENTS

BARZYK, T. M., et J. FREDERICK. *Final Report: The Energy Balance of Urban Microclimates*, Environmental Protection Agency (EPA), [En ligne], 2006. [http://cfpub.epa.gov/ncer_abstracts/index.cfm/fuseaction/display.abstractDetail/abstract/8366/report/F].

CITY OF CHICAGO. *Guide to the Chicago Landscape Ordinance — Regulations And Guidelines Relating to Title 10, Chapter 32 and Title 17, Chapter 194a of the Chicago Municipal Code*, Chicago, aout 2000.

CITY OF CHICAGO, DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. *The Chicago GreenAlley Handbook — An Action Guide to Create a Greener, Environmentally Sustainable Chicago*, Chicago.

COLLEGE OF ARCHITECTURE AND URBAN STUDIES, DEPARTMENT OF LANDSCAPE ARCHITECTURE. *Designing With Climate: Using Parking Lots to Mitigate Urban Climate*, Virginia Polytechnic Institute & State University, Blacksburg, Virginie, 8 avril 2004 (thèse de maîtrise d'Amanda Meredith Harris).

CONSEIL RÉGIONAL DE L'ENVIRONNEMENT DE LAVAL (CRE). *Étude des biotopes urbains et périurbains de la CMM — Volet 3 : synthèse des indicateurs de rétention des eaux par les végétaux et possibilité d'application, en milieu urbain et périurbain, sur le territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal*, 12 octobre 2006 (rapport préparé par Michel Labrecque et Yann Vergriete).

DENY, Coralie, et Carole GAUMONT. *Matériaux réfléchissants et perméables pour contrer les îlots de chaleur urbains*, Montréal, Conseil régional de l'environnement de Montréal (CRE-Montréal), [En ligne], février 2008, 21 p.
[\[www.cremtl.qc.ca/fichiers-cre/files/pdf991.pdf\]](http://www.cremtl.qc.ca/fichiers-cre/files/pdf991.pdf).

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies — Urban Heat Island Basics*, Washington, D.C., Climate Protection Partnership Division, Office of Atmospheric Programs, EPA, 2008c, 22 p.

GEORGIA FORESTRY COMMISSION, URBAN AND COMMUNITY FORESTRY. *Trees, Parking and Green Laws: Strategies for Sustainability*, Stone Mountain, Géorgie, février 2004 (préparé par Kathleen L. Wolf).

LALANDE-BORRIS, Yveline. *Le cas des stationnements à Montréal : leurs impacts environnementaux et les aménagements possibles pour les atténuer*, Sherbrooke, décembre 2007 (essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement, Maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke).

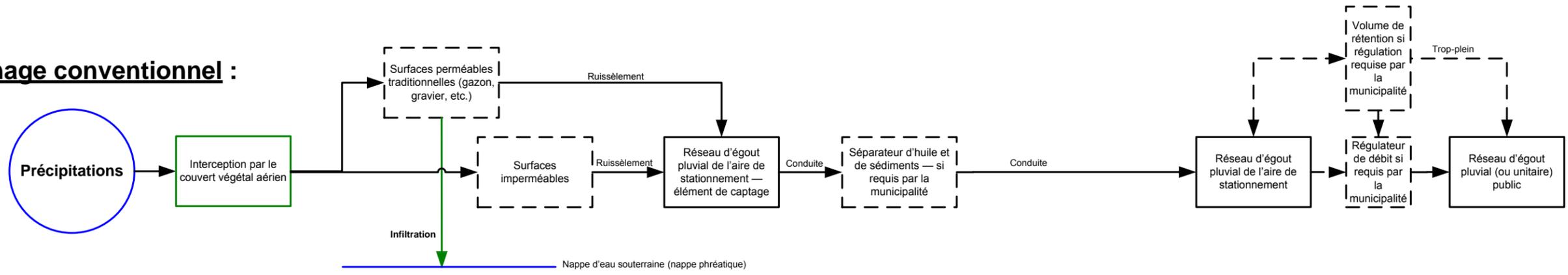
MCPHERSON, E. G., et J. MUCHNICK. « Effect of Street Tree Shade on Asphalt Concrete Pavement Performance », *Journal of Arboriculture*, vol. 31, n° 6, 2005, p. 303-310.

METROPOLITAN COUNCIL. *Minnesota Urban Small Sites BMP Manual — Stormwater Best Management Practices for Cold Climates*, ed. Metropolitan Council Environmental Services, St.Paul, Minnesota, juillet 2001 (préparé par Barr Engineering Company).

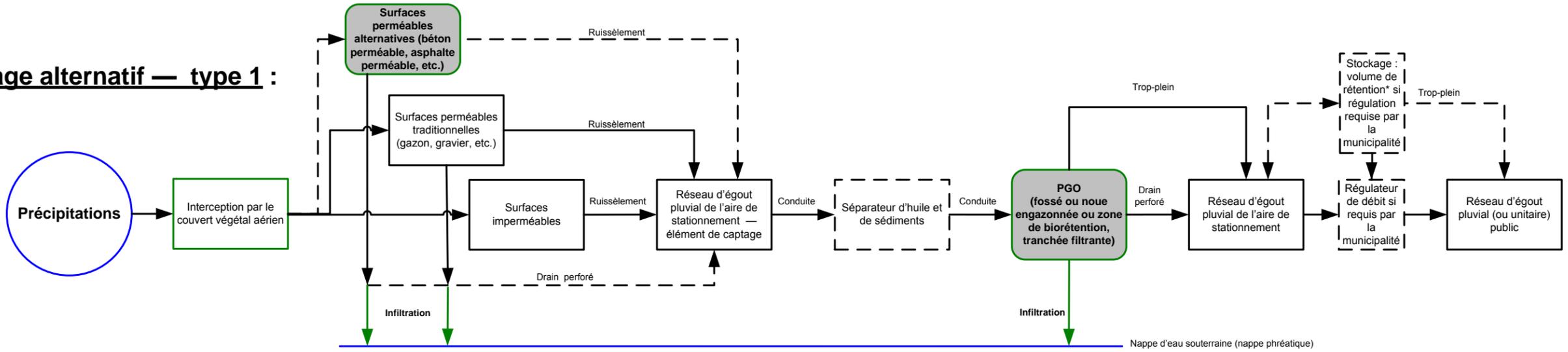
NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY et NORTH CAROLINA A&T STATE UNIVERSITY. « Designing Rain Gardens (Bio-Retention Areas) », *Urban Waterways*, Raleigh, Caroline du Nord.

TORONTO AND REGION CONSERVATION AUTHORITY. *Performance Evaluation of Permeable Pavement and a Bioretention Swale*, Toronto, Ontario, novembre 2008 (rapport préparé par Toronto and Region Conservation dans le cadre du Sustainable Technologies Evaluation Program).

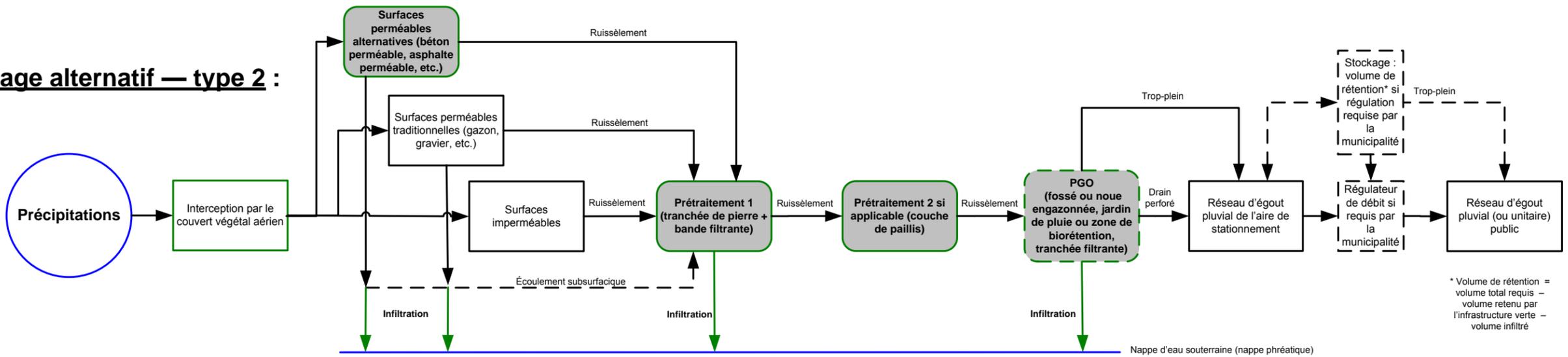
Drainage conventionnel :



Drainage alternatif — type 1 :



Drainage alternatif — type 2 :



* Volume de rétention =
volume total requis –
volume retenu par
l'infrastructure verte –
volume infiltré

FIGURE 1 — DRAINAGE CONVENTIONNEL ET DRAINAGE ALTERNATIF DANS LES AIRES DE STATIONNEMENT

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

FORMULAIRE POUR COMMENTAIRES

Dans le but d'améliorer les documents publiés par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) et d'en faciliter la mise à jour, nous vous invitons à nous faire parvenir vos suggestions et commentaires relatifs au présent document en remplissant le présent formulaire.

BNQ 3019-190

Lutte aux ilots de chaleur urbains — Aménagement des aires de stationnement — Guide à l'intention des concepteurs.

- JE DÉSIRE :**
- signaler une erreur dans ce document*
 - suggérer une modification à apporter à ce document*
 - faire part d'un besoin ou d'un intérêt pour créer un nouveau document*
 - proposer une autre intervention*

SUGGESTIONS ET COMMENTAIRES :

Expéditeur ou expéditrice :

_____	_____
(nom)	(organisme)
_____	_____
	(adresse)
_____	_____
	(code postal)
Signature : _____	Tél. : _____
	Date : _____

RETOURNER AU : Bureau de normalisation du Québec
333, rue Franquet
Québec (Québec) G1P 4C7
Téléphone : 418 652-2238
Télécopieur : 418 652-2292
Courriel : bnqinfo@bnq.qc.ca
Site Web : www.bnq.qc.ca



Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Bureau de normalisation du Québec

Membre du Système national de normes (SNN), le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) est l'un des quatre organismes d'élaboration de normes canadiens accrédités par le Conseil canadien des normes (CCN). Depuis le 1^{er} juillet 1990, il est une direction du Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ).

Le BNQ a pour mission d'agir comme partenaire des milieux d'affaires, industriels, sociaux et réglementaires afin de favoriser l'amélioration de la qualité des produits, des services et des processus, ainsi que leur acceptation sur tous les marchés.

Le BNQ offre les services suivants :

- élaboration de normes;
- certification de produits, de services et de processus;
- certification de systèmes;
- évaluation des laboratoires d'analyses aux fins d'accréditation par le CCN.

En matière d'élaboration de normes, les activités du BNQ permettent d'établir des critères de performance pour définir notamment la qualité, la sécurité et l'aptitude à l'emploi de produits, de services ou de processus dans un contexte de développement durable. L'approche distinctive du BNQ à cet égard est d'assurer un consensus entre toutes les parties concernées.

En matière de reconnaissance de conformité, l'approche du BNQ vise à garantir qu'un produit, qu'un processus ou qu'un service respectent de façon continue les exigences des normes qui les concernent.

En ce qui a trait à la certification de systèmes, les activités du BNQ visent à garantir que le système mis en place dans les entreprises est conforme et est maintenu conforme aux exigences des normes applicables.

Les différentes accréditations et reconnaissances détenues par le BNQ garantissent à ses clients que les mandats qu'ils lui confient sont réalisés selon les critères internationaux qui définissent les meilleures pratiques en matière de normalisation, de certification de produits, de services et de processus et de certification de systèmes.



Bureau de normalisation du Québec
333, rue Franquet
Québec (Québec) G1P 4C7
Téléphone: 418 652-2238 ou 1 800 386-5114
Télécopieur: 418 652-2292
bnqinfo@bnq.qc.ca
www.bnq.qc.ca

