



*Installation de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> au parc Zuccotti, New York*

# CU-Sol Structural<sup>MD</sup>

GUIDE COMPLET





Fondée en 1980 avec comme mission d'améliorer la qualité de vie urbaine en rehaussant le rôle des végétaux dans l'écosystème urbain, le programme de l'Institut d'Horticulture Urbaine combine la physiologie du stress des plantes, la science végétale, l'écologie des plantes et la science des sols et les applique à trois domaines d'études.

Soit :

- La sélection, l'évaluation et la propagation des plantes supérieures en augmentant leur tolérance aux stress biotique et abiotique et en améliorant leur fonctionnement dans un milieu de vie perturbé.
- Le développement de nouvelles technologies afin d'évaluer et d'améliorer la croissance des plantes en zone urbaine.
- L'amélioration des technologies de transplantation afin d'assurer le succès de l'établissement des végétaux en milieu urbain.

*Compilé et mis au point par Bryan R. Denig*

**Auteurs :**

Nina Bassuk, Institut d'Horticulture Urbaine,  
Département d'Horticulture, Faculté de  
phytotechnie intégrative, Université Cornell  
Bryan R. Denig, Institut d'Horticulture Urbaine,  
Département d'Horticulture, Faculté de  
phytotechnie intégrative, Université Cornell  
Ted Haffner, Institut d'Horticulture Urbaine,  
Département d'Horticulture, Faculté de  
phytotechnie intégrative, Université Cornell  
Jason Grabosky, Département de l'écologie de  
l'évolution et des ressources naturelles,  
Université Rutgers  
Peter Trowbridge, Département de l'architecture du  
paysage, Université Cornell

**Crédits photos :** Institut d'Horticulture Urbaine,  
Université Cornell et Amereq, Inc.

**Graphisme et mise ne page:** Bryan R. Denig

**Traduit de l'anglais par :** Matériaux Paysagers  
Savaria Ltée.

**Contact :** nlb2@cornell.edu

Copyright © 2015

CU-Sol<sup>MD</sup> est un matériau breveté par l'Université Cornell et commercialisé sous les marques CU-Sol Structural<sup>MD</sup> ou CU-Sol<sup>MD</sup>. En obtenant ce matériel à partir d'une compagnie agréé par Amereq, cela assure que le matériel a été produit et testé pour respecter les spécifications fondées sur la recherche. Pour trouver un fabricant agréé dans votre région, contactez Brian Kaler (bkalter@amereq.com) ou Fernando Erazo (FE@amereq.com) à Amereq Inc., 19 Squadron Blvd, New City, NY, 10956. 800-832-8788

**Pour obtenir plus de renseignements sur la marque CU-Sol Structural<sup>MD</sup>, veuillez visiter:**

<http://www.hort.cornell.edu/uhi/outreach/index.htm#soil>

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

# Table des matières

## **PARTIE I : Une introduction au CU-Sol Structural<sup>MD</sup>**

L'importance du sol .....	6
Le choix des espèces peut-il atténuer les défis de l'aménagement urbain?.....	6
Le rôle du volume de sol disponible sur la croissance des arbres .....	7
Qu'arrive-t-il lorsque les racines se heurtent à un sol compacté? .....	8
De quel volume de sol un arbre a-t-il besoin? .....	10
Où peut-on trouver un volume adéquat de sol? .....	11
Le CU-Sol Structural <sup>MD</sup> .....	12
Qu'est-ce que le CU-Sol Structural <sup>MD</sup> ? .....	12
Comment fonctionne ce système? .....	14
Pourquoi est-ce un produit breveté? .....	14
FAQ et autres questions pratiques.....	15
Quel est le volume de CU-Sol Structural <sup>MD</sup> nécessaire? .....	15
Quelle est la profondeur de CU-Sol Structural <sup>MD</sup> recommandée? .....	16
Quelles sont la largeur et la longueur recommandées pour l'installation? .....	16
Quelle est la durabilité du CU-Sol <sup>MD</sup> ? .....	16
Comment le CU-Sol <sup>MD</sup> empêche-t-il le soulèvement du trottoir?.....	16
Est-il possible d'ajouter du sol standard dans la fosse d'arbre et du CU-Sol Structural <sup>MD</sup> sous le pavé? .....	16
Comment planter un arbre dans le CU-Sol <sup>MD</sup> ? .....	16
Que dire à propos de l'irrigation et du drainage?.....	17
Est-ce que le CU-Sol Structural <sup>MD</sup> peut être utilisé en milieu urbain où il n'y a pas de pavage par-dessus les racines? .....	17
Est-ce que le CU-Sol Structural <sup>MD</sup> peut être adapté pour l'utilisation sous les arbres existants?.....	17
Le contrôle de la qualité et l'installation du CU-Sol Structural <sup>MD</sup> .....	17
Quelles sont les plus vieilles installations avec le CU-Sol Structural <sup>MD</sup> ?.....	18
Où se procurer du CU-Sol Structural <sup>MD</sup> ?.....	18
Plantation dans le CU-Sol <sup>MD</sup> .....	20
La plantation des arbres et les nouveaux aménagements de rue .....	21
Les arbres dans les stationnements et les places publiques .....	22
Développement de plus grands arbres dans les îlots de stationnements .....	22
Libérer les arbres existants des fosses d'arbre grâce au CU-Sol Structural <sup>MD</sup> ...	23
Créer une zone d'expansion racinaire pour les sections étroites .....	23
Préserver la santé des arbres existants pendant la construction.....	24
Le CU-Sol <sup>MD</sup> sous un revêtement poreux. ....	25
Pavés perméables.....	25
Asphalte poreux .....	26
Le CU-Sol <sup>MD</sup> et l'asphalte poreux .....	26

Utiliser le CU-Sol Structural <sup>MD</sup> pour l'engazonnement.....	27
La conception et la gestion du gazon sur le CU-Sol Structural <sup>MD</sup> .....	28
Les systèmes de gazon sur le CU-Sol Structural <sup>MD</sup> et les eaux pluviales.....	28
Les bienfaits du CU-Sol Structural <sup>MD</sup> pour éliminer les polluants.....	29
Le gazon et les stationnements.....	29
Conception d'une voie d'accès d'urgence gazonnée avec du CU-Sol <sup>MD</sup> .....	30
Suppositions de conception.....	31
Modifications de conception.....	31
Notes sur les types de sol.....	32
Système de classification unifié des sols (U.S.C.S.).....	33
Tableau des symboles.....	33
Stationnement poreux – Ithaca, NY.....	36
Parc McCarren – Brooklyn, NY.....	39
Rue W. State – Ithaca, NY.....	41
Rue Green – Ithaca, NY.....	42
Bibliothèque Mann, Ithaca, NY.....	44
Concessionnaire automobile avec terre-plein gazonné – Birmingham, AL.....	46
Spécifications d'installation.....	48
Choisir les arbres appropriés pour le CU-Sol Structural <sup>MD®</sup> .....	52
Modèle type – Conception.....	53
CU -Sol Structural <sup>MD</sup> – Zone d'expansion racinaire pour les arbres enclavés ...	53
Banquette plantée typique le long d'un trottoir conçue avec du CU-Sol Structural <sup>MD</sup>	54
Îlot de plantation dans un stationnement conçu avec du CU-Sol Structural <sup>MD</sup> ..	55
Renseignements supplémentaires.....	56



# PARTIE I

Une introduction au CU-Sol Structural<sup>MD</sup>

## L'importance du sol

Les milieux urbains sont rarement conçus en tenant compte de la croissance et la santé des arbres. Conséquemment, il n'est pas surprenant que ces derniers éprouvent des difficultés à survivre dans les environnements urbains et suburbains. Ils sont souvent ajoutés après coup dans la conception des environnements construits; principalement pour des véhicules, des piétons, des bâtiments, des trottoirs et des services publics. Les études révèlent que les arbres en milieux urbains et surtout ceux dans les milieux résidentiels — selon une analyse de 11 villes<sup>1</sup> — vivent en moyenne de 20 à 30 ans<sup>2</sup> et de 19 à 28 ans. Ces mêmes espèces connaissent une durée de vie beaucoup plus longue dans un environnement forestier.

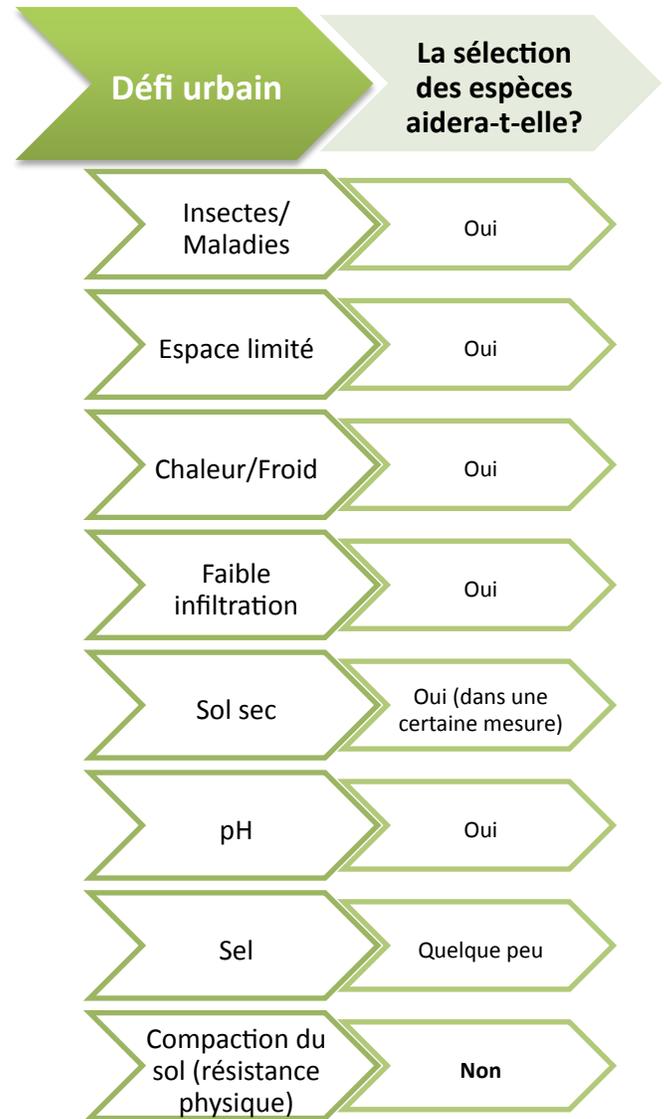


Un arbre ajouté au paysage après coup.

La forêt urbaine fait face à une gamme de défis environnementaux comme les masses thermiques croissantes, les sels de déglacage, la pollution du sol et de l'air, ainsi que l'impact néfaste des services publics, des véhicules et des bâtiments. Toutefois, le problème le plus

important auquel fait face la forêt urbaine est la rareté de sol propice à la croissance des racines d'arbres.<sup>3</sup> Bien que plusieurs de ces problèmes peuvent être résolus en plantant des espèces plus tolérantes, il n'y a aucune espèce d'arbre qui puisse supporter la compaction du sol, courant à travers les paysages urbains et suburbains.

### Le choix des espèces peut-il atténuer les défis de l'aménagement urbain?



<sup>1</sup> Roman, L.A. *How many trees are enough? Tree death and the urban canopy* Scenario Journal: Scenario 04: *Building the Urban Forest*.(2014)

<sup>2</sup> Nowak, D J, Kuroda, M et Crane, D. *Tree mortality rates and tree population projections in Baltimore, Maryland, USA, Urban Forestry and Urban Greening* 2. (2004) 139-147

<sup>3</sup> Lindsey, P. et N.L. *Redesigning the Urban Forest from the Ground Below: A new approach to specifying adequate soil volumes for street trees*. *Arboricultural Journal* 16 (1992): 25-39.

Un volume élevé de sol léger, adéquatement irrigué et relativement fertile est essentiel à la croissance d'arbres sains.<sup>4,5</sup> L'investissement initial nécessaire pour créer un sol favorable à la croissance d'arbres sains s'avèrera rentable à long terme lorsqu'ils rempliront les fonctions souhaitées. Ces fonctions peuvent comprendre : créer de l'ombre, embellir les lieux, réduire le bruit, réduire la vitesse du vent, diminuer la pollution, atténuer les eaux pluviales, abriter la faune et créer une identité civique. Un volume adéquat de sol est essentiel puisque les nutriments, l'eau et l'air y sont contrebalancés pour permettre la croissance des racines et l'apport continu d'eau et de nutriments. Bref, lorsque le sol est inadéquat, la croissance des plantes en souffre et les arbres meurent prématurément.



*Une fosse standard (mais inadéquate) de la ville.  
Résultat : les arbres plantés ont une durée de vie plus courte.*

## Le rôle du volume de sol disponible sur la croissance des arbres

Les activités humaines peuvent endommager le sol de façon significative. Les projets de construction au sein d'une ville ou l'installation de trottoirs dans une région rurale ont aussi un impact négatif sur le sol. Les travaux de construction requièrent beaucoup d'excavation, de déblais et remblais, de nivellement, et de compaction du sol. Souvent, l'utilisation de machineries lourdes augmente le risque de compaction du sol.



*Compaction du sol en préparation pour le pavé.*



*La surface indique la compaction majeure du sol.*

La compaction du sol produit deux effets critiques qui ont un impact direct sur la croissance des plantes et limitent l'espace d'enracinement :

1. La structure du sol est détruite et la majorité des grands interstices interconnectés (macropores) sont écrasés ce qui diminue la

<sup>4</sup> Perry, T. O. *The ecology of tree roots and the practical significance thereof.* *Arboricultural Journal* 8 (1982): 197-211.

<sup>5</sup> Craul, P. J. *Urban Soil in Landscape Design.* New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992.

capacité de drainage du sol et restreint l'aération.

2. Lorsque les macropores sont écrasés, le sol devient trop dense et produit une barrière physique qui empêche la pénétration des racines. Il y a plusieurs cas où le sol urbain est dense comme une brique. <sup>6</sup>



*Un sol léger, poreux et propice à la croissance d'arbres.*



*Un sol gravement compacté et défavorable à la croissance des racines d'arbre.*

### Qu'arrive-t-il lorsque les racines se heurtent à un sol compacté?

Quand les racines rencontrent un sol compacté, elles changent de direction, arrêtent de croître ou s'adaptent en demeurant anormalement très près de la surface. Ce système racinaire de

---

<sup>6</sup> Patterson, J. C., J. J. Murray, et J. R. Short. *The impact of urban soils on vegetation*. Proc. 3e Conférence METRIA (1980) : 33-56.

surface rend les arbres de rue plus vulnérables à la sécheresse et peut causer le soulèvement du trottoir. De plus, si le sol compacté se gorge d'eau, l'arbre peut mourir par asphyxie des racines.



*Les arbres plantés dans un volume restreint de sol meurent prématurément sauf si les racines peuvent pénétrer le sol compacté pour s'enraciner dans un volume adéquat de sol utilisable. Cela entraîne souvent le soulèvement du trottoir.*



*Les racines ont poussé à travers le sol compacté sous le trottoir pour pénétrer le grand volume de sol de l'autre côté. La croissance des racines a causé le soulèvement du trottoir.*



*Des racines d'arbres qui soulèvent le trottoir.*



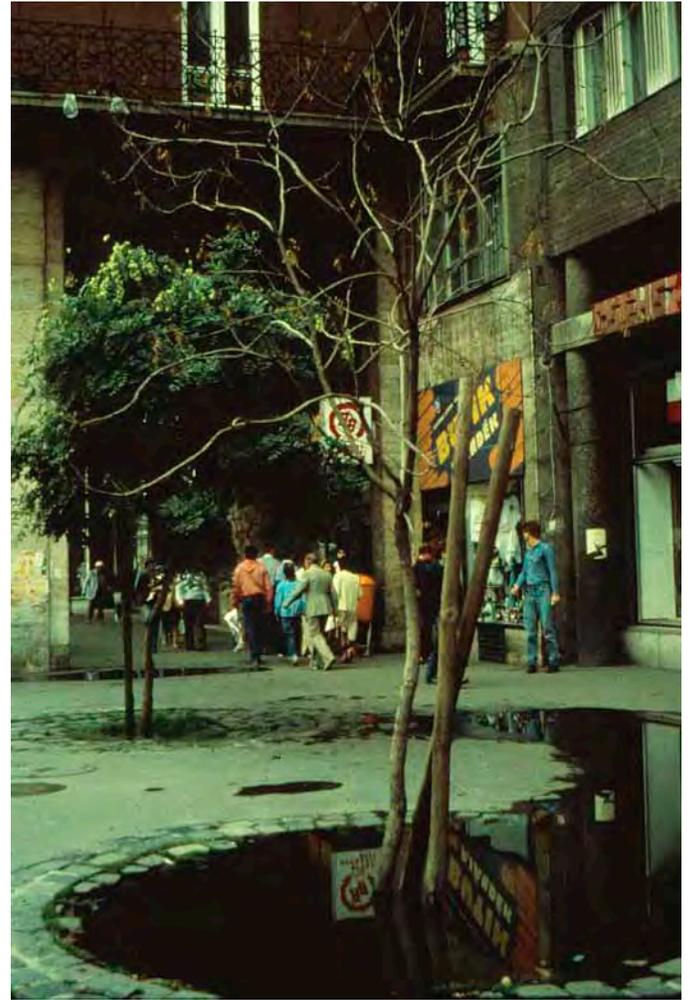
*Des racines superficielles qui ont causé le soulèvement du trottoir.*



*Lorsque les dalles sont soulevées, nous pouvons remarquer que les racines ont profité des points faibles du pavé. L'arbre a survécu, mais la croissance des racines a causé le soulèvement.*



*Le sol compacté met l'arbre en contenant et le rend plus vulnérable aux poussées de vent.*



*En plus de limiter la croissance des racines, le sol compacté a un faible taux d'infiltration. Ici nous voyons une accumulation d'eau qui risque d'étouffer ou « noyer » les racines.*

Lorsque le sol urbain n'est pas couvert de chaussée, il est possible de bêcher, améliorer ou remplacer le sol compacté afin de le rendre plus favorable à la croissance de racines. Toutefois, dans les endroits où le sol est couvert de béton, les besoins des arbres s'opposent aux besoins techniques qui dictent une fondation extrêmement compactée pour supporter le trottoir. Le revêtement doit être posé sur des bases compactées ayant un drainage adéquat pour être stable, et ce, même pendant les périodes de gel/dégel sinon, le trottoir devra être remplacé prématurément. Conséquemment, le sol qui doit soutenir le trottoir est souvent trop dense pour favoriser la croissance de racines. Il n'est donc pas surprenant que les arbres urbains entourés de béton vivent moins longtemps que les autres arbres urbains. Malheureusement, ces secteurs

pavés sont ceux qui requièrent davantage les bénéfices apportés par les forêts urbaines afin d'atténuer les effets d'îlots de chaleur.

### De quel volume de sol un arbre a-t-il besoin?



*Sous les mêmes conditions environnantes, l'accès à un volume de sol adéquat peut favoriser la croissance des arbres.*



*Un volume de sol inadéquat peut même avoir un impact néfaste sur les espèces reconnues comme tolérantes aux conditions urbaines tel le févier (*Gleditsia triacanthos*).*

La forêt urbaine est indispensable pour la santé et l'habitabilité de nos villes, mais quel est le volume de sol nécessaire pour permettre aux arbres urbains de remplir leurs fonctions de base? La recherche effectuée à l'Institut d'Horticulture Urbaine de l'Université Cornell a démontré que la règle de base convenable pour une grande partie des États-Unis, sauf pour le désert du sud-ouest, est **deux pieds**

### **cubes de sol pour chaque pied carré de la projection de la couronne de l'arbre.**<sup>7</sup>

La projection de la couronne est la région située sous la limite du feuillage. Si le couvert forestier est perçu d'un point de vue symétrique, la projection de la couronne pourrait être calculée comme un cercle ( $\pi r^2$ ). Par exemple : pour un arbre avec un couvert forestier d'un diamètre de 20 pi, la projection de la couronne serait  $3.14 \times 10^2$ , ou  $3.14 (100) = 314$  pieds carrés. Selon ce principe de base, un arbre avec une couronne de projection de 20 pi nécessite environ 600 pieds cubes de sol. Si la profondeur d'enracinement est de 3 pi, l'espace nécessaire pour cet arbre serait de 20 pi x 10 pi x 3 pi, ou 600 pieds cubes. Conséquemment, une surface mesurant 4 pi x 5 pi ou une fosse d'arbre mesurant 6 pi x 6 pi n'offrent pas suffisamment d'espace pour la croissance saine d'un arbre ni pour remplir toutes ses fonctions.

En utilisant ce principe, il est possible d'estimer le volume de sol nécessaire pour la croissance d'un arbre (selon l'espèce). Cette méthode repose sur l'évaluation de la quantité d'eau nécessaire dans le sol afin d'assurer l'autosuffisance des arbres tout en tenant compte des facteurs climatiques comme la demande évaporative accrue entre les jours de précipitations. Toutefois, ce principe de base ne tient pas compte des capacités de rétention d'eau de différents types de sol. Peu importe l'espèce d'arbre, le volume minimal de sol requis varie selon la composition de ce sol, c'est-à-dire la proportion de sable, de limon et d'argile qu'il contient.

Cette méthode, fondée sur la projection de la couronne, présente une autre problématique en ce qui concerne les cultivars fastigiés et étroits. Par exemple, calculer le volume de sol nécessaire pour un chêne anglais fastigié avec un diamètre de couronne étroit peut prêter à confusion. Dans ce cas, il faut plutôt déterminer et appliquer la dimension

---

<sup>7</sup> Lindsey, P. et N.L. *Redesigning the Urban Forest from the Ground Below: A new approach to specifying adequate soil volumes for street trees.* *Arboricultural Journal* 16 (1992): 25-39.

hypothétique de la projection de couronne d'un petit chêne anglais mature. Le diamètre de l'espèce non fastigiée peut ensuite être utilisé comme un indicateur pour déterminer le volume de sol nécessaire en appliquant le principe de base 2:1. Il est aussi possible de calculer le diamètre de la projection de la couronne en déterminant et en utilisant la hauteur hypothétique d'un arbre fastigié mature comme diamètre.

La présence de couvre-sols, incluant la pelouse, présente une autre difficulté parce que les arbres doivent se partager le volume de sol disponible avec d'autres plantes. En conséquence, la concurrence pour l'eau présente dans le sol est intensifiée. Dans ce cas, il est donc préférable d'ajouter un volume de sol additionnel.



*Une fosse d'arbre typique en ville que les Américains nomme à la blague «tree coffin» ou cercueil d'arbre.*

### Où peut-on trouver un volume adéquat de sol?

Si le sol présent sous les trottoirs et les sections pavées étaient convenables à la croissance de racines, le potentiel de volume de sol pour la forêt urbaine serait plus grand. Cela permettrait aux arbres de croître jusqu'à maturité et livrer les effets souhaités. De plus, si ce volume de sol était relié et continu, tous les arbres pourraient se partager ce même sol. À titre d'exemple, les arbres d'une forêt peuvent pousser relativement près l'un de l'autre parce qu'ils partagent un grand volume de sol pour répondre à leurs besoins.

Compte tenu la disponibilité limitée d'espace dans les villes, il est hautement souhaitable d'utiliser un sol qui répond aux exigences d'ingénierie et qui supporte la croissance de systèmes racinaires sous le trottoir. Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est un produit novateur qui répond à ces exigences.

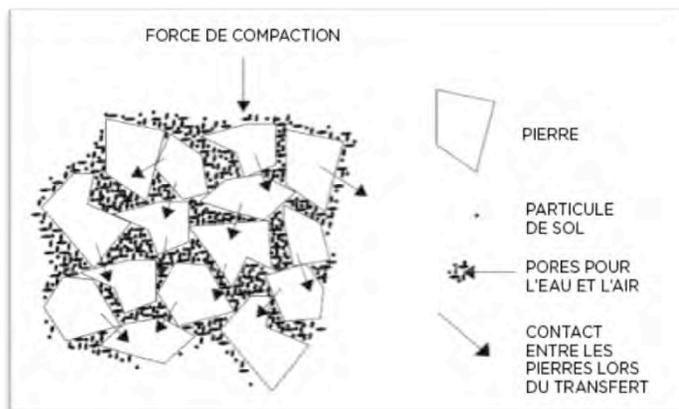
## Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>

### Qu'est-ce que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>?

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>, aussi nommé CU-Sol<sup>MD</sup>, est un système en deux parties comprenant un « treillis » de pierres angulaires conforme aux exigences de capacité portante des ingénieurs et du sol servant de médium de croissance pour les racines des arbres. La composante principale de ce système est une pierre concassée uniforme et angulaire de calibre entre « 3/4 » – « 1 1/2 » en diamètre sans matériaux fins. Lorsque cette pierre est compactée, elle forme une structure de « treillis » avec une porosité d'environ 40 %. La friction créée par les points de contact de la pierre contribue à produire la structure portante du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.



*Pierre concassée angulaire et calibrée uniformément.*



*Schéma conceptuel du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.*

La deuxième composante du système est le sol qui remplit les vides dans le « treillis » de pierre. Afin de maintenir un sol non compacté qui favorise l'enracinement, il faut prendre soin de ne pas ajouter une trop grande quantité de sol. Aussi, cela risquerait d'empêcher la formation de la structure de pierre souhaitée. Puisque parmi les textures de sol l'argile possède la plus grande capacité de rétention d'eau et d'éléments nutritifs, un loam très argileux a été sélectionné comme intrant au CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Un minimum de 20 % d'argile est essentiel pour établir une capacité d'échange cationique adéquate. La portion de sol doit aussi avoir de 2 % à 5 % de matières organiques pour assurer la rétention d'eau et de nutriments afin d'inciter l'activité bénéfique des micro-organismes.

Suite à un bon choix de pierres calibrées et à l'atteinte du juste ratio pierre/terre, un médium pour une saine croissance racinaire est créé et celui-ci peut être compacté afin de rencontrer les spécifications de capacité portante de l'ingénierie. Le concept est de « suspendre » le sol argileux entre les pierres sans complètement remplir les vides, ce qui compromettrait l'aération, le drainage et la capacité portante.

En plus des composantes de pierre et de terre, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> utilise l'Hydrogel-Gelscape® comme agent poisseux non toxique et non-phytotoxique. L'agent poisseux est ajouté afin de stabiliser le processus et permettre aux pierres et au sol de se mélanger uniformément ainsi que d'empêcher la séparation des matériaux causée par la vibration lors du transport, le déversement et l'installation.



*Application de l'Hydrogel-Gelscape® à la pierre concassée. Photo : Amereq, Inc.*



*Gros plan sur la pierre angulaire avec l'application de l'Hydrogel-Gelscape® (avant de les mélanger avec le loam argileux).*



*Le loam argileux est mélangé avec la pierre concassée. L'Hydrogel-Gelscape® aide à combiner le tout et prévenir la séparation pendant la construction. Photo : J-V Environmental Services*



*Livraison du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sur le site. Photo : Minick Materials Company*



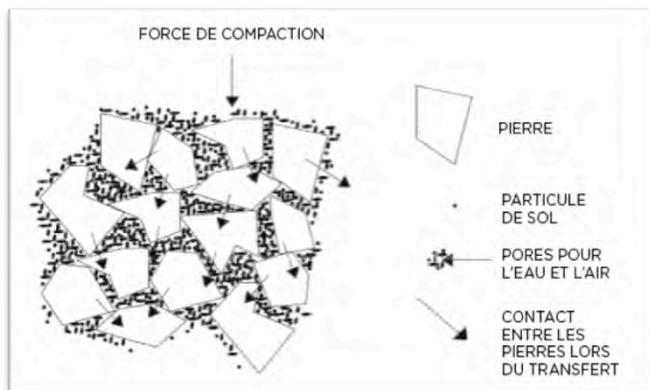
*Compaction du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> durant l'installation. Pour assurer une installation adéquate, il doit être compacté chaque 6 pouces. Photo : AZ Best, LLC*



*Gros plan sur le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> après l'installation.*

## Comment fonctionne ce système?

La compaction sert à placer les pierres du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> pour former une base portante solide et convenable aux revêtements superficiels, tandis que les grands vides entre les pierres accueillent le loam argileux permettant la croissance des racines et une aération adéquate.



*Schéma conceptuel du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.*



*Un imposant système racinaire fibreux provenant d'un arbre planté dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.*



*Le système racinaire d'un arbre planté dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> (à gauche) comparé à celui d'un arbre planté dans un sol compacté ordinaire (à droite). Systèmes racinaires trois (3) ans après avoir été plantés.*

Le ratio des matériaux pierre/sol est un facteur crucial pour assurer que la couche de base formée ait une capacité portante élevée et livre un milieu de croissance sain. Lorsque les vides sont trop remplis de sol, l'aération et la capacité portante du système sont compromises. Ce surplus affecte la formation du « treillis » de pierre et diminue sa capacité portante de façon significative. D'autre part, le manque de sol dans le système a un impact négatif sur la croissance des arbres.

## Pourquoi est-ce un produit breveté?

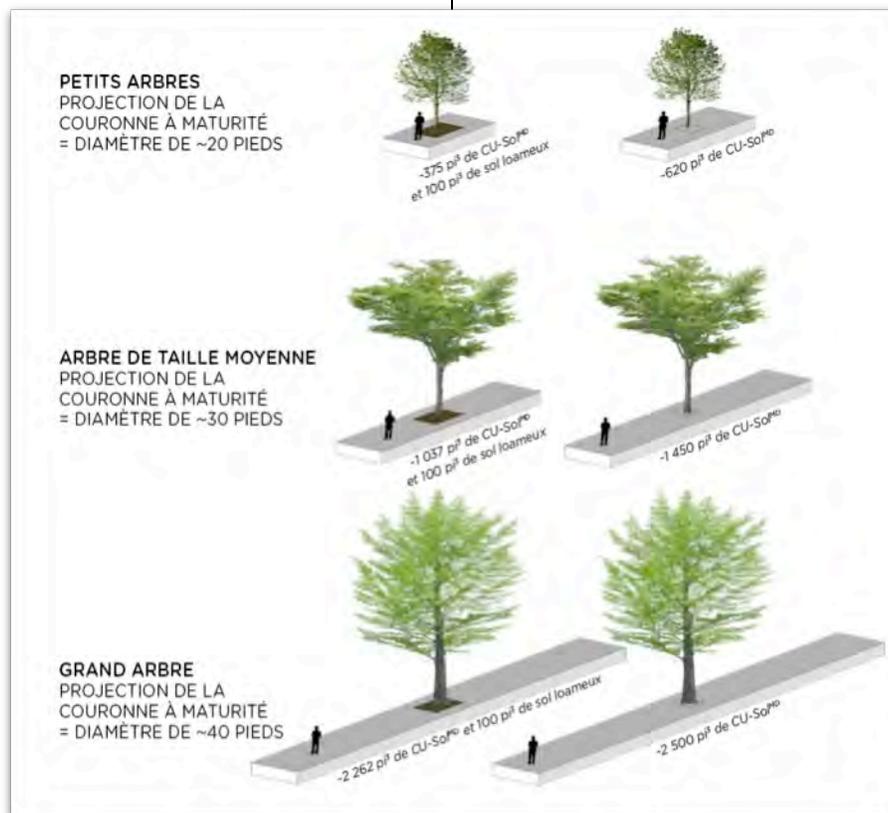
Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est un produit breveté et offert par des producteurs autorisés à le produire afin d'assurer un contrôle de la qualité du produit : les marques déposées sont CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et CU-Sol<sup>MD</sup>. En obtenant ce matériel à partir d'une compagnie agréée par Amereq, cela assure que le matériel a été produit et testé pour respecter les spécifications fondées sur la recherche. D'autres produits semblables qui sont utilisés sur le marché n'offrent pas les mêmes avantages que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.

## FAQ et autres questions pratiques

### Quel est le volume de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> nécessaire?

Comme pour les types de sols naturels, le volume nécessaire de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> pour soutenir un arbre mature peut être estimé comme suit : **deux pieds cubes de sol pour chaque pied carré de la projection de la couronne.**<sup>8</sup>

Il est recommandé de mettre en place un système d'irrigation goutte à goutte à faible volume dans les installations de CU-Sol StructuralMD mises en place dans les régions qui, normalement, utilisent des systèmes d'irrigation pour faire croître les plantations d'arbres.



Les volumes nécessaires de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> pour soutenir la croissance d'arbres de diverses tailles.

<sup>8</sup> Lindsey, P. et N.L. *Redesigning the Urban Forest from the Ground Below: A new approach to specifying adequate soil volumes for street trees.* *Arboricultural Journal* 16 (1992): 25-39.

## Quelle est la profondeur de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> recommandée?

Scénario typique de plantation d'arbres le long des rues : une profondeur minimale de 24 po est requise, mais 36 po est optimal. Scénario d'installation de pelouse : une profondeur minimale de 12 po est recommandée (veuillez consulter la section portant sur la pelouse dans ce guide).

## Quelles sont la largeur et la longueur recommandées pour l'installation?

Il n'y a pas de minimum établi, toutefois le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> fut conçu pour être utilisé sous des sections complètes de trottoir. L'homogénéité assure l'uniformité des paramètres d'ingénierie de la fondation, particulièrement ceux reliés au drainage et au gel/dégel.

## Quelle est la durabilité du CU-Sol<sup>MD</sup>?

L'excavation d'une installation datant de sept (7) ans n'a démontré aucune migration du sol. Les pores entre les pierres du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sont en grande partie remplis de sol, donc il y a peu d'interstices favorisant la migration du sol.



*L'excavation d'un arbre planté dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.*

Sur une période de temps prolongée, les sels solubles avec lesquels l'hydrogel est fabriqué — c'est-à-dire le potassium et l'azote provenant

du copolymère de propionate de propénamide de potassium — sont relâchés. L'hydrogel inerte devient une partie infime du sol. Les racines et autres organismes remplaceront avec le temps, le rôle d'agent poisseux et l'espace occupé par l'hydrogel.

## Comment le CU-Sol<sup>MD</sup> empêche-t-il le soulèvement du trottoir?

Comme observé, les racines d'arbres plantés dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sont profondes et s'étendent sur une surface élargie afin de prévenir le soulèvement du trottoir.

De plus, il n'y a aucune preuve de soulèvement causé par le gel dans les installations à Ithaca, New York qui sont parmi les plus vieilles installations de CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Selon les données portant sur le drainage et le potentiel de gonflement, ce matériau poreux est très stable.

## Est-il possible d'ajouter du sol standard dans la fosse d'arbre et du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le pavé?

Il est recommandé d'utiliser le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous la motte de l'arbre pour empêcher l'enfoncement de la motte de racines. Planter les arbres directement dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> au lieu du sol standard permet de créer une base plus solide sur laquelle poser le pavé de béton près de la motte de racines. Si la fosse d'arbre est assez large, soit plus que 8 pi x 8 pi, un sol limoneux sableux non compacté peut être utilisé dans l'ouverture autour de l'arbre et du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le pavé.

## Comment planter un arbre dans le CU-Sol<sup>MD</sup>?

Planter un arbre dans le CU-Sol<sup>MD</sup> est relativement simple. Lorsque possible, l'ouverture doit être assez large pour permettre la formation éventuelle des racines de contrefort de l'arbre vieillissant, et être recouverte de pavé ou de paillis. La plantation se fait de la même façon et les racines vont

pousser dans le CU-Sol<sup>MD</sup> comme elles le font dans un sol standard. Si l'ouverture autour de l'arbre est d'au moins 8 pi x 8 pi, il est possible d'utiliser tout autre loam sableux dans l'ouverture et du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le trottoir. Comme pour autre nouvelle plantation, un arrosage supplémentaire est aussi de mise.

### Que dire à propos de l'irrigation et du drainage?

Peu importe le type de sol, l'arrosage des arbres nouvellement plantés est critique pour qu'ils puissent bien s'enraciner et, possiblement, ajouter un système d'irrigation sous le pavé pour l'entretien à long terme (selon les conditions locales). Dans les régions où l'irrigation est nécessaire pour assurer la croissance des arbres, des systèmes d'irrigation à faible volume ont été utilisés avec succès.

Il peut s'avérer nécessaire de mettre en place les dispositifs d'un système d'irrigation éventuel qui ferait aussi partie d'un plan d'entretien. Compte tenu le volume important de sol structural nécessaire pour l'enracinement, des mécanismes d'irrigation efficaces doivent être mis au point pour répondre aux besoins d'entretien actuels et à long terme. La capacité de rétention de l'humidité est aussi un facteur important, donc il est recommandé d'utiliser un plus grand volume de CU-Sol<sup>MD</sup> afin de fournir autant d'humidité que les sols traditionnels. En utilisant le CU-Sol<sup>MD</sup>, le système racinaire peut s'étendre et occuper plus de place. L'ajout d'engrais dans l'eau d'irrigation peut subvenir aux besoins nutritionnels de la plantation, toutefois aucune carence nutritive n'a été observée dans les installations de CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.

Un système de drainage sous le système racinaire est recommandé lorsque le sol existant sous le CU-Sol<sup>MD</sup> est compacté ou, pour une autre raison, est devenu imperméable. S'il empêche l'eau et les racines d'y pénétrer, la saturation en eau est problématique. Le cas échéant, un tuyau de drainage perforé, enveloppé et raccordé au

réseau d'évacuation des eaux pluviales doit être placé entre le CU-sol structural<sup>MD</sup> et le sol de fondation compacté pour améliorer le drainage.

### Est-ce que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut être utilisé en milieu urbain où il n'y a pas de pavage par-dessus les racines?

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> a été conçu pour être utilisé là où la compaction du sol est nécessaire, comme sous les trottoirs, les aires de stationnement, les terre-pleins, les places publiques et les routes à faible circulation. Dans les endroits où le sol compacté n'est pas requis, un sol bien drainé devrait être utilisé.

### Est-ce que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut être adapté pour l'utilisation sous les arbres existants?

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> a régulièrement été utilisé avec succès sous et à proximité des arbres existants, incluant dans quelques installations à Ithaca, New York. Des précautions doivent être prises pour excaver les racines avec un dispositif d'excavation à air et ensuite s'assurer que les racines restent couvertes et humides en attendant le remplissage rapide avec du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Tous les travaux d'excavation doivent être faits sous la direction d'un arboriculteur. Les arbres doivent être bien arrosés pendant les deux premières saisons de croissance afin de réparer les dommages racinaires.

### Le contrôle de la qualité et l'installation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est produit au besoin par des compagnies agréées et des producteurs autorisés par Amereq Inc. et, de préférence, n'est pas entreposé pendant de longues périodes de temps. Tout est testé par des laboratoires indépendants, ensuite le produit est livré afin d'être installé dans un délai raisonnable. Si l'entreposage de courte durée est requis, le produit doit être protégé contre la pluie et la contamination externe.

## Quelles sont les plus vieilles installations avec le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>?

Les deux plus vieilles installations datent de 1994. Des milliers d'installations de tailles différentes existent à travers les États-Unis, le Canada et autres pays. Pour plus d'informations sur ces projets, visitez le [www.structuralsoil.com](http://www.structuralsoil.com) ou téléphonez à Brian Kalter d'Amereq Inc. (Voir ci-dessous)

## Où se procurer du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>?

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est un produit breveté et offert par des producteurs autorisés afin d'assurer un contrôle de la qualité du produit : les marques déposées sont CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et CU-Sol<sup>MD</sup>. L'achat de ce matériel auprès d'une compagnie agréée par Amereq garantit que ce dernier a été produit et testé pour respecter les spécifications et normes prouvées par des recherches scientifiques. Vous trouverez des producteurs autorisés à travers les États-Unis, le Canada et autres pays. Pour trouver un fabricant agréé dans votre région, communiquez avec Brian Kalter ([bkalter@amereq.com](mailto:bkalter@amereq.com)) ou Fernando Erazo ([FE@amereq.com](mailto:FE@amereq.com)) à Amereq Inc., 19 Squadron Blvd, New City, NY, 10 956, ou par téléphone au 800-832-8788

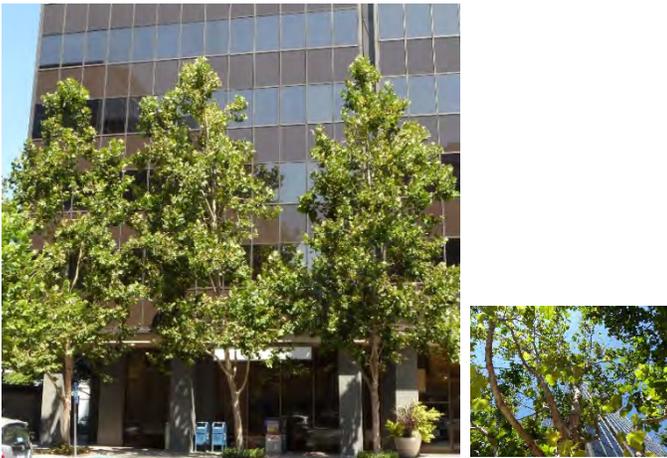
# PARTIE II

L'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>

## Plantation dans le CU-Sol<sup>MD</sup>



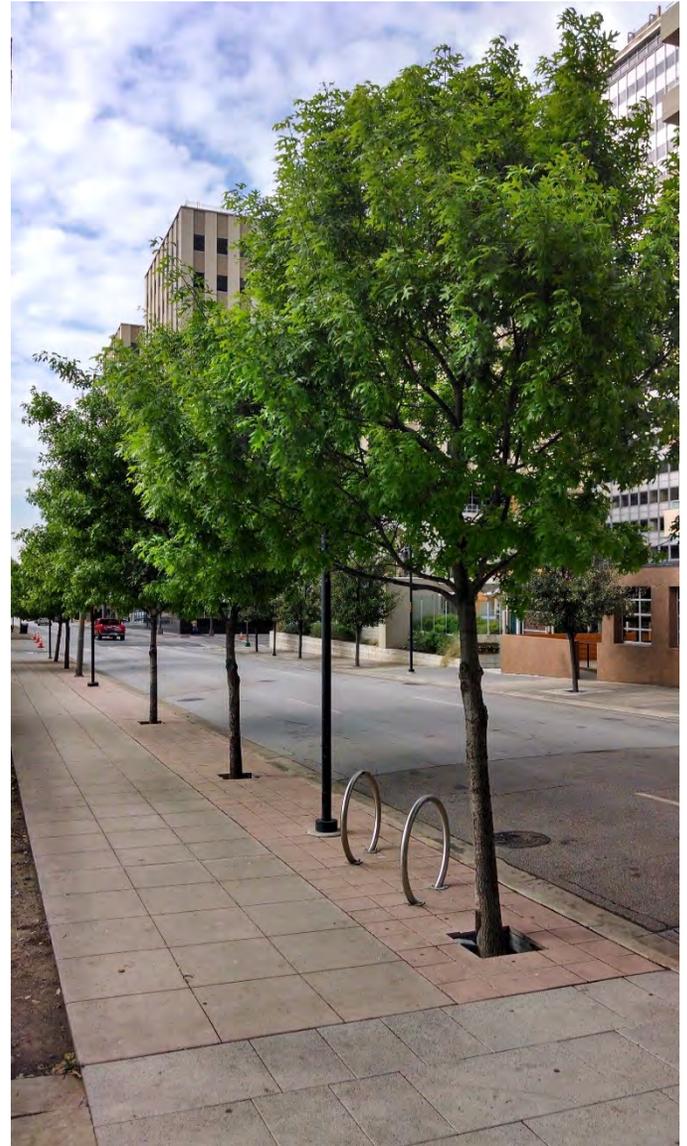
*Des arbres plantés dans une fosse remplie de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> dans la ville de Campbell, CA. À droite, la vue vers le haut dans le couvert forestier d'un des arbres. Photo : TMT Entreprises, Inc.*



*Des arbres plantés dans des fosses standards à Campbell, CA. À droite, la vue vers le haut dans le couvert forestier d'un des arbres. Photo : TMT Entreprises, Inc.*

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est conçu pour fournir un volume de sol plus élevé aux systèmes racinaires sous le pavé. Le produit devrait être utilisé sous les trottoirs, les stationnements, les mails piétonniers et les voies véhiculaires à faible usage. Les recherches conduites à l'Université Cornell démontrent que les racines des arbres plantés dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> poussent jusqu'à au moins 3 pieds de profondeur et loin des fluctuations de température à la surface. Il est donc moins probable que les racines soulèvent et brisent la chaussée. Une méthode qui a fait ses preuves après plus de 20 ans de recherches et de projets concrets.

Les démarches pour planter un arbre dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sont semblables à la méthode conventionnelle. Si possible, l'ouverture dans le béton doit être extensible, soit par du pavé ou des grilles amovibles, afin de faire place à l'expansion des troncs d'arbres matures. Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> doit être utilisé à une profondeur minimale de 24 po, mais préférablement 36 po, et peut être utilisé jusqu'au nivellement de surface avec une ouverture assez grande afin de permettre la plantation d'arbres. Selon la taille de cette ouverture, les arbres peuvent être plantés directement dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.



*Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous ce trottoir offre un volume important de sol utilisable par les arbres qui longent la rue. Dallas, TX. Photo : Minick Materials Company*

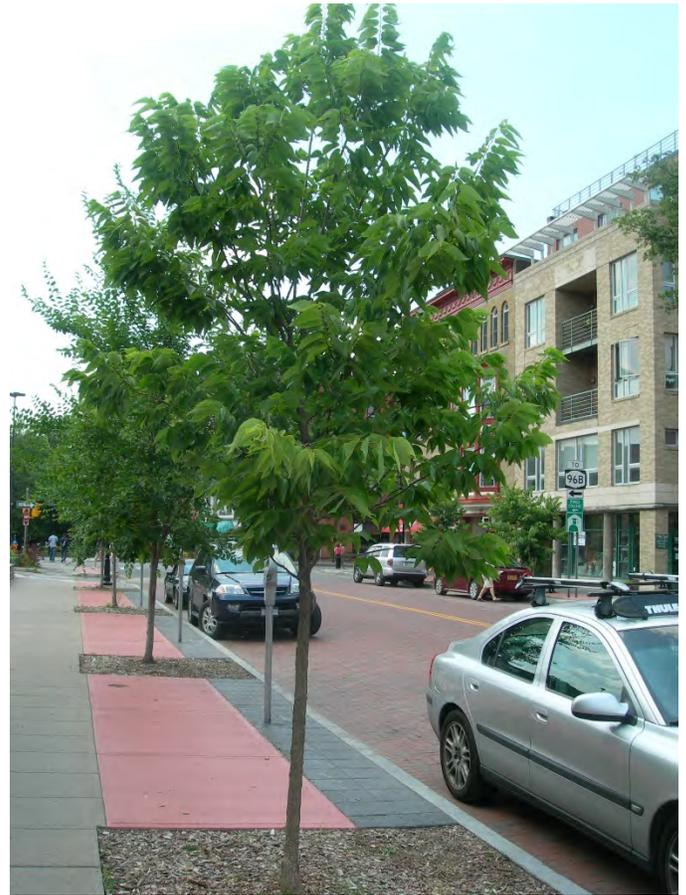
## La plantation des arbres et les nouveaux aménagements de rue



*Ce nouveau paysage de rue dans la ville de Phoenix en Arizona présente une occasion parfaite pour utiliser un volume élevé de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le pavé.*

Photo : AZ Best, LLC

Les nouveaux aménagements routiers présentent une occasion idéale pour l'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> parce que la croissance des arbres peut être un objectif prioritaire dès le début du projet. La contribution et le soutien d'un spécialiste en arboriculture dès le début d'un projet servent à le guider dans la bonne direction. Afin de bâtir un paysage qui favorise la présence et la croissance d'arbres sains, la plantation d'arbres doit faire partie des projets dès le début. (Voir : Conception typique — Détails dans la Partie IV : Ressources).



*Ithaca, NY — L'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le trottoir dans les milieux urbains où la présence de pelouse n'est pas pratique, fournit un volume élevé et continu de sol utilisable partagé par plusieurs arbres au long de la rue.*

## Les arbres dans les stationnements et les places publiques



*Le volume de sol utilisable est souvent limité ou omis dans la construction de places publiques dans les milieux urbains.*

*Ithaca, NY – Grâce à l'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le pavé, cette place publique contient plusieurs arbres en plein essor sans réduire l'espace pavé.*

Les arbres dans les stationnements et les places publiques bénéficient de l'utilisation du CU – Sol Structural<sup>MD</sup>. Que ce soit un îlot avec ou sans bordure, un loam sableux bien drainé devrait être utilisé pour la plantation d'arbres où il y a une ouverture minimale de 8 pi x 8 pi. Ceci permet d'augmenter la quantité d'eau disponible pour les racines.

Si l'ouverture est plus petite, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut être utilisé jusqu'au même niveau que la motte de l'arbre. Bien qu'il ne soit pas nécessaire d'ajouter un matériau de base par-dessus le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>, certains ingénieurs préfèrent l'ajouter directement sous le revêtement.

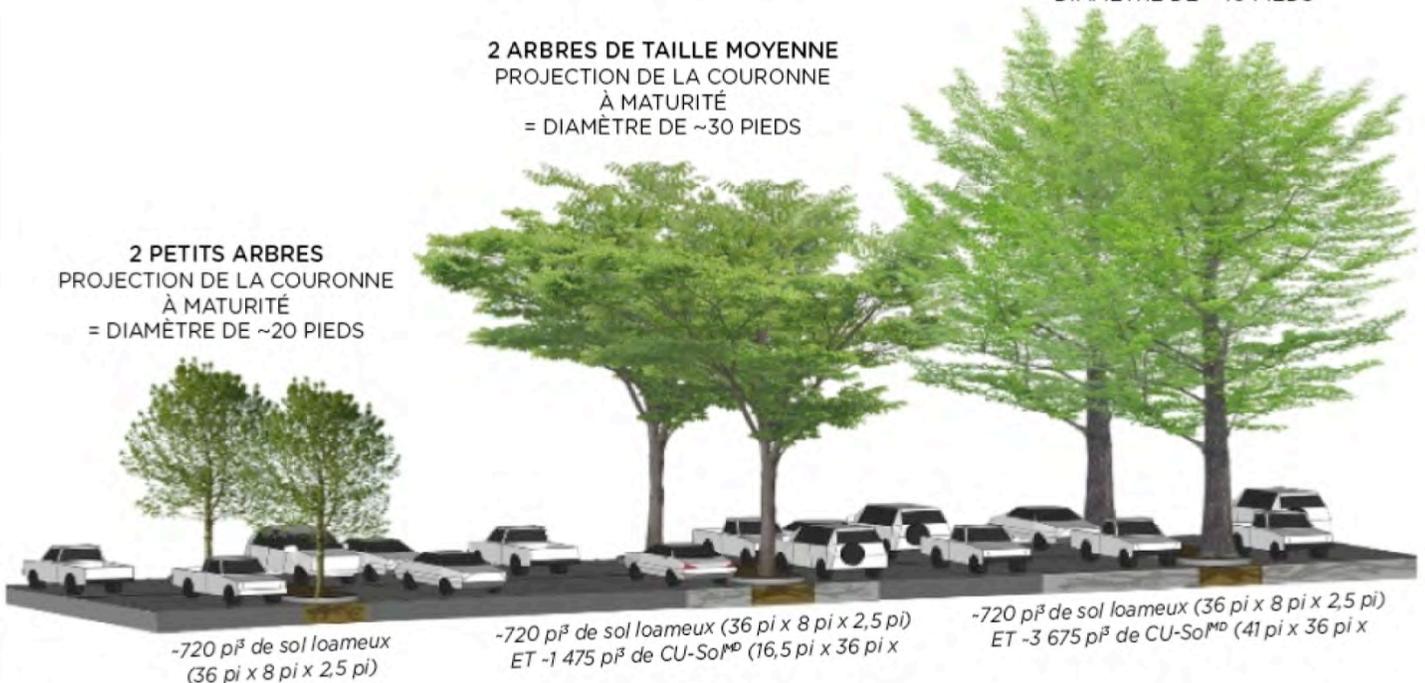
Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut aussi être utilisé pour accroître la quantité de sol disponible aux arbres plantés en îlots dans un stationnement. Lorsque l'espace de plantation disponible est grand, un loam sableux bien drainé peut être utilisé dans l'îlot et le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> comme substrat caché sous l'asphalte des emplacements de stationnement (Voir : Détails de conception dans la Partie IV : Ressources).

## Développement de plus grands arbres dans les îlots de stationnements

**2 GRANDS ARBRES**  
PROJECTION DE LA COURONNE  
À MATURITÉ  
= DIAMÈTRE DE ~40 PIEDS

**2 ARBRES DE TAILLE MOYENNE**  
PROJECTION DE LA COURONNE  
À MATURITÉ  
= DIAMÈTRE DE ~30 PIEDS

**2 PETITS ARBRES**  
PROJECTION DE LA COURONNE  
À MATURITÉ  
= DIAMÈTRE DE ~20 PIEDS



## Libérer les arbres existants des fosses d'arbre grâce au CU-Sol Structural<sup>MD</sup>



*Ithaca, NY — Le réaménagement de la rue et du trottoir présente une occasion idéale pour utiliser le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> comme couche de base de 36 po pour remplacer une section du trottoir. Cette méthode permet aux racines des arbres existants de sortir de l'espace restreint.*

Les projets de réaménagement, où de grandes sections de rues et de trottoirs sont reconstruites, offrent une occasion de libérer les racines de l'espace restreint des fosses d'arbres.

Lorsque le trottoir dans un quartier urbain doit être remplacé sans déménager les fosses d'arbres et les arbres existants, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut être utilisé comme fondation pour le nouveau trottoir et comme substrat de croissance jusqu'à 36 po de profondeur. Cette technique permet de relier les fosses d'arbres isolées grâce à une étendue continue de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et d'accroître le volume de sol utilisable tout en prévenant le soulèvement des trottoirs.

## Créer une zone d'expansion racinaire pour les sections étroites



*Ithaca, NY — Retirer et ensuite remplacer cette section de trottoir avec une fondation de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> permettra aux racines de se développer librement.*



*Ithaca, NY — Puisque cette plantation d'arbres gazonnée est très étroite, une section du trottoir a été retirée et sera remplacée avec une fondation en CU-Sol<sup>MD</sup>.*

Lorsqu'il y a un espace vert, que ce soit un parc ou une pelouse résidentielle, adjacent au trottoir, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut être utilisé pour former un canal qui sera sécuritairement emprunté par les racines des arbres sous le béton afin de rejoindre la partie gazonnée. Généralement, deux dalles de béton sont retirées, ensuite cette partie est excavée de 24 à 36 po et remblayée avec le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> compacté. Les dalles de béton sont remises en place de façon usuelle. (voir : Conception typique – Détails dans la Partie IV : Ressources).

## Préserver la santé des arbres existants pendant la construction



*Les racines de cet arbre de Katsura étaient menacées par la construction d'un nouveau mail. L'arbre fut préservé grâce à une planification soigneuse et l'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> autour des racines existantes. Le revêtement fut installé sur le CU-Sol<sup>MD</sup>.*

Les projets de construction et d'asphaltage peuvent menacer le système racinaire des arbres matures. Lorsque des travaux extensifs sont planifiés près de la zone racinaire des arbres, l'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut sauvegarder les arbres menacés.

Avant l'installation du nouveau pavé, le sol autour des racines existantes peut être excavé de façon sécuritaire en utilisant un dispositif d'excavation à air. Ensuite, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est mis en place comme fondation pour étendre le nouveau pavé. Puisque la profondeur requise pour une fondation adéquate peut signifier que le terrain pavé soit

rehaussé, donc par-dessus les racines des arbres, au lieu d'être creusé (ce qui détruirait les racines) une attention particulière doit être accordée au plan de nivellement final.

## Le CU-Sol<sup>MD</sup> sous un revêtement poreux.<sup>9</sup>

La problématique des eaux pluviales retient l'attention du public et l'emphase est surtout portée sur le stockage et l'infiltration de celles-ci sur place. Traditionnellement, les bassins de rétention et les bassins secs ainsi que les noues étaient utilisés pour la gestion des eaux. Toutefois, ces démarches nécessitaient un espace réservé, rarement disponible dans les milieux urbains densément développés. Une autre méthode implique l'utilisation d'un revêtement poreux avec une fondation en gravier qui contient suffisamment d'espaces de vides pouvant servir de réservoir pour les eaux pluviales.

À cause du matériel utilisé dans le réservoir de gravier sous la surface, l'installation d'un revêtement poreux sur le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est différente d'un revêtement standard. La technologie courante aborde cette problématique en portant l'emphase sur la quantité d'eau seulement et requiert l'utilisation de pierres de taille uniforme dans le réservoir sous la chaussée.

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut aussi être utilisé comme fondation pour un revêtement poreux. Ce système présente deux avantages importants. Le premier, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est conçu pour être compacté afin de faciliter la tâche d'installation pour les entrepreneurs. Le deuxième, le CU-Sol<sup>MD</sup> favorise la croissance des arbres dans des conditions urbaines difficiles ainsi que la croissance de plantes saines.

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est un substrat de culture sain et durable qui soutient la croissance des arbres sous la chaussée, la création et l'adaptation des zones d'expansion racinaire, et qui limite les dommages causés aux arbres par la construction. Compte tenu de sa porosité élevée, l'infiltration d'eau se fait rapidement à travers la chaussée poreuse et le

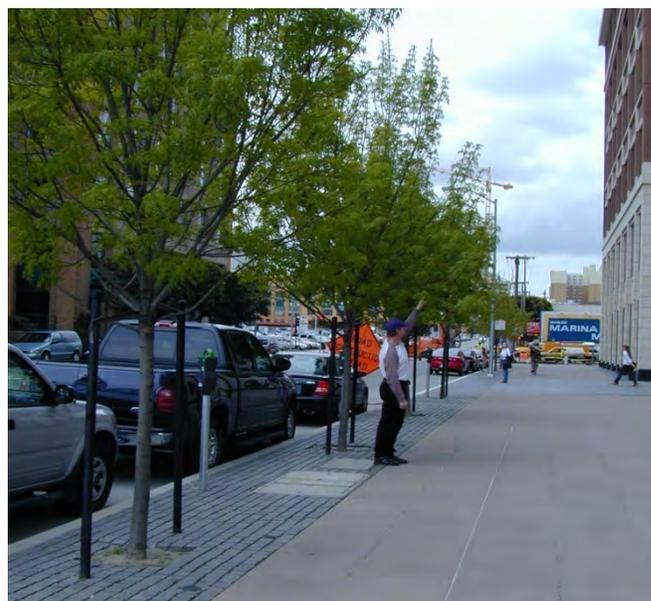
sol structural. En 24 heures, 24 po de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut capter jusqu'à 6 po de précipitations. Combiné avec la chaussée poreuse, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> produit un réservoir pour capter les eaux pluviales sous la surface.

Taille de l'épisode de pluie	Profondeur du réservoir de CU-Sol <sup>MD</sup> pour gérer l'épisode de pluie.
1,56 po	6 po
3,12 po	12 po
4,68 po	18 po
6,25 po	24 po
7,8 po	30 po
9,36 po	36 po

*Les profondeurs de réservoirs et les quantités relatives de pluie pouvant être absorbées sur la base de 26 % d'espaces de vide dans un mélange CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.*

### Pavés perméables

L'utilisation de pavés non cimentés exige un lit de pose en sable grossier calibré mis en place selon les spécifications du fabricant de pavé. À noter qu'au Québec, l'utilisation de la petite pierre calibrée est standard. Pour décourager les racines de s'y loger, un géotextile perméable peut être utilisé entre le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et ce matériel.



*San Francisco, CA — Cette installation utilise des pavés perméables pour couvrir une tranchée continue de CU-Sol<sup>MD</sup>. L'eau peut s'infiltrer dans le sol tout en permettant aux piétons d'accéder aux voitures stationnées sur place.*

<sup>9</sup> Day, S.D. et S.B. Dickinson. *Managing Stormwater for Urban Sustainability using Trees and Structural Soils*. Virginia Polytechnic Institute et State University, Blacksburg, VA. (2008)



*pavés permet à l'eau de s'infiltrer dans le CU-Sol<sup>MD</sup> dessous.*

## Asphalte poreux



*Ithaca, NY — Une installation avec de l'asphalte poreux et du CU-Sol<sup>MD</sup> peu de temps après la construction.*

L'asphalte poreux est similaire à l'asphalte traditionnel en tous points, sauf la spécification du mélange qui omet les particules fines. Le résultat : des vides se forment dans le profil de l'asphalte permettant à l'eau de pénétrer plutôt que de ruisseler en surface. Tandis que l'asphalte traditionnel a comme base de la pierre concassée, en utilisant plutôt le CU-Sol<sup>MD</sup> il est possible de stocker les eaux pluviales et soutenir la croissance d'arbres.

## Le CU-Sol<sup>MD</sup> et l'asphalte poreux

Il y a quelques facteurs importants à garder en tête pour l'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et de l'asphalte poreux :

- Le mélange d'asphalte poreux a ses propres spécifications.
- La profondeur du réservoir de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous l'asphalte poreux reflète la taille de l'épisode de pluie qui doit être traité.
- Les taux d'infiltration pour la recharge des nappes phréatiques varient grandement et dépendent du type de sol sous le réservoir de CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Pour cette raison, il est nécessaire d'effectuer une analyse du sol pour déterminer le type de sol et ses caractéristiques.
- Un système de drainage des eaux pluviales pourrait être nécessaire selon la réglementation en place. Dans ce cas, un drain français ou un système de drainage en PVC peut être posé sous la surface de l'asphalte poreux pour assurer que l'eau ne refoule pas.
- L'asphalte poreux nécessite de l'entretien et ne devrait jamais être scellé. Le meilleur entretien pour conserver son aspect poreux est un traitement sous vide tous les deux ans pour enlever les sédiments, mais cette démarche est rarement appliquée.
- Des mesures appropriées de contrôle des sédiments, comme des barrières à sédiments, doivent être utilisées pendant la construction pour éviter qu'ils ne se glissent sur l'asphalte poreux. Sinon, ils risquent de bloquer les pores de l'asphalte et nuire à son efficacité.
- Les bordures surélevées sont déconseillées dans ses sections de plantations. De plus, l'asphalte devrait être coupé pour accommoder les fosses d'arbres ajoutées au cours des phases finales de la construction. Les arbres ainsi que les autres éléments paysagers doivent être plantés à la toute fin des projets pour éviter de les endommager.

## Utiliser le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> pour l'engazonnement.

Principalement utilisées en tant que couvre-sol fonctionnel sur les terrains résidentiels, les plantations de gazon sont aussi retrouvées dans les parcs, les aires de jeux et les terrains sportifs. Les surfaces gazonnées jouent deux rôles significatifs en matière d'architecture et de fonctionnalité : fournir un espace paysager ouvert et protéger les joueurs lors de chutes. Moyennant une conception et une installation minutieuses, la pelouse peut être bénéfique pour les terrains qui ne sont pas propices à la croissance de la pelouse en raison du sol compacté résultant d'un haut degré de circulation piétonnière ou la circulation véhiculaire occasionnelle. Quelques exemples pratiques : les marchés de producteurs, les terrains gazonnés utilisés pour les rassemblements publics, les chemins d'accès d'urgence et les stationnements à faible usage.



Birmingham, AL : La pelouse sur du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> d'un concessionnaire auto. Photo : Southpine, Inc.



Le sol de ce terre-plein fut excavé et remplacé avec du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> permettant ainsi au terrain

gazonné d'être utilisé comme aire d'exposition pour les véhicules. Photo : Holcombe Norton Partners



En hiver, lorsque le gazon est dormant, le terre-plein sert d'aire supplémentaire d'entreposage et d'exposition pour les véhicules. Photo : Southpine, Inc.

Au-delà des études pour soutenir la croissance des arbres, l'UHI de Cornell a mené des études sur la plantation de gazon sur le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Celles-ci s'ajoutent à la recherche portant sur le paysage de rue et la gestion des eaux pluviales afin de créer une pelouse saine qui peut servir dans les secteurs avec une circulation piétonnière élevée ou la circulation véhiculaire occasionnelle, avec un avantage supplémentaire d'atténuer les eaux pluviales. Puisque le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est conçu pour soutenir un haut degré de compaction (circulation humaine ou véhiculaire, installations temporaires, etc.) il produit des surfaces gazonnées qui peuvent être utilisées sans risque de compaction du sol dommageable à la santé du gazon.

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> contenant plus d'eau et d'air permet non seulement à l'herbe de développer des racines et des pousses plus saines, mais il permet également de collecter et de stocker des volumes plus importants d'eau pluviale et de ruissellement dans un réservoir avant qu'elles ne s'infiltrent lentement dans le sol sous-jacent. Cela diminue le débit de pointe au réseau d'égout et permet la recharge des nappes phréatiques. Quoique les surfaces de pelouses sont généralement poreuses, les capacités d'atténuer les eaux pluviales peuvent varier d'une plantation à une autre, et les sols fortement compactés sont incapables de capter de stocker les eaux pluviales.



*Cette section gazonnée a été détruite par l'usure de la circulation véhiculaire qui a compacté le sol et limité sa capacité de drainage. Le résultat : une pelouse « noyée ».*



*Ici, les effets de la compaction du sol et les problèmes de drainage ont détruit la surface gazonnée.*

### La conception et la gestion du gazon sur le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>



*Compaction du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> avant l'installation du gazon. Photo : Southpine, Inc.*

La pose de gazon sur du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> exige qu'une profondeur de sol structural d'au moins 12 po sous la surface du gazon. Cette homogénéité assure l'uniformité des paramètres d'ingénierie sous le gazon, particulièrement ceux reliés au drainage et l'impact du gel/dégel, et soutient la croissance de gazon sain. Il est assez facile de planifier la profondeur pour les nouveaux projets de construction.

Lors de la mise en place, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> doit être compacté avec une plaque vibrante ou un rouleau compacteur à chaque tranche de 6 po. Une fois le sol bien compacté, le gazon peut être installé directement sur le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et ensuite irrigué jusqu'à ce que les racines soient bien établies. Ensuite le plan d'entretien local s'applique : la tonte de pelouse, l'application d'engrais, l'irrigation, etc.

### Les systèmes de gazon sur le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et les eaux pluviales

Pour les systèmes dont un des objectifs est la gestion des eaux pluviales, une couche additionnelle de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut être installée afin d'augmenter la capacité de stockage d'eau. Puisque les espaces de vides comptent pour environ 26 % du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>, un réservoir d'une profondeur de 24 po à 36 po traitera de 6,25 po à 9,36 po d'eau de pluie sur une période de 24 heures.

Par exemple, une fondation de 24 pouces de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> dans la ville d'Ithaca, N.Y., est en mesure de gérer une pluie de récurrence 100 ans, ici, 6 po en 24 heures. Cette marge semble bien élevée, mais il faut tenir compte des écarts significatifs régionaux et locaux. De plus, il faut tenir compte des eaux pluviales qui pourraient provenir des surfaces environnantes et qui couleraient dans ce même système augmentant ainsi la quantité à traiter.

Une profondeur de 24 po pourra soutenir une plantation de gazon et atténuer jusqu'à 6,25 po d'eaux pluviales sur une période de 24 heures. Une profondeur de moins de 24 po pourrait aussi soutenir une plantation de gazon,

toutefois le réservoir ne serait pas assez profond pour favoriser la croissance des arbres. Pour les gazons qui comprennent une plantation d'arbres, une profondeur de 24 po à 36 po est recommandée.

### Les bienfaits du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> pour éliminer les polluants

Une qualité recherchée dans tous types de sol est sa capacité à filtrer les polluants transportés par les eaux de ruissellement. La suspension des polluants, tels que l'huile, dans le profil du sol permet aux micro-organismes de dégrader biologiquement les hydrocarbures et les transformer en produits écologiquement inoffensifs. Ce processus permet la filtration des eaux de ruissellement avant qu'elles rechargent les nappes phréatiques.

Les recherches préliminaires menées par Qingfu Xiao de l'Université de la Californie à Davis démontrent que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est efficace pour retirer les nutriments et les matériaux retrouvés dans les eaux de ruissellement polluées. De plus amples recherches sont nécessaires, mais il est possible que la colonisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> par les racines des arbres augmente la suppression de ces polluants.<sup>10</sup>

### Le gazon et les stationnements

Loin d'être une idée nouvelle, les stationnements recouverts de gazon ont souvent servi de terrain tout usage pour les marchés aux puces ou publics, et peuvent maintenant servir d'installations sportives comme pour le Sun Life Stadium en Floride. Comme démontré ici, les aires gazonnées peuvent servir de stationnements à usage occasionnel. Il y a certaines recommandations pour concevoir un stationnement gazonné réussi en utilisant du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.

- Gazonnez les aires stationnements à faible usage ou usage occasionnel (les marchés de producteurs, les zones de débordements lorsque les aires de stationnement adjacentes sont combles).
- Minimisez l'usure causée par la circulation des véhicules en limitant la pose de gazon aux emplacements de stationnement au lieu des voies de circulation. Le stationnement en angle est recommandé.
- Utilisez les données pluviométriques locales afin de déterminer la profondeur adéquate pour le réservoir de CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Cela assurera la gestion appropriée des eaux pluviales au fil du temps.
- La structure du sol sous le réservoir pourra aussi déterminer la vitesse d'infiltration et de recharge des nappes phréatiques du sol existant.
- Utilisez un drainage supplémentaire si nécessaire. Il y a risque de refoulement si la vitesse de recharge de la nappe phréatique est plus lente que l'arrivée des eaux pluviales et des eaux de ruissellement dans le réservoir.
- Utilisez des graminées adaptées aux conditions du site et assurez un entretien adéquat propre à celles-ci. L'application annuelle d'un engrais peut être requise.

---

<sup>10</sup> Day, S.D. et S.B. Dickinson. *Managing Stormwater for Urban Sustainability using Trees and Structural Soils*. Virginia Polytechnic Institute et State University, Blacksburg, VA. (2008)

## Conception d'une voie d'accès d'urgence gazonnée avec du CU-Sol<sup>MD</sup>

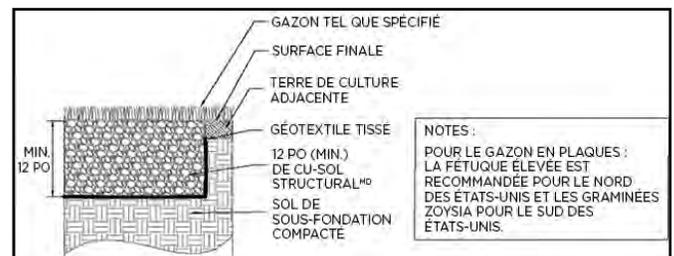
Les voies d'accès en cas d'incendie sont conçues les véhicules d'urgences et, conséquemment, ne peuvent pas accommoder un usage véhiculaire régulier. Plusieurs municipalités exigent que les bâtiments soient accessibles aux véhicules des services d'incendies ce qui requiert une conception et une construction spécifiques. Le résultat : la construction d'une large route pavée, imposante et rarement utilisée, sinon jamais.

La conception de voies d'accès pour les véhicules d'incendie avec du CU-Sol<sup>MD</sup> suscite beaucoup d'intérêt. Basé sur l'évaluation de l'usure des revêtements courants, il est possible d'utiliser le CU-Sol<sup>MD</sup> pour soutenir une route d'urgence gazonnée. Le critère dominant est la déflexion maximale admissible (c.-à-d. dépression du sol) de 0,1 po due à la charge des roues. Bien que la croissance de gazon sur une profondeur de 6 po de CU-Sol<sup>MD</sup> ait été réussie par le passé, **une profondeur minimale de 12 po de CU-Sol<sup>MD</sup> est recommandée pour construire des voies d'accès en cas d'incendie** afin de parvenir à un degré satisfaisant de stabilité. Cette profondeur est appropriée pour la plupart des fondations. Quelques types de sols de sous-fondation nécessitent une profondeur supérieure de CU-Sol<sup>MD</sup> en raison de leur faible module de résilience (rigidité du sol). Les détails figurent dans le tableau ci-dessous. Tout autre type de sols de fondation exige 12 po de CU-Sol<sup>MD</sup>. Pour plus d'informations, en ce qui concerne ces recommandations, veuillez consulter les sections *Suppositions de conception* et *Modifications de conception* ci-dessous.

Tableaux Liste des types de sols de fondation qui nécessitent plus de 12 po de profondeur de CU-Sol<sup>MD</sup> pour un couloir d'urgence en cas d'incendie.

Système de classification unifié des sols (U.S.C.S.) Symbole pour le sol de sous-fondation	Définition des symboles	Module de résilience (rigidité du sol) MR par défaut (ksi)	Profondeur minimale de CU-Sol <sup>MD</sup> requise (pouces)*
CH	argile à plasticité élevée, argile grasse	4	41
MH	limon à plasticité élevée	6	27
CL	argile à faible plasticité, argile maigre	9	19
ML	limon	11	15

Puisque certaines graminées tolèrent mieux l'usure, certaines espèces sont recommandées pour les installations de voies d'accès gazonnées avec du CU-Sol<sup>MD</sup> : la *fétuque élevée* pour le nord des États-Unis et les graminées *zoysia* pour le sud des États-Unis. La majorité des camions incendies sont d'une largeur de 8 pieds et les couloirs d'accès doivent être au moins le double de cette largeur, soit 16 pieds. Cette voie d'accès peut être conçue de manière à inclure un trottoir résistant avec une fondation de CU-Sol<sup>MD</sup> au long du terrain gazonné ou seulement du gazon sur du CU-Sol<sup>MD</sup>. Quoique les voies d'accès conçues en utilisant du gazon et du CU-Sol<sup>MD</sup> soient capables de soutenir les camions-incendie tout en empêchant la compaction, dans certains cas il se peut que la végétation de surface subisse des dommages.



Section gazonnée d'un couloir d'accès en cas d'incendie à base de CU-Sol<sup>MD</sup>

## Suppositions de conception

- Un système bicouche formé de CU-Sol<sup>MD</sup> et de gazon sur un sol de fondation compacté;
- Le sol de fondation devrait être intact ou, en cas de réutilisation, compacté à une densité Proctor de 95 %.
- CU-Sol<sup>MD</sup> : Minimum de CBR 50 (standard pour le CU-Sol<sup>MD</sup>)
- Sol de fondation : À déterminer/varie
- Maximum de 0,1 pouce de déflexion permise
- Dimensions d'un camion d'incendie

Source: *Emergency Vehicle Size and Weight Regulation Guideline* - International Fire Chiefs Association

CAMION AUTOPOMPE AVEC CHÂSSIS SUR MESURE ESSIEU ARRIÈRE SIMPLE		
	Min	Max
PNBE - AVANT	18,000	24,000
PNBE - ARRIÈRE	24,000	31,000
LARGEUR	98	100
HAUTEUR	9	12
PROFONDEUR	30	34

*Une seule roue à l'arrière avec 100 psi de pression de pneu. (pire cas) En cas d'urgence, il est conseillé de diminuer la pression des pneus sur des sols extrêmement mous.*

## Modifications de conception

Le module de résilience (Mr) est une propriété fondamentale des matériaux utilisée pour caractériser les matériaux de fondation non compactés. Un Mr plus élevé annonce un sol de fondation plus résistant à la déformation sous une charge. Comme l'indique le tableau ci-dessous, un Mr plus faible requiert une épaisseur plus élevée de CU-Sol<sup>MD</sup>. Lorsque le sol de sous-fondation a un Mr plus élevé, moins de CU-Sol<sup>MD</sup> est nécessaire.

L'indice portant californien (CBR) est une autre mesure de stabilité des matériaux.

Développé par le *California Department of Transportation* avant la Seconde Guerre mondiale, le CBR est une évaluation de la capacité portante d'un sol et d'une chaussée. L'évaluation régulière du CU-Sol<sup>MD</sup> indique un CBR d'au moins 50.

Le module de résilience a été corrélé avec l'indice portant californien pour la conception des chaussées.<sup>11</sup> Cette corrélation fut appliquée dans les évaluations suivantes de façon à ce que 50 CBR → 32,000 psi.

La conception du chemin d'accès suppose la présence d'un sol saturé avec perte de confinement versus l'évaluation CBR, donc la solidité générale du CU-Sol<sup>MD</sup> est présumée être les deux tiers de la valeur provenant de la corrélation avec le CBR.

La valeur de calcul du CU-Sol<sup>MD</sup> utilisée : 20,000 psi.

Pour le sol de fondation, la valeur utilisée est la moitié de la valeur prévue [par défaut] en raison de la possibilité d'un faible drainage du sol.

---

<sup>11</sup> Source : *Guide for Mechanistic-Empirical Design of New And Rehabilitated Pavement Structures - Appendix CC-1: Correlation Of CBR Values With Soil Index Properties*, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC 2001

L'épaisseur requise de CU-Sol<sup>MD</sup> pour un camion-incendie typique à essieu arrière simple permettant 0,1 po de déflexion.

Symbole U.S.C.S pour un sol de fondation	Module de résilience (rigidité du sol) Mr par défaut (ksi)	Épaisseur du CU-Sol <sup>MD</sup> (pouces)*
CH	4	41
MH	6	27
CL	9	19
ML	11	15
SW	21	4*
SP	17	8*
SW-SC	15	10*
SW-SM	17	8*
SP-SC	15	10*
SP-SM	17	8*
SC	14	11*
SM	21	4*
GW	32	***
GP	29	***
GW-GC	24	***
GW-GM	30	***
GP-GC	23	1*
GP-GM	26	***
GC	20	5*
GM	30	***

\* 12 pouces est le minimum requis pour la constructibilité, mais les valeurs calculées sont affichées

\*\*\* Un sol de fondation adéquatement compacté peut soutenir le poids d'un camion d'incendie avec ou sans l'ajout de CU-Sol<sup>MD</sup>.

### Notes sur les types de sol

Le système de classification unifié des sols (U.S.C.S.) est un des systèmes de classifications de sol utilisé dans les domaines de l'ingénierie et la géologie pour décrire la texture et la taille des particules d'un sol. Ce système de classification peut être appliqué à la majorité des matériaux non consolidés et est représenté

par un symbole de deux lettres. Chaque lettre est définie dans les pages suivantes (à l'exception de Pt) :

## Systeme de classification unifié des sols (U.S.C.S.)

Première et/ou deuxième lettres		Deuxième lettre	
Lettre	Définition	Lettre	Définition
<b>G</b>	gravier	<b>P</b>	mal gradué (particules uniformes)
<b>S</b>	Sable	<b>W</b>	bien gradué (dimensions de particules étalées)
<b>M</b>	limon	<b>H</b>	plasticité élevée
<b>C</b>	Argile	<b>L</b>	faible plasticité
<b>O</b>	Organique		

### Tableau des symboles

Divisions majeures		Symbole du groupe	Nom du groupe	
<b>Sols à gros grains</b> plus de 50 % retenu dans un tamis No 200 (0,075 mm) ou plus gros	gravier > 50% des particules plus grossières dans un tamis No 4 (4,75 mm)	gravier propre <5 % plus petit qu'un tamis No 200	<b>GW</b>	gravier bien gradué, gravier de fin à grossier
		gravier avec >12 % fins	<b>GP</b>	gravier mal gradué
			<b>GM</b>	gravier limoneux
		<b>GC</b>	gravier argileux	
	sable ≥ 50 % de particules grossières passes dans un tamis No 4	sable propre	<b>SW</b>	sable bien gradué, sable de fin à grossier
			<b>SP</b>	sable mal gradué
		sable avec >12 % fins	<b>SM</b>	sable limoneux
			<b>SC</b>	sable argileux
<b>Sols à grains fins</b> 50 % ou plus passe au travers d'un tamis No 200	<b>limon et argile limite de liquidité &lt; 50</b>	inorganique	<b>ML</b>	limon
		organique	<b>CL</b>	argile à faible plasticité, argile maigre
			<b>OL</b>	limon organique, argile organique
	<b>limon et argile limite de liquidité ≥ 50</b>	inorganique	<b>MH</b>	limon à plasticité élevée, limon élastique
			<b>CH</b>	argile à plasticité élevée, argile grasse
		Organique	<b>OH</b>	argile organique, limon organique
	<b>Sols à forte teneur en matières organiques</b>		<b>Pt</b>	tourbe

Cette section, « La conception d'une voie d'accès gazonnée avec du CU-SoI<sup>MD</sup> » a été élaborée avec l'assistance de David P. Orr, PE, Ph. D, Cornell Local Roads Program, Dept. of Biological and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, NY 1485



# PARTIE III

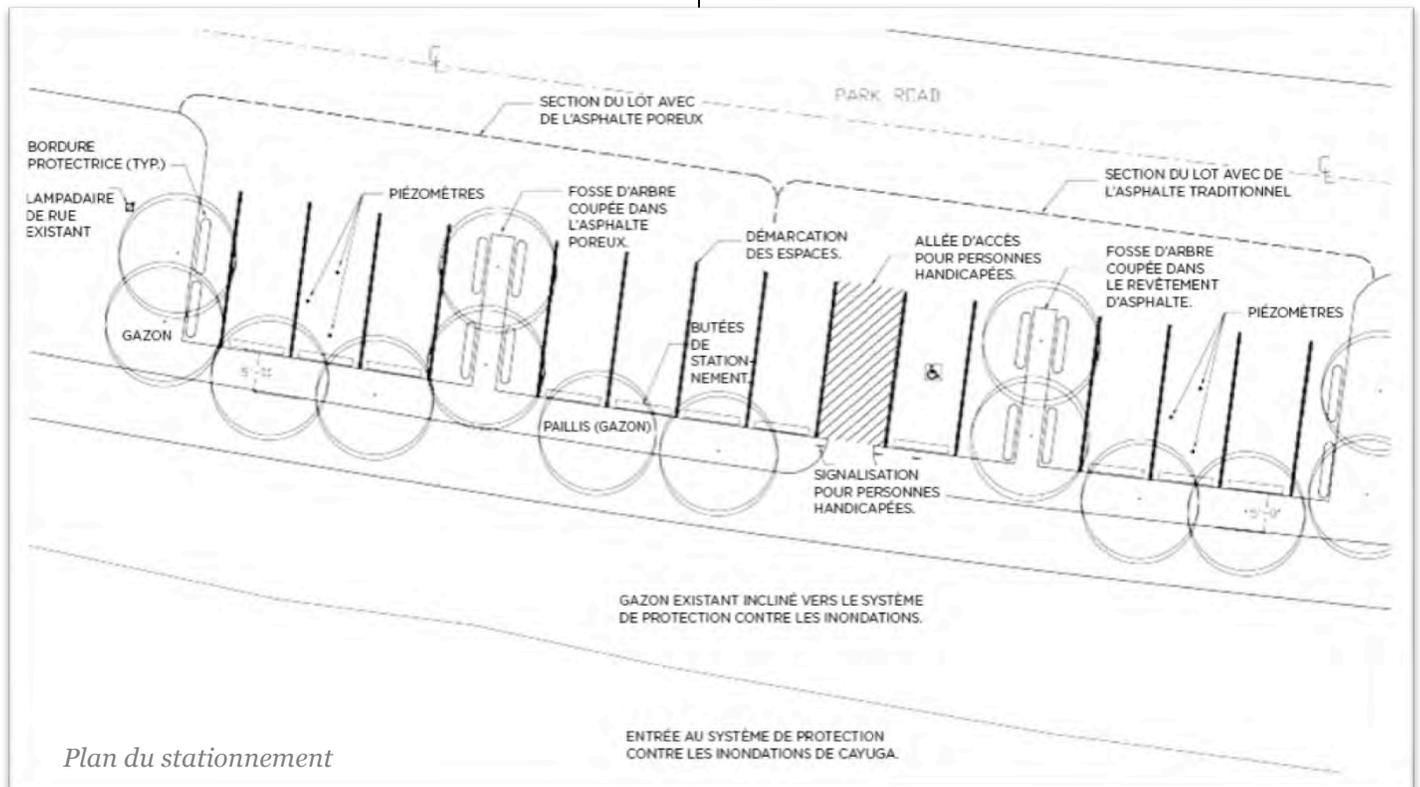
## Études de cas

## Stationnement poreux — Ithaca, NY



L'aire de 150 pi x 18 pi fut divisée en deux parties : la partie sud fut construite en utilisant un asphalte poreux de 3 po et la partie nord fut construite en utilisant une couche d'asphalte imperméable traditionnel. La surface entière fut excavée jusqu'à une profondeur de 2 pi et remplacée par une nouvelle couche de base de CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.

En 2005, dans le cadre d'un essai de recherche, un stationnement de 12 places fut conçu et construit en partenariat avec le *Department of Public Works* (Service des travaux publics) de la ville d'Ithaca, NY. Ce projet était une amélioration du stationnement en gravier existant adjacent au canal de contrôle des inondations pour la ville d'Ithaca, NY.





*Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> fut utilisé comme fondation de 2 pi sur toute la surface du stationnement.*



*La plantation des ormes à racines nues directement dans le CU-Sol<sup>MD</sup> en 2005.*

Des fosses d'arbre d'une largeur de 3 pi ont été taillées dans le centre de chaque profil de chaussée (poreux et asphalté imperméable) sur toute la largeur du terrain, soit 18 pi, jusqu'à l'accotement de la chaussée adjacente. Deux Ormes hybrides « Accolade » à racines nues d'un calibre de 1,5 po ont été plantés (espèce : hybride entre *Ulmus Japonica* et *Ulmus Wilsoniana*). Huit ormes « Accolade » de la même taille ont été plantés autour du stationnement à 2 pi d'intervalle, dont quatre adjacents à l'asphalte poreux et quatre autres adjacents au revêtement traditionnel d'asphalte.



*Le stationnement terminé.*



*L'îlot de plantation coupé à la scie avec les fosses d'arbres creusées dans le CU-Sol<sup>MD</sup>.*



*Printemps 2006*



*Croissance en 2009.*



*Croissance en 2014.*

## Parc McCarren – Brooklyn, NY

En 1997, un projet d'aménagement de rue adjacent au Parc McCarren dans le secteur de Brooklyn, NY, fut conçu en utilisant du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Le CU-Sol<sup>MD</sup> fut utilisé d'un côté de la rue comme fondation de 24 po sur toute la longueur et la largeur du trottoir avec une série de fosses d'arbres espacées à intervalles réguliers et recouvertes de pavés perméables amovibles.

De l'autre côté de la rue, une plantation d'arbre en bande gazonnée permettant de facilement comparer la croissance au fil des années.

Après 17 ans d'observation, la croissance des arbres plantés dans le CU-Sol<sup>MD</sup> est comparable à celle des arbres plantés en bande gazonnée. Les données géoradar suggèrent que les racines d'arbres ont fortement colonisé le profil du CU-Sol<sup>MD</sup>.



*Croissance après trois (3) ans.*



*Un des arbres plantés dans la bande gazonnée. Les arbres vus de l'autre côté de la rue sont plantés dans une fosse continue de CU-Sol<sup>MD</sup>.*



*Croissance après neuf (9) ans. Photo : Amereq, Inc.*



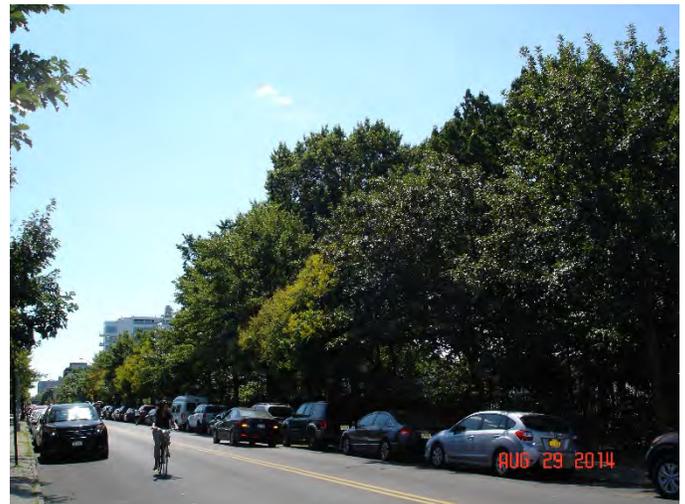
*Paysage de rue après dix (10) ans. Photo : Amereq, Inc.*



*Paysage de rue après 15 ans. Photo : Amereq, Inc.*

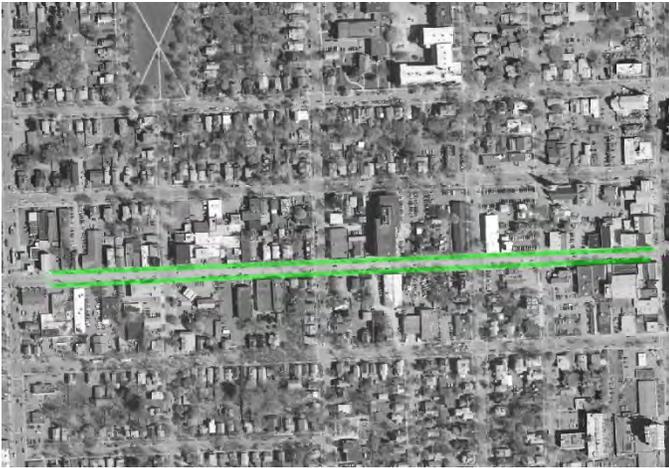


*Après 14 ans de croissance. Photo : Amereq, Inc.*



*Paysage de rue après 17 ans. Photo : Amereq, Inc.*

## Rue W. State – Ithaca, NY



*L'étendue du projet de la rue W. State*

En 1999, la rénovation de quelques blocs de la rue W. State dans la ville d'Ithaca, NY a présenté une occasion idéale pour créer une tranchée continue de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> dans le nouvel aménagement de rue. Les arbres matures déjà en place ont été conservés tout au long du projet. Le CU-Sol<sup>MD</sup> a été utilisé jusqu'en bordure des fosses d'arbres existantes de chaque côté permettant aux systèmes racinaires de pousser au-delà de l'espace restreint et de s'étendre dans les tranchées. De nouvelles fosses d'arbres ont aussi été créées.

En ce qui concerne l'aspect visuel du projet, les nouvelles espèces ajoutées ont été sélectionnées en fonction de leurs ressemblances aux arbres existants.



*L'installation du nouveau trottoir sur une base de CU-Sol<sup>MD</sup>. Cette photo montre aussi un arbre mature existant.*



*Après dix (10) ans de croissance. Les deux arbres à droite sont des Zelkovas qui ont été conservés pendant les rénovations. Les deux nouveaux arbres à gauche sont des ormes Homestead qui ont été plantés après les rénovations.*



*Une fosse d'arbre typique de la rue W. State. Les sections colorées du béton correspondent aux étendues des volumes de CU-Sol<sup>MD</sup> utilisés.*

## Rue Green – Ithaca, NY



*L'emplacement du projet. La ligne verte représente une tranchée continue de CU-Sol<sup>MD</sup>.*

En 2003, le paysage de rue du centre-ville d'Ithaca, NY fut entièrement rénové. Étant l'une des rues les plus achalandées dans le secteur, la rue Green connaît une circulation véhiculaire élevée et abrite un terminus d'autobus important, exposant ainsi les arbres à des émissions de gaz d'échappement de façon constante. Afin d'offrir un volume de sol continu et partagé par tous les arbres, le projet prévoit des tranchées de CU-Sol<sup>MD</sup> d'une largeur de 8 pi et une profondeur de 24 po.

Un aspect intéressant de ce projet est la sélection des arbres qui comprend les des chênes jaunes (*Quercus muehlenbergii*). Cette espèce de grande taille est rarement utilisée comme arbre de rue, toutefois elle est remarquablement tolérante aux sols fortement alcalins. La croissance saine de cette espèce est preuve de sa robustesse face aux stress urbains.



*La rue Green est l'une des rues les plus achalandées et abrite le terminus d'autobus. Les arbres sont constamment exposés aux émissions de gaz d'échappement.*



*Une tranchée continue relie chaque fosse d'arbre.*



*Vue aérienne en 2014, 11 ans après la plantation.*



2006 – Trois (3) ans après la plantation.



2014 – 11 ans après la plantation.

## Bibliothèque Mann, Ithaca, NY

À l'Université Cornell, des plans pour la rénovation d'un bâtiment universitaire et la mise en place d'un nouveau pavage sur la place publique posaient un risque considérable à la santé d'un arbre de Katsura (*Cercidiphyllum japonicum*) sur le campus. Les travaux de pavage, qui obligent l'excavation du sol jusqu'à une profondeur de 18 po ou plus, posaient un risque important au système racinaire de l'arbre et, conséquemment, à sa survie.

Grâce à une conception bien pensée, il a été établi, dès le début, que l'utilisation du CU-Sol<sup>MD</sup> pouvait aider à conserver l'arbre, et ce, sans l'endommager. Le nouveau pavé a été posé par-dessus le système racinaire de l'arbre qui, à son tour, a subi très peu de dommages pendant la construction. En 2014, à l'aide d'un dispositif d'excavation à air, le sol fut retiré de la fosse et du CU-Sol<sup>MD</sup> a été déposé et ensuite compacté sur les racines exposées pour former la couche de base de cette nouvelle place publique. Par-dessus cette couche, un revêtement avec un joint poreux et ouvert a été installé. Ce projet de rénovation est un bon exemple de l'efficacité du CU-Sol<sup>MD</sup> pour préserver les arbres matures lorsque ceux-ci sont menacés par l'installation d'un nouveau revêtement.



*Le sol autour des racines est excavé avec un dispositif d'excavation à air.*



*Une couche de 12 à 15 po de CU-Sol<sup>MD</sup> est déposée sur les racines exposées et ensuite compactée pour former la couche de base du nouveau revêtement.*



*Un revêtement perméable est installé par-dessus le CU-Sol<sup>MD</sup> et le système racinaire existant.*



*Les espaces vides permettent à l'eau et l'air de s'infiltrer dans le sol.*



*Le projet presque terminé.*

## Concessionnaire automobile avec terre-plein gazonné – Birmingham, AL.

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> recouvert de gazon a été utilisé avec succès chez un concessionnaire en Alabama. Sur ce site, le sol du terre-plein central a été excavé et remplacé en entier par du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> compacté et ensuite recouvert de gazon en plaque.

Le résultat : le terre-plein peut maintenant soutenir l'effet de compaction du poids des véhicules et servir d'espace multi-usage pour la démonstration des véhicules ou comme aire de stationnement auxiliaire.



*Le terre-plein gazonné sert de stationnement et aire d'exposition. Photo : Holcombe Norton Partners*



*Installation et compaction du CU-Sol<sup>MD</sup>.  
Photo : Southpine, Inc.*



*Le terre-plein gazonné en hiver. Photo : Southpine, Inc.*



*L'installation finale. Photo : Southpine, Inc.*

# PARTIE IV

## Ressources

# Spécifications d'installation

## 1.1 GÉNÉRALITÉS

- A. Les travaux décrits dans cette section se composent de tous projets avec CU-sol structural<sup>MD</sup> et des matériaux connexes représentés sur les plans ou tels que spécifiés ci-après et comprennent, sans s'y limiter, les éléments suivants :

CU-Sol<sup>MD</sup> est un matériau breveté par l'Université Cornell et commercialisé sous les marques CU-Sol Structural<sup>MD</sup> ou CU-Sol<sup>MD</sup>. Seules les compagnies agréées sont autorisées à produire ce matériau, selon les spécifications décrites dans ce texte. Pour obtenir une liste des fabricants autorisés de CU-Sol<sup>MD</sup>, veuillez communiquer avec AMEREQ, INC. au 800-832-8788.

## 1.2 LIVRAISON, ENTREPOSAGE ET MANIPULATION

- A. Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> livré doit avoir une teneur en humidité approximativement optimale tel que spécifiée par AASHTO T 99 (ASTM D 698) pour une compaction efficace et ne doit pas être déposé sur des sites qui sont gelés, humides ou boueux.
- B. Le CU-Sol<sup>MD</sup> doit être protégé des surplus d'eau et de l'érosion en tout temps. Ne pas entreposer le CU-Sol<sup>MD</sup> non protégé. Ne pas laisser un surplus d'eau pénétrer le chantier ou le site avant la compaction. Si, après avoir été nivelé, le CU-Sol<sup>MD</sup> entre en contact avec de l'eau, laisser le produit s'égoutter afin d'atteindre un niveau d'humidité optimale pour une compaction efficace.

## 1.3 EXAMEN DES CONDITIONS

- A. Avant l'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>, tous les sites doivent être inspectés par l'entrepreneur chargé de l'installation avant le début des travaux et toutes déficiences en matière de nivellement, compaction et drainage doivent être signalés à l'ingénieur avant le début des travaux.

## 1.4 ASSURANCE DE LA QUALITÉ

- A. Qualifications de l'entrepreneur chargé de l'installation : les travaux énumérés dans cette section doivent être effectués par une société contractante qui possède un minimum de cinq (5) ans d'expérience. Des justificatifs d'expérience doivent être soumis pour évaluation comme stipulé dans le paragraphe, ÉCHANTILLONS et SOUMISSIONS, de cette section

## 1.5 INSTALLATION DES SERVICES PUBLICS ET CONDITIONS SOUTERRAINES

- A. L'entrepreneur chargé de l'installation doit aviser l'ingénieur de toutes conditions souterraines qui pourraient affecter sa capacité à installer le CU-Sol<sup>MD</sup>.
- B. L'entrepreneur chargé de l'installation doit localiser et confirmer l'emplacement de toutes les infrastructures souterraines avant de commencer les travaux d'excavation.
- C. L'entrepreneur chargé de l'installation doit réparer toutes les infrastructures souterraines ou les fondations endommagées au cours des travaux menés.

## 1.6 PRÉPARATION DU SITE

- A. Ne pas entreprendre l'installation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> jusqu'à ce que tous les murs, les semelles et les infrastructures souterraines soient mis en place. Reporter l'installation des éléments qui reposent sur le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> jusqu'à ce que la mise en place de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> soit terminée.
- B. Installer les tuyaux de drainage souterrain comme illustré sur les plans avant l'installation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.
- C. Excaver et compacter le sol de fondation selon les profondeurs, les pentes et les largeurs illustrées sur les plans. Maintenir tous les angles de repos requis des matériaux comme illustré sur les plans.
- D. Confirmer que le sol de sous-fondation est au niveau approprié et compacté adéquatement. Le sol de sous-fondation doit être incliné en parallèle au terrain nivelé et/ou vers les tuyaux de drainage comme illustré sur les plans.
- E. Nettoyer et retirer tous les débris de construction, les déchets et autres matériaux du site d'excavation. Si des combustibles, des huiles, ou tout autre matériau nuisible aux végétaux coulent dans le sol de sous-fondation, il doit être excavé pour assurer que ces matériaux sont retirés. En cas d'excavation excessive, effectuer un remplissage avec un matériau de remblai approuvé et compacté afin d'atteindre le niveau requis.
- F. Ne pas installer le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> jusqu'à ce que tous les travaux de services publics aient été effectués dans l'aire d'installation. Tous les systèmes de drainage souterrain doivent être fonctionnels avant l'installation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.
- G. Protéger les murs, les sentiers et les installations des services publics de tous dommages. Utiliser un contreplaqué de ½ po et/ou une feuille de plastique selon les directives pour couvrir et protéger le béton, le métal et les ouvrages de maçonnerie et autres au cours des travaux.
  - 1. Nettoyer la terre, les saletés et les déchets déversés sur la surface pavée à la fin de chaque journée de travail.
  - 2. Tout dommage au pavé et au travail architectural causé par l'entrepreneur chargé de l'installation doit être réparé selon les directives de l'ingénieur.
- H. Entretenir les dispositifs de contrôle des sédiments selon la réglementation pertinente. Fournir les démarches adéquates pour assurer que les camions et tout autre équipement quittant le site n'entraînent pas de boue ou de terre sur les propriétés adjacentes ou les espaces publics.

## 1.7 EAU

- A. L'entrepreneur chargé de l'installation est responsable de fournir de l'eau potable (si nécessaire) sur le site selon ses besoins.

## 1.8 INSTALLATION DU CU-SOL STRUCTURAL<sup>MD</sup>

- A. Installer le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> en couches de 6 po et compacter chaque couche.
- B. Compacter tous les matériaux à une densité Proctor de 95 % depuis une courbe de compaction standard selon les normes. Aucune compaction ne sera effectuée lorsque la teneur en humidité dépasse les limites maximales indiquées. Reporter la compaction lorsque la teneur en humidité dépasse le maximum admissible et protéger le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> pendant ces délais avec un plastique ou un contreplaqué selon les directives de l'ingénieur.
- C. Nivelier le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> selon le plan de nivellement de finition approprié. Protéger le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> immédiatement avec un plastique ou un contreplaqué selon les directives de l'ingénieur afin d'éviter toute contamination par des matériaux toxiques, les déchets, les débris, de l'eau contenant du ciment, de l'argile, du limon ou autres matériaux pouvant modifier la répartition des tailles des particules.
- D. L'ingénieur peut, périodiquement, vérifier les matériaux livrés sur le site avant leur installation afin d'assurer l'uniformité de la couleur et de la texture selon les échantillons fournis dans la soumission de l'entrepreneur chargé de l'installation. Si l'ingénieur détermine que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> livré diffère significativement des échantillons approuvés, il contactera le fabricant agréé.
- E. L'ingénieur devra effectuer une inspection du billet de pesage affichant la source du matériau pour s'assurer que le sol structural livré est un produit fabriqué par une compagnie agréée approuvée.
- F. Le CU-Sol<sup>MD</sup> ne doit pas être entreposé à long terme. Le CU-Sol<sup>MD</sup> qui n'est pas installé immédiatement doit être protégé par une bâche ou une autre toile imperméable.

## 1.9 NIVELLEMENT DE FINITION

- A. Après l'installation initiale et le nivellement brut du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>, mais avant de procéder au nivellement de finition l'ingénieur, à la demande de l'entrepreneur chargé de l'installation, effectuera une révision du nivellement brut. L'entrepreneur chargé de l'installation fournira un montant adéquat de piquets de nivellement pour vérifier les niveaux finaux.
- B. Ajuster les niveaux finaux selon les conditions en chantier.  
Assurer des transitions douces entre les différentes zones de pentes.  
Remplir les creux avec du CU-Sol<sup>MD</sup> et corriger les écarts dans l'ensemble de la pente.
  - a. La tolérance de finition dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est de 3 po sur 10 pi.Les nivellements de finition seront inspectés et approuvés par l'ingénieur avant l'installation des autres éléments sur le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.
- C. L'ingénieur doit inspecter le travail à la demande de l'entrepreneur chargé de l'installation. Les demandes d'inspection doivent être reçues par l'ingénieur au moins dix (10) jours avant la date prévue de l'inspection.

## 1.10 NORMES DE RÉCEPTION

L'ingénieur doit inspecter le travail à la demande de l'entrepreneur chargé de l'installation. Les demandes d'inspection doivent être reçues par l'ingénieur au moins dix (10) jours avant la date prévue de l'inspection.

## 1.11 NETTOYAGE ET REMISE EN ÉTAT DU SITE

- A. Assurer le nettoyage et la remise en état des aires délimitées dans le contrat après l'achèvement de l'installation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Nettoyer tous les matériaux de réserve et disposer légalement des déchets, débris et autres rebuts. Enlever tous les outils et l'équipement afin de livrer un site propre et dégagé. Balayer — ne pas laver — les pavés et toutes surfaces exposés afin d'enlever la terre et la boue jusqu'à ce que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> soit installé. Ne rien laver jusqu'à ce que les matériaux recouvrant le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> soient en place.

© 2008-2009, 2012, 2014

FIN

## Choisir les arbres appropriés pour le CU-Sol Structural<sup>MD</sup><sup>®</sup>

Un facteur clé pour assurer une plantation réussie est la sélection d'une ou des espèces qui peuvent résister aux conditions en milieu urbain. Les espèces tolérantes à la sécheresse sont recommandées pour la plantation dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> puisque celui-ci livre une capacité de rétention d'eau de 7 à 12 %. La composante de pierre concassée du CU-Sol<sup>MD</sup>, que ce soit du calcaire, du granite ou autre agrégat, a un effet sur le pH du sol qui doit être pris en considération. Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> produit à base de calcaire présente un pH d'environ 8,0 et ce, peu importe le pH du sol dans lequel il est mélangé. Dans de nombreuses régions du pays, ce pH n'est pas particulièrement élevé et il est surtout commun en milieu urbain. L'utilisation d'un agrégat, comme le granite, qui n'influence pas le pH n'aura pas d'impact aussi rapidement, mais le pH du sol continuera d'augmenter au fur et à la mesure que le béton adjacent se décompose. Un système de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> offre une occasion de sélectionner des espèces résistantes à l'alcalinité, tolérantes à la sécheresse et qui nécessitent un drainage adéquat. De plus, le climat local aura aussi une influence importante sur le choix des arbres convenables.

À titre d'exemple, les arbres listés ci-dessous sont tolérants à l'alcalinité et à la sécheresse. Ils sont adaptés aux conditions de la ville d'Ithaca, New York, et autres climats tempérés semblables. Cette liste représente un échantillonnage des espèces convenables pour une plantation dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Les nouvelles plantations d'arbres doivent être arrosées pendant les premières années jusqu'à ce que les arbres deviennent bien établis. Les tilleuls (*Tilia*) sont une espèce qui nécessite plus d'eau au cours des trois premières années.

Nom botanique (latin)	Nom commun
<i>Acer campestre</i>	Érable champêtre
<i>Acer miyabei</i>	Érable de Miyabe
<i>Acer truncatum</i>	Érable de Shantung
<i>Celtis occidentalis</i>	Micocoulier occidental
<i>Cercis canadensis</i>	Gainier rouge
<i>Crataegus crus-galli</i>	Aubépine ergot-de-coq
<i>Crataegus phaenopyrum</i>	Épine petit corail
<i>Crataegus viridis</i>	Aubépine « Winter King »
<i>Eucommia ulmoides</i>	Eucommia
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo biloba
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Févier d'Amérique
<i>Gymnocladus dioicus</i>	Chicot févier
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Savonnier
<i>Maclura pomifera</i>	Oranger des Osages
<i>Malus</i> spp.	Pommetiers

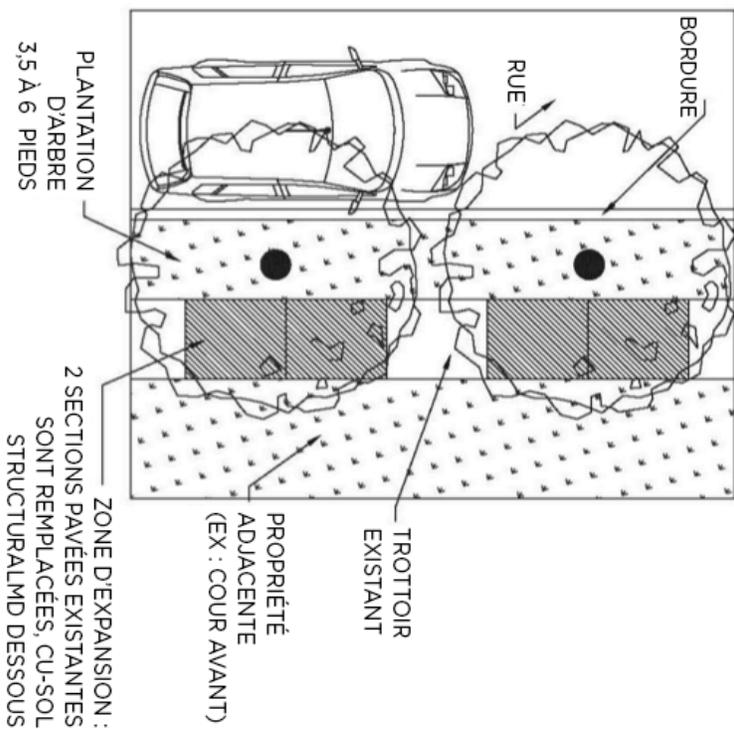
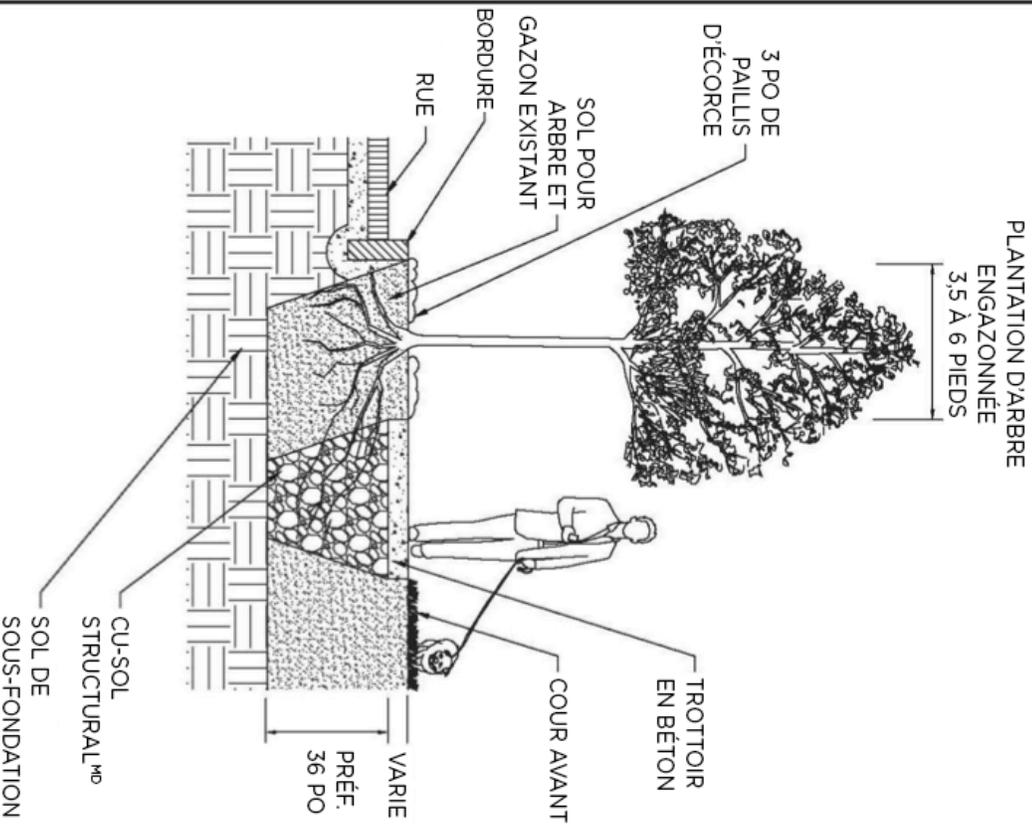
Nom botanique (latin)	Nom commun
<i>Platanus x acerifolia</i>	Platane commun, Platane à feuille d'érable
<i>Pyrus calleryana</i>	Poirier
<i>Quercus macrocarpa</i>	Chêne à gros fruits
<i>Quercus muehlenbergii</i>	Chêne jaune
<i>Quercus robur</i>	Chêne pédonculé
<i>Robinia pseudacacia</i>	Robinier faux-acacia (acacia blanc)
<i>Styphnolobium japonicum</i>	Sophora du Japon
<i>Syringa reticulata</i>	Lilas japonais en arbre
<i>Tilia cordata</i>	Tilleul Européen
<i>Tilia tomentosa</i>	Tilleul argenté
<i>Tilia x euchlora</i>	Tilleul de Crimée
<i>Ulmus parvifolia</i>	Orme de Chine
<i>Ulmus</i> spp.	Ormes, diverses espèces et cultivars
<i>Zelkova serrata</i>	Zelkova

# Modèle type — Conception

## CU -Sol Structural<sup>MD</sup> — Zone d'expansion racinaire pour les arbres enclavés

### CU-SOL STRUCTURAL<sup>MD</sup> — ZONE D'EXPANSION RACINAIRE DEPUIS UNE ÉTROITE PLANTATION D'ARBRE JUSQU'À LA PROPRIÉTÉ ADJACENTE

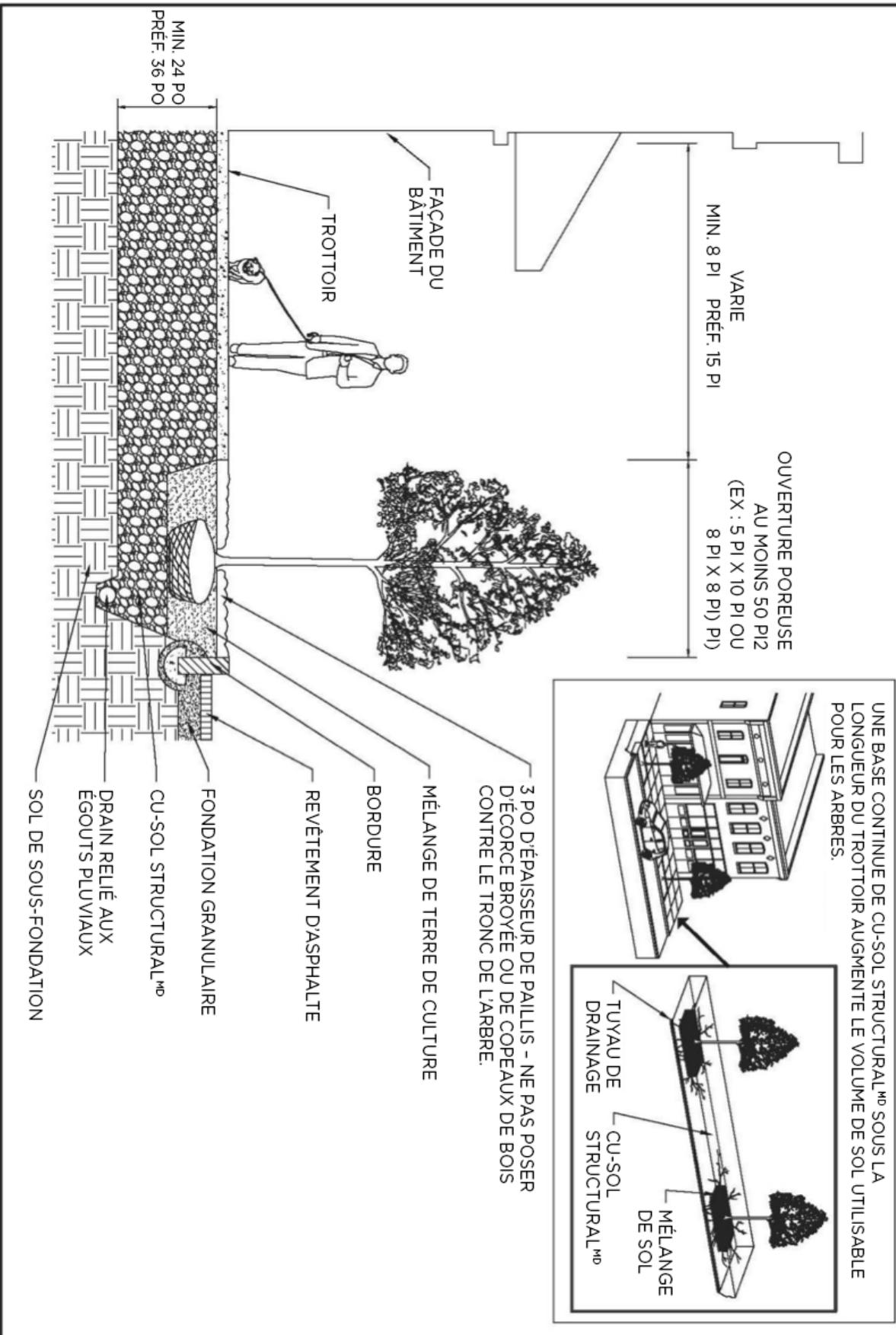
SCALE:  
N.T.S.  
DRAWN BY:  
BRD



NOTES :  
LES ZONES D'EXPANSION SONT À CONSIDÉRER LORSQUE LA PLANTATION D'ARBRES EST D'UNE LARGEUR INFÉRIEURE À 6 PIEDS. POUR CHAQUE ARBRE UNE DALLE DE TROTTOIR DE 5 PI X 5 PI DOIT ÊTRE RETIRÉE ET RECONSTRUITE SUR UNE PROFONDEUR MINIMALE DE 24 PO DE CU-SOL STRUCTURAL<sup>MD</sup> POUR PERMETTRE AUX RACINES DE S'ÉTENDRE SOUS LE TROTTOIR JUSQU'À LA PROPRIÉTÉ ADJACENTE SANS RISQUE DE SOULÈVEMENT DU TROTTOIR.

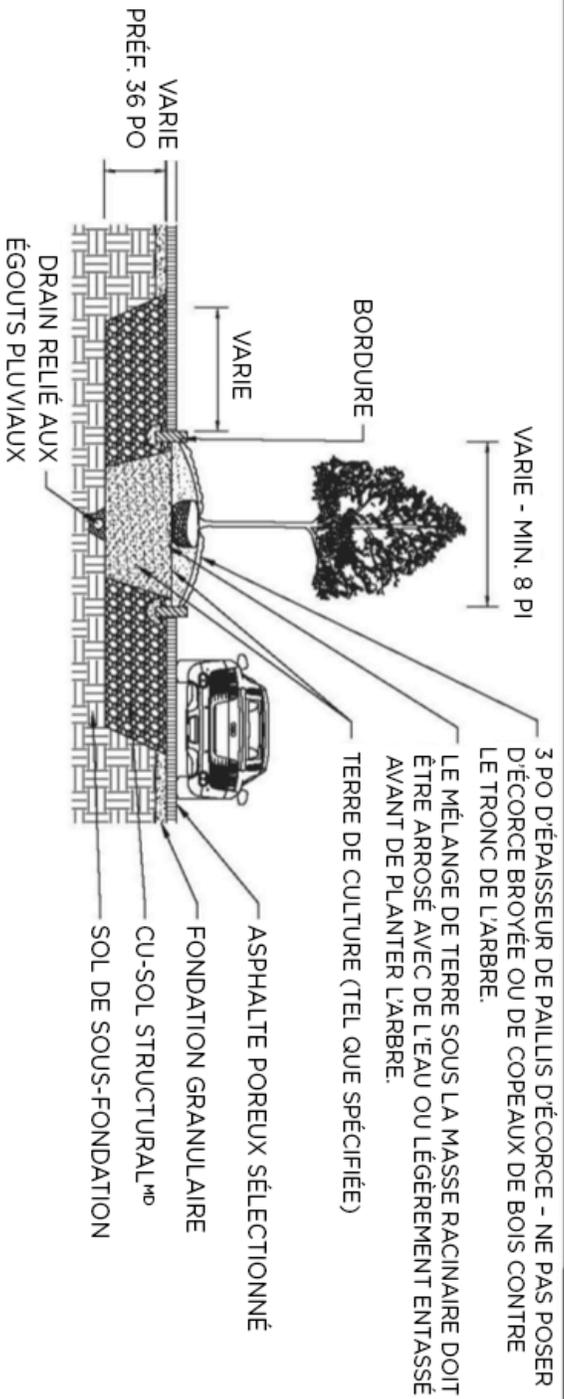
# BANQUETTE PLANTÉE TYPIQUE LE LONG D'UN TROTTOIR CONÇUE AVEC DU CU-SOL STRUCTURAL<sup>MD</sup>

SCALE:  
N.T.S  
DRAWN BY:  
BRD



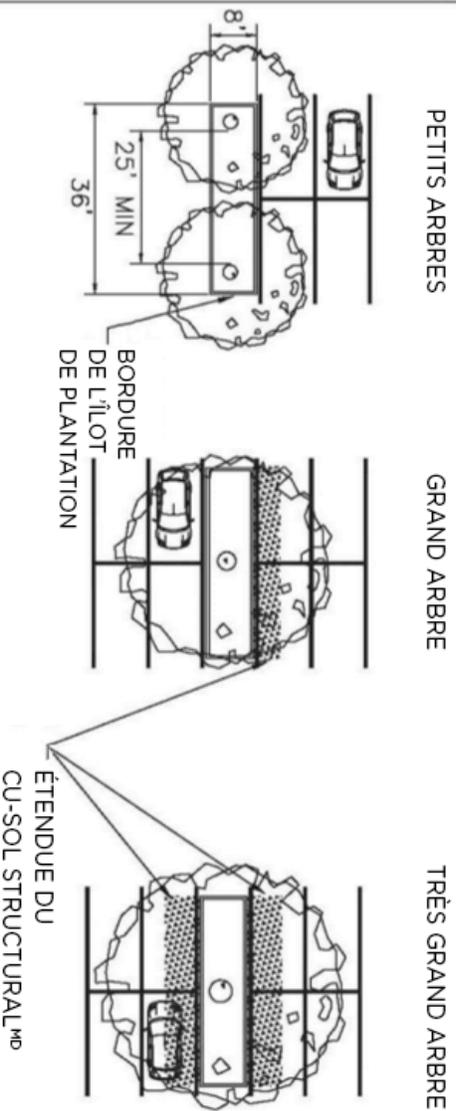
# ÎLOT DE PLANTATION DANS UN STATIONNEMENT CONÇU AVEC DU CU-SOL STRUCTURAL<sup>MD</sup>

SCALE:  
N.T.S  
DRAWN BY:  
BRD



UN ÎLOT DE STATIONNEMENT TYPIQUE MESURANT 36 PI X 8 PI AVEC UNE PROFONDEUR DE 3 PI DE SOL LOAMEUX PEUT SOUTENIR :

- SANS CU-SOL STRUCTURAL<sup>MD</sup>
  - 2 PETITS ARBRES (< 30 PI DE HAUTEUR À MATURITÉ)
- AVEC 150 PI<sup>3</sup> DE CU-SOL STRUCTURAL<sup>MD</sup>
  - (EX. 36 PI X 4,25 PI X 3 PI)
  - 1 GRAND ARBRE (30 À 50 PI DE HAUTEUR À MATURITÉ)
- AVEC 1 215 PI<sup>3</sup> DE CU-SOL STRUCTURAL<sup>MD</sup>
  - (EX. 36 PI X 12 PI X 3 PI)
  - 1 TRÈS GRAND ARBRE (PLUS DE 50 PI DE HAUTEUR À MATURITÉ)



## Renseignements supplémentaires

- Bassuk, Nina, Peter Trowbridge, et Jason Grabosky. « Structural Soil -- Part 1. », *The Field*, ASLA, 30 Jan. 2014. Web. 15 Dec. 2014.
- Bassuk, Nina, Peter Trowbridge, et Jason Grabosky. « Structural Soil -- Part 2. » *The Field*, ASLA, 19 Feb. 2014. Web. 15 Dec. 2014.
- Beard, James B. *Turfgrass: Science and Culture*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 1973
- Cahill, Thomas, Adams, Michelle, et Marm, Courtney. « Porous Asphalt: The Right Choice for Porous Pavements », *Hot Mix Asphalt Technology*, September-October.
- Cahill, Thomas. *A second Look at Porous Pavement/Underground Recharge*, Watershed Protection Techniques 1, 76-78.
- Cahill, Thomas. « Porous Pavement with Underground Recharge Beds », *Engineering Design Manual*, West Chester PA: Cahill Design Associates 1993
- Evans, M., Bassuk, N.L. et Trowbridge, P.J. 1990. « Street trees and sidewalk construction », *Landscape Architecture*, 80(3) 102-103.
- Ferguson, Bruce K. « *Porous Pavements* », Taylor and Francis Group; Boca Raton, London, New York, Singapore, 2005
- Ferguson, Bruce K. « Preventing the Problems of Urban Runoff », *Renewable Resources Journal* (Winter 1995-1996) 14-18
- Goldstein, J., Bassuk, N.L., Lindsey, P., et Urban, J. 1991. « From the Ground Down », *Landscape Architecture*, 81(1) 66-68.
- Grabosky J. et Bassuk N.L. 1995. « A New Urban Tree Soil to Safely Increase Rooting Volumes Under Sidewalks », *Journal of Arboriculture*, 21(4) 187-201.
- Grabosky, J et Bassuk N.L. 2008 « Sixth and Tenth-Year Growth Measurements for Three Tree Species in a Load-Bearing Stone-Soil Blend Under Pavement and a Tree Lawn in Brooklyn, New York, U.S. », *Journal of Arboriculture and Urban Forestry*, 34 (4):265-266
- Grabosky, J, Haffner, E et Bassuk,N.L. 2009. « Plant Available Moisture in Stone-soil Media for use Under Pavement While Allowing Urban Tree Root Growth », *Arboriculture & Urban Forestry*, 35(5) : 271-278
- Grabosky, J., Bassuk, N., Trowbridge, P. 2000 « Structural Soil: A New Medium to Allow Trees to Grow in Pavement » , *Landscape Architecture Technical Information Series Online (LATIS)* <http://www.asla.org> 37 pages.
- Grabosky, J., Bassuk, N.L. et Van Es, H. 1996. « Testing of Structural Urban Tree Soil Materials for Use Under Pavement to Increase Street Tree Rooting Volumes », *Journal of Arboriculture*, Vol. 22 No. 6, 255-263.
- Grabosky, J., Bassuk, N.L., et Marranca, M.B. 2002. « Preliminary Findings from Measuring Street Tree Shoot growth in two Skeletal Soil Installations Compared to Tree Lawn Plantings », *Journal of Arboriculture*, 28(2) : 106-108.
- Grabosky, J., Bassuk, N.L., Irwin, L. et Van Es, H. 2001. *Shoot and Root Growth of Three Tree Species in Sidewalks*. J. Environmental Hort. 19(4) : 206-211.
- Grabosky, J., Bassuk, N.L., Irwin, L., et Van Es, H. 1999. *A Pilot Field Study of Structural Soil Materials in Pavement. The Landscape Below Ground II: Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*, San Francisco, CA: International Society of Arboriculture, 210-221.
- Grabosky, J., Bassuk, N.L., Irwin, L., et Van Es, H. 1999. *Structural Soil Investigations at Cornell University. The Landscape Below Ground II: Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*, San Francisco, CA: International Society of Arboriculture, 203-209.

- Grabosky, J., Bassuk, N.L., Urban, J. et Trowbridge, P. 1998. « Structural Soil: An Innovative Medium Under Pavement that Improves Street Tree Vigor », ASLA Proceedings Annual Conference, pp 183-185.
- Grabosky, J., Bassuk, N. et Marranca, M. 2002. « Preliminary Findings from Measuring Street Tree Shoot growth in two Skeletal Soil Installations Compared to Tree Lawn Plantings », *Journal of Arboriculture*, 28(2) 106-108.
- Lindsey, P. et Bassuk, N. 1991. « Specifying Soil Volumes to Meet the Water Needs of Mature Urban Street Trees and Trees in Containers », *Journal of Arboriculture*, 17(6) 141-149.
- Lindsey, P. et Bassuk, N.L. 1992. « Redesigning the Urban Forest from the Ground Below: A New Approach to Specifying Adequate Soil Volumes for Street Trees », *Arboricultural Journal*, 16(1) 25-39.
- Loh, F.C.W., Grabosky, J.C., et Bassuk, N.L. 2003. « Growth Response of *Ficus benjamina* to Limited Soil Volume and Soil Dilution in a Skeletal Soil Container Study », *Urban Forestry & Urban Greening*, 2(1) : 53-62.
- National Asphalt Pavement Association, 2004. Porous Asphalt Pavement Seminars, Lanham, Maryland.
- New York State Department of Environmental Conservation. TOGS 5.1.10 : « General Permit for Construction Activities », Appendix D: <http://www.dec.state.ny.us/website/dow/appndixd.htm>
- Thelen, Edmund, Grover, Wilford C., Hoiberg, Arnold J., Haigh, Thomas, I. « Investigation of Porous Pavements for Urban Runoff Control », Environmental Protection Agency, 1972.
- Trowbridge, P. et Bassuk, N.L. 1999. « Redesigning Paving Profiles for a More Viable Urban Forest », ASLA Proceedings Annual Conference, pp. 350-351. 13(2) : 64-71.
- Trowbridge, P. et Bassuk, N.L. 2004. *Trees in the Urban Landscape: Site Assessment, Design and Installation*, Chapter 3:61-81. Wiley and Sons, Inc.
- Turgeon, A.J. 2005. *Turfgrass Management*, 7th Edition Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, N.J.



950, de Lorraine  
Boucherville (Québec) J4B 5E4  
[www.savaria.ca](http://www.savaria.ca)  
[info@savaria.ca](mailto:info@savaria.ca)

**Téléphone**  
450 655-6147 / **1 877 728-2742**  
418 832-0180 (Charny)  
613 679-1010 (Alfred)

**Télécopieur**  
450 655-5133  
418 832-6879 (Charny)  
613 679-0440 (Alfred)

MATÉRIAUX PAYSAGERS LTÉE

---

Alfred - Boucherville - Charny - Laval - St-Roch-de-Richelieu