

INSTITUTO DE  
ARQUITECTURA  
TROPICAL  
1994 - 2004

UTILISER LE CU-SOL STRUCTURALMD DANS UN ENVIRONNEMENT URBAIN

USAR EL CU-STRUCTURAL SOILTM EN ENTORNO URBANO

DR. Nina Bassuk  
Urban Horticulture Institute  
Cornell University



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.

**Auteurs :**

Nina Bassuk, Institut d'Horticulture Urbaine, Cornell University

Jason Grabosky, Département de l'écologie de l'évolution et des ressources naturelles, Rutgers University

Peter Trowbridge, Département de l'architecture du paysage, Cornell University

CORNELL UNIVERSITY  
Department of Horticulture  
134A Plant Science Building  
Ithaca, NY 14853  
[www.hort.cornell.edu/UHI](http://www.hort.cornell.edu/UHI)

### Le CU-Sol StructuralMD :

**Pourquoi en avons-nous besoin, qu'est-ce que c'est et comment l'utiliser?**

La forêt urbaine est victime d'une litanie d'agressions de son environnement : la pollution du sol et de l'air, la masse thermique, les sels de déglacage et l'impact des services, véhicules et bâtiments. Toutefois, le problème le plus important qu'affronte les arbres de rue est le manque de sol propice à la croissance de leurs racines puisque ce n'est pas le souci premier dans la planification des infrastructures urbaines. (Fig. 1.1)



Fig. 1.1 La motte de racine d'un arbre prêt à être transplanté dans une fosse de 4' x 5' à New York City / El adobe de las raíces de un árbol listo para ser plantado en un hueco de 4' x 5' en Nueva York.

### La compaction du sol

La construction de routes et trottoirs, incluant les réfections de chaussée, perturbe et compacte le sol environnant (Fig. 1.2), écrasant ainsi les macropores (Fig. 1.3). La perte des macropores a trois conséquences négatives: restreint l'air disponible, diminue le drainage et crée un sol trop dense pour permettre la pénétration des racines. Ces faits limitent l'espace d'enracinement.

### El CU-Structural Soil™ :

**Porqué tenemos necesidad, qué es y cómo utilizarlo?**

El bosque urbano es víctima de una sucesión de agresiones en su entorno: la polución del suelo y del aire, la masa térmica, las sales de deshielo y el impacto de los servicios, vehículos y edificaciones. Sin embargo, el problema más importante que enfrentan los árboles urbanos es la falta de suelo apropiado al crecimiento de sus raíces ya que esta no es una preocupación prioritaria en la planificación de las infraestructuras urbanas. (Fig. 1.1).



Fig. 1.2 La compaction est indispensable pour atteindre la capacité portante pour les trottoirs / La compactación es indispensable para lograr la capacidad portante en las aceras.

### La compactacion del suelo

La construcción de rutas y aceras, incluyendo la reparación de calles, perturba y compacta el suelo que los rodea (Fig. 1.2), aplastando los macroporos (Fig. 1.3). La pérdida de macroporos tiene tres consecuencias negativas: restringe el aire disponible, disminuye el drenaje y crea un suelo muy denso para permitir la penetración de las raíces. Estos hechos limitan el espacio de enraizamiento.



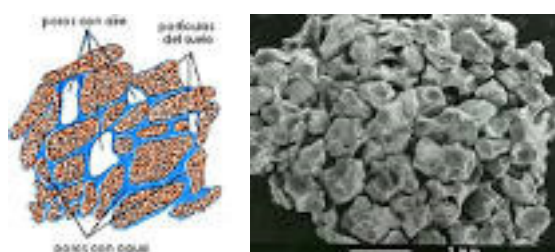
Fig. 1.3 Les macropores sont les espaces entre les agrégats du sol permettant la pénétration des racines, le drainage de l'eau et la diffusion de l'air / Los macroporos son los espacios del suelo que permiten la penetración de las raíces, el drenaje del agua y la difusión del aire.

### 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 (Fig. 1.5) ou s'adaptent en demeurant anormalement très près de la surface (Fig. 1.4). Ce système racinaire de surface rend les arbres de rue plus vulnérables à la sécheresse et peut causer le soulèvement des trottoirs. De plus, si le sol compacté se gorge d'eau, l'arbre peut mourir par asphyxie des racines.



Fig.1.4 L'enracinement de surface d'un arbre croissant en sol compacté / Enraizamiento superficial de un árbol en suelo compactado.



Macroporos

- \* Los intersticios mayores entre los agregados del suelo
- \* A mayor cantidad de macroporos, mejor drenaje del agua
- \* La difusión de aire necesario para las raíces se hace entre los macroporos, si los poros son grandes (macroporos), filtran el agua y son ocupados por el aire. Un buen suelo es el que tiene una estructura que permite que sus raíces penetren y se oxigenen, y que el agua escurra fácilmente.

### Qué ocurre cuando las raíces se enfrentan con un suelo compactado?

Cuando las raíces encuentran un suelo compactado, ellas cambian de dirección, y detienen su crecimiento (Fig. 1.5) donde se adaptan permaneciendo anormalmente muy cerca de la superficie (Fig. 1.4). Este sistema radicular superficial hace a los árboles urbanos vulnerables a la sequedad y puede causar la elevación de las aceras. Además, si el suelo compactado se inunda de agua, el árbol puede morir por asfixia de las raíces.



Fig. 1.5 Les racines d'un arbre entourées de sol compacté arrêtent de croître / Las raíces de un árbol rodeado de suelo compactado detienen su crecimiento.

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

Lorsqu'un arbre est planté dans un parc, il dispose de toute l'étendue nécessaire à son développement racinaire et peut combattre plus aisément le stress relatif aux conditions urbaines. Où le volume de sol disponible se limite à une fosse de plantation, les arbres souffrent (Fig. 1.6). Les sols hautement compactés nécessaires à la construction de la chaussée ne permettent pas la pénétration des racines et amènent à un dépérissement des arbres ce qui les rend plus vulnérables. Cette situation est malheureusement très courante dans les villes. De plus, ce sont principalement les sites pavés tels les stationnements et les rues qui ont le plus besoins des effets bénéfiques de la présence d'arbres comprenant l'apport d'ombre, la réduction du CO2 et de la poussière dans l'atmosphère.

Pour que les arbres soient vigoureux, ils ont besoin d'un volume appréciable de sol fertile et non compacté avec un drainage et une aération adéquats. Le CU-Sol StructuralMD rencontre tous ces besoins en plus de satisfaire entièrement les exigences des ingénieurs concernant la capacité portante de la fondation des trottoirs.



### El papel del volumen de suelo disponible sobre el crecimiento de los árboles

Cuando un árbol es plantado en un parque, dispone de todo el espacio necesario para el desarrollo de sus raíces y puede combatir con facilidad la presión relativa de las condiciones urbanas. Donde el volumen de tierra disponible se limita a un hueco de plantación, los árboles sufren (Fig. 1.6). Los terrenos muy compactados necesarios a la construcción de las aceras no permiten la penetración de las raíces y conducen a su marchitamiento, lo que los vuelve mas vulnerables. Esta situación es desgraciadamente frecuente en las ciudades. Además, son los lugares pavimentados como los estacionamientos y las vías quienes tienen mayor necesidad de los efectos benéficos de la presencia del aporte de árboles, la reducción de CO2 y del polvo en la atmósfera.

Para que los árboles sean vigorosos, necesitan un volumen considerable de suelo fértil y sin compactar con drenaje y aireación adecuados. El CU-Structural Soil-TM cumple con todas estas necesidades y satisface las exigencias estructurales de la capacidad portante de las aceras.

Fig.1.6 L'effet du volume de sol disponible sur la croissance des arbres. Ces chênes ont été plantés au même moment; à droite dans des fosses standards et à gauche dans un milieu ouvert / Efecto del volumen de tierra disponible en el crecimiento de los árboles, estos robles fueron plantados simultáneamente a la derecha en huecos estandarizados y a la izquierda en terrenos abiertos.



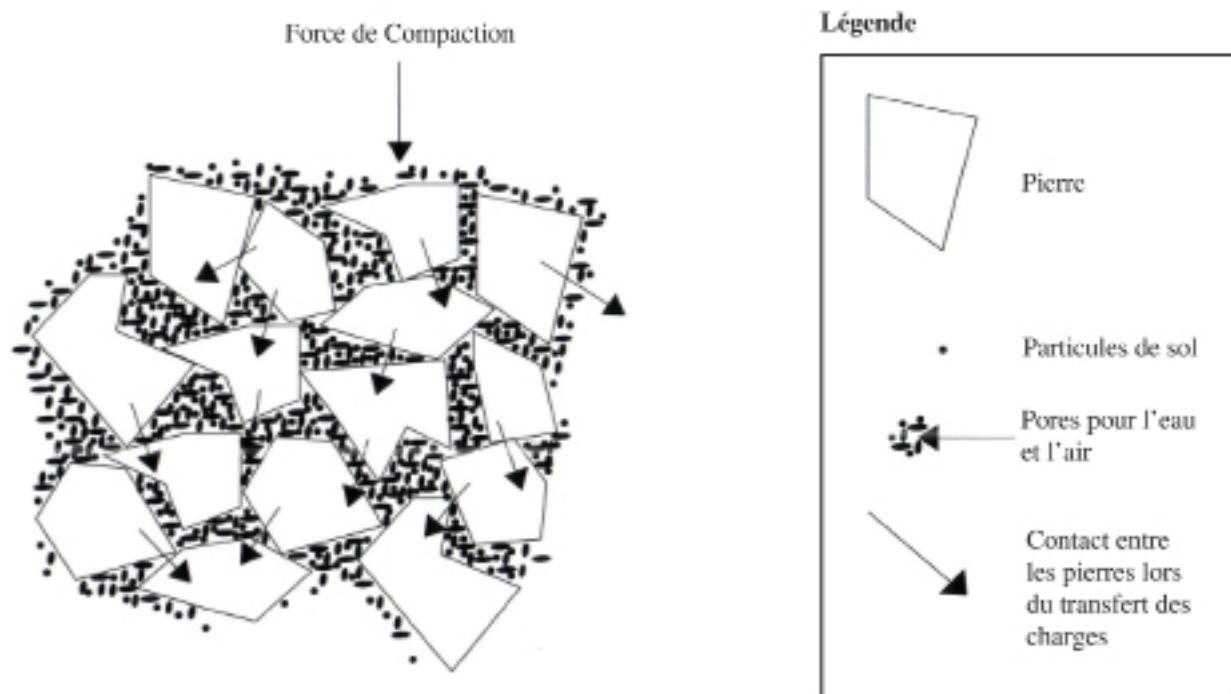


Fig.1.7 Diagramme conceptuel d'une fondation de trottoir avec CU-Sol Structural<sup>MD</sup> montrant le principe de la compaction pierre-sur-pierre et les espaces interstitiels remplis de sol / Diagrama conceptual de una fundación de acera CU-Sol Structural<sup>MD</sup> que muestra el principio de la compactación piedra sobre piedra y los espacios intersticiales rellenos de tierra.

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

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> (Brevet Américain # 5,849,069) est un système en deux parties comprenant un « treillis » de pierres angulaires rencontrant les exigences de capacité portante des ingénieurs et du sol servant de médium de croissance pour les racines des arbres. Le « treillis » de pierres fournit la stabilité ainsi que des vides communicants pour la pénétration des racines et pour le mouvement de l'air et de l'eau (Fig. 1.7). La pierre concassée uniforme de calibre  $\frac{3}{4}$ " –  $1\frac{1}{2}$ " est spécifiée pour le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> dans le but d'assurer une grande porosité. De plus, les pierres concassées angulaires fournissent une plus grande capacité de compaction et d'interfaces pierre-sur-pierre que les pierres rondes.

Puisque parmi les textures de sol, l'argile a la plus grande capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs, un loam très argileux a été sélectionné comme intrant au CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> doit aussi contenir de 2% à 5% de matières organiques afin

### Lo esencial del CU-Structural Soil<sup>TM</sup>

El CU-Structural Soil<sup>TM</sup> ( Patente americana 5,849,069) es un sistema en dos partes que comprende un tramado de piedras angulares que poseen las exigencias estructurales de capacidad portante y de la tierra sirviendo de medio de crecimiento para las raíces. El tramado de piedras confiere la estabilidad así como los vacíos comunicantes permiten la penetración de las raíces y el movimiento del aire y del agua (Fig. 1.7). La piedra quebrada de  $\frac{3}{4}$ " -  $1\frac{1}{2}$ " se especifica para el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> con el objeto de asegurar una gran porosidad. Además, las piedras quebradas angulares permiten una mejor capacidad de compactación y de interfaces piedra-piedra que las piedras rodadas.

Dado que entre las texturas del terreno, la arcilla tiene la mayor capacidad de retención en agua y en elementos nutritivos, un suelo muy arcilloso se seleccionó como entrada al CU-Structural Soil<sup>TM</sup>. El CU-Structural Soil<sup>TM</sup> debe además contener de 2% a 5% de materias orgánicas para motivar una actividad benéfica de mi-

d'encourager une activité bénéfique des micro organismes. De plus, un minimum de 20% d'argile est essentiel pour une capacité d'échange cationique adéquate.

Suite à un bon choix de pierres calibrées et à l'atteinte du juste ratio pierre/sol, un médium de croissance pour de saines racines est créé et celui-ci peut être compacté afin de rencontrer les spécifications de capacité portante de l'ingénierie (Fig. 1.8). L'intention 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. Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> comprend un hydrogel-gelscape<sup>®</sup> comme agent poisseux. Cet hydrogel breveté n'est pas phytotoxique.

croorganismos. Además, un mínimo de 20% de arcilla es esencial para una capacidad de intercambio catiónico adecuado.

Luego de una correcta selección de piedras calibradas y a la espera de un justo promedio piedra-suelo, se crea un medio de crecimiento para raíces sanas y que puede ser compactado con el fin de lograr las especificaciones estructurales. portantes (Fig. 1.8). La intención es de "suspender" el terreno arcilloso entre las piedras sin llenar completamente los vacíos, lo que comprometería la aireación, el drenaje y la capacidad portante. El CU-Structural Soil<sup>TM</sup> comprende un hidrogel - gelscape- como agente pegajoso. Este hidrogel patentado no es fitotóxico.



Fig. 1.8 Dans le sens des aiguilles d'une montre : pierre concassée calibrée uniformément  $\frac{3}{4}'' - 1\frac{1}{2}''$ , en pile et en vue rapprochée. Un sol argileux. Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> produit fini / En el sentido de las agujas del reloj: piedra quebrada, calibrada uniformemente  $\frac{3}{4}'' - 1\frac{1}{2}''$ , en montones y en un acercamiento. Un terreno arcilloso. El CU-Structural Soil<sup>TM</sup> producto acabado.

### Utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> pour les arbres de rue

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est prévu pour les sites pavés afin de fournir le volume de sol adéquat pour le système racinaire des végétaux (Fig.1.9). Il peut et doit être utilisé sous les accès piétonniers, les trottoirs, les stationnements et les chemins d'accès occasionnellement utilisés. L'institut d'Horticulture Urbaine fait actuellement des essais pour l'utilisation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le gazon et l'asphalte poreuse afin de fournir plus de stationnements verts. Les recherches conduites à Cornell University ont démontrées que les racines des arbres plantés dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> poussent plus en profondeur dans la fondation des sites pavées, loin des fluctuations de température. Un des bénéfices de ce fait est que les racines n'ont pas tendance à soulever et briser la surface comme cela se produit souvent avec un matériel de fondation standard (Fig. 1.10).

Planter un arbre dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> ressemble à une plantation d'arbre conventionnelle. Si possible, l'ouverture dans le béton devrait être extensible, par exemple via un pavé ou une grille qui pourrait éventuellement être retiré afin de faire place à l'expansion projetée du tronc des arbres (Fig. 1.11). Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> devrait être prévu sur un minimum de deux pieds de profondeur, mais préférablement

### Utilización de CU-Structural Soil<sup>TM</sup> para los árboles urbanos

El CU-Structural Soil<sup>TM</sup> está previsto para los sitios pavimentados con el fin de proveer el volumen de suelo adecuado para el sistema radicular de los vegetales (Fig.1.9). Puede y debe utilizarse para los accesos peatonales, las aceras estacionamientos y caminos de acceso usados ocasionalmente. El IHU realiza en la actualidad ensayos para la utilización del CU-Structural Soil<sup>TM</sup> bajo el césped y el asfalto poroso con el objeto de proveer mas estacionamientos verdes. Las investigaciones llevadas a cabo en la Universidad de Cornell han demostrado que las raíces de los árboles plantados en el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> crecen más profundamente en la fundación de sitios pavimentados, lejos de las fluctuaciones térmicas. Uno de los beneficios de esto es que las raíces no tienden a levantar y romper la superficie como se produce con materiales de fundación estandard (Fig.1.10).

Plantar un árbol en el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> es similar a una plantación convencional. Dentro de lo posible, la abertura en el concreto debería ser extensible, por ejemplo vía un adoquinado o una rejilla, que pueda retirarse o ampliarse de acuerdo al tamaño del tronco (Fig. 1.11). El CU-Structural Soil<sup>TM</sup> debe instalarse sobre un mínimo de 60 cms de profundidad, pero preferiblemente sobre 90 cms (Fig. 1.12). El CU-Structural Soil-

Fig.1.9 L'installation du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> à Ithaca, NY, en 1997 / Instalación de CU-Structural Soil<sup>TM</sup> en Ithaca, NY, en 1997.



Fig. 1.10 Soulèvement du trottoir causé par la croissance de racines superficielles à Ithaca, NY / Levantamiento de aceras a causa del crecimiento de las raíces superficiales en Ithaca, NY.



Fig. 1.11 Tilleuls plantés dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> à Boston en 2002 / Tilos plantados en CU-Structural Soil<sup>TM</sup> en Boston, en 2002.





sur trois pieds (Fig. 1.12). Le CU-Sol StructuralMD peut être utilisé jusqu'au nivellement de surface où il y aura une ouverture assez grande dans le béton prévoyant l'excavation pour la plantation.

TM se puede utilizar hasta el nivel de superficie donde habrá una abertura lo suficientemente amplia en el concreto para prever la excavación para la plantación.



Fig. 1.12a Exemple d'une plantation d'arbres de rue en CU-Sol StructuralMD sous un revêtement classique de béton à Brooklyn, NY / Ejemplo de una plantación de árboles urbanos en CU-Structural SoilTM bajo un revestimiento clásico de concreto en Brooklyn, NY.

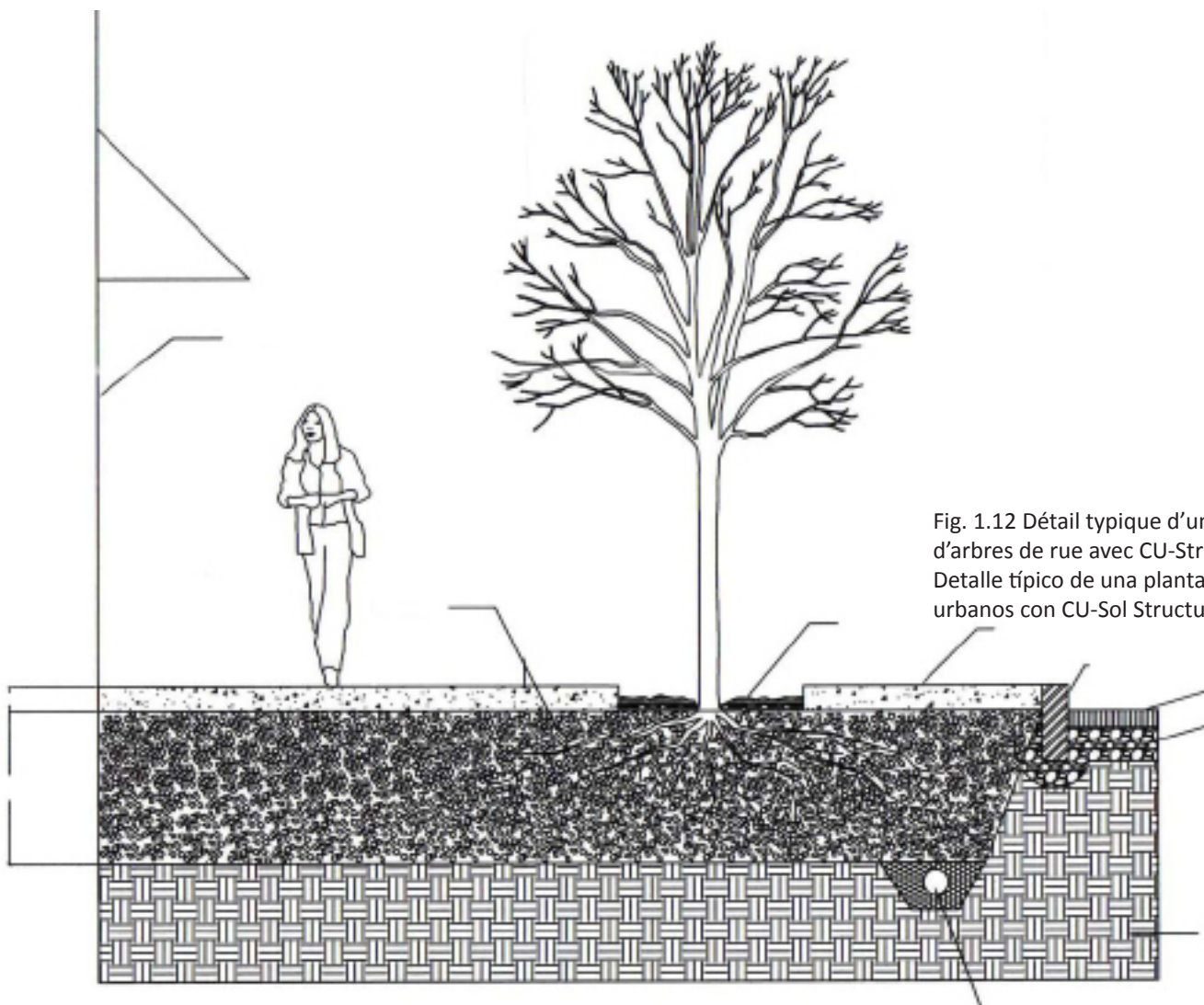


Fig. 1.12 Détail typique d'une plantation d'arbres de rue avec CU-Structural SoilTM / Detalle típico de una plantación de árboles urbanos con CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.

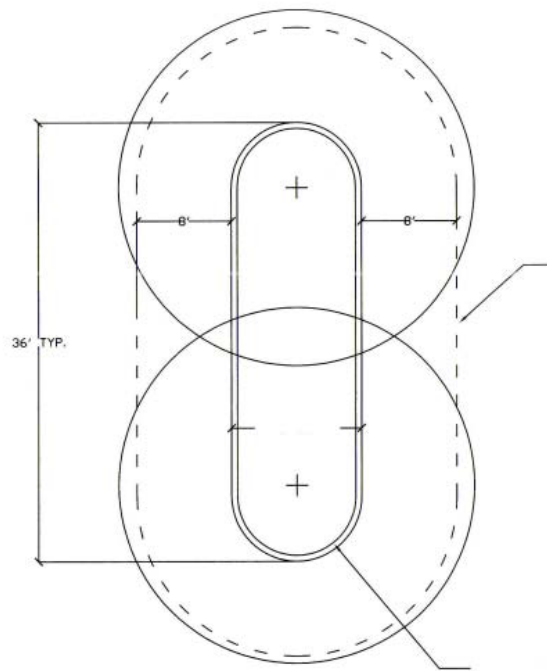


Fig. 1.13 Vue en plan d'un îlot de plantation.  
Élargissement de l'îlot par le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>.  
Planta de la isla de plantación. Ampliación de la isla  
por el CU-Structural Soil<sup>TM</sup>.



Bordure de l'îlot de plantation /  
Borde de la plantación

Fig. 1.14 Utilisation potentielle du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> pour  
agrandir l'îlot de plantation dans un stationnement sans  
sacrifier l'espace pour les voitures / Utilización potencial  
del CU-Sol Structural<sup>MD</sup> para ampliar la isla de plantación sin  
sacrificar el espacio para vehículos.



Fig. 1.15 Dans ce stationnement, il y a seulement deux pieds d'ouverture pour la plantation d'arbre. Ici, le CU-Sol StructuralMD est installé parallèlement au chemin de fer sur 12' de longueur et 3' de profondeur / En los estacionamientos hay 60 cms abiertos para sembrar árboles. Aquí, el CU-Structural SoilTM se instaló paralelamente al ferrocarril sobre 3.60 m de ancho y 90 cms de profundidad.

### Plantation d'arbres dans les stationnements et les places publiques

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut aussi être utilisé pour augmenter le sol disponible aux arbres plantés en îlots dans un stationnement par un large îlot de plantation bien drainé avec une bonne terre de culture à l'intérieur additionné du CU-Sol StructuralMD comme substrat caché sous l'asphalte (Fig. 1.13 à 1.15).

Les arbres dans les stationnements bénéficient de l'utilisation du CUSol Structural<sup>MD</sup> (Fig.1.16). Qu'il y ait une bordure ou non, une bonne terre de culture devrait être utilisée pour la plantation d'arbres quand il est possible de fournir au minimum 5' x 5' x 3' de sol par arbre. Si l'ouverture est plus petite, l'utilisation de sol structural s'impose. La motte de l'arbre peut être plantée directement dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et il n'est pas nécessaire d'utiliser un matériel de base sous le revêtement de bitume.

En donnant un grand volume de sol à explorer pour les racines des arbres, il n'est pas nécessaire d'irriguer après l'implantation. Même s'il y a moins d'humidité

### Plantación de árboles en estacionamientos y plazas públicas

El CU-Structural SoilTM puede también utilizarse para aumentar el suelo disponible para los árboles plantados en islas en los estacionamientos con una isla mayor bien drenada y con buena tierra fértil adicionada internamente al CU-Structural SoilTM como sustrato escondido bajo el asfalto (Fig. 1.13 à 1.15).

En los estacionamientos, los árboles se benefician de la utilización de CU-Structural SoilTM (Fig.1.16). Haya o no borde, se debe utilizar buena tierra para la plantación de árboles cuando sea posible proveer al menos 1.50 x 1.50 x 0.90 m de tierra x árbol. Si el hueco es más pequeño, el uso de tierra estructural se impone. El adobe del árbol puede plantarse directamente en el CU-Structural SoilTM y no se requiere un material de base bajo el revestimiento de asfalto.

Permitir a las raíces explorar un gran volumen de tierra, implica menos riego después de la implantación. Aún habiendo menos humedad disponible en el CU-Structural SoilTM en volumen que en una tierra



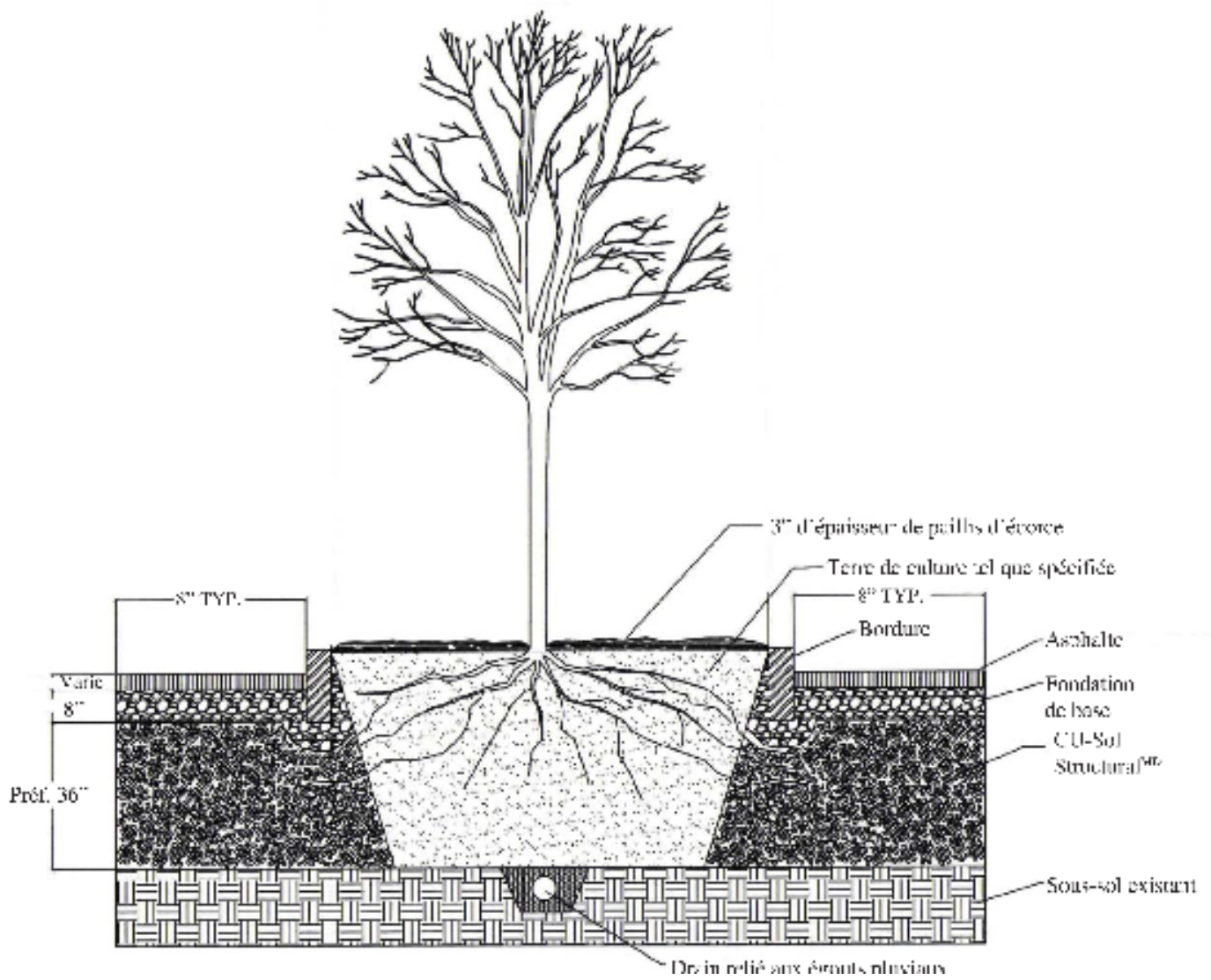


Fig. 1.16 Arbre à racines nues planté dans un îlot de stationnement typique.



Fig. 1.17 Chênes anglais plantés dans une place publique à Battery Park, New York City /Alcornosques ingleses plantados en una plaza pública en Battery Park, New York City.



disponible dans le CU-Sol StructuralMD en volume que dans une terre de culture conventionnelle, le système racinaire dans le sol structural a plus d'espace pour prendre de l'expansion, permettant une plus grande absorption d'eau. Durant la première saison de croissance, un apport additionnel d'eau serait souhaitable afin de favoriser l'implantation, comme lors de la mise en terre de n'importe quel arbre dans tous les médiums. Un fertilisant liquide peut être appliqué au besoin, mais les études ne dénotent aucune carence nutritive chez les arbres plantés dans le CU-Sol StructuralMD jusqu'à aujourd'hui.

Le drainage sous le système racinaire est important puisque le sol existant sous le CU-Sol StructuralMD peut être compacté et imperméable. Un drain perforé et enrobé devrait être placé entre le CU-Sol StructuralMD et le sol existant (Fig. 1.18).

Lorsque la bordure de béton descend plus profondément que la plantation, des tuyaux de PVC de 6" à 8" remplis de sol non compacté doivent être distribués dans la bordure pour donner aux racines de l'arbre un accès au CU-Sol StructuralMD (Fig. 1.18 – 1.19).

agréola convencional, el sistema radicular en la tierra estructural tiene más espacio para extenderse, permitiendo mayor absorción de agua. Durante la primera estación de crecimiento, un aporte adicional de agua sería recomendable con el fin de favorecer la implantación, como cuando se planta cualquier árbol en todos los otros medios. Un fertilizante líquido puede aplicarse si es necesario pero los estudios no denotan carencias nutritivas en los árboles plantados en el CU-Structural SoilTM hasta ahora.

El drenaje bajo el sistema radicular es importante porque el suelo existente bajo el CU-Structural SoilTM puede compactarse e impermeabilizarse. Un drenaje perforado y recubierto se puede instalar entre el CU-Structural SoilTM y la tierra existente (Fig. 1.18).

Cuando el borde del concreto desciende más profundo que la plantación, los tubos de PVC de 6" a 8" rellenos de tierra no compactada deben ser distribuidos en el borde para dar a las raíces del árbol un acceso al CU-Structural SoilTM (Fig. 1.18 – 1.19).

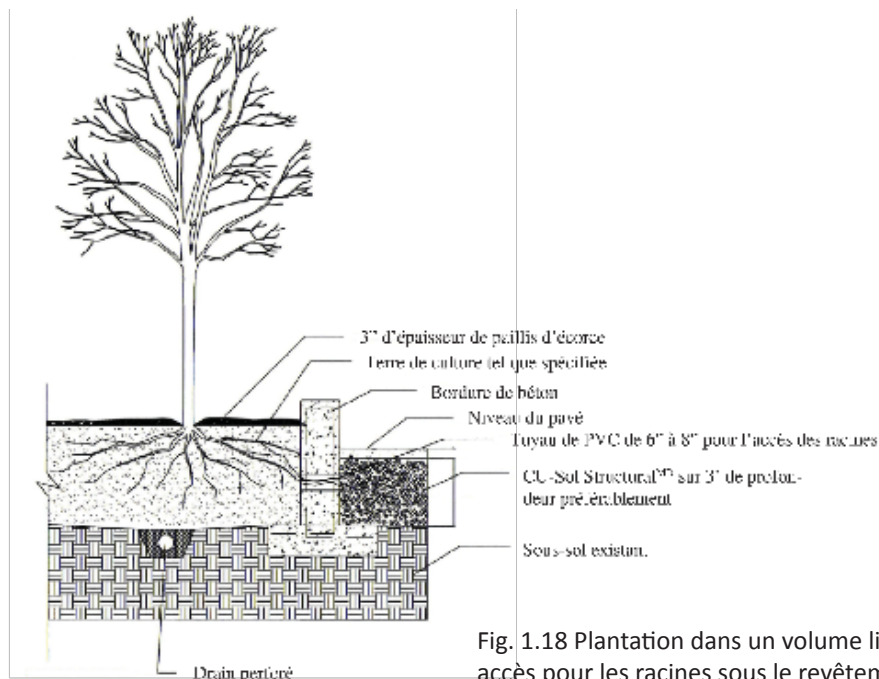


Fig. 1.18 Plantation dans un volume limité de sol avec un accès pour les racines sous le revêtement d'une place publique / Plantación en un volumen limitado de tierra con acceso para las raíces bajo el revestimiento de una plaza pública.

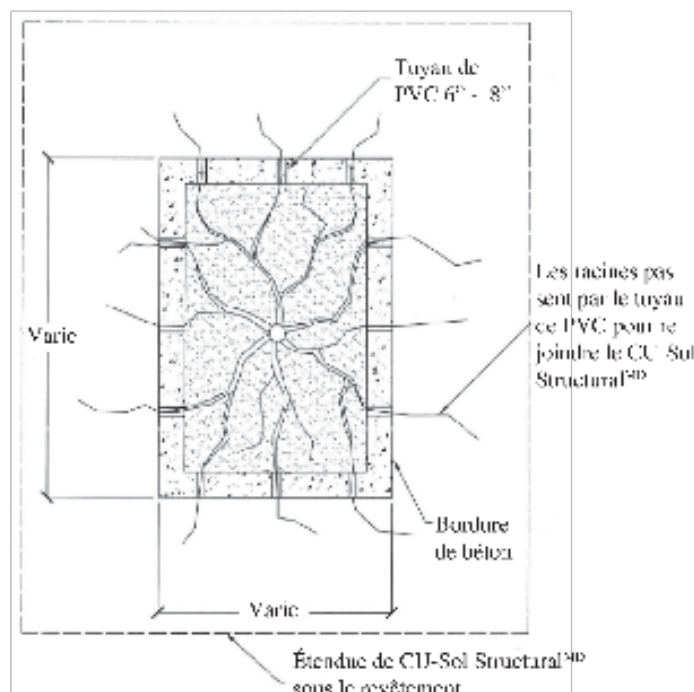


Fig. 1.19 Vue en plan d'une plantation avec volume de sol restreint / Planta de una plantación con volumen de tierra restringido

### Créer une zone d'expansion racinaire pour les arbres enclavés entre la rue et le trottoir

Lorsqu'il y a un espace vert, 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 engazonnée (Fig. 1.20 à 1.23). Généralement, deux dalles de béton de 5' sont retirées, ensuite cette partie est excavée de 2' à 3' et remblayée avec le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> compacté. Les dalles de béton sont remises en place de façon usuelle.

### CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous un revêtement perméable

Si des pavés non cimentés sont utilisés, un lit de pose en pierre ou sable calibré devrait être ajouté selon les spécifications du fabricant de pavé ainsi qu'un géotextile perméable entre le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> et la fondation. Ceci pour décourager les racines de se loger en surface (Fig. 1.24 – 1.25).

### Crear una zona de expansión radicular para los árboles enclavados entre la calle y la acera

Cuando hay un espacio verde, un parque o césped residencial, adyacente a la acera, el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> puede ser utilizado para formar un canal que será con toda seguridad tomado por las raíces de los árboles bajo el concreto con el fin de alcanzar la zona enzacatada. (Fig. 1.20 à 1.23). Generalmente, dos losas de concreto de 1.50 se retiran, se excava a 60 o 90 cms y se reemplaza con CU-Structural Soil<sup>TM</sup> compactado. Luego las losas se reinstalan en el mismo lugar.

### CU-Sol Structural<sup>MD</sup> bajo un revestimiento permeable

Si se utilizan losas de concreto no pegadas, se debe agregar según las especificaciones técnicas del fabricante, una cama de piedra o arena calibrada así como un geotextil permeable entre el CU-Sol Structural<sup>MD</sup> y la fundación. Esto desestimula a las raíces a salir a la superficie. (Fig. 1.24 – 1.25).



Fig. 1.20 Zone d'expansion racinaire avec le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous un trottoir entre une étroite plantation d'arbre et un espace vert adjacent / zona de expansión radicular con el CU-Sol Structural<sup>MD</sup> bajo una acera entre una estrecha zona de plantación y un espacio verde adyacente.

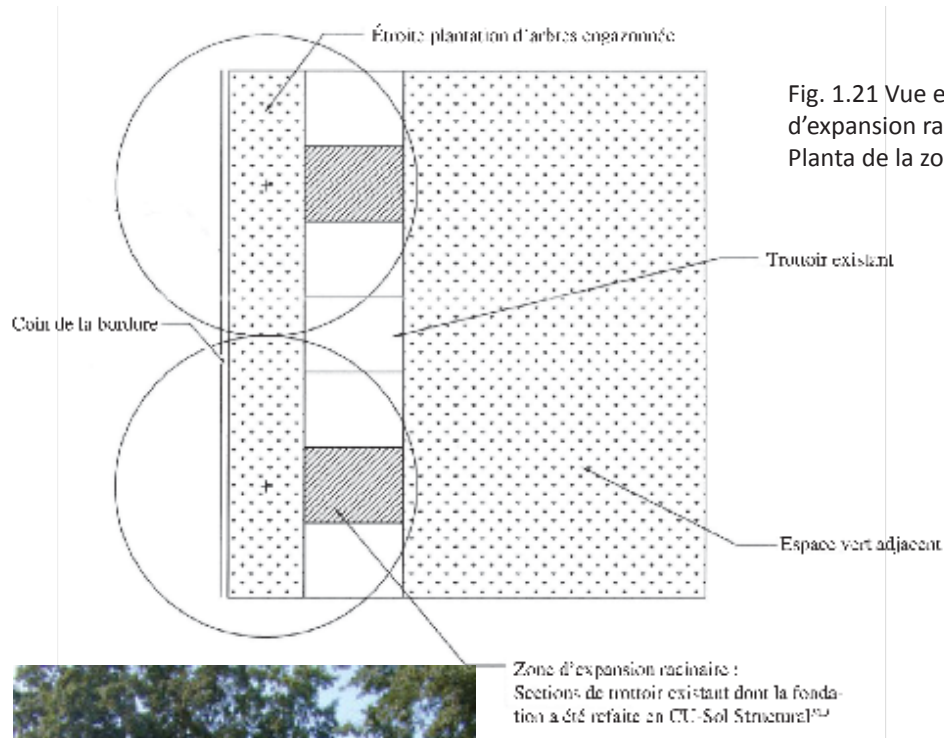


Fig. 1.21 Vue en plan de zones d'expansion racinaire/  
Planta de la zona de expansión radicular



Fig. 1.22 Arbres plantés à Brooklyn, NY, en 1997 où le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> a été installé en fosses continues de 7' de largeur reliées au parc / Arboles plantados en Brooklyn, NY, en 1997 donde el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> se instaló en fosas continuas de 2,10 m de largo contiguas al parque.



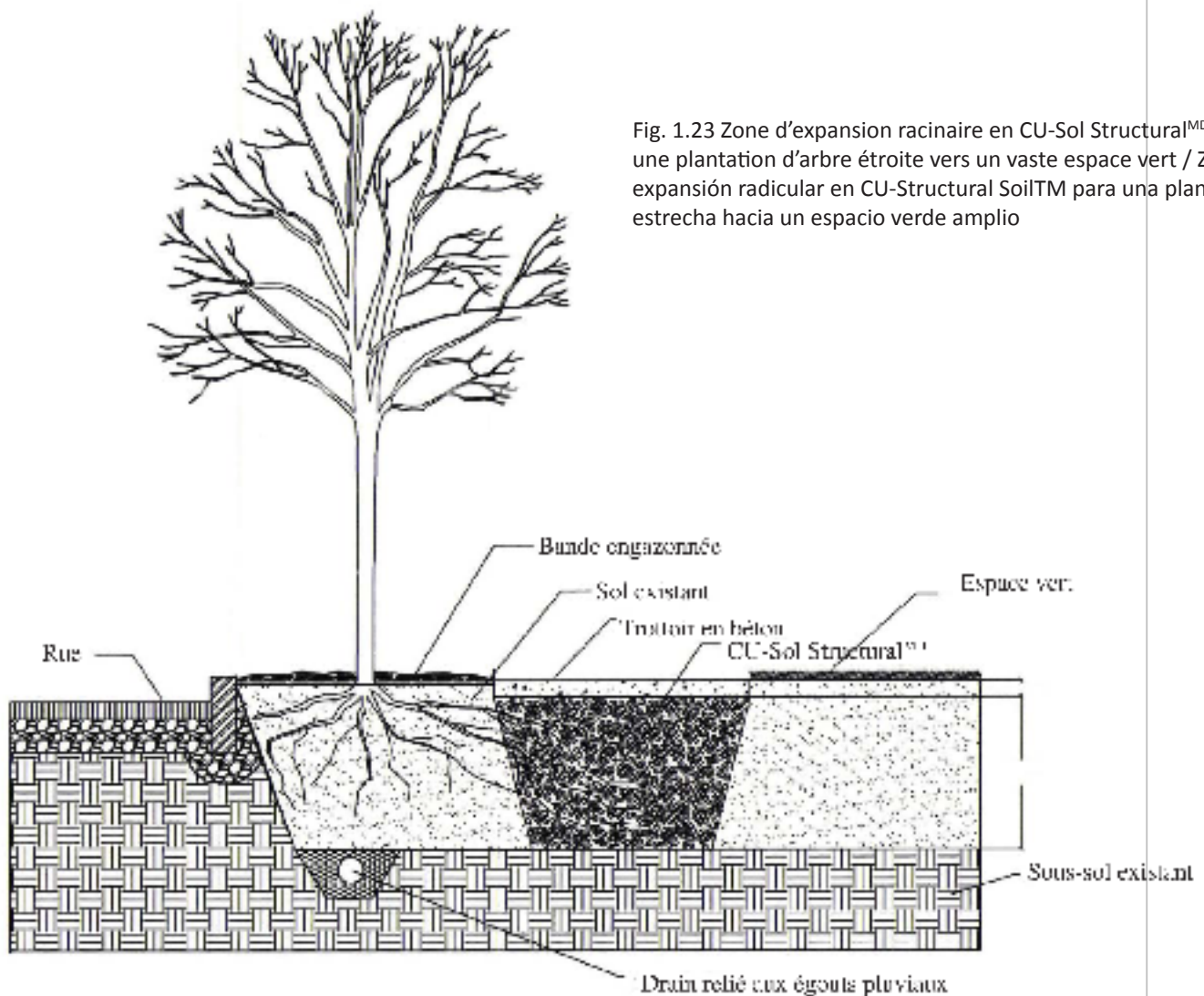


Fig. 1.24 Pavé de béton sur un lit de pose en sable grossier ou petites pierres calibrés en surface d'une fosse continue de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> à Ithaca, NY / Losas de concreto sobre una cama de arena bruta y piedra pequeña calibrada en la superficie de una fosa continua de CU-Structural Soil<sup>TM</sup>.



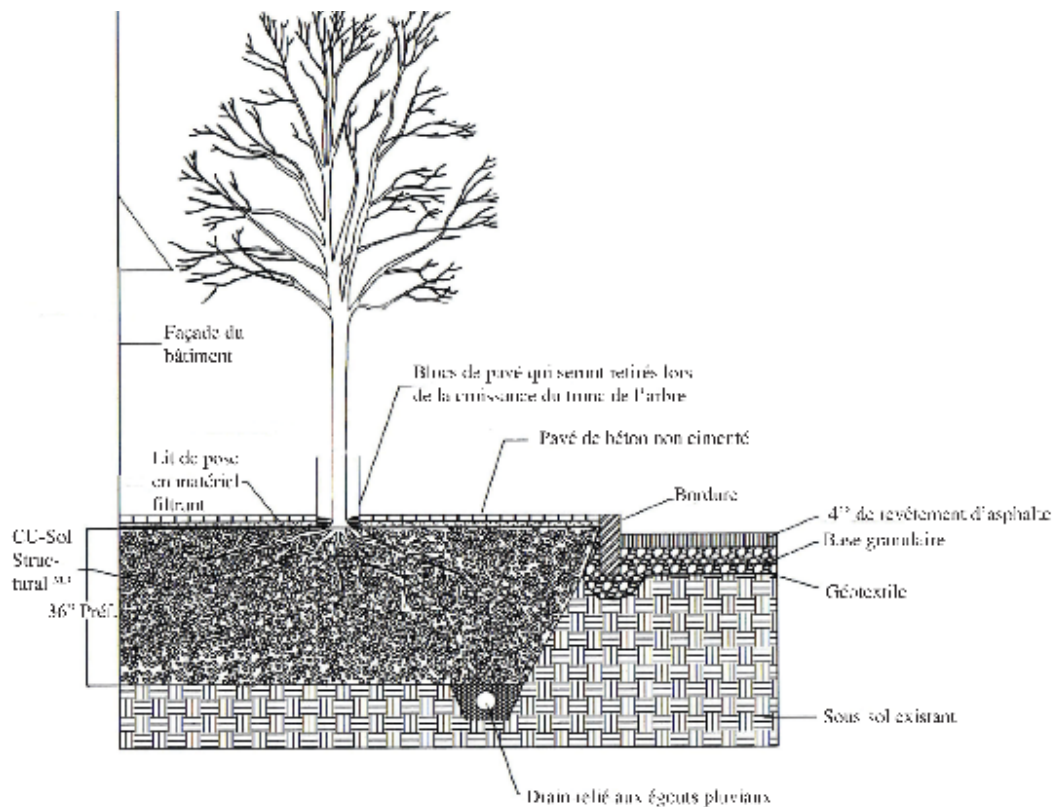


Fig. 1.25 Détail de construction avec pavé perméable.



Fig 1.26 Étude de comparaison sur trois ans entre des arbres plantés en trottoirs et les mêmes dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>. Les espèces étaient des érables, des tilleuls et des aubépines / Estudio comparativo durante tres años entre árboles plantados sobre las aceras y los mismos, en CU-Structural Soil<sup>TM</sup>. Las especies eran arces, tilos y espinos.

### Arbres appropriés pour plantation en CU-Sol Structural<sup>MD</sup>

(Critères de sélection : tolérance à la sécheresse et aux sols légèrement alcalins)

### Arboles apropiados para plantación en CU-Sol Structural<sup>MD</sup>

(criterios de selección: tolerancia a la sequía y a suelos ligeramente alcalinos)

| Nom latin                     | Nom commun                           |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Acer campestre</i>         | Érable champêtre                     |
| <i>Acer nigrum</i>            | Érable noir                          |
| <i>Acer platanoides</i>       | Érable de Norvège                    |
| <i>Carpinus caroliniana</i>   | Charme de Caroline                   |
| <i>Catalpa speciosa</i>       | Catalpa du nord                      |
| <i>Celtis occidentalis</i>    | Micocoulier occidental               |
| <i>Cercis canadensis</i>      | Gainier dr. Canada                   |
| <i>Cornus racemosa</i>        | Cornouiller à grappe                 |
| <i>Corylus colurna</i>        | Noisetier de Turquie                 |
| <i>Crataegus crus galli</i>   | Aubépine ergo. de coq                |
| <i>Crataegus phoenicifera</i> | Aubépine de Washington               |
| <i>Eucommia albaoides</i>     | Eucommia                             |
| <i>Fraxinus americana</i>     | Frêne blanc                          |
| <i>Fraxinus excelsior</i>     | Frêne d'Europe                       |
| <i>Fraxinus pennsylvanica</i> | Frêne rouge                          |
| <i>Ginkgo biloba</i>          | Ginkgo                               |
| <i>Gleditsia triacanthos</i>  | Écuyer d'Amérique                    |
| <i>Cynarctodes dioica</i>     | Chicot du Canada                     |
| <i>Malus spp.</i>             | Pommeliers                           |
| <i>Phellodendron amurense</i> | Arbre liège d'Amur                   |
| <i>Platanus x acerifolia</i>  | Platane                              |
| <i>Populus alba</i>           | Peuplier blanc                       |
| <i>Populus deltoides</i>      | Peuplier deltatoïde                  |
| <i>Populus tremuloides</i>    | Peuplier faux tremble                |
| <i>Pyrus ussuriensis</i>      | Poirier de Mandchourie               |
| <i>Quercus macrocarpa</i>     | Chêne à gros fruits                  |
| <i>Quercus robur</i>          | Chêne anglais                        |
| <i>Robinia pseudoacacia</i>   | Robinier                             |
| <i>Sorbus obifolia</i>        | Sorrier de Corée                     |
| <i>Sorbus thuringiaca</i>     | Sorrier à feuilles de chêne          |
| <i>Syringa reticulata</i>     | Lilas japonais en arbre              |
| <i>Tilia americana</i>        | Tilleul d'Amérique                   |
| <i>Tilia cordata</i>          | Tilleul Européen                     |
| <i>Ulmus americana</i>        | Orme d'Amérique                      |
| <i>Ulmus spp.</i>             | Ormes, diverses espèces et cultivars |

NB: liste originale adaptée à la rusticité en zone 5 et moins (est du Canada)/ Lista original adaptada a la rusticidad de la zona 5 y menor (Este de Canadá).

Nota del IAT: al final del artículo, se incluye una lista de árboles urbanos propios al trópico, considerando que los árboles aquí indicados, aunque muy hermosos, son para países con climas de 4 estaciones.

## QUESTIONS FRÉQUEMMENT POSÉES

**Quel volume de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> a-t-on besoin pour un arbre donné?** L'Institut d'Horticulture Urbaine a découvert que deux pieds cubes de sol est nécessaire pour chaque pied carré de la projection de la couronne de l'arbre à maturité.

**Quelle est la profondeur de CU-Sol Structural<sup>MD</sup> recommandée?** Nous suggérons un minimum de 24", mais 36" est préférable. Une fondation de base en gravier n'est pas nécessaire puisque compacté à un Proctor modifié de 95%, on atteint un indice de portance Californien de plus de 50.

**Quelle est la largeur et la longueur recommandées pour une installation de CU-Sol Structural<sup>MD</sup>?**

Il n'y a pas de minimum établi. Par contre, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est conçu pour couvrir la fondation entière sous les pavages. L'homogénéité assure l'uniformité des paramètres d'ingénierie, particulièrement ceux reliés au drainage, donc au gel/dégel. Idéalement, l'installation devrait se faire sous la zone entière du trottoir, des bâtiments jusqu'à la bordure, potentiellement d'un coin de rue à l'autre. S'il est impossible d'agir ainsi, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut être placé dans une tranchée de 5' à 8' de largeur parallèle à la bordure.

**Est-ce que le sol migrera vers le fond de la fosse après l'installation?** L'excavation d'une installation datant de 7 ans n'a montré aucune migration des agrégats. Les vides entre les pierres sont en grande partie remplis de sol, il n'y a donc pas d'interstices favorisant la migration du sol.

**Est-ce que l'hydrogel demeure efficace avec le temps?**

Sur une longue période de temps, les sels solubles avec lesquels l'hydrogel est fabriqué, c'est-à-dire l'hydroxyde de potassium et de l'azote ammoniacal (acrylamide) se dissolvent. L'hydrogel inerte devient une partie infime du sol. Par contre, nous croyons que les racines colonisées et autres organismes vont, avec le temps, remplacer le rôle d'agent poisson de l'hydrogel. Des recherches à ce sujet sont en cours.

Nota del IAT: un pie cúbico equivale a 1.728 pulgadas cúbicas, o bien a 0,0283 m<sup>3</sup>

## PREGUNTAS FRECUENTES

**Qué volumen de CU-Structural Soil<sup>TM</sup> se necesita para un determinado árbol?** El Instituto de Horticultura Urbana ha descubierto que se necesitan dos pies cúbicos de tierra por cada pie cuadrado de la proyección de la copa del árbol maduro.

**Qué profundidad se recomienda para CU-Structural Soil<sup>TM</sup>?** Sugerimos al menos 24", aunque 36" sería más recomendable. Una fundación de base en grava no es necesaria dado que una vez compactada a un Proctor modificado de 95%, se obtiene un índice sustentación californiano de más de 50.

**Cuál es el ancho y el largo recomendados para una instalación de CU-Structural Soil<sup>TM</sup>?** No existe un mínimo establecido. Por el contrario, el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> está concebido para cubrir toda la fundación bajo el adoquinado. La homogeneidad asegura la uniformidad de los parámetros de ingeniería, particularmente los relacionados al drenaje, por tanto al congelamiento y descongelamiento. Idealmente, la instalación debe hacerse bajo la acera completa desde los edificios hasta el caño, de un borde al otro de la calle. Si esto no fuera posible, el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> se puede instalar en una trinchera de 1,50 m x 2,40 m a todo lo largo de la orilla de calle.

**Migrará el terreno hacia el fondo de la trinchera después de la instalación?** La excavación de una instalación de 7 años no ha mostrado ninguna migración de los agregados. Los vacíos entre las piedras son rellenos con tierra, luego no hay intersticios que favorezcan la migración de tierra.

**Cuánto dura la eficacia del hidrogel?** A largo plazo, las sales solubles con las cuales se fabrica el hidrogel - el hidróxido de potasio y el azote amoniacal (acrylamido) se disuelven. El hidrogel inerte se transforma en una parte ínfima de tierra. Creemos que las raíces y otros organismos colonizan y reemplazan el papel de agente pegajoso del hidrogel. Investigaciones sobre este tema están en curso.



**Qu'arrive-t-il lorsque les racines prennent de l'expansion dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>?**

Éventuellement les racines vont déplacer les pierres, mais si les racines sont comme nous l'avons observé, soit profondes dans le profil du sol, la pression générée sera répartie sur une grande surface. Nous avons vu des racines contourner les pierres plutôt que de les déplacer dans les vieilles installations (10 ans).

**Est-ce que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est sensible au gel/dégel?** Ce paramètre n'a pas été testé en profondeur, mais nous n'avons noté aucun soulèvement de surface dans les installations. Si nous nous basons sur les données concernant le drainage de ce matériel très poreux, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est très stable au printemps.

**Est-il possible d'ajouter du sol standard autour de l'arbre et du CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le trottoir?** Il est préférable d'utiliser le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous la motte de l'arbre afin de prévenir l'affaissement de celle-ci. Planter les arbres directement dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> assure une meilleure stabilité du pavage près de la fosse que les sols conventionnels. Si la fosse d'arbre est assez large, soit plus grande que 5' x 5', un sol conventionnel peut être utilisé dans l'ouverture autour de l'arbre en ajout au CU-Sol Structural<sup>MD</sup> sous le pavage.

**Est-il mieux de planter des arbres en panier de broche, à racines nues ou en pot dans le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>?** Des arbres selon chaque méthode de production peuvent être utilisés. Il est important d'arroser les plantations récentes comme on le fait lorsqu'on plante dans un sol conventionnel.

**Est-ce que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> devrait être utilisé en milieu urbain où il n'y a pas de béton?** Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> a été conçu pour être utilisé lorsque la compaction du sol est nécessaire. Sinon, une bonne terre de culture est plus à propos.

**Pouvons-nous entreposer de grandes quantités de CU-Sol Structural<sup>MD</sup>?** Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est produit par des producteurs autorisés et ne devrait préféablement pas être entreposé. Le sol est mélangé à la demande et est livré dans un délai raisonnable. Si l'entreposage est incontournable, la pile devrait être protégée de la pluie et de la contamination.

**Qué sucede cuando las raíces se expanden en el CU-Structural SoilTM ?** Eventualmente, las raíces van a desplazar a las piedras, pero si las raíces son como las hemos observado, profundas en el perfil del terreno la presión generada se repartirá sobre una gran superficie. En las instalaciones viejas (10 años), hemos visto a las raíces rodear las piedras más que desplazarlas.

**Es el CU-Structural SoilTM sensible al congelamiento y deshielo?** Este parámetro aún no ha sido examinado a profundidad, pero no hemos notado ningún levantamiento de la s superficies en las instalaciones. Si nos basamos en los datos relacionados al drenaje de este material muy poroso, el CU-Structural SoilTM es muy estable en primavera.

**Es posible agregar tierra corriente alrededor del árbol y del CU-Structural SoilTM bajo las aceras?** Es preferible utilizar el CU-Structural SoilTM bajo el adobe del árbol para prevenir el hundimiento de éste. Plantar los árboles directamente en el CU-Structural SoilTM asegura una mejor estabilidad del pavimento cerca del hueco que los suelos convencionales. Si el hueco es grande, es decir mayor a 1.50 m x 1.50 m, la tierra convencional puede usarse en el hueco alrededor del árbol como agregado al CU-Structural SoilTM bajo el adoquinado.

**Es mejor sembrar el árbol en canasta de alambre , directamente o en macetas en el CU-Structural SoilTM ?** Pueden utilizarse árboles con diversos métodos de producción. Es importante regar las plantaciones recientes igual como se hace en una plantación convencional.

**El CU-Structural SoilTM debe usarse en medios urbanos donde no hay concreto?** El CU-Structural SoilTM fue concebido para ser usado cuando la compactación del terreno es requerida. Si no, la tierra agrícola es la mejor.

**Podemos almacenar grandes cantidades de CU-Structural SoilTM?** El CU-Structural SoilTM es producido por productores autorizados y no debería almacenarse. La tierra se mezcla según demanda y expedida en un plazo razonable. Si el almacenamiento es inevitable debe pro-

**Est-ce que le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> peut être spécifié pour les arbres existants?** À plusieurs reprises, le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> a été utilisé sous et adjacent à des arbres existants. Si peu de racines sont endommagées durant les opérations, les arbres continuent à bien croître.

**Quelles sont les plus vieilles installations avec le CU-Sol Structural<sup>MD</sup>?** Les deux plus vieilles installations datent de 1994, la première est un févier planté au projet de Staten Island Esplanade à New York City, la seconde est un platane au HoPlaza sur le Campus de Cornell University à Ithaca, NY. Il y a maintenant un nombre impressionnant de projets réalisés à travers les États-Unis et le Canada. Pour plus d'informations sur ces projets, visitez le [www.structuralsoil.com](http://www.structuralsoil.com) ou téléphonez à Brian Kalter de Amereq Inc. au 1-800-832-8788.

**Se puede especificar el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> para los árboles existentes?** En numerosas ocasiones el CU-Structural Soil<sup>TM</sup> se ha utilizado bajo y adyacente a los árboles existentes. Si se maltratan pocas raíces durante la operación, los árboles continúan creciendo bien.

**Cuáles son las instalaciones más antiguas con CU-Structural Soil<sup>TM</sup>?** Las dos mas antiguas datan de 1994, la primera es una acacia (*Gleditsia triacanthos*, la Acacia de tres espinas, *gleditsia* de tres espinas o robinia de la miel, es una especie de árbol caducifolio de la familia Fabaceae) plantada en la esplanada de Staten Island en New York City, la segunda es un plátano oriental en el HoPlaza en el campus de la Universidad Cornell en Ithaca, NY. Actualmente existen innumerables proyectos a través de Estados Unidos y Canadá. Para mayor información visite [www.structuralsoil.com](http://www.structuralsoil.com) o llame a Brian Kalter de Amereq Inc. al 1-800-832-8788.

## DOCUMENTS DE RÉFÉRENCES / DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Evans, M., Bassuk, N.L. and Trowbridge, P.J. 1990. Street trees and sidewalk construction. *Landscape Architecture*. 80(3) 102-103.
- Goldstein, J., Bassuk, N.L., Lindsey, P., and Urban, J. 1991. From the Ground Down. *Landscape Architecture*, 81(1) 66-68.
- Lindsey, P. and 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. and 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.
- Trowbridge, P. and Bassuk, N.L. 1999. Redesigning Paving Profiles for a More Viable Urban Forest. *ASLA Proceedings Annual Conference*, pp. 350-351. 13(2): 64-71.
- Grabosky J. and 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., Bassuk, N.L. and 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., Urban, J. and Trowbridge, P. 1998. Structural Soil: An Innovative Medium Under Pavement that Improves Street Tree Vigor. *ASLA Proceedings Annual Conference*, pp183-185.
- Grabosky, J., Bassuk, N.L., Irwin, L., and 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., and 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., Irwin, L. and 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., and 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.
- Loh, F.C.W., Grabosky, J.C., and 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.

• Trowbridge, P. and Bassuk, N.L. 2004. 'Trees in the Urban Landscape: Site Assessment, Design and Installation'. Chapter 3:61-81. Wiley and Sons, Inc.

#### **Se procurer du CU-Sol Structural<sup>MD</sup>**

Le CU-Sol Structural<sup>MD</sup> est un produit breveté et quelques producteurs sont autorisés à le produire afin d'assurer un contrôle de la qualité du produit. Les marques déposées sont CU-Structural Soil<sup>TM</sup> et CU-Soil<sup>TM</sup>. Il y a des producteurs autorisés à travers les Etats-Unis et le Canada (Est du Canada, Matériaux Paysagers Savaria Ltée, [www.savarialtee.ca](http://www.savarialtee.ca)). Pour trouver celui de votre région, contactez Brian Kaler ([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, 10956, (800) 832-8788.

#### **Pour plus d'information / Para mayor información:**

Visitez le site web du Urban Horticulture Institute :  
[www.hort.cornell.edu/uhi](http://www.hort.cornell.edu/uhi) et aller à Outreach > Structural Soil  
[www.hort.cornell.edu/uhi/outreach/csc/index.html](http://www.hort.cornell.edu/uhi/outreach/csc/index.html)  
Dr. Nina Bassuk ([nlb2@cornell.edu](mailto:nlb2@cornell.edu)), (607) 255-4586

#### **Cómo conseguir el CU-Structural Soil<sup>TM</sup>**

El CU-Structural Soil<sup>TM</sup> es un producto patentado y algunos productores están autorizados a producirlo con el fin de asegurar un control de calidad del producto. Las marcas declaradas son CU-Structural Soil<sup>TM</sup> et CU-Soil<sup>TM</sup>. Existen distribuidores autorizados a través de los Estados Unidos y Canadá (Este de Canadá, Matériaux Paysagers Savaria Ltée, [www.savarialtee.ca](http://www.savarialtee.ca)). Para encontrar el que conviene a su región, contactar Brian Kaler ([bkalter@amereq.com](mailto:bkalter@amereq.com)) o Fernando Erazo ([FE@amereq.com](mailto:FE@amereq.com)) en Amereq Inc., 19 Squadron Blvd, New City, NY, 10956, (800) 832-8788.

## LISTA DE ARBOLES URBANOS DE FLOR PARA EL TROPICO

Lista elaborada por la Municipalidad de San José, Departamento de Ornato y Parques.

Nombre común en Costa Rica. No todos son para aceras, algunos son para parques.

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| Caña fístula         | Cassia fístula              |
| Palo verde           | Parkinsonia aculeata        |
| Vainillo             | Tecoma stans                |
| Cortez amarillo      | Tabebuia ochracea           |
| Roble sabana         | Tabebuia rosea              |
| Cortez negro         | Tabebuia impetiginosa       |
| Orgullos de la India | Lagerstroemia speciosa      |
| Carao                | Cassia grandis              |
| Miami                | Brachychiton acerifolius    |
| Malinche             | Delonix regia               |
| Poró rayo de luna    | Erythrina variegata         |
| Jorco                | Garcinia intermedia         |
| Uruca                | Trichilia havanensis        |
| Jacaranda            | Jacaranda mimosifolia       |
| Dama                 | Citharexylum donnellsmithii |
| Gallinazo            | Jacaranda copaia            |
| Frangipani           | Plumeria rubra              |
| Arbol de fuego       | Sterculia acerifolia        |
| Magnolia             | Magnolia grandiflora        |
| Poponjoche           | Pachira aquatica            |
| Lorito               | Cojoba arborea              |
| Sarahundí            | Senna reticulata            |
| Malinchito           | Caesalpinia pulcherrima     |
| Mirto                | Melaleuca lineariflora      |
| Flor amarilla        | Cassia siamea               |
| Ilang ilang          | Cananga odorata             |
| Gavilán              | Pentaclethra macroloba      |
| Neem                 | Azadirachta indica          |



