



## OUTIL DE GESTION DE L'EAU DE PLUIE A L'ECHELLE DU QUARTIER

- RECOMMANDATION PRATIQUE GEQ08 -

# GEQ08 – LES ARBRES DE PLUIE

## 1. L'ARBRE EN MILIEU URBAIN

### 1.1. FONCTIONS DES ARBRES EN MILIEU URBAIN

Des plantations d'arbres saines et bien conçues permettent aux arbres de pousser à leur taille maximale avec de larges canopées offrant des bénéfices environnementaux et socio-économiques tels que :

- **L'amélioration du cadre de vie.** L'arbre joue un rôle prépondérant dans la structure paysagère de la ville. L'arbre articule et définit les espaces par ses fonctions paysagères et esthétiques
- **L'amélioration de la qualité de l'air.** Outre l'indispensable réduction des pollution et nuisance à la source, les arbres contribuent à rafraîchir l'air et à limiter certaines pollutions. Les arbres influencent également la circulation de l'air assurant ainsi un renouvellement de l'air ambiant et une lutte contre les pics de pollution.
- **La réduction du dioxyde de carbone.** Par la photosynthèse, les arbres utilisent le gaz carbonique et rejettent de l'oxygène. Cette capacité à générer de l'oxygène dépend surtout du volume foliaire.
- **L'économie d'énergie.** En été, l'ombre générée par la canopée des arbres réduit l'effet d'îlot de chaleur et par là la demande éventuelle en refroidissement par conditionnement d'air. Les arbres augmentent le taux d'humidité de l'air et abaissent la température suite à la production de vapeur d'eau.
- **L'habitat pour la faune et la flore.** Les arbres sont des éléments majeurs des écosystèmes urbains et permettent la présence de nombreux êtres vivants en ville : insectes, oiseaux, mammifères et communautés végétales. La diversité des espèces d'arbre contribuent à la diversité de la faune et de la flore en ville.
- **L'augmentation de la valeur d'un lieu.** Par la demande supérieure des lieux procurant un niveau de qualité de vie plus élevé la valeur foncière des terrains situés dans un environnement arboré augmente. Un quartier boisé ou végétalisé bénéficie donc d'une amélioration de son image. Les retombées sont tangibles en termes touristiques ou d'implantation de site économique.
- **Des avantages sociaux.** Associés à la promenade et au repos, les arbres sont facteurs d'équilibre psychique et relaxant. L'arbre joue également un rôle éducatif et pédagogique pour les enfants par l'apprentissage des cycles naturels, du respect du vivant... L'arbre améliore ainsi la qualité de vie d'autant là où l'urbanisme est dense et ne laissant qu'une place trop rare à la nature, à savoir dans les quartiers centraux et plus précarisés socio-économiquement.

Parmi toutes ces fonctions, l'habilité innée des arbres à **absorber et à détourner les eaux de ruissellement** est sous-utilisée. Les arbres **protègent la qualité de l'eau** en filtrant et en récupérant les eaux pluviales.

Cette capacité à absorber les eaux de pluie réduit la charge de traitement sur le réseau d'assainissement traditionnel, qui à son tour réduit également les coûts de traitement ainsi que les nécessités d'installations d'assainissement supplémentaires.



## 1.2. CONTRAINTES DU MILIEU URBAIN

Les conditions de croissance et de développement qui sont offertes par la ville à la végétation urbaine sont extrêmes. L'arbre doit dans ce milieu hostile trouver de la place pour ancrer ses racines et disposer d'une réserve hydrique ; développer un vaste réseau aérien pour que ses feuilles puissent respirer, transpirer et synthétiser ; échapper aux pollutions, aux sels de déneigement, aux chocs et blessures.

On dénombre plusieurs contraintes à la bonne croissance des arbres :

- **Le climat urbain, les facteurs atmosphériques et les polluants.** Le milieu urbain tend à être plus chaud, les périodes de végétation se trouvent par conséquent allongées et le choix d'essences méridionales davantage justifié. L'éclairage public tend à différer la chute des feuilles. L'ombre des bâtiments peut entraîner une réduction des systèmes racinaires par diminution de la photosynthèse.
- **Des conditions hydriques difficiles.** Les sols imperméabilisés s'assèchent rapidement sous l'effet de transpiration des arbres et l'arbre souffre alors de manque d'eau. Par ailleurs, l'effet d'îlot de chaleur urbain augmente la transpiration des arbres qui trouvent moins d'eau pour s'alimenter dû à l'imperméabilisation des sols.
- **Les sols urbains.** Les sols urbains sont souvent remaniés, constitués d'un mélange hétérogène et compacts, secs, pauvres en matière organique ou pollués.
- Les dommages mécaniques et blessures, les réseaux techniques enfuis, la pollution par les sels de déneigement... sont également d'autres contraintes du milieu urbain.

## 2. LE RÔLE DE L'ARBRE DANS LA GESTION DES AVERSES

L'arbre de pluie en alignement est similaire aux arbres traditionnels d'alignement, à la différence que la fosse de plantation est modifiée de manière à accepter et traiter les eaux de ruissellement et fournir ainsi un milieu de plantation amélioré pour l'arbre.

Une fosse de plantation adaptée pour recevoir les eaux pluviales possède un volume de sol plus grand qu'une plantation habituelle, une irrigation continue et un système de drainage favorisant la croissance de l'arbre.

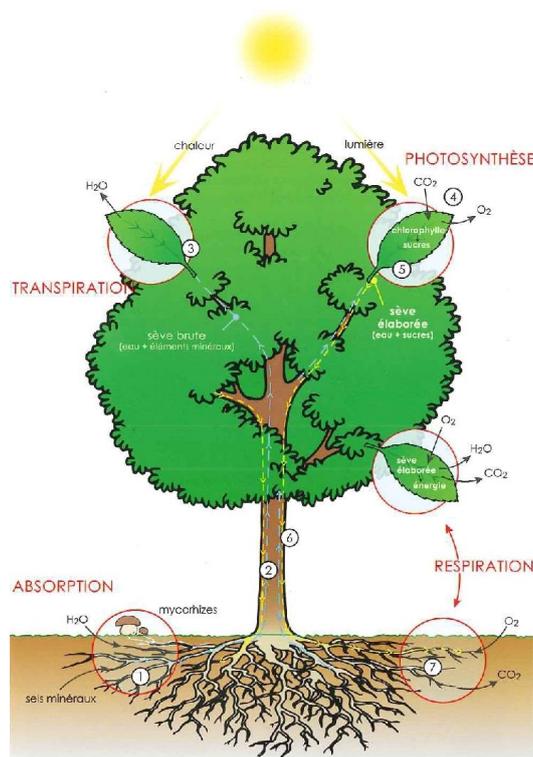
Les arbres de pluie peuvent donc jouer un rôle important dans la gestion des eaux pluviales en réduisant la quantité d'eau de ruissellement qui aboutit à l'exutoire.

### 2.1. BIOLOGIE ET BESOINS EN EAU DES ARBRES

L'arbre est un végétal vivant qui se développe et fonctionne selon les principes physiologiques suivants :

- **L'absorption** de l'eau et des sels minéraux. Le système racinaire de l'arbre absorbe l'eau, les éléments minéraux et les oligo-éléments nécessaires à la fabrication de sève brute.
- **La transpiration** et la circulation de la sève brute. L'évaporation de l'eau par les feuilles est le moteur de la circulation de la sève brute. La transpiration permet également à l'arbre de réguler sa température.
- **La photosynthèse** et la circulation de la sève élaborée. Les feuilles de l'arbre captent l'énergie lumineuse et transforment le dioxyde de carbone et l'eau en sucres. Ces sucres sont ensuite distribués sous forme de sève élaborés à toutes les parties vivantes de l'arbre.
- **La respiration.** Les arbres respirent et dégradent les sucres à partir de l'oxygène absorbé en produisant du CO<sub>2</sub>, de la vapeur d'eau et de l'énergie.





**Figure 1 : l'arbre absorbe l'eau par ses racine et la transpire par ses feuilles** (source : Gillig, L'arbre en milieu urbain)

On le comprend, l'eau et les arbres sont intimement liés : l'arbre a besoin d'eau pour se développer et l'arbre peut « nettoyer » l'eau pluviale.

La réserve en eau utilisable par les arbres dépend du volume de la fosse de plantation de l'arbre et particulièrement de la porosité (pourcentage d'espace libre dans le sol) du sol mis en place dans la fosse.

La fosse est donc l'espace souterrain aménagé en milieu urbain qui permet l'ancrage et l'alimentation hydrique et minérale des arbres. Le volume de la fosse doit être adapté à l'essence de l'arbre mais doit être en général de 10 à 15 m<sup>3</sup>. La profondeur de la fosse de plantation ne peut pas dépasser 1,5 m. Au-delà, les racines ne se développent pas correctement. Pour les arbres de pluie, les fosses doivent être continues, c'est-à-dire qu'il faut faire en sorte qu'elles se succèdent sans interruption. Une tranchée continue sous le pavement connecte les arbres entre eux. Le trou de plantation quant à lui est l'espace de la fosse de plantation destiné à recevoir l'arbre planté. Il varie de 1 à 4 m<sup>3</sup>.

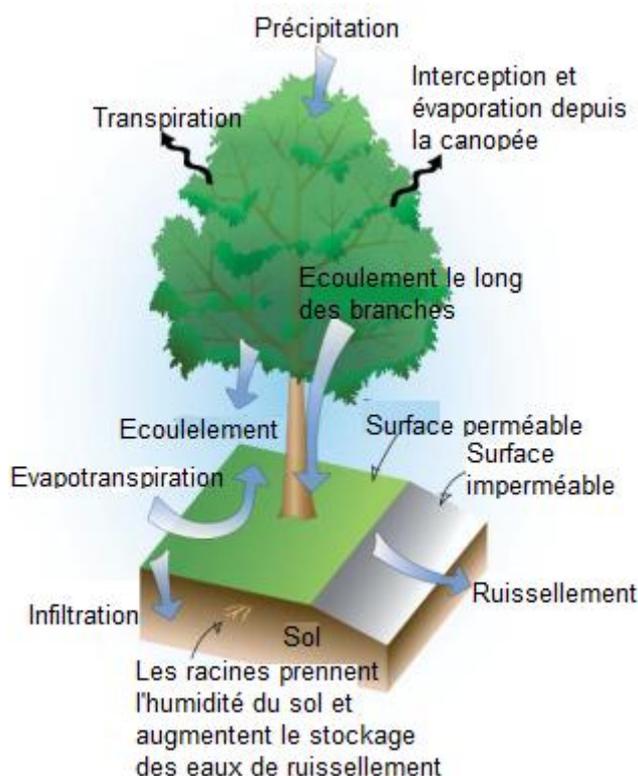
## 2.2. FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES ARBRES DE PLUIE

Un arbre de pluie peut réduire le volume de ruissellement de la manière suivante :

- La **transpiration** : les arbres puisent de grandes quantités d'eau dans le sol pour l'utiliser pour la photosynthèse. L'eau est ensuite relâchée dans l'atmosphère sous forme de vapeur par la canopée de l'arbre.
- L'**interception** : le feuillage, les arbres et le tronc interceptent et absorbent une partie de la précipitation, réduisant la quantité d'eau qui atteint le sol, retardant et diminuant le volume du débit de pointe.
- La **réduction de l'érosion** : la canopée des arbres diminue le volume et la vitesse de chute diminuant ainsi l'impact de la chute de pluie sur le sol
- L'**infiltration** : la croissance des racines et la décomposition dans le sol augmentent la capacité d'infiltration du sol.
- La **phytoremédiation** : avec l'eau, les arbres absorbent depuis le sol des quantités infimes de produits chimiques nocifs comprenant des métaux, des composés organiques, des carburants et des solvants. Au sein de l'arbre, ces produits chimiques peuvent être



transformés en des substances moins nocives, utilisées alors comme nutriments et/ou stockées dans les racines, les tiges et les feuilles.



**Figure 2 : principes hydrologique des arbres de pluie**  
(source : EPA, Stormwater to street trees)

### 2.3. SYSTEMES DE GESTION DES AVERSES

Les systèmes de gestion des averses par des arbres d'alignement peuvent être regroupés dans deux familles.

L'eau peut être directement acheminée par ruissellement depuis les surfaces environnantes, auquel cas, l'eau alimente l'arbre par infiltration en pied d'arbre : il s'agit donc des systèmes de ruissellement tels que les pavements perméables et les fosses d'eau pluviale.

L'eau peut être drainée des surfaces environnantes, auquel cas l'eau est acheminée directement dans la fosse de plantation sous l'arbre. Il s'agit donc des systèmes de drainage tels que les trottoirs suspendus et les sols structuraux.

#### 2.3.1. SYSTEMES PAR RUISSELLEMENT

Les systèmes de gestion par ruissellement sont les systèmes les moins invasifs dans le sol urbains. Ils consistent à récolter par ruissellement les eaux des surfaces environnantes et de les acheminer en surface jusqu'au pied des arbres. L'eau est ensuite stockée soit en surface (fosse d'eau pluviale), soit dans le sol (pavement poreux). Cette eau sert ensuite à l'alimentation de l'arbre et sera donc évacuée par évapotranspiration et infiltration dans le sol si cela est autorisé et éventuellement par débit régulé.

Les fosses d'eaux pluviales agissent comme de mini-réservoirs locaux absorbant, détournant et purifiant les eaux pluviales. Les fosses d'eau pluviale peuvent être plantées de manière à augmenter la quantité d'eau gérée et purifiée. De plus, leur connexion entre plusieurs fosses d'eau pluviale permet d'augmenter également le volume d'eau collectée.





**Figure 3 : les fosses d'eau pluviale agissent comme de mini réservoirs au pied des arbres de pluie**

(source : EPA, Stormwater to street trees)

Le système de ruissellement avec les pavements poreux ou perméables fait référence à une large variété de revêtement de surface qui permet une infiltration rapide de l'eau en pied des arbres. Ces systèmes incluent un sous-sol, un réservoir (sol perméable) qui peut stocker le ruissellement jusqu'à ce qu'elle s'infilte. Ces systèmes permettent donc d'infiltrer l'eau directement là où elle tombe tout en réduisant le ruissellement. Ces matériaux de surfaces peuvent également servir à protéger le pied des arbres.

Les matériaux perméables augmentent donc l'infiltration, aident les arbres à recevoir une eau oxygénée et réduisent le ruissellement de surface. L'eau est stockée dans la fosse de plantation avant d'être évapotranspirée et/ou infiltrée et éventuellement rejeté à débit régulé.

Différents type de revêtements existent.

- Les revêtements suspendus tels que les grilles et les platelages en bois.
- Les revêtements posés tels que les pavages, les dalles...
- Les revêtements coulés tels que les stabilisés, les agrégats,...
- Les revêtements végétalisés tels que les pelouses, les plantes, les arbustes
- Les mulchs végétaux ou minéraux

### 2.3.2. SYSTEMES PAR DRAINAGE

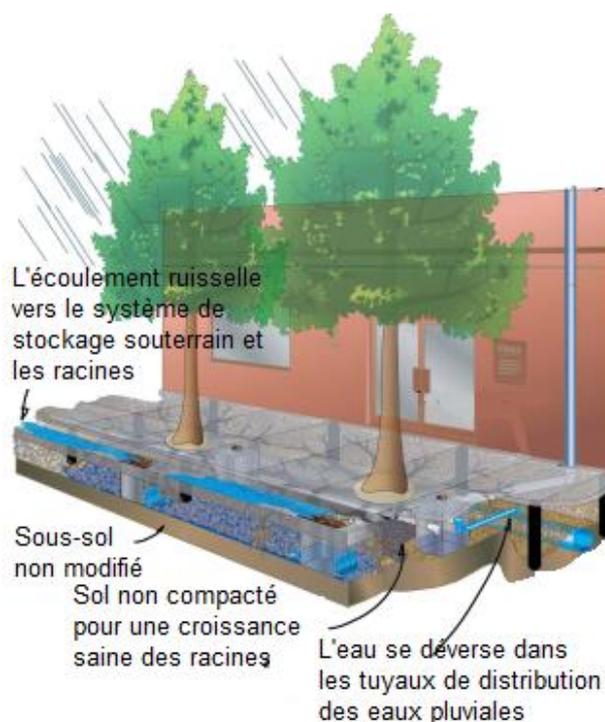
Dans les systèmes de drainage, les eaux pluviales sont acheminées dans la fosse de plantation des arbres via un réseau de drainage. Les eaux sont récoltées sur les surfaces adjacentes et sont ensuite envoyées via des drains dans la fosse de plantation pour alimenter les arbres.

Dans le système des trottoirs suspendus, le revêtement de surface est supporté par un réseau de pilier. Le système de suspension supporte le poids du pavement de surface et permet ainsi au sol de ne pas être compacté, de favoriser le développement des racines et la gestion des eaux de ruissellement.

Ce système de trottoirs suspendus est intéressant pour le développement d'arbres de grande taille nécessitant un grand volume de sol et une fosse de plantation conséquente.

L'eau est acheminée via un réseau de drains depuis les surfaces avoisinantes dans le massif de sol sous les trottoirs suspendus. L'eau est ensuite évacuée par évapotranspiration, infiltration et éventuellement à débit régulé.





**Figure 4 : alimentation des arbres par drainage selon le principe des trottoirs suspendus**  
(source : EPA, Stormwater to street trees)

La technique des sols structuraux est le second principe de gestion dans la famille des techniques de drainage.

Les sols structuraux font référence à un groupe de sol composé de mélange de différents sols avec du gravier qui servent pour la croissance des arbres et comme support pour les pavements. Les sols structuraux sont très poreux et sont conçus pour satisfaire aux exigences de compaction des stationnements, routes et autres surfaces pavées tout en permettant aux racines des arbres de pénétrer le sol. Les sols structuraux ont une porosité de l'ordre de 25% qui permet ainsi la croissance des racines et la gestion des eaux pluviales par stockage.



**Figure 5 : alimentation des arbres par drainage selon le principe des sols structuraux**  
(source : EPA, Stormwater to street trees)



### 3. LA CONCEPTION D'UNE PLANTATION

#### 3.1. ETUDE DU SITE DE PLANTATION

Utiliser les arbres de pluie de manière efficace pour lutter contre les eaux de ruissellement, demande que le site soit étudié de manière précise. Les arbres urbains requièrent de l'espace, un sol particulier, un système de drainage et d'irrigation. Les propriétés du sol et le volume de la fosse de plantation sont essentiels pour une bonne croissance des arbres afin de les utiliser pour gérer les eaux pluviales.

L'étude du site commence par une recherche historique permettant de reconstituer les différentes étapes de construction du site. Cette étude, au travers des cartes et archives, doit révéler la manière dont le sol a été remanié au cours du temps ainsi que de montrer la trace des réseaux d'eau, d'électricité et de gaz enfuis dans le sol.

Ensuite, il faut procéder à une analyse environnementale et paysagère du site. Il s'agit de prendre en considération les conditions du milieu en termes de climatologie (température, humidité, pluviométrie ...), d'altitude, de topographie, d'exposition. Ces éléments influencent directement le choix de l'essence et les conditions dans lesquelles les arbres seront plantés.

Pour apprécier la qualité de l'espace de projet, il est important de tenir compte de l'ambiance et des structures paysagères présentes, du patrimoine arboré environnant avec l'identification des espèces et les caractéristiques sociales du site et de l'utilisation de l'espace.

Finalement, l'étude du site doit aboutir à une étude pédologique indispensable pour déterminer le mode de plantation. Il convient d'analyser :

- Les paramètres physiques (profil, structure et texture du sol)
- Les paramètres chimiques (pH, matières organiques...)
- Les paramètres biologiques (faune et flore, présence de racines)
- Le régime hydrique du sol, les conditions de drainage et la profondeur de la nappe.

Une porosité suffisante (quantité d'espace vide dans le sol), une perméabilité conséquente (connexions entre les pores du sol) et une bonne capacité d'infiltration (vitesse à laquelle l'eau percole dans le sol) sont des caractéristiques critiques pour le succès d'un arbre pour la gestion des eaux pluviales. Ces propriétés du sol affectent non seulement la quantité d'air, d'humidité et de nutriments qui seront accessibles pour les racines, mais aussi la quantité d'eau qui sera gérée par les arbres.

#### 3.2. PROJET DE PLANTATION

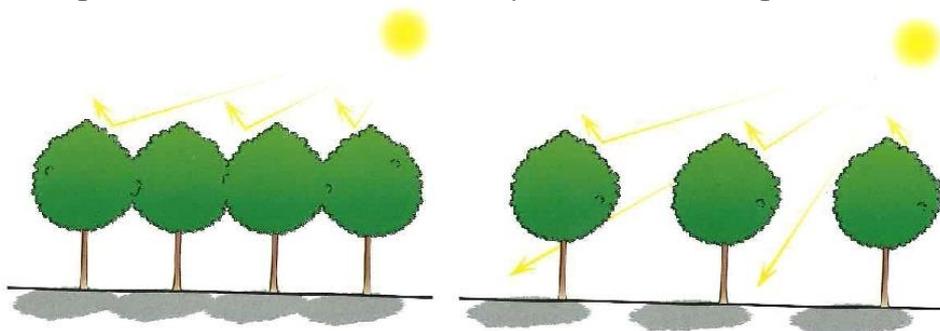
##### 3.2.1. DESIGN DE L'IMPLANTATION

L'implantation des arbres influence l'esthétique et l'ambiance de l'espace projeté puisqu'elle modifie la perception que l'on a de l'espace.

Le choix des arbres porte sur la forme, la grandeur, l'aspect et la qualité du feuillage, les changements saisonniers, les floraisons des différentes essences,...

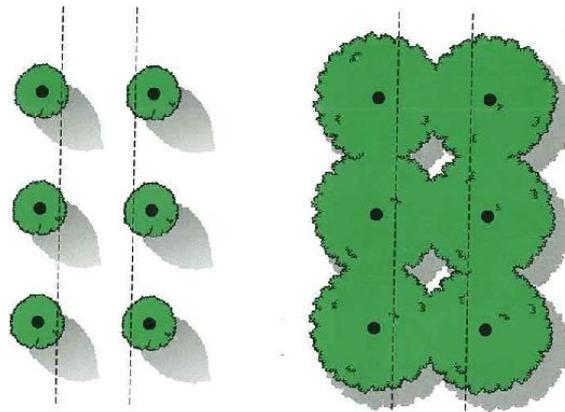
Différents types de plantation existent et créent des ambiances différentes :

- L'arbre isolé se détache dans le paysage.
- Les arbres d'alignement sont un ensemble d'arbres plantés à distance régulière.



**Figure 6 : l'alignement des arbres influence la surface d'interception et l'ambiance**  
(source : Gillig, L'arbre en milieu urbain)

- Les arbres en groupe créent des ambiances forestières.

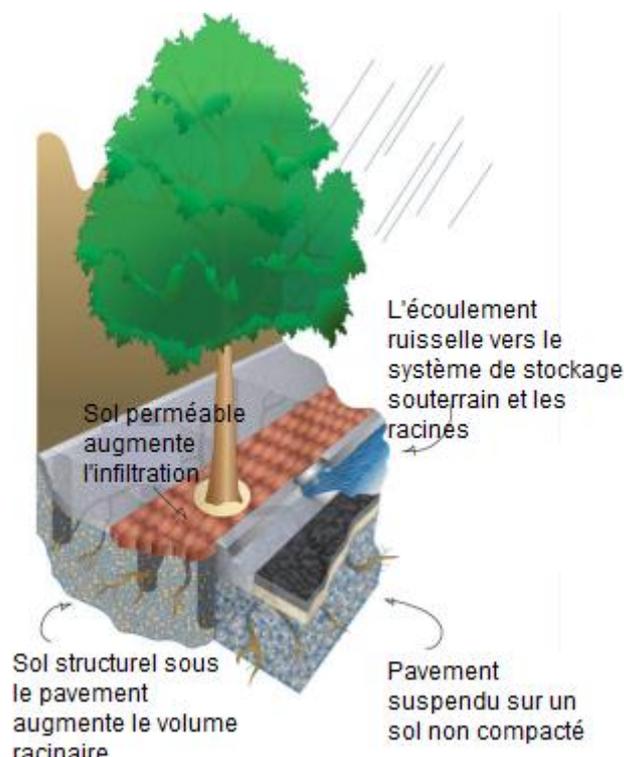


(source : Gillig, L'arbre en milieu urbain)

L'implantation et le choix de l'espèce (surtout la taille de l'arbre) influencent directement l'efficacité hydrologique d'une plantation. En effet, plus la surface foliaire totale du projet de plantation et plus la fosse d'un arbre sont grands, plus l'interception et le stockage seront importants dans le bilan hydrologique.

Une implantation particulière et soignée doit être réalisée en tenant compte des recommandations suivantes :

- Utiliser les bordures de rue pour diriger le ruissellement directement vers les arbres. Il faut alors utiliser un filtre pour capturer les ordures et autres détritius.
- Un drain reliant les arbres entre eux et à l'exutoire doit être installé sous chacune des fosses de plantation. Ce drain doit être surmonté d'une couche de gravier faisant office de barrière filtrante.
- Les arbres doivent être plantés au sein d'une tranchée linéaire possédant un moyen de filtration des eaux pluviales (ouvrage de prétraitement), laissant ainsi de la place pour les racines. Cette tranchée connecte les arbres entre eux.
- Les revêtements de surfaces doivent être renforcés afin de retenir la poussée des racines.



**Figure 7 : le design de l'implantation est crucial pour une gestion efficace** (source : EPA, Stormwater to street trees)



## 3.2.2. SELECTION DES ESPECES

Parmi une offre végétale très diversifiée, le choix d'une essence repose sur une démarche intégrant un ensemble de critères.

Tout d'abord, le choix de l'espèce doit se faire en fonction de l'adaptation de l'arbre au milieu et aux conditions du site qui doivent être révélées lors de l'étude du site.

Ensuite, les attentes esthétiques des plantations doivent être prises en compte dans la sélection de l'essence. Ce choix doit intégrer :

- Les dimensions souhaitées à l'âge adulte
- Le port de l'arbre et l'architecture des branches
- La rapidité de croissance et la longévité de l'arbre
- Le type de feuillage recherché (persistant ou non, couleur, type et forme, densité,...)
- La floraison (période, durée, couleur)
- La fructification (période et type de fruit)
- Le type d'écorce
- La valeur patrimoniale

D'autres facteurs importants pour la sélection tiennent à la gestion et à l'entretien des arbres : la facilité d'approvisionnement en pépinière, le ramassage des feuilles et des fruits, le type de système racinaire. Le calibre, le conditionnement et les périodes de plantations des arbres sont également des critères de sélection.

Par contre, le choix des espèces devra maintenir la plus grande diversification des espèces sur un même territoire : une maladie ou un parasite est souvent propre à une espèce déterminée. Une diversification trop faible accroît donc le risque d'épidémie et de propagation éventuelle. En Région de Bruxelles Capitale, un recensement publié dans le *Manuel des espaces publics*, cite les espèces suivantes : le cerisier du Japon, le platane commun, le tilleul argenté, l'érable plane, le copalme d'Amérique, le noisetier de Byzance, l'orme de Sibérie et le frêne à fleurs. Au-delà de ces préoccupations « sanitaires », la diversité des plantations est un enjeu esthétique, écologique et culturel.

La sélection des espèces est critique pour les arbres de pluie car les conditions du site sont souvent très stressantes pour la bonne croissance de l'arbre (voir les contraintes du milieu urbain ci-dessus).

Quoi qu'il en soit la sélection d'une espèce doit se faire en tenant compte des tolérances aux contraintes suivantes :

- des sols compacts et pauvres
- le sel (sel de déglçage en hiver)
- des polluants urbains
- les inondations
- la sécheresse
- une canopée large



Quelques espèces répondent favorablement à certains de ces critères et en particulier celui qui demandent une bonne résistance à la présence d'eau :

Erable rouge	Acer rubrum	Arbre à feuilles caduques connu pour ses couleurs d'automne ; préfère les sols mouillés ou humides ; tolérant à la sécheresse d'été et aux polluants urbain ; croissance rapide avec des racines qui peuvent soulever les trottoirs ; cultivars
Frêne d'Orégon	Fraxinus latifolia	Arbre à feuilles caduques ; sols saturés ou humides ; tolérant aux inondations ; tolérant aux sols pauvres
Cyprès chauve	Taxodium distichum	Conifère à feuilles caduques ; sols humides ou boueux ; tolérant à la sécheresse d'été et aux inondations saisonnières ; croissance lente et une grande longévité avec une large canopée ; cultivars
Chêne bicolor	Quercus bicolor	Arbre aux feuilles caduques ; grandit dans des sites humides ou mouillé mais est tolérant aux conditions de sécheresse ; résiste aux sols mal drainés ; grande longévité avec une croissance moyennement rapide
Cèdre rouge de l'Ouest	Thuja plicata	Sols humides à marécageux ; arbre à feuilles persistantes ; tolérant aux inondations saisonnières et aux sols saturés ; cultivar

La référence [8] ci-dessous présente dans ses annexes un large éventail d'espèces d'arbres de plantation.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Rivard, G., et al. *Guide de gestion des eaux pluviales. MDDEP. Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain.* <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/pluviales/partie1.pdf>, 2011.
- [2] Day, S.D, and S.B. Dickinson (Eds.) 2008. *Managing Stormwater for Urban Sustainability using Trees and Structural Soils.* Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA
- [3] Gillig C.-M., Bourgery C., Amann N., *L'arbre en milieu urbain – conception et réalisation de plantations*, Ed. : InFolio, Coll. : Archigraphy-Paysages, 28/11/2008
- [4] United States Environmental Protection Agency, *Stormwater to street trees – engineering urban forests for stormwater management*, EPA, EPA 841-B-13-001, septembre 2013
- [5] Capiella, Karen; Schueler, Tom; Wright, Tiffany. 2006. *Urban Watershed Forestry Manual. Part 2: Conserving and Planting Trees at Development Sites.* NA-TP-01-06, Newtown Square, PA: p 49-52. USDA Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry
- [6] Urban, J. (1992). Bringing order to the technical dysfunction within the urban forest. *Journal of Arboriculture*, 18(2), 85-90.
- [7] Région de Bruxelles Capitale, *Manuel des espaces publics*, Ed. Iris, Bruxelles, 1995
- [8] Hinman C, *Low impact development: Technical guidance manual for Puget Sound*, Puget Sound Action Team, Washington state University, 2005.

### Quelques liens internet intéressants :

Une compilation de la littérature sur les arbres de pluie (hyperlien en anglais) : [summary of literature \(http://www.forestsforwatersheds.org\)](http://www.forestsforwatersheds.org)

Un software qui analyse la foresterie urbaine : <http://www.itreetools.org/>

Base de données des arbres urbains plantés dans des méthodes LID (Low Impact Development) aux Etats-Unis <http://lyra.ifas.ufl.edu/NorthernTrees/>

