



BEHEERSTOOL VAN HET REGENWATER OP WIJKNIVEAU

- PRAKTIJK AANBEVELING GEQ08 -

GEQ08 - DE REGENBOMEN

1. DE BOOM IN EEN STEDELIJKE OMGEVING

1.1. FUNCTIES VAN BOMEN IN EEN STEDELIJKE OMGEVING

Als gezonde geplante bomen goed zijn geplaatst, kunnen ze tot hun maximale grootte groeien met grote bladerdaken en bieden ze sociaal-economische en milieuvoordelen, zoals:

- **De verbetering van de leefomgeving.** Bomen spelen een belangrijke rol in de landschapsstructuur van de stad. De boom benadrukt en definieert ruimten met zijn landschappelijke en esthetische functies.
- **De verbetering van de luchtkwaliteit.** De bomen zorgen niet alleen voor de onontbeerlijke vermindering van verontreiniging en milieuhinder aan de bron, maar ook voor verkoeling. Bovendien beperken ze bepaalde soorten verontreiniging. Bomen hebben ook invloed op de luchtcirculatie. Ze zorgen voor een vernieuwing van de omgevingslucht en strijden tegen verontreinigingspieken.
- **De reductie van koolstofdioxide.** Via fotosynthese nemen bomen koolstofdioxide op en geven ze zuurstof af. Hun vermogen om zuurstof af te geven hangt vooral af van de hoeveelheid bladeren.
- **De energiebesparing.** In de zomer vermindert de schaduw door het bladerdak van de bomen het warmte-eilandeffect en daarmee de mogelijke vraag naar koeling door airconditioning. Bomen verhogen de luchtvochtigheid en verlagen de temperatuur door de productie van waterdamp.
- **De habitat voor fauna en flora.** Bomen zijn belangrijke elementen van de stedelijke ecosystemen en zorgen voor de aanwezigheid van veel levende wezens in de stad: insecten, vogels, zoogdieren en plantengemeenschappen. De diversiteit aan boomsoorten draagt bij aan de diversiteit van flora en fauna in de stad.
- **De stijging van de waarde van een locatie.** Door de hogere vraag naar locaties die een hogere levenskwaliteit bieden, stijgt de waarde van de grond in een boomrijke omgeving. Een bos- of vegetatierijke wijk krijgt er dus een beter imago door. De voordelen zijn tastbaar op het vlak van toerisme en economische inrichting van de locatie.
- **Sociale voordelen.** Bomen worden geassocieerd met wandelen en rust en dragen dan ook bij tot geestelijke rust en ontspanning. De boom vervult ook een educatieve en opvoedkundige rol voor kinderen die leren over de natuurlijke cycli, respect voor het leven ... De boom verbetert zo de levenskwaliteit, in het bijzonder in dichtbebouwde gebieden waar natuur nauwelijks aan bod komt, dat wil zeggen in de centrale en sociaal-economische meest achtergestelde wijken.

Van alle functies wordt het aangeboren vermogen van bomen om **het afvloeiwater te absorberen en om te leiden** te weinig gebruikt. Bomen **beschermen de kwaliteit van het water** door het te filteren en het regenwater terug te winnen.

Dit vermogen om regenwater te absorberen vermindert de werkbelasting van het traditionele zuiveringsnet, wat op zijn beurt de werkingskosten en de noodzaak voor extra zuiveringsinstallaties vermindert.

1.2. BEPERKINGEN VAN DE STEDELIJKE OMGEVING

De groei- en ontwikkelingsomstandigheden voor stedelijke vegetatie zijn uiterst moeilijk. De boom moet in deze vijandige omgeving plaats vinden om zijn wortels te verankeren en over een waterreservoir te beschikken, om een uitgebreid luchtnetwerk te ontwikkelen zodat de bladeren kunnen ademen, zweten en synthetiseren, en om te ontsnappen aan vervuiling, strooizout, botsingen en verwondingen.

Er zijn diverse beperkingen voor een goede boomgroei:

- **Het stedelijke klimaat, atmosferische factoren en verontreinigende stoffen.** Het is meestal warmer in stedelijke gebieden. De vegetatieperiodes duren bijgevolg langer, wat de keuze voor meer zuidelijke soorten rechtvaardigt. De openbare verlichting vertraagt het vallen van de bladeren. De schaduw van de gebouwen kan leiden tot minder wortels door een vermindering van de fotosynthese.
- **Moeilijke wateromstandigheden.** De ondoordringbare bodem droogt snel uit vanwege transpiratie van bomen en de boom lijdt dan ook aan een gebrek aan water. Bovendien verhoogt het stedelijke warmte-eilandeffect de transpiratie van de bomen die door de ondoordringbaarheid van de bodem minder water vinden om zich te voeden.
- **De stedelijke bodem.** De stedelijke bodems worden vaak gewijzigd en bestaan uit een heterogeen en compact, droog mengsel dat arm aan organische stof of vervuild is.
- Mechanische schade en verwondingen, verdwenen technische netwerken, vervuiling door strooizout ... zijn andere beperkingen van de stedelijke omgeving.

2. DE ROL VAN BOMEN IN HET BEHEER VAN REGENBUIEN

De rij regenbomen is vergelijkbaar met de traditionele rij bomen, met het verschil dat het plantgat zo is gewijzigd dat het afvloeiwatert kan opvangen en verwerken en zo een betere omgeving voor de boom kan leveren.

Een aangepast plantgat om regenwater op te vangen, beschikt over meer grond dan een gewone beplanting, een continue irrigatie en een drainagesysteem dat de groei van de boom bevordert.

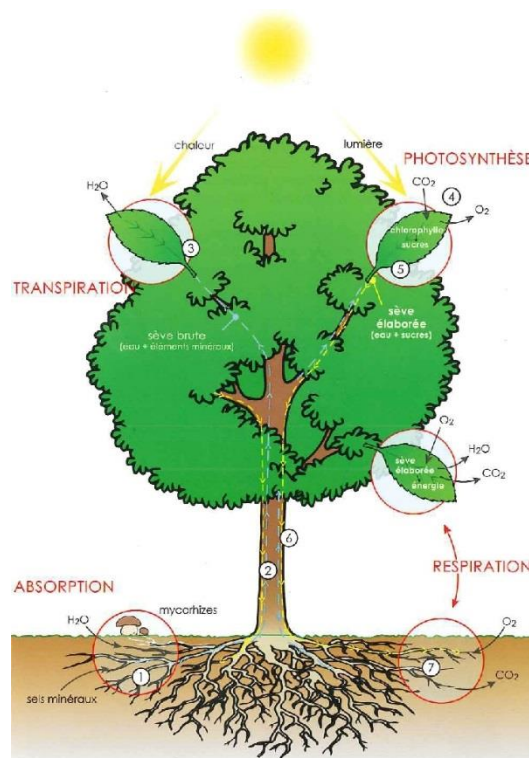
De regenbomen kunnen dus een belangrijke rol spelen in het regenwaterbeheer door de hoeveelheid afvloeiwatert te verminderen dat naar de afvoer gaat.

2.1. BIOLOGIE EN WATERBEHOEFTE VAN BOMEN

De boom is een levende plant die zich ontwikkelt en werkt volgens de volgende fysiologische principes:

- De **absorptie** van water en minerale zouten. Het wortelstelsel van de boom absorbeert water, de mineralen en sporenelementen die nodig zijn voor de productie van ruw sap.
- De **transpiratie** en de ruwe sapomloop. De verdamping van water uit de bladeren is de motor van de ruwe sapomloop. Dankzij de transpiratie kan de boom ook zijn temperatuur regelen.
- De **fotosynthese** en de omloop van aangemaakt sap. De bladeren van de boom vangen de lichtenergie op en zetten koolstofdioxide en water om in suikers. Deze suikers worden vervolgens in de vorm van sap verdeeld naar alle levende delen van de boom.
- De **ademhaling**. Bomen ademen en breken suikers in de opgenomen zuurstof af door CO₂, waterdamp en energie te produceren.





Afbeelding 1: De boom absorbeert water via de wortels en transpireert het via de bladeren (Bron: Gillig, L'arbre et milieu urbain)

Begrijpelijk, want water en bomen zijn nauw verbonden: de boom heeft water nodig om te groeien en de boom kan regenwater 'reinigen'.

De waterreserve die door bomen kan worden gebruikt, hangt af van het volume van het plantgat van de boom en met name van de porositeit (percentage vrije ruimte in de bodem) van de bodem in het gat.

Het plantgat is dus de aangelegde ondergrondse ruimte in een stedelijke omgeving waarin de bomen zich kunnen verankeren en worden gevoed met water en mineralen. Het volume van het plantgat moet worden aangepast aan de boomsoort, maar dient in het algemeen 10 tot 15 m³ groot te zijn. De diepte van het plantgat mag maximaal 1,5 m bedragen. Als het dieper is, groeien de wortels niet goed. Bij regenbomen dienen de plantgaten ononderbroken te zijn. Dat wil zeggen dat ze elkaar zonder onderbreking moeten opvolgen. Een ononderbroken geul onder de bestrating verbindt de bomen onderling. De plantput is de ruimte van het plantgat waarin de boom moet worden geplant. Deze varieert van 1 tot 4 m³.

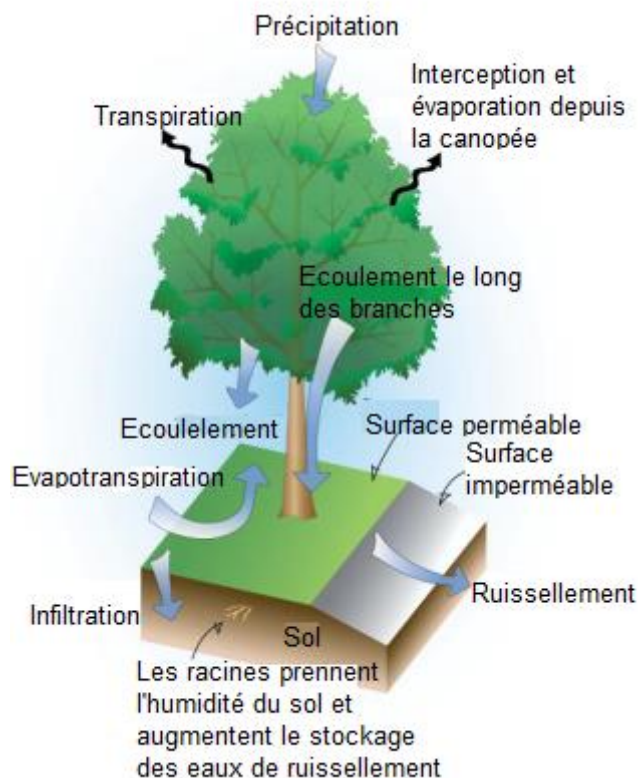
2.2. HYDROLOGISCHE WERKING VAN REGENBOMEN

Een regenboom kan de hoeveelheid afvloeiwatervat als volgt verminderen:

- **Transpiratie:** Bomen putten grote hoeveelheden water uit de bodem die ze voor fotosynthese gebruiken. Het water wordt vervolgens via het bladerdak van de boom en in dampvorm in de atmosfeer vrijgegeven.
- **Onderschepping:** De bladeren, bomen en stam onderscheppen en absorberen een deel van de neerslag. Zo verminderen ze de hoeveelheid water die de grond bereikt, vertragen ze het en verminderen ze het volume van het piekdebet.
- **Minder erosie:** het bladerdak van de bomen vermindert het volume en de snelheid van de regenval evenals de impact van neerslag op de bodem
- **Infiltratie:** De groei van de wortels en de ontbinding in de bodem verhogen de infiltratiecapaciteit van de bodem.
- **Fytoremediatie:** Samen met het water halen de bomen uit de bodem hele kleine hoeveelheden schadelijke chemische stoffen: metalen, organische verbindingen, brandstoffen en oplosmiddelen. Binnenin de boom kunnen deze stoffen worden omgezet in



minder schadelijke stoffen, die vervolgens worden gebruikt als voedingsstoffen en/of worden opgeslagen in de wortels, stengels en bladeren.



Afbeelding 2: Hydrologische principes van regenbomen
(bron: EPA, Stormwater to street trees)

2.3. BEHEERSYSTEMEN VOOR REGENBUIEN

De beheersystemen voor regenbuien via een rij bomen kunnen in twee families worden onderverdeeld.

Het water kan direct van omringende oppervlakken afvloeien, waarbij het water de boom voedt via infiltratie aan de voet van de boom: het gaat dus om afvoersystemen zoals doordringbare bestrating en plantgaten van regenwater.

Het water kan van de omringende oppervlakken worden afgevoerd, waarbij het water rechtstreeks in het plantgat onder de boom terechtkomt. Het gaat dus om afwateringsystemen zoals **hangende voetpaden** en structurele bodem.

2.3.1. SYSTEMEN DOOR AFVLOEIING

De beheersystemen door afvloeiing zijn de minst invasieve systemen in de stedelijke bodem. Zij verzamelen het water van naburige oppervlakken via afvloeiing en leiden dit water naar de voet van de bomen. Het water wordt vervolgens opgeslagen aan het oppervlak (kuil voor regenwater) of in de bodem (poreuze bestrating). Dit water voedt vervolgens de boom en wordt dus afgevoerd via verdamping en insijpeling in de bodem als dit is toegelaten, en uiteindelijk via een geregeld debiet.

De kuilen voor regenwater vormen een soort lokaal absorberende minireservoirs die het regenwater omleiden en zuiveren. De kuilen voor regenwater kunnen zo worden geplaatst dat ze de hoeveelheid beheerd en gezuiverd water vergroten. Bovendien kan met de verbinding tussen meerdere kuilen voor regenwater de hoeveelheid opgevangen water ook worden verhoogd.



Afbeelding 3: De kuilen voor regenwater vormen minireservoirs aan de voet van de regebomen

(bron: EPA, Stormwater to street trees)

Het afvoersysteem met poreuze of doordringbare bestrating verwijst naar een breed assortiment oppervlaktebedekkingen waarbij water snel aan de voet van bomen kan insijpelen. Deze systemen omvatten een ondergrond, een reservoir (doordringbare bodem) die het afvloeiwat er kan opslaan totdat het insijpelt. Met deze systemen kan het water onmiddellijk insijpelen waar het valt, wat het afvloeien vermindert. Deze oppervlaktematerialen kunnen ook dienen om de voet van bomen te beschermen.

De doordringbare materialen vergroten dus de insijpeling en helpen de bomen om zuurstofrijk water te krijgen en het afvloeien op het oppervlak te verminderen. Het water wordt opgeslagen in het plantgat voordat het verdamp t en/of insijpelt en uiteindelijk met geregeld debiet wegstroomt.

Er bestaan verschillende soorten bedekkingen:

- Hangende bedekkingen zoals roosters en houten plankieren;
- Liggende bedekkingen zoals bestrating, tegels ...;
- Gegoten bedekkingen zoals stabilisatie, ophopingen ...;
- Plantaardige bedekkingen zoals grasperken, planten, struiken;
- Plantaardige of minerale mulch.

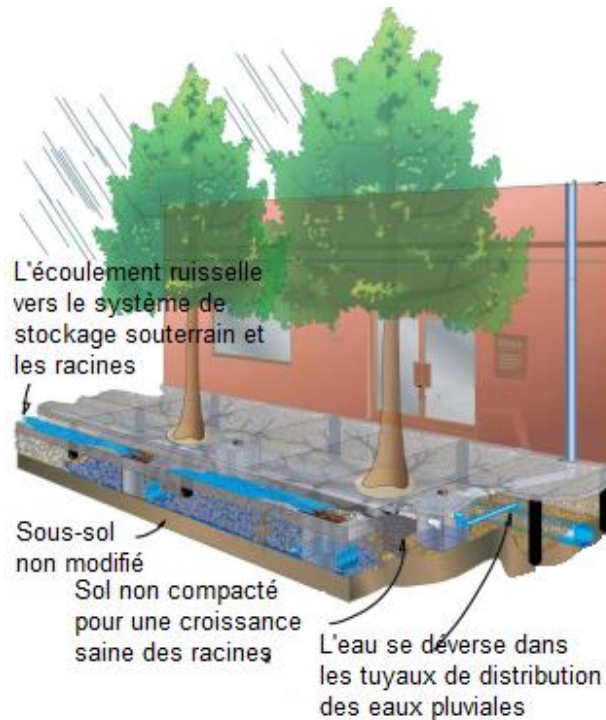
2.3.2.DRAINAGESYSTEMEN

In drainagesystemen wordt regenwater afgevoerd naar het plantgat van bomen via een drainagenetwerk. Het water wordt op de aangrenzende oppervlakken verzameld en stroomt vervolgens weg via de afvoer in het plantgat om de bomen te voeden.

In het systeem van ophangende voetpaden wordt de oppervlaktebekleding ondersteund door een pijlnetwerk. Het veringsysteem ondersteunt het gewicht van de bestrating waardoor de grond niet kan worden verdicht en de ontwikkeling van de wortels en van het afvloeiwat erbeheer worden bevorderd.

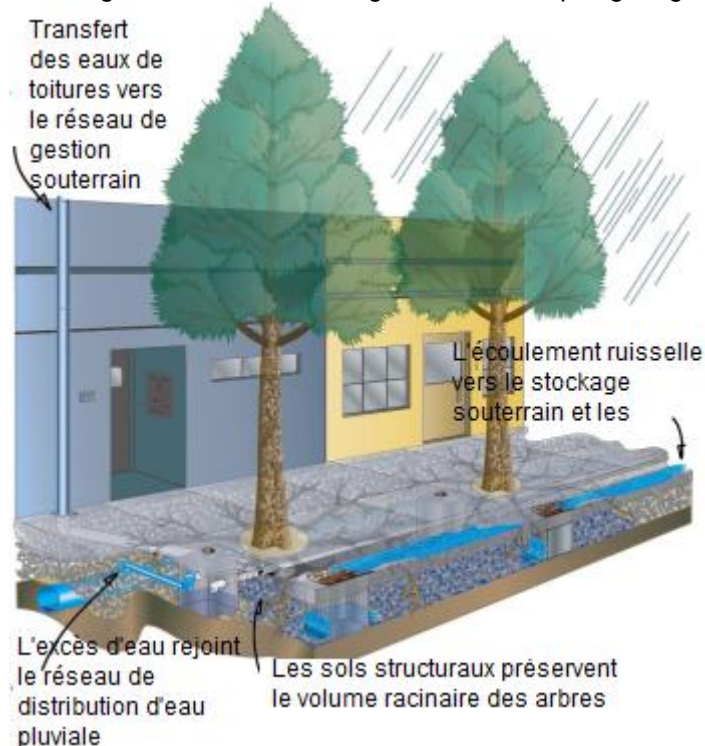
Dit systeem van hangende voetpaden is interessant voor de ontwikkeling van grote bomen die een groot volume grond en overeenstemmend plantgat nodig hebben.

Het water wordt via een netwerk van afvoerleidingen van de omringende oppervlakken geleid naar de grondmassa onder de hangende voetpaden. Het water verdwijnt vervolgens via verdamping, insijpeling en uiteindelijk geregeld debiet.



Afbeelding 4: voeding van bomen door drainage volgens het principe van hangende voetpaden (bron: EPA, Stormwater to street trees)

De structurele bodemtechniek is het tweede beheerprincipe in de familie afwateringstechnieken. Structurele bodem verwijst naar een bodemgroep die bestaat uit een mengsel van verschillende bodems met grind. Ze worden gebruikt voor de groei van bomen en als ondersteuning voor bestrating. Structurele bodems zijn zeer poreus en zijn ontworpen om te voldoen aan de eisen van verdichting van parkeerplaatsen, wegen en andere verharde oppervlakken waardoor de boomwortels in de bodem kunnen dringen. Structurele bodems hebben een porositeit van ongeveer 25%, wat wortelgroei en beheer van regenwater door opslag mogelijk maakt.



Afbeelding 5: Voeding van bomen door drainage volgens het principe van structurele bodem (bron: EPA, Stormwater to street trees)

3. HET ONTWERP VAN EEN BEPLANTING

3.1. STUDIE VAN DE BEPLANTINGSSITE

Gebruik regenbomen op een doeltreffende wijze om afvloeiwatert te bestrijden, vraag dat de site grondig wordt bestudeerd. Bomen in de stad hebben ruimte, een specifieke bodem en een drainage- en irrigatiesysteem nodig. De eigenschappen van de bodem en het volume van het plantgat zijn essentieel voor een goede groei van bomen om ze te gebruiken voor het beheer van regenwater.

De studie van de site begint met een historisch onderzoek dat de verschillende fasen van de bouw van de site reconstrueert. Deze studie maakt gebruik van kaarten en archieven en moet ontdekken op welke manier de bodem na verloop van tijd is veranderd. Ze moet ook sporen van in de grond gekomen water, elektriciteit en gas onthullen.

Vervolgens moet een milieu- en landschapsanalyse van de site worden uitgevoerd. Hierbij moet rekening worden gehouden met de milieuomstandigheden op het gebied van klimaat (temperatuur, vochtigheid, regenval ...), hoogte, topografie en blootstelling. Deze factoren hebben een rechtstreekse invloed op de keuze van de boomsoorten en de omstandigheden waarin bomen worden geplant.

Bij de beoordeling van het projectgebied is het belangrijk om rekening te houden met de omgeving en aanwezige landschapsstructuren, het naburige bomenerfgoed met de identificatie van soorten en sociale kenmerken van de site, en het gebruik van de ruimte.

Tot slot moet de studie van de site eindigen met een onontbeerlijk bodemkundig onderzoek om van de beplantingsmethode te bepalen. Het is raadzaam om de volgende zaken te analyseren:

- Fysieke parameters (profiel, bodemstructuur en -textuur);
- Chemische parameters (zuurtegraad, organische stoffen ...);
- Biologische parameters (fauna en flora, aanwezigheid van wortels);
- De watervoorraad van de bodem, de drainageomstandigheden en de diepte van de grondlagen.

Een voldoende poreusheid (hoeveelheid lege ruimte in de bodem), een consistente doordringbaarheid (verbindingen tussen de poriën van de bodem) en een goede infiltratiecapaciteit (snelheid waarmee water in de bodem insijpelt) zijn van cruciaal belang voor het welslagen van een boom voor het beheer van regenwater. Deze bodemeigenschappen hebben niet alleen een invloed op de hoeveelheid lucht, vocht en voedingsstoffen die voor de wortels beschikbaar zijn, maar ook op de hoeveelheid water die door de bomen wordt beheerd.

3.2. AANPLANTINGSPROJECT

3.2.1. INPLANTINGSONTWERP

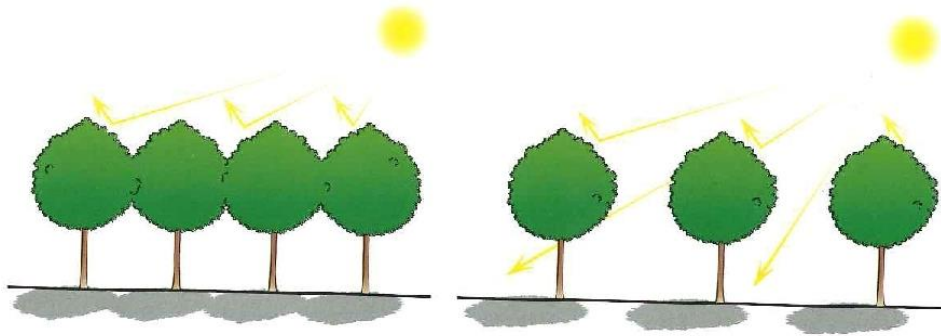
De inplanting van bomen heeft een invloed op de esthetiek en de omgeving van de ontworpen ruimte omdat ze de perceptie van de ruimte wijzigt.

De keuze van de bomen bepaalt de vorm, grootte, het uiterlijk en de kwaliteit van gebladerte, seizoensgebonden veranderingen, de bloeitijden van verschillende soorten ...

Er zijn verschillende soorten inplanting die voor verschillende omgevingen zorgen:

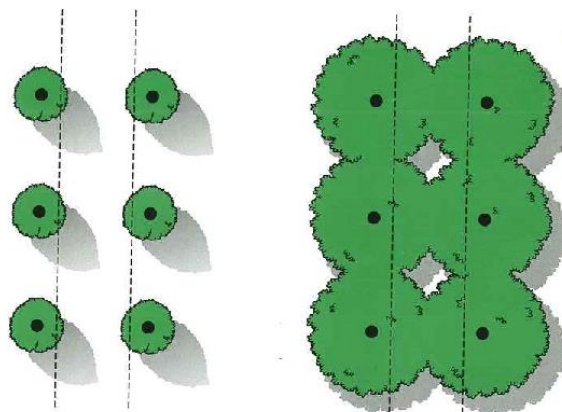
- De alleenstaande boom tekent zich af in het landschap.
- Een rij bomen zijn een reeks bomen die op regelmatige afstand zijn geplant.





Afbeelding 6: Een rij bomen beïnvloedt de mate van onderschepping en de omgeving
(bron: Gillig, L'arbre en milieu urbain)

- Bomen in groep zorgen voor bosomgevingen.

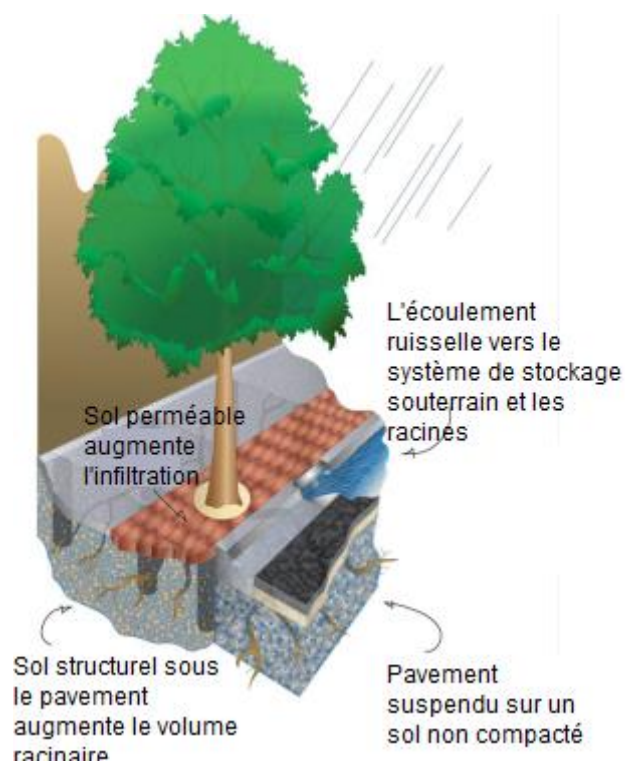


(bron: Gillig, L'arbre en milieu urbain)

De inplanting en de keuze van de soorten (met name de grootte van de boom) hebben een directe invloed op de waterefficiëntie van een inplanting. Hoe groter immers het totale bladoppervlak van het inplantingsproject en hoe groter het plantgat van een boom, hoe belangrijker de onderschepping en de opslag in de waterbalans.

Een bijzondere en zorgvuldige inplanting moet worden uitgevoerd. Daarbij moet rekening worden gehouden met de volgende aanbevelingen:

- Gebruik de straatranden om de afvloeiing rechtstreeks naar de bomen te voeren. Er moet dus een filter worden gebruikt om vuil en ander afval op te vangen.
- Een afwatering die de bomen onderling verbindt en tot de afvoer loopt moet onder elk van de plantgaten worden geïnstalleerd. Deze afwatering moet worden aangevuld met een laag grind die als filter dienstdoet.
- De bomen moeten worden geplant in een rijgeul met een filtermogelijkheid voor regenwater (voorbehandelingsvoorziening), waardoor er ruimte voor de wortels wordt gelaten. Deze geul verbindt de bomen onderling.
- De bedekkingen van het oppervlak moeten worden versterkt om de wortelgroei te behouden.



Afbeelding 7: Het inplantingsontwerp is van cruciaal belang voor een doeltreffend beheer
(bron: EPA, Stormwater to street trees)

3.2.2. SELECTIE VAN SOORTEN

De keuze voor een soort uit het diverse aanbod aan planten hangt af van een methode die een aantal criteria samenvoegt.

Om te beginnen hangt de keuze voor een soort af van de aanpassing van de boom aan de omgeving en omstandigheden van de site die tijdens het onderzoek van de site duidelijk moeten worden.

Vervolgens moeten de esthetische verwachtingen van de beplantingen in aanmerking worden genomen bij de keuze van de soort. Deze keuze dient te omvatten:

- De gewenste afmetingen op volwassen leeftijd
- De groei van de boom en de structuur van de takken
- De groeisnelheid en de levensduur van de boom
- Het gezochte bladtype (groen blijvend of niet, kleur, type en vorm, dichtheid ...)
- De bloei (tijd, duur, kleur)
- De vruchtvorming (tijdstip en type van fruit)
- Het type schors
- De erfgoedwaarde

Andere belangrijke factoren voor de keuze hebben te maken met het beheer en onderhoud van bomen: de mogelijkheid tot voorziening van de boomkwekerij, het verzamelen van bladeren en vruchten, het type wortelstelsel. De grootte, de verpakking en de perioden van inplanting zijn ook selectiecriteria.

Bij de keuze van soorten moet echter voor een zo groot mogelijke diversificatie op eenzelfde grondgebied worden gezorgd: een ziekte of een parasiet is vaak eigen aan een bepaalde soort. Te weinig diversificatie verhoogt dus het risico op epidemieën en een potentiële verspreiding ervan. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest vermeldt een telling in de *Manuel des espaces publics* de volgende soorten: Japanse kers, gewone esdoorn, zilverlinde, Noorse esdoorn, amberboom, boomhazelaar, Siberische iep en pluimes. Naast deze bezorgdheid om de 'gezondheid' vormt de diversiteit van de inplantingen een esthetische, ecologische en culturele kwestie.

De selectie van soorten is van cruciaal belang voor regenbomen omdat de omstandigheden van de site vaak zeer belastend zijn voor de goede groei van de boom (zie beperkingen van de stedelijke omgeving hierboven).

Hoe dan ook dient er bij de keuze van een soort rekening te worden gehouden met de toleranties voor de volgende beperkingen:

- verdichte en arme bodems
- het zout (strooizout in de winter)
- stedelijke verontreinigende stoffen
- de overstromingen
- de droogte
- een groot bladerdak

Sommige soorten voldoen goed aan een aantal van deze criteria, met name criteria die een goede weerstand tegen de aanwezigheid van water vereisen:

Rode esdoorn	Acer rubrum	Boom die zijn bladeren verliest en bekend staat om zijn herfstkleuren; geeft de voorkeur aan natte of vochtige bodem; kan goed tegen de zomerdroogte en stedelijke verontreinigende stoffen; groeit snel met wortels die voetpaden kunnen tillen; cultivars.
Oregon-es	Fraxinus latifolia	Boom die zijn bladeren verliest; verzadigde of vochtige bodem; kan goed tegen overstromingen; gedijt goed in arme bodem.
Moerascipres	Taxodium distichum	Naaldboom die zijn naalden verliest; natte of modderige bodem; kan goed tegen de zomerdroogte en seizoensgebonden overstromingen; trage groei en een lange levensduur met een groot bladerdak; cultivars.
Tweekleurige eik	Quercus bicolor	Boom die zijn bladeren verliest; groeit op vochtige of natte plaatsen, maar kan goed tegen droogte; is bestand tegen slecht gedraineerde bodem; lange levensduur met een matig snelle groei.
Reuzenlevensboom	Thuja plicata	Vochtige tot moerassige bodem; boom die zijn bladeren behoudt; kan goed tegen seizoensgebonden overstromingen en verzadigde bodems; cultivar.

De verwijzing [8] hieronder stelt in haar bijlagen een ruim assortiment boomsoorten voor inplanting voor.

BIBLIOGRAFIE

- [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., Bourgerie 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, september 2013
- [5] Capiella, Karen; Schueler, Tom; Wright, Tiffany. 2006. *Urban Watershed Forestry Manual*. Deel 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] Brussels Hoofdstedelijk Gewest, *Manuel des espaces publics*, Ed. Iris, Brussel, 1995
- [8] Hinman C, *Low impact development: Technical guidance manual for Puget Sound*, Puget Sound Action Team, Washington state University, 2005.

Enkele interessante internetkoppelingen:

Een samenvatting van literatuur over regenbomen (link in het Engels): [summary of literature \(http://www.forestsforwatersheds.org\)](http://www.forestsforwatersheds.org)

Software die de stedelijke bosbouw analyseert: <http://www.itreetools.org/>

Databank van geplante stedelijke bomen volgens de LID-methode (Low Impact Development) in de Verenigde Staten <http://lira.ifas.ufl.edu/NorthernTrees/>

