

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

BEHEER VAN REGENWATER OP HET PERCEEL EN IN DE OPENBARE RUIMTE

LENTE 2024

**Ontwerp van inrichtingen voor een geïntegreerd
regenwaterbeheer**

Stéphan Truong





- ▶ Presentatie van een overzicht van de verschillende inrichtingen voor regenwaterbeheer
- ▶ Precisering van de elementen vereist voor de dimensionering van de verschillende inrichtingen om de via de dimensioneringsmethodes verkregen, te beheren volumes te realiseren
- ▶ Integratie van het regenwaterbeheer in het projectontwerp



VAN ALLES IN DE RIOLERING NAAR DE DOORLAATBARE STAD

GRWB

ONTWERPELEMENTEN

INRICHTINGEN





Herendal SPW



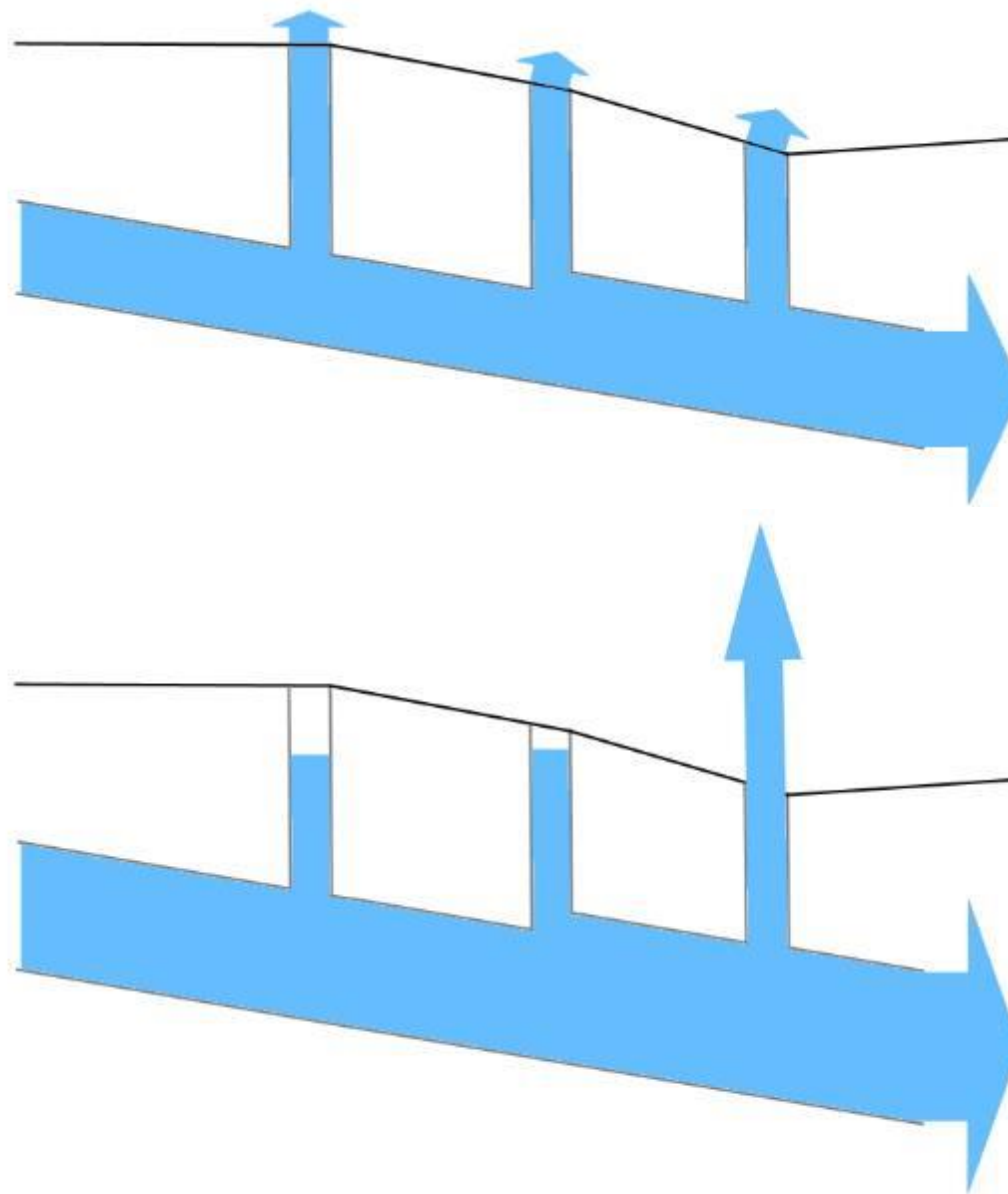
Anderlecht



Anderlecht







Regelmatig
kleine
overstromingen

Grote
plaatselijke
overstroming

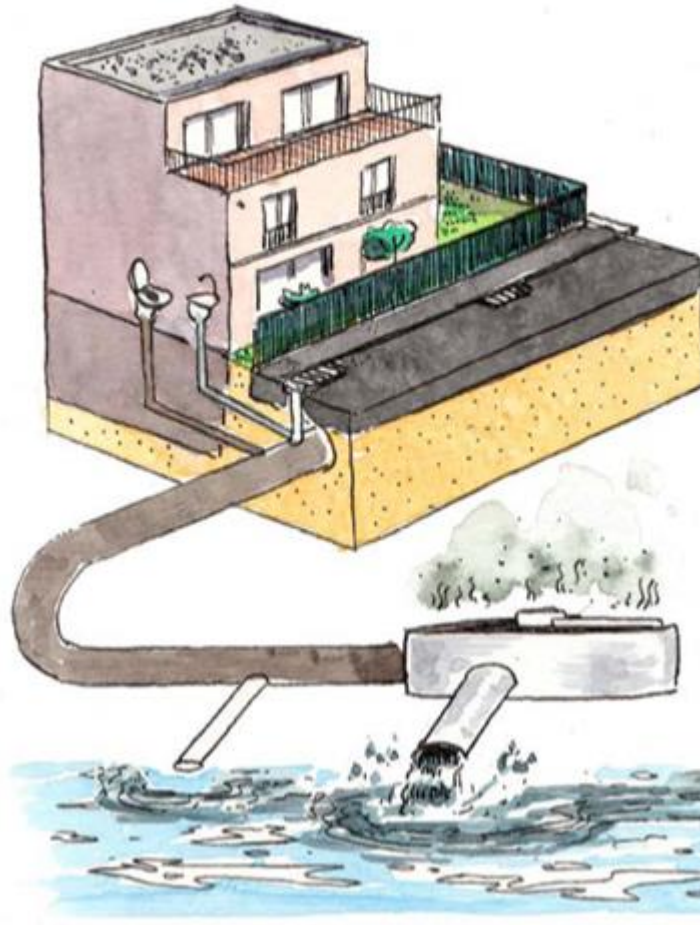
Overdimensionering
van het net



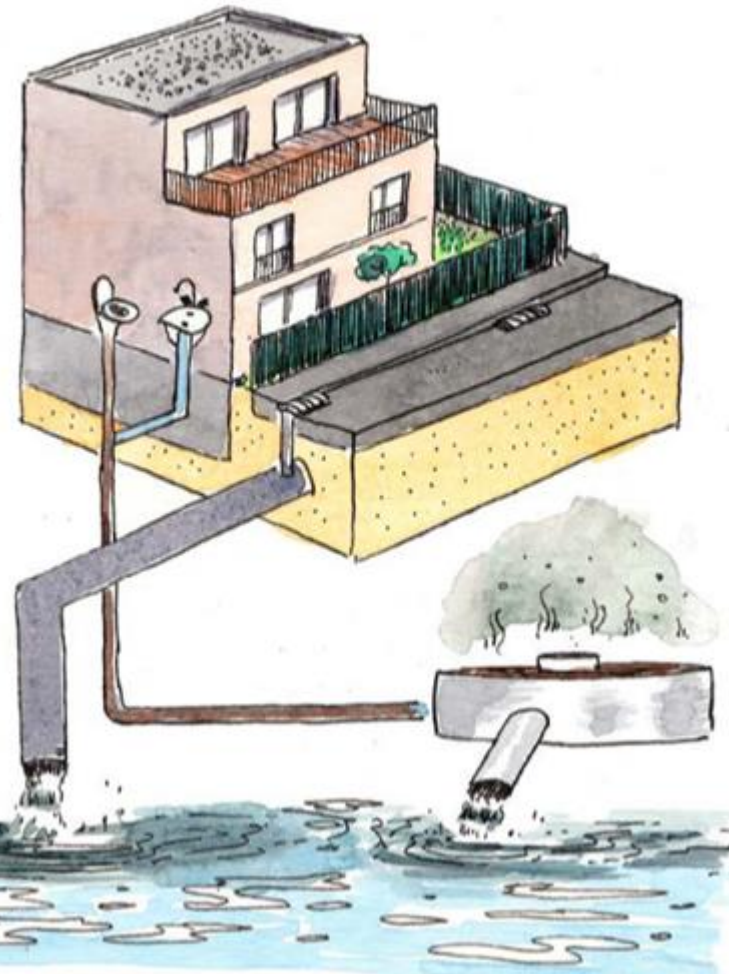




réseau unitaire



réseau séparatif.

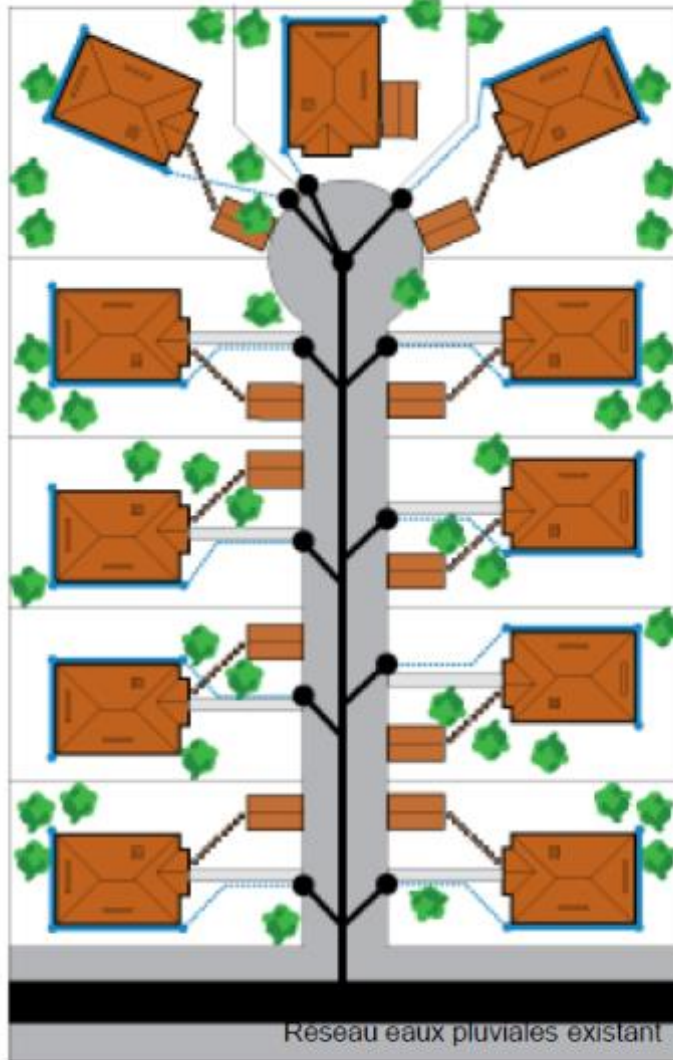


Bron: France Nature Environnement

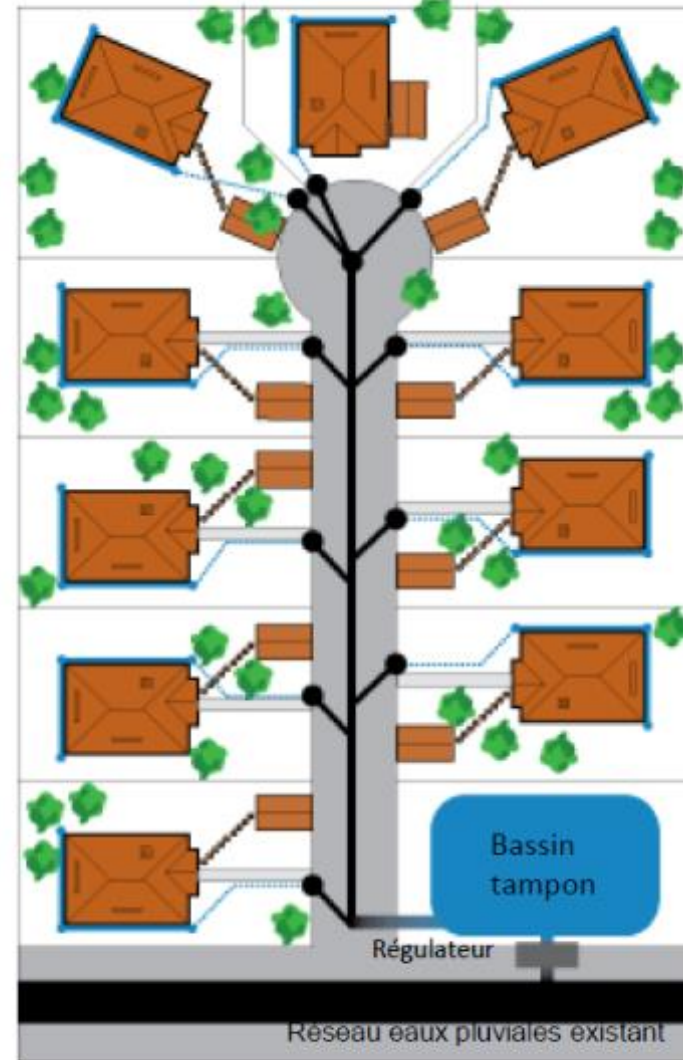




Techniques traditionnelles



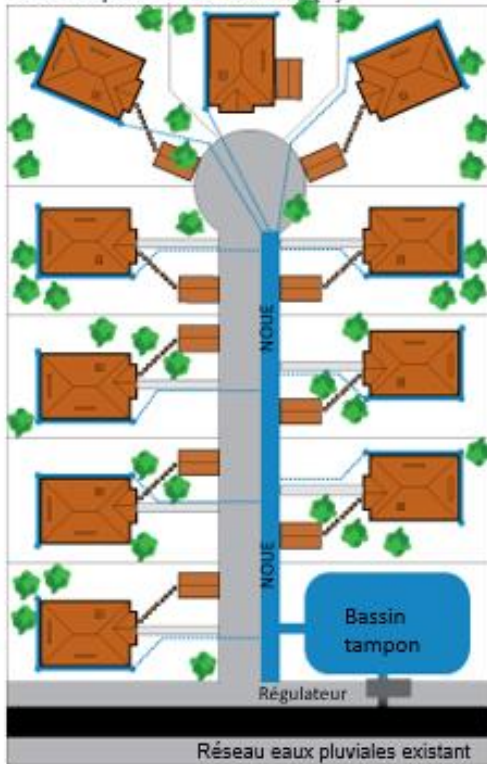
Techniques alternatives (1)





Ingegraven of in openlucht

Techniques alternatives (2)



- Te creëren infrastructuur of te renoveren verouderde infrastructuur-> grotere **investeringen**
- Bron van **verontreiniging** via slechte vertakkingen en via opvang van afvloeiend water van ondoorlatende oppervlakken
- Relatieve bescherming tegen **overstromingsrisico's** (afvoernet of waterloop met begrensde capaciteit)
- Complexiteit van de **uitvoering** (lozing met vergunningsplicht, in te doorkruisen openbare ruimte)
- Moeilijkheid om **beheerder** te identificeren
- **Geen enkele ecosystemedienst** verleend:
 - Geen zuivering door de combinatie bodem-wortels
 - Geen positief klimaateffect (hitte-eilanden)
 - Geen beheer aan de bron (niet-afvloeiing is te verkiezen, met name voor de kwaliteit)
- **Rendabiliteit:** elke m³ water die op geïntegreerde wijze wordt beheerd (GRWB = infiltratie of evapotranspiratie) levert onmiddellijke voordelen op voor het ecosysteem en onttrekt permanent water aan het rioleringsnet.
Bij een gescheiden net stromen (ondanks gemaakte kosten voor een segment), zolang het net niet op een stroomafwaarts gelegen waterloop is aangesloten, de binnenkomende m³ altijd weer naar de riolering, waardoor elk milieuvoordeel vervalt.



De ervaring met gescheiden netten in het BHG is niet overtuigend





Ingegraven stormbekken

- ▶ Dient **ALLEEN ter bestrijding van overstromingen** en zelfs dat valt te betwisten (grote ambitie die onmogelijk waar te maken is)
- ▶ Kan een langdurig nadelig effect hebben op de **verontreiniging van het ontvangende milieu** (bijkomstig effect)
- ▶ Stuurt nog steeds **alles naar de riolering**
- ▶ Geen beheer van **lichte neerslag**
- ▶ Geen **ecosysteemdienst**
- ▶ Technisch onmogelijk voor **kleine percelen**
- ▶ **Ondergronds** en snel vergeten (bijv. Seine-Saint-Denis, 60 % niet-conform)
- ▶ Hoge **kostprijs** per 'beheerde' m³
- ▶ Afvloeiing en transport via de leidingen veroorzaakt een concentratie van de **vervuiling**
- ▶ Eventueel verbruik van pompen (kostprijs en onderhoud)





Stormbekken in openlucht (al dan niet infiltrerend)

- ▶ Helpt in de strijd tegen **overstromingen**, maar blijft twijfelachtig (grote ambitie die onmogelijk waar te maken is)
- ▶ Stuur nog steeds **alles naar de riolering** (niet-infiltrerend)
- ▶ Beheer van **lichte neerslag** (indien infiltrerend)
- ▶ Geringe **ecosysteemdiensten**
- ▶ **Gedecentraliseerd** > neemt grond in beslag
- ▶ Wordt snel een **stortplaats**
- ▶ Hoge **kostprijs**
- ▶ Afvloeiing en transport via de leidingen veroorzaakt een concentratie van de vervuiling naar de geringe infiltratieoppervlakken > hoog risico op **vervuiling van het grondwater!**
- ▶ Grote actieve oppervlakken in vergelijking met infiltratieoppervlakken, wat leidt tot aanzienlijke **beslibbing**
- ▶ Slechte **integratie in het landschap**
- ▶ Unifunctioneel (omheining enz.)



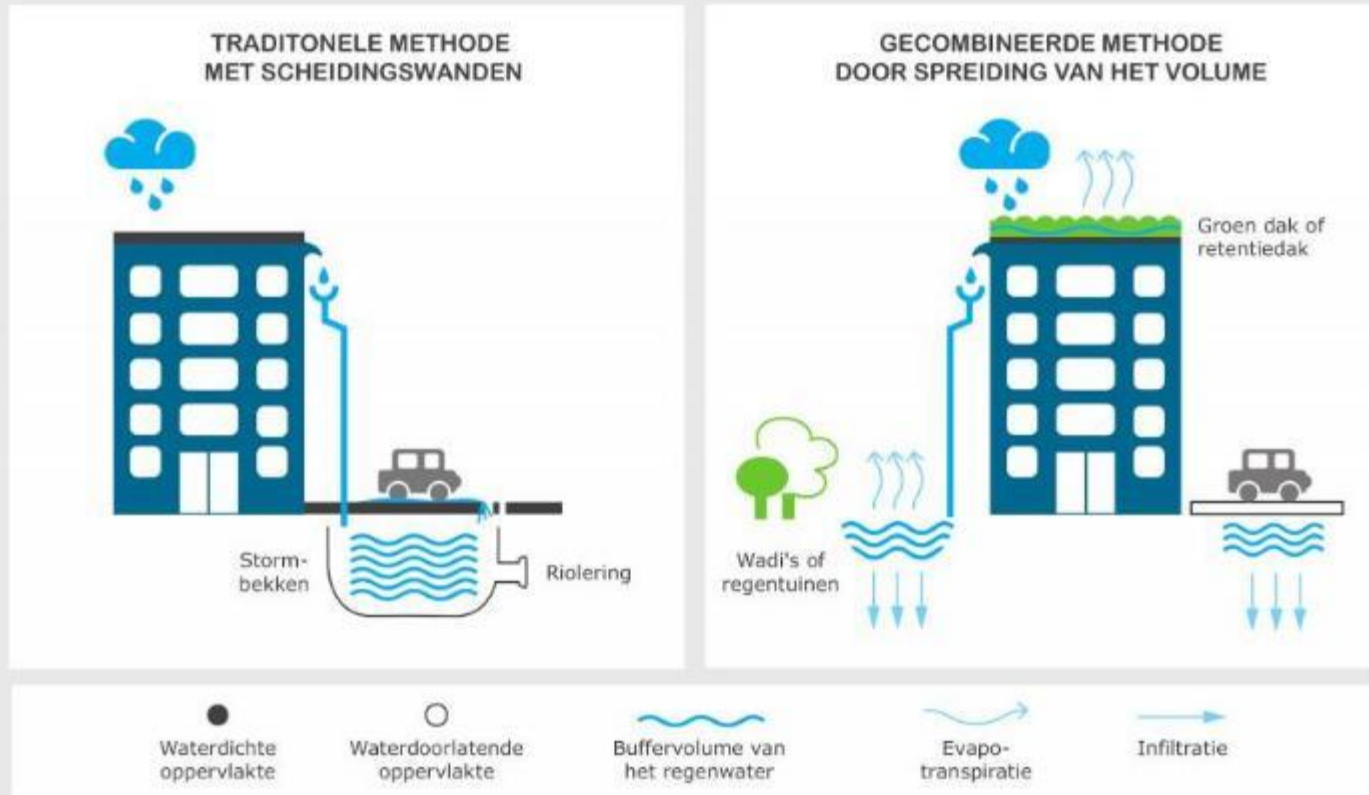


Waterdoorlatend beton of ultralichte alveolaire structuren

- ▶ **Helpen in de strijd tegen overstromingen**, maar blijven twijfelachtig (grote ambitie die onmogelijk waar te maken is)
- ▶ Overloop naar **riolering** nodig
- ▶ Beheer van **lichte neerslag**
- ▶ Geen **ecosysteemdienst**
- ▶ **Ondergronds** en snel vergeten
- ▶ Zeer hoge **kostprijs** per 'beheerde' m³
- ▶ Afvloeiing en transport via de leidingen veroorzaakt een concentratie van de vervuiling naar de geringe infiltratieoppervlakken > hoog risico op **vervuiling van het grondwater!**
- ▶ Grote actieve oppervlakken in vergelijking met infiltratieoppervlakken, wat leidt tot aanzienlijke **beslibbing**
- ▶ **Grijze energie** van de materialen



REGENWATER BUFFEREN – TRADITIONELE METHODE VS GECOMBINEERDE METHODE



© Leefmilieu Brussel



“Wanneer gezegd wordt dat verandering onmogelijk is, toon dan het voorbeeld van... Seoul”

[Gebaseerd op een citaat van Lior Steinberg]



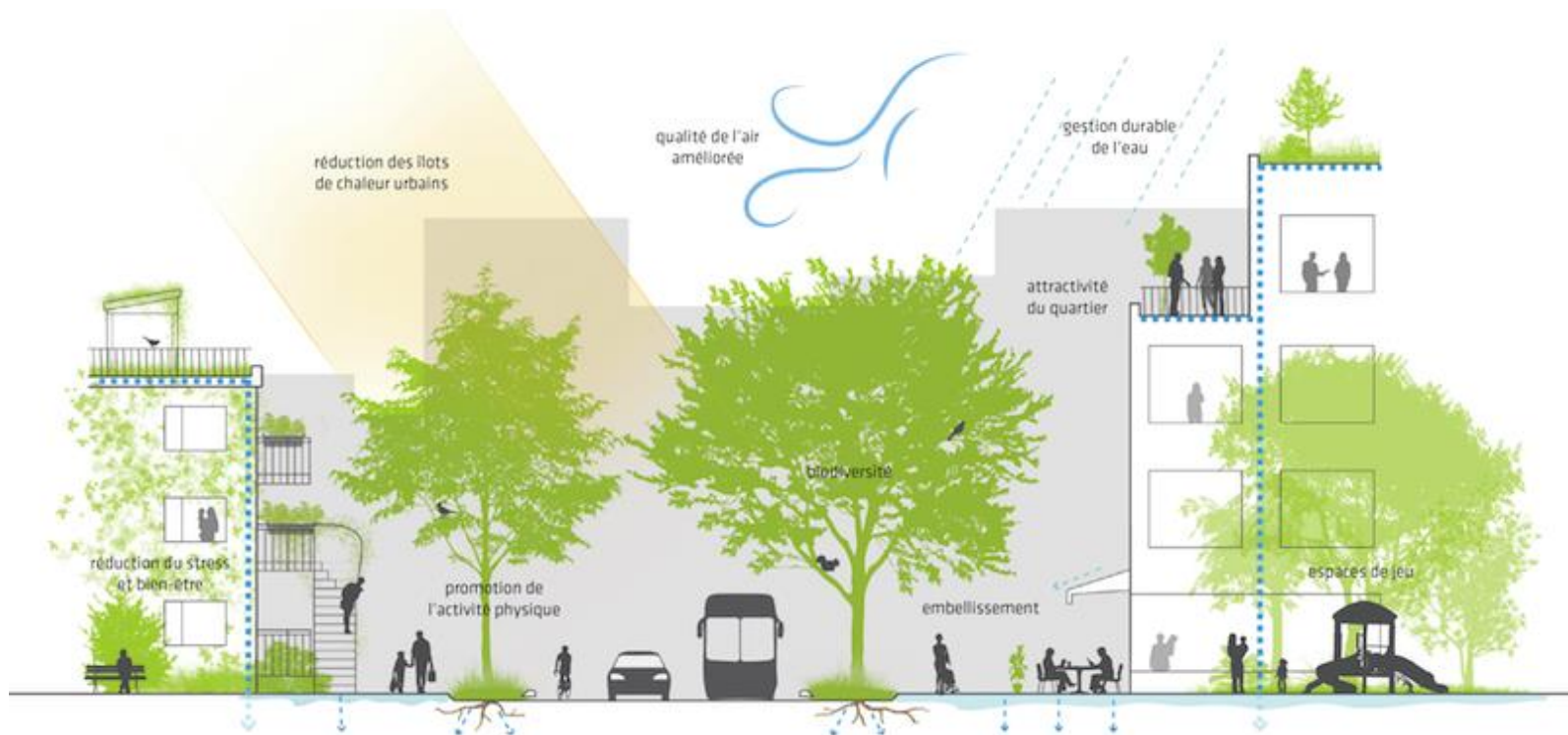
Bron: Metro Seoul, www.metroseoul.kr



VAN ALLES IN DE RIOLERING ...
... NAAR DE DOORLAATBARE STAD

GRWB

ONTWERPELEMENTEN
INRICHTINGEN





Inrichtingen/voorzieningen die voldoen aan de 4 doelstellingen met betrekking tot klimaatveranderingsbestendigheid:



► de strijd tegen overstromingen



► de verbetering van de kwaliteit van waterlopen



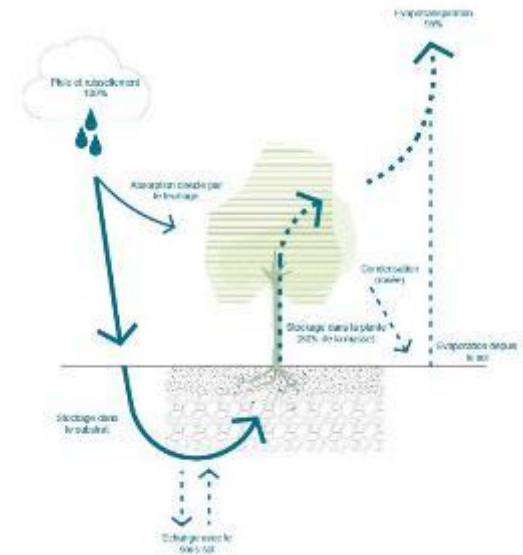
► de levenskwaliteit van bewoners: hitte-eilanden, multifunctionele ruimten



► de biodiversiteit

Om deze 4 doelstellingen tegelijkertijd te realiseren, zijn volgende middelen vereist::

- Beheer **TER PLAATSE**, op het perceel
- Gebruik van het trio WATER.BODEM.PLANT = **bodem-spons** en **vegetatie** → Natuurgebaseerde oplossing
 - Opslag + infiltratie in de bovenste bodemlaag > levende bodem
 - Filtratie + ontslibbing + evapotranspiratie via vegetatie
- **Integratie in stedelijke elementen** die reeds andere functies hebben (straten, groene infrastructuur)





Het doel van GRWB is stedelijke gebieden en gebouwde elementen te gebruiken voor hun primaire functie, maar ze ook een **bijkomende functie te geven**, namelijk **het beheer van regenwater aan de bron**.



Aanleg van een
openbaar plein

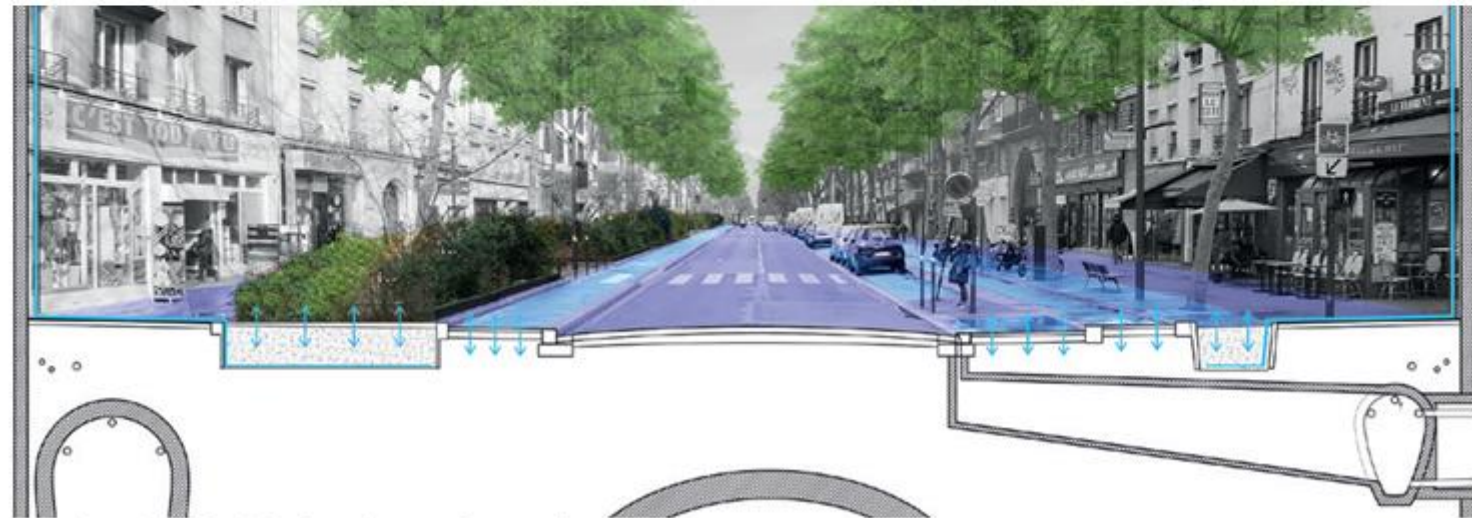
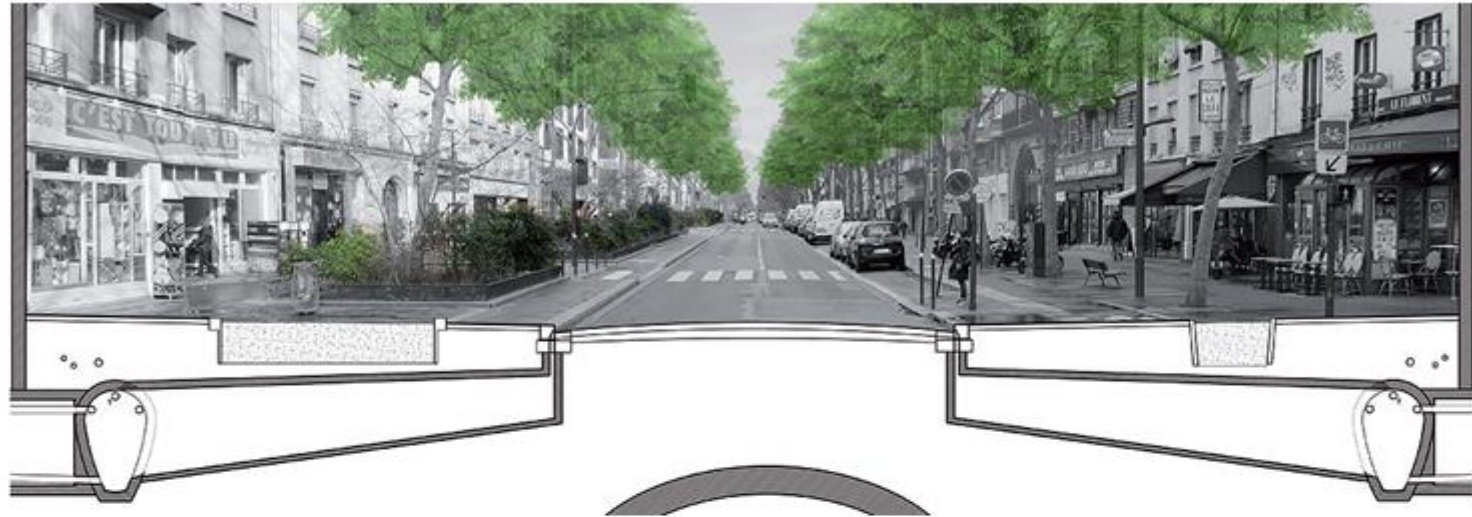
Rotonde



Voetgangerspad



GRWB, EEN GEÏNTEGREERDE EN MULTIFUNCTIONELE OPLOSSING



Avenue Jean Jaurès, Paris 19^e : état existant et état proposé

Bron: APUR, Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole
(referentiekader voor een beheer aan de bron van regenwater in de metropool)



GRWB, EEN GEÏNTEGREERDE EN MULTIFUNCTIONELE OPLOSSING



Espace public inondable. Place du Pavillon de l'Horloge, Romainville.
Principe d'inondation des espaces selon l'occurrence de la pluie



Tems sec



Pluie modérée



Pluie forte



Fosse d'arbre décaissée et végétalisée, Romainville

Bron: APUR, Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole (referentiekader voor een beheer aan de bron van regenwater in de metropool)



Arbre de pluie



Ouvrage ponctuel
Gestion à la source

Bande filtrante



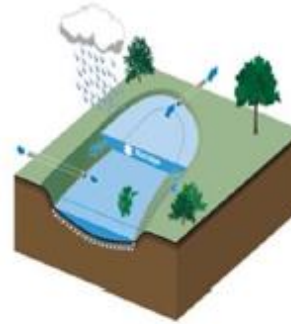
Ouvrage linéaire
Gestion à la source

Bassin d'infiltration



Ouvrage surfacique
Gestion en fin de réseau /
Rétention

Bassin en eau



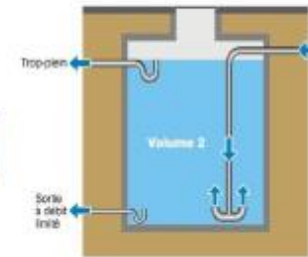
Ouvrage surfacique
Gestion en fin de réseau /
Rétention

Bassin sec



Ouvrage surfacique
Gestion en fin de réseau /
Rétention

Citerne



Ouvrage ponctuel
Gestion à la source ou
en fin de réseau / Rétention

Jardin de pluie



Ouvrage surfacique
Gestion en fin de réseau /
Rétention

Noüe / Fossé



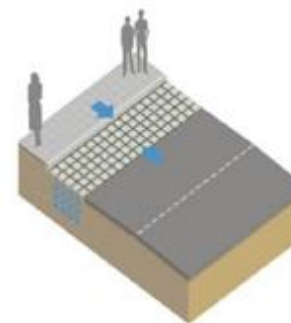
Ouvrage linéaire
Gestion en transport ou en
fin de réseau / Rétention

Puits d'infiltration

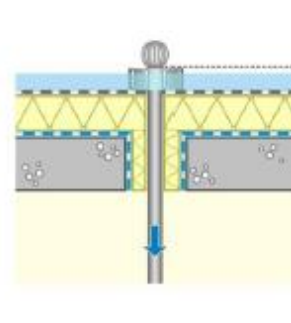


Ouvrage ponctuel
Gestion à la source ou
en fin de réseau / Rétention

Revêtements poreux

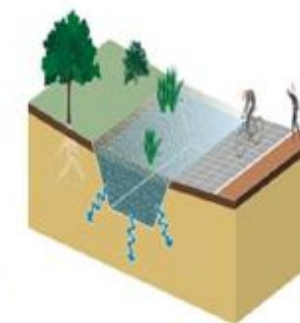


Ouvrage linéaire ou surfacique
Gestion à la source ou
en transport

Toiture stockante ou
Toiture verte

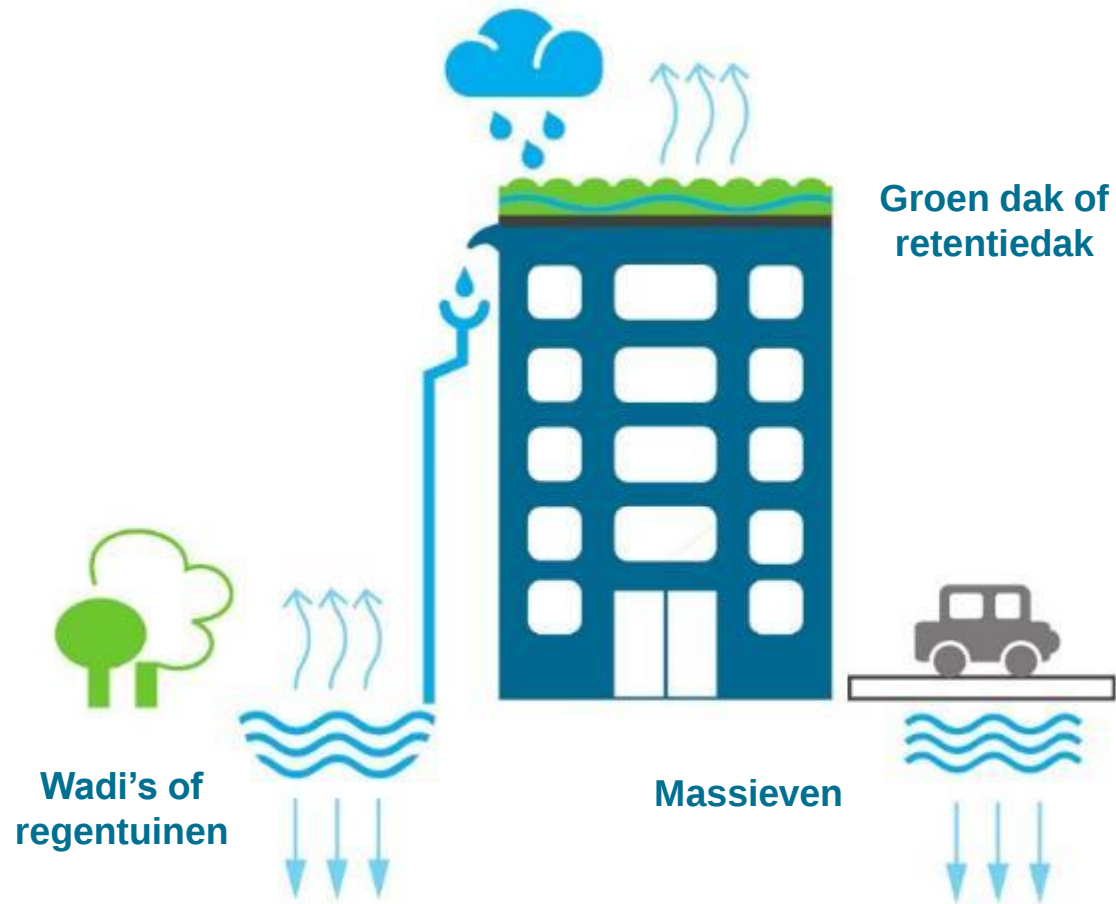
Ouvrage surfacique
Gestion à la source

Tranchée d'infiltration



Ouvrage linéaire
Gestion à la source, en
transport ou en fin de réseau





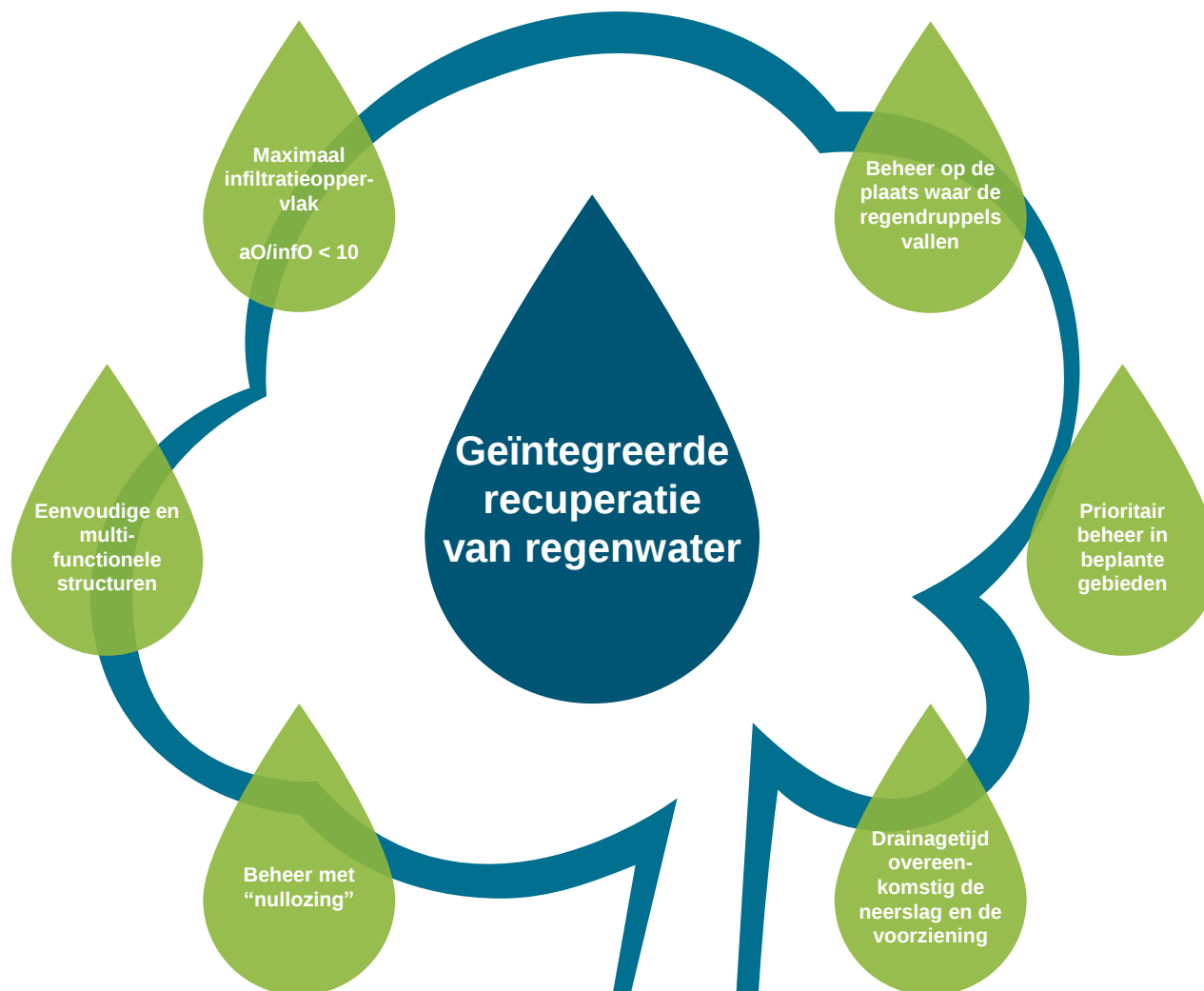
VAN ALLES IN DE RIOLERING ...
... NAAR DE DOORLAATBARE STAD
GRWB

ONTWERPELEMENTEN

INRICHTINGEN

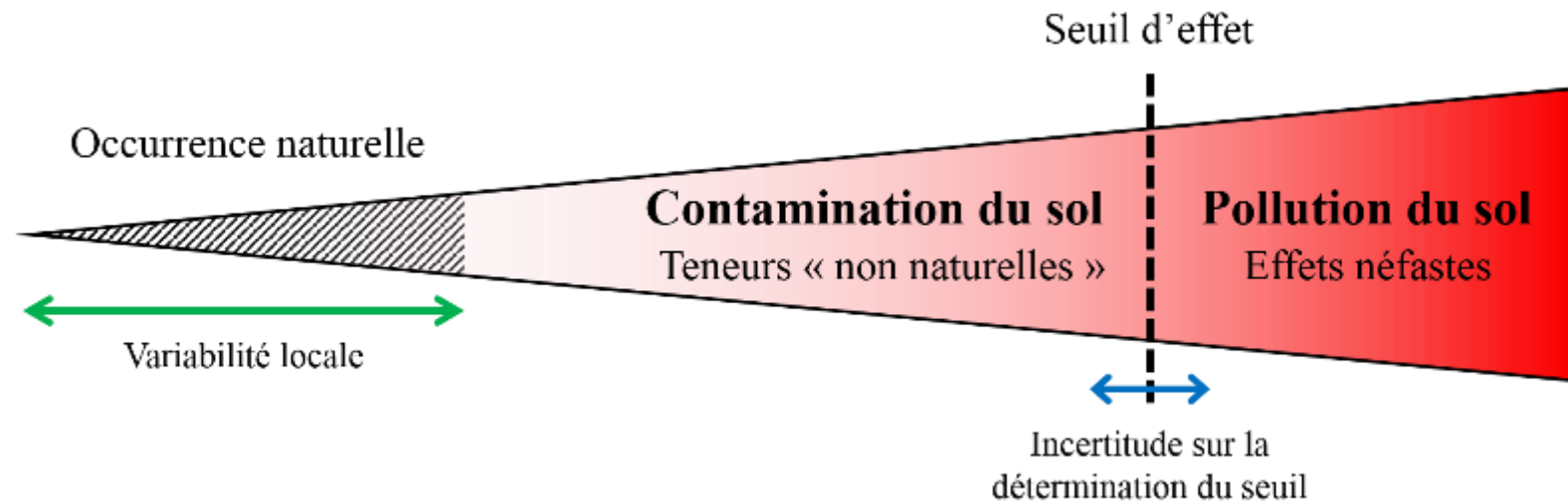


DE ELEMENTEN VAN EEN GOED GRWB



VERVUILENDE STOF VS. VERONTREINIGENDE STOF

Een vervuilende stof wordt pas een verontreinigende stof wanneer de concentratie een kritische drempel overschrijdt waarboven de stof een toxische werking heeft op organismen en/of milieuhinder veroorzaakt.



Bron: Damien TEDOLDI – Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants



De diversiteit en de stromen van de stoffen die door het water worden meegevoerd, nemen toe naarmate het water over ondoordringbare oppervlakken stroomt, en nog meer wanneer het in een netwerk terechtkomt, waar het zich mengt met effluenten van verschillende oorsprong.

GRWB = Beheer aan de bron

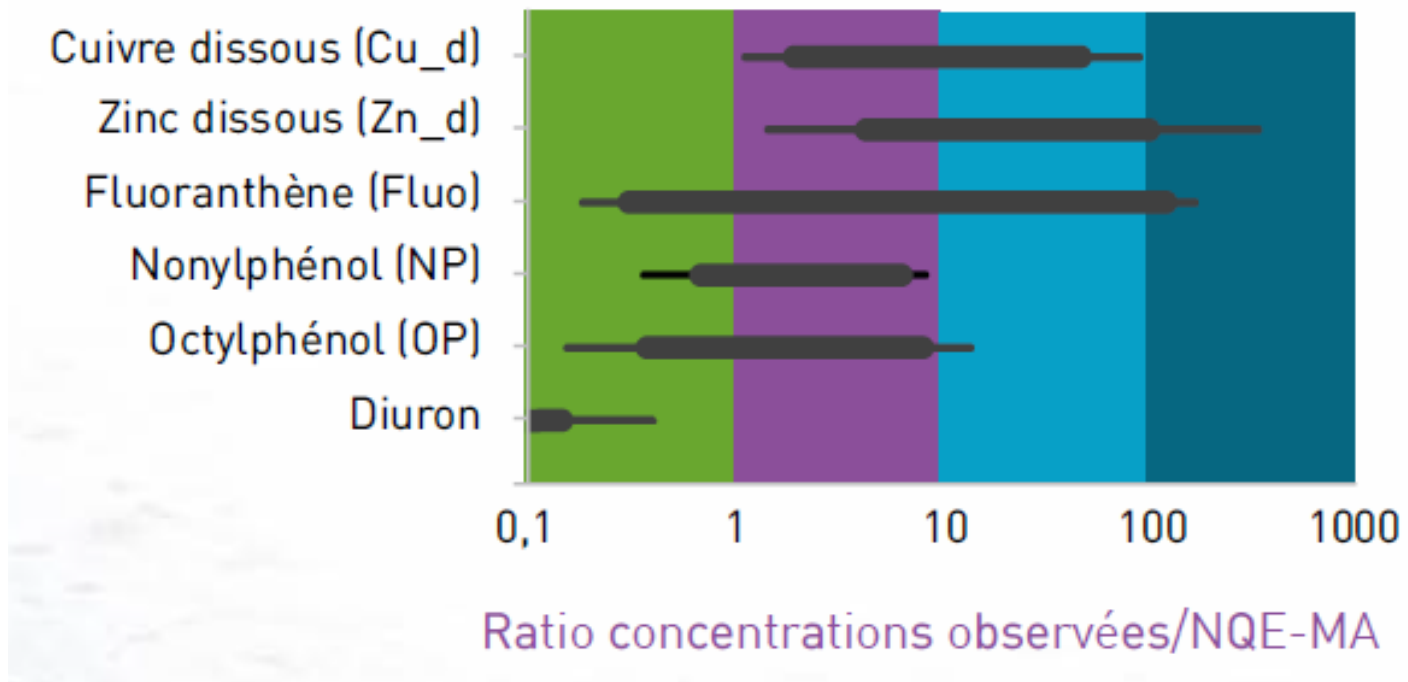
- ▶ ↘ diversiteit vervuulende stoffen
- ▶ ↘ hoeveelheid vervuulende stoffen



28 ONTVANGEND MILIEU - OPPERVLAKTEWATER

Concentraties aangetroffen in het afvloeiingswater:

- ▶ variabel
- ▶ gematigd, maar waarschijnlijk met gevolgen voor het aquatische milieu

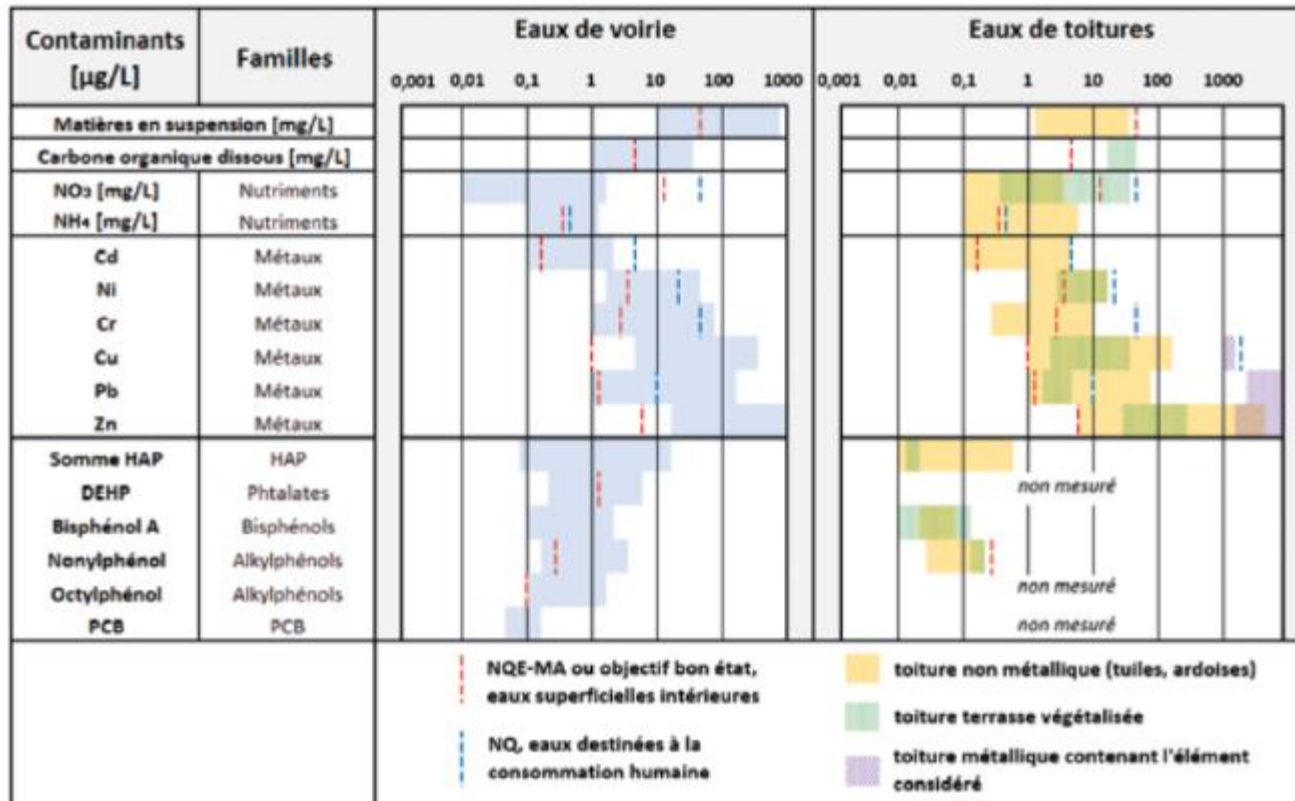


Bron: Damien TEDOLDI – Samenvatting van de projecten *Roulépur*, *Micromégas*, *Matriochkas*, 2019



Concentraties aangetroffen in het afvloeiingswater:

- dicht bij of onder de MKN voor grondwater

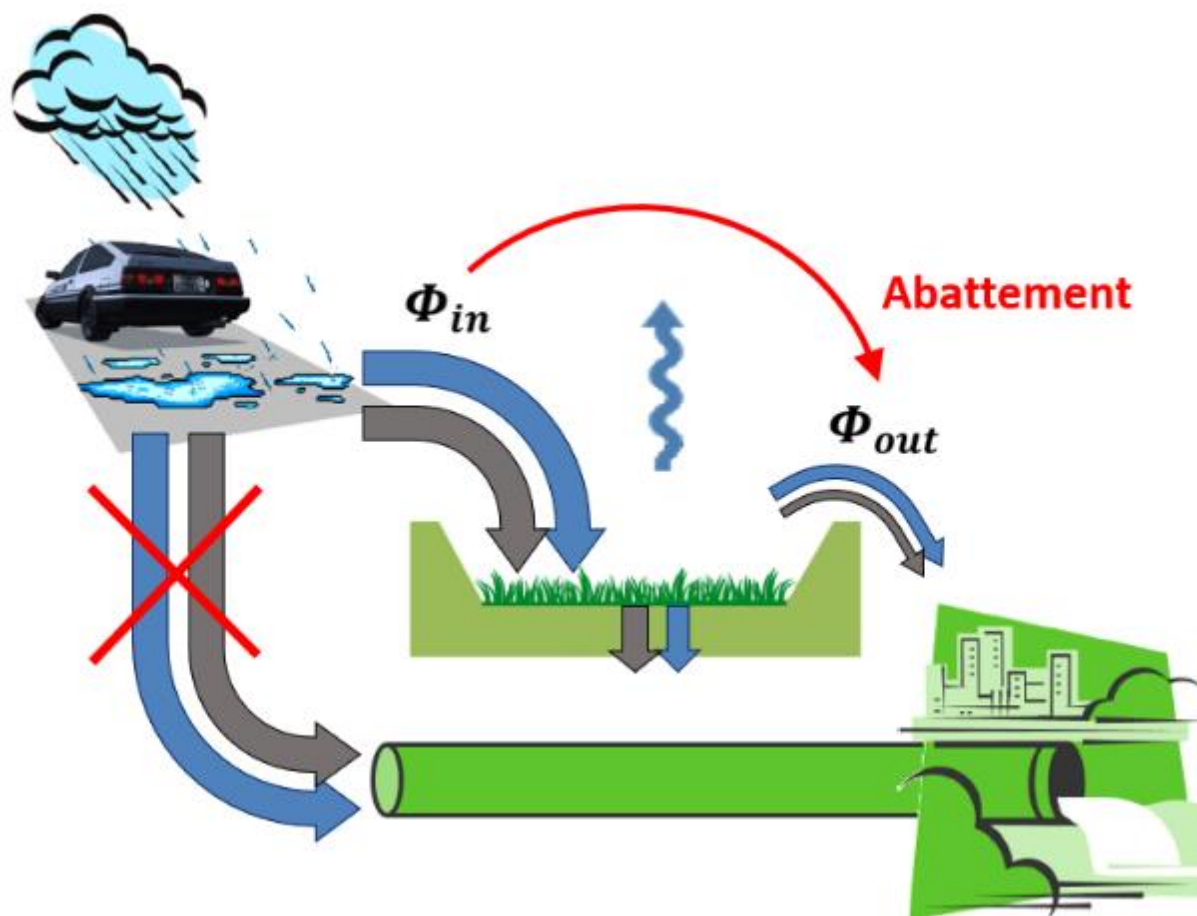


Bron: Damien TEDOLDI – Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants

⇒ Kan de bodem voldoende retentie bieden?

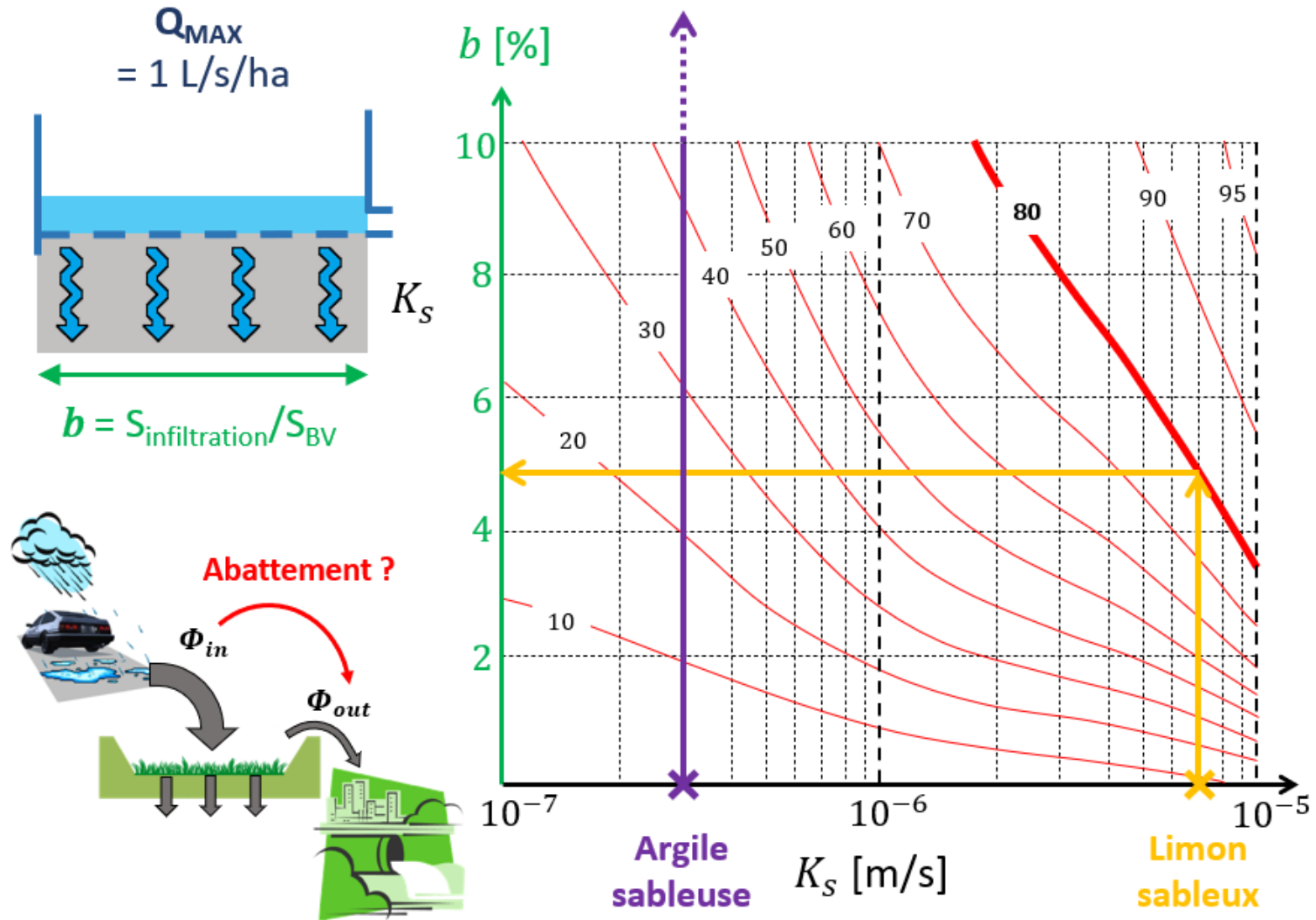


Met GRWB kan het oppervlaktewater worden beschermd



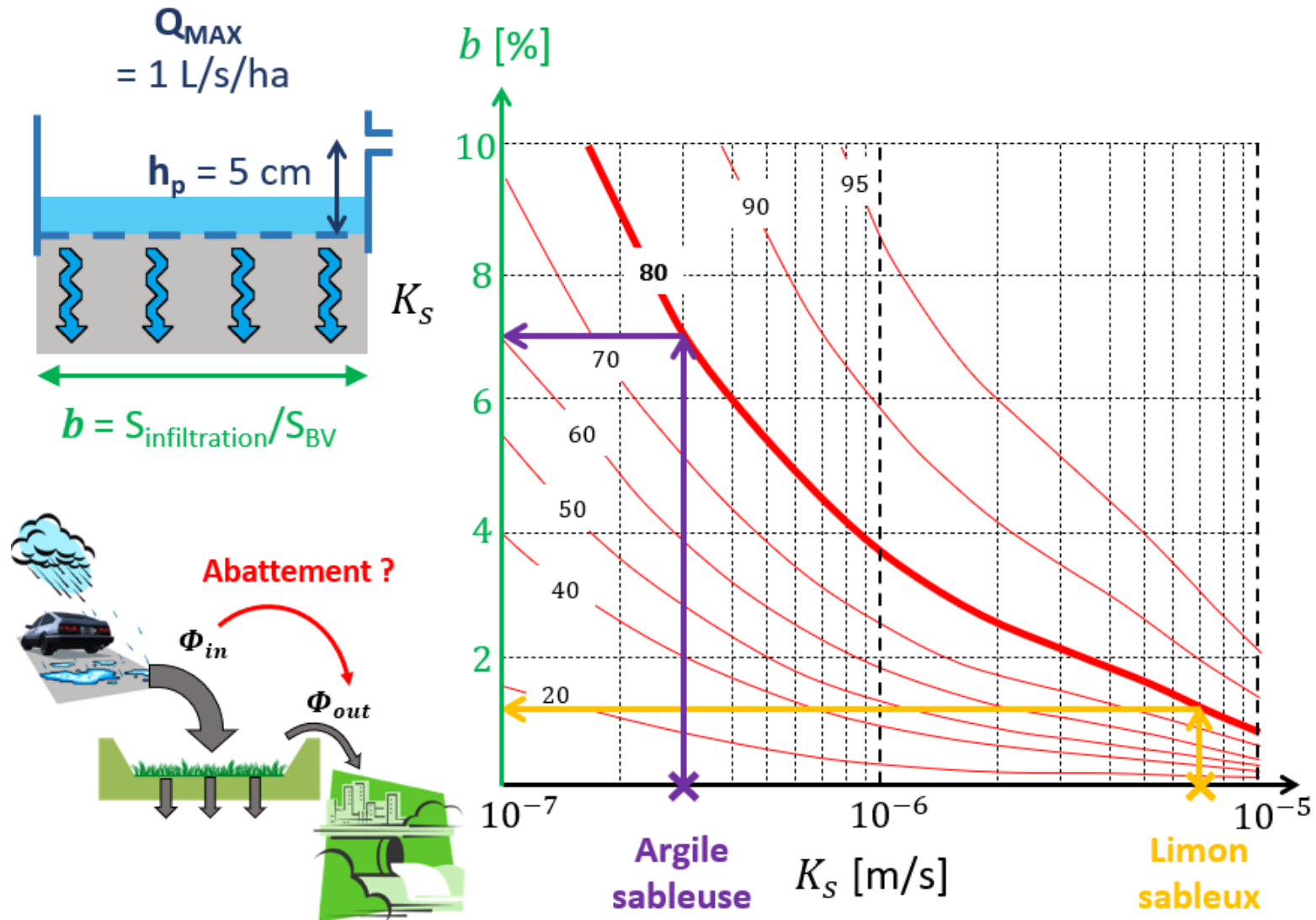
Bron: Damien
TEDOLDI – Infiltrer
les eaux pluviales
c'est aussi maîtriser
les flux polluants





Bron:
Damien
TEDOLDI –
Infiltrer les
eaux
pluviales
c'est aussi
maîtriser les
flux polluants



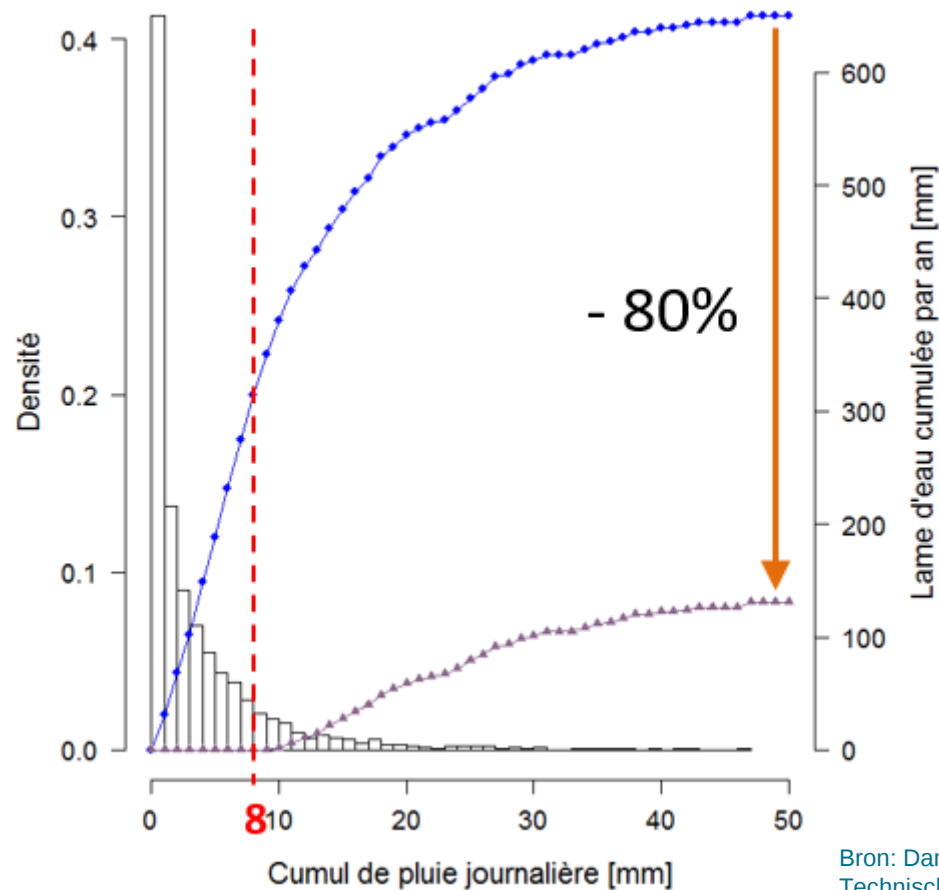


Bron:
Damien
TEDOLDI –
Infiltrer les
eaux
pluviales
c'est aussi
maîtriser les
flux polluants



Principe van de 8 mm

- ▶ Vangt 80 % van het jaarlijkse volume op
- ▶ Maakt een vermindering van de verontreinigende stroom met ten minste 80 % mogelijk

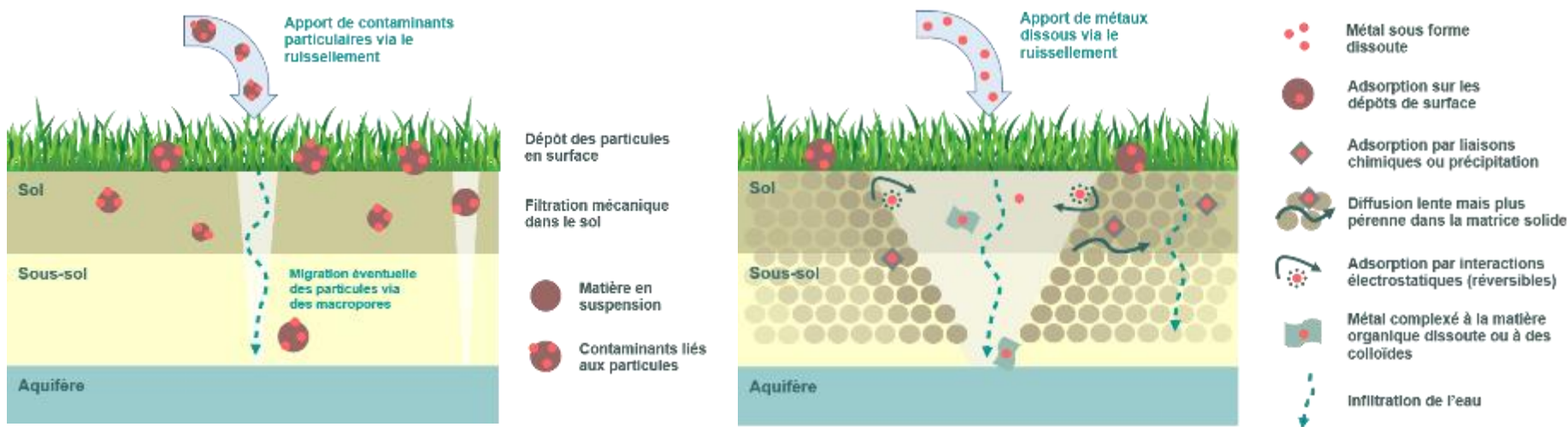


Bron: Damien TEDOLDI -
Technische middagsessie rond
waterbeheer
OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN – BEHEER VAN HET REGENWATER OP HET PERCEEL EN IN DE OPENBARE RUIMTE – LENTE 2024



De meeste vervuilende stoffen in het afvloeiingswater van wegen kunnen worden vastgehouden door de bodem of een 'levend' substraat, mits dat de juiste eigenschappen heeft.

- ▶ Filtratie van **deeltjessubstanties** (fysische mechanismen)
- ▶ Binding van vele **opgeloste stoffen**, waaronder metalen en sommige organische microverontreinigende stoffen (hygrofobische stoffen, bv. PAK's) (fysisch-chemische interacties)
- ▶ **Hygrofiele organische moleculen** die niet door de bodem worden vastgehouden (bepaalde bestrijdingsmiddelen en biociden) > ingrijpen bij de bron (hun gebruik controleren)



Kenmerken van de bodem

► Korrelgrootte

- minst reactieve grove deeltjes > houdt zeer weinig opgeloste vervuilende stoffen tegen, maar wel doeltreffend om deeltjessoorten te filteren
- te kleiachtige bodem > risico op vorming van preferentiële stromingswegen (scheuren)

⇒ **85% zand en 15% klei = goed compromis**

- ### ► Organisch materiaal:
- retentie van de meeste opgeloste vervuilende stoffen die door afspoeling worden meegevoerd (metalen en hydrofobe organische moleculen).

⇒ **Een gehalte aan vluchtige stoffen van meer dan 5-6 % is wenselijk in de oppervlaktehorizont. Bodemverbeteraars als turf of dennenschors vermijden, want deze verzuren de bodem.**

- ### ► Een pH boven 6,5
- beperkt de mobiliteit van de opgeloste metalen.
- ### ► De oppervlaktehorizont
- met deze kenmerken moet ten minste **20 cm** dik zijn en homogeen.



Kenmerken van de bouwwerken

- ▶ Het **water zo verdeeld mogelijk in het bouwwerk** laten aankomen. In de praktijk is een eenvoudige uitgraving van de grond over de gehele lengte van de plaat om te zorgen voor een rechtstreekse afvloeiing naar een holle groene ruimte doeltreffender om aan de doelstellingen voor beheersing van vervuilende stoffen te voldoen dan toevoer via buizen en pijpen op één punt van het systeem...
- ▶ Een **verhouding van 5:1** (= 5 m² afvloeiingsgebied op 1 m² infiltratiegebied) is een veilige streefwaarde en een verhouding van 10:1 is een grenswaarde die niet mag worden overschreden.
- ▶ **Dichte vegetatie en extensief onderhoud:** planten spelen een belangrijke rol in de interactie met de bodemfauna en kunnen bepaalde verontreinigende stoffen (deeltjes) filteren.
- ▶ **Het bouwwerk voldoende vóór de ingebruikname bouwen** en de eerste bodemhorizonten behouden/hergebruiken: de oppervlaktelaag (20-30 cm) heeft over het algemeen het beste retentievermogen.



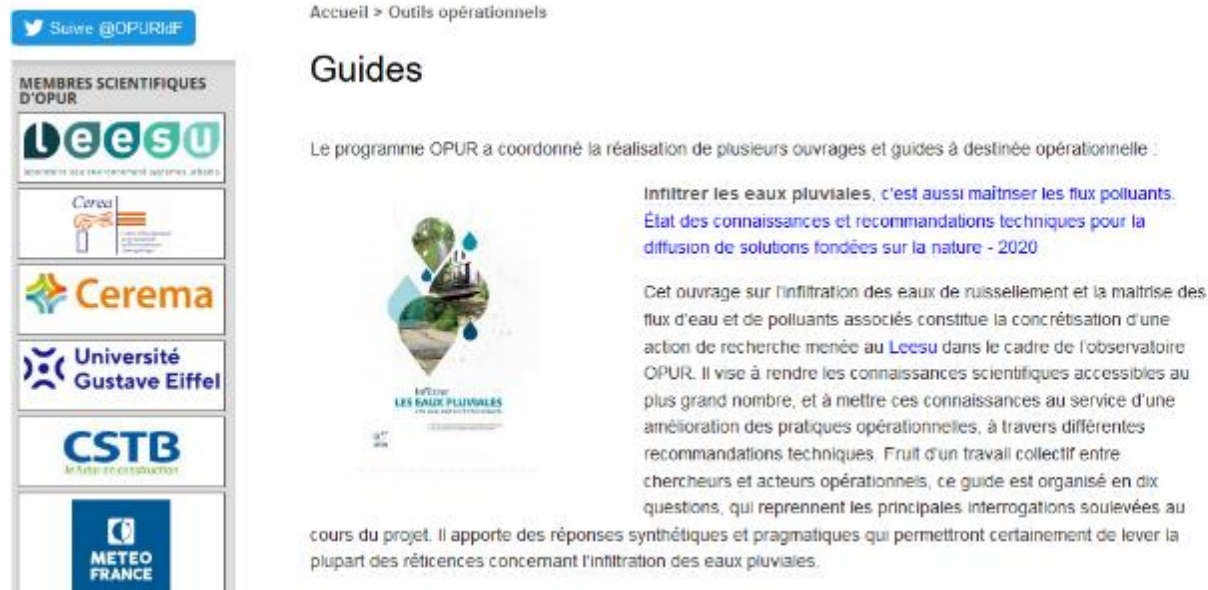
Technische middagen Water

- Inleidende middag over verontreiniging van afvloeiingswater: lot van stedelijke verontreinigende stoffen in infiltratiesystemen op 09/12/2021

Presentaties en video's (her)bekijken op
<https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/evenementen/voorbije-evenementen>

Gids 'Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants'

- Te downloaden op <https://www.leesu.fr/opur/guides>



Accueil > Outils opérationnels

Guides

Le programme OPUR a coordonné la réalisation de plusieurs ouvrages et guides à destinée opérationnelle :

Infiltrer les eaux pluviales, c'est aussi maîtriser les flux polluants.
État des connaissances et recommandations techniques pour la diffusion de solutions fondées sur la nature - 2020

Cet ouvrage sur l'infiltration des eaux de ruissellement et la maîtrise des flux d'eau et de polluants associés constitue la concrétisation d'une action de recherche menée au **Leesu** dans le cadre de l'observatoire OPUR. Il vise à rendre les connaissances scientifiques accessibles au plus grand nombre, et à mettre ces connaissances au service d'une amélioration des pratiques opérationnelles, à travers différentes recommandations techniques. Fruit d'un travail collectif entre chercheurs et acteurs opérationnels, ce guide est organisé en dix questions, qui reprennent les principales interrogations soulevées au cours du projet. Il apporte des réponses synthétiques et pragmatiques qui permettront certainement de lever la plupart des réticences concernant l'infiltration des eaux pluviales.



VAN ALLES IN DE RIOLERING ...
... NAAR DE DOORLAATBARE STAD
GRWB
ONTWERPELEMENTEN

INRICHTINGEN

- ▶ **Daken**
- ▶ Waterdoorlatende verhardingen
- ▶ Massieven
- ▶ Verlaagde groene inrichtingen





Wat is een extensief groendak?

- ▶ Een **extensief groendak** heeft een **bepaalde substraatdikte**, waardoor alleen laag groeiende, droogtebestendige planten erop kunnen groeien. Een dergelijk groendak stelt lagere eisen met betrekking tot de belasting van de dakplaat van het gebouw.
- ▶ Het substraat van een extensief groendak is vaak "armer" dan dat van een (semi-)intensief groendak om aan de behoeften van de planten te voldoen.

	Intensieve groendaken	Semi-intensieve groendaken	Extensieve groendaken
Type beplanting	Kruiden/grassen en struiken Kleine bomen indien dikte substraat > 60 cm	Kruiden/grassen en struiken	Aangepaste kruiden/grassen, vetplanten en mossen
Dikte van het substraat	> 30 cm	> 10 tot 30 cm	5 tot 10 cm
Bijkomende belasting	> 400 kg/m ²	> 100 tot 400 kg/m ²	30 tot 100 kg/m ²



Wat zijn de componenten van een groendak?

- ▶ Aangepast substraat (gewichtstoename)
- ▶ Filterlaag (geotextiel) - soms in de draineerlaag geïntegreerd
- ▶ Draineerlaag - kan zowel een dunne waterbufferende draineerlaag als een draineermat zijn.
- ▶ Er dient een wortelwerende laag te worden voorzien boven op de afdichting (min. 30 cm overlapping in acht te nemen). Deze bescherming is steeds noodzakelijk om te voorkomen dat de afdichting door spontaan opkomende jonge planten wordt beschadigd.



Jonge bomen op het dak door gebrek aan onderhoud
Bron: turfonline.co.uk



Bron: MatGeco
Overeenkomstig TV 229 van Buildwise



Wat zijn hierbij de aandachtspunten?

- ▶ De keuze van het type beplanting blijft beperkt tot **laag groeiende soorten** (aangepaste kruiden/grassen, vetplanten en mossen).

⇒ **vereist de inbreng van landschapsarchitect, sierplantenkweker of specialist.**

- ▶ Reeds bij het voorontwerp dient er rekening gehouden met de toegankelijkheid voor de beplanting, installatie van veiligheidsvoorzieningen (vanglijn, borstwering, ...), en uitvoering van het onderhoud
- ▶ De dakplaat moet worden gedimensioneerd om de belasting op te vangen

⇒ **vereist de inbreng van een ingenieur Stabiliteit**

3 voorbeelden van
aangepaste
inheemse soorten



Slangenkruid – Echium vulgare – © Tela Botanica



Zacht vetkruid – Sedum sexangulare – © Tela Botanica



Bevertjes – Briza media – © Tela Botanica

Extensief groendak
Bron: doerken.com



Wat zijn de voordelen (vanuit het perspectief van de biodiversiteit)?

- ▶ Door de blootstelling aan zon en wind, worden vaak droge omgevingen gecreëerd die zeldzaam zijn in een stedelijke context en die "xerofiele" of "mesoxerofiele" plantensoorten zullen herbergen.
- ▶ Verschillende vogel- en insectensoorten komen hier graag nestelen, schuilen of genieten van de aanwezigheid van nectarrijke bloemen.



⇒ **Het extensieve groendak is minder interessant dan het (semi)-intensieve groendak, maar is niettemin van belang voor de biodiversiteit.**



Nest van een houtduif
Bron: vdcgreen.blogspot.com



Meeuw met jong op een extensief groendak
Bron: NYC Audubon



Lieveheersbeestje op een vetplant
Bron: sedumgreenroof.co.uk



44 INTENSIEF EN SEMI-INTENSIEF GROENDAK

Wat is een intensief of semi-intensief groendak?

- **Intensieve** en **semi-intensieve** groendaken onderscheiden zich door de dikte van hun substraat, door het type beplanting dat ze kunnen herbergen en door de bijkomende belasting voor het gebouw

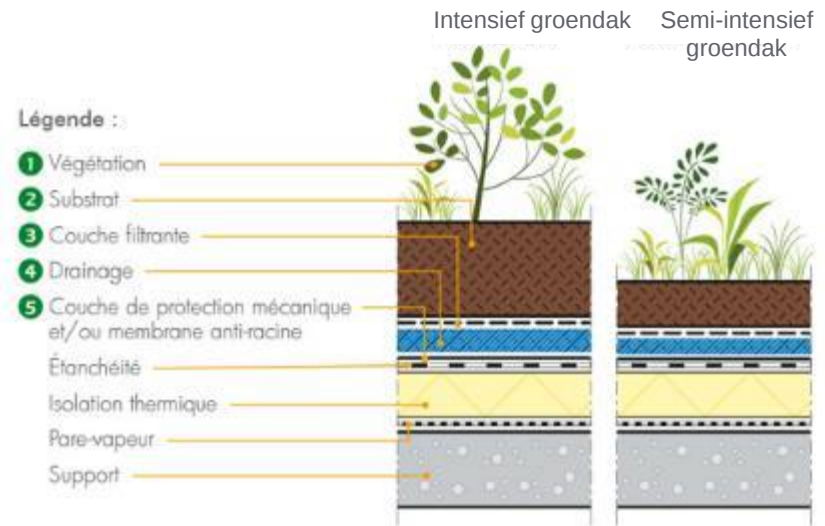
	Intensieve groendaken	Semi-intensieve groendaken
Type beplanting	Kruiden/grassen en struiken Kleine bomen indien dikte substraat > 60 cm	Kruiden/grassen en struiken
Dikte van het substraat	> 30 cm	> 10 tot 30 cm
Bijkomende belasting	> 400 kg/m ²	> 100 tot 400 kg/m ²



45 INTENSIEF EN SEMI-INTENSIEF GROENDAK

Wat zijn de componenten van een groendak?

- ▶ Aangepast substraat , gekozen op basis van het type beplanting
 - Het substraat kan worden ‘verlicht’ (geëxpandeerde kleikorrels, lavasteen, polystyreenplaten, ...)
- ▶ Filterlaag (geotextiel) - soms in de draineerlaag geïntegreerd
- ▶ Draineerlaag, gekozen op basis van het type beplanting.
- ▶ Waterbufferende draineerlaag, gekozen op basis van het type beplanting en dikte van het substraat
- ▶ Wortelwerende laag boven op de afdichting (min. 30 cm overlapping in acht te nemen).
- ▶ Verankering van de grote planten



Bron: MatGeco
Overeenkomstig TV 229 van Buildwise.



46 INTENSIEF EN SEMI-INTENSIEF GROENDAK

Wat zijn hierbij de aandachtspunten?

- ▶ Keuze van het type beplanting
 - Bij het begin van het project > impact op de dikte van het substraat (en dus op de bijkomende belasting)
 - De voorkeur gaat uit naar laag groeiende soorten zonder pen- of sleepwortels



⇒ **vereist de inbreng van landschapsarchitect, sierplantenkweker of specialist.**

- ▶ Reeds bij het voorontwerp dient er rekening gehouden met de toegankelijkheid voor de beplanting, installatie van veiligheidsvoorzieningen (vanglijn, borstwering, ...), uitvoering van het onderhoud, alsook met andere specifieke eisen



- ▶ De dakplaat moet worden gedimensioneerd om de belasting op te vangen

⇒ **vereist de inbreng van een ingenieur Stabieleit**

Intensieve groendaken in Kortrijk
Bron: Van den Berk



47 INTENSIEF EN SEMI-INTENSIEF GROENDAK

Wat zijn de voordelen (vanuit het perspectief van de biodiversiteit)?

- ▶ Maakt een grote verscheidenheid aan planten mogelijk, die kunnen worden onderverdeeld in verschillende lagen (bomen, struiken en kruiden/grassen) die als schuilplaats dienen voor verschillende diersoorten
- ▶ Het substraat kan ook fungeren als habitat voor diverse insectensoorten
- ▶ Kan ook tal van vruchtdragende en bloeiende planten herbergen ten voordele van de fauna



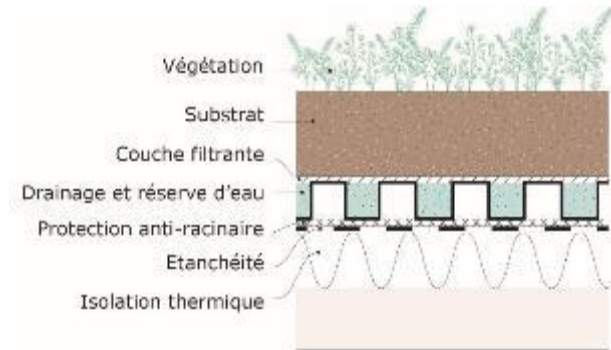
Intensieve groendaken in Berlijn (ziekenhuis DRK
Kliniken Berlin)

Bron: Optigrün International AG



De prestaties inzake evapotranspiratie van een groendak zijn afhankelijk van:

- ▶ de dikte van het substraat EN
- ▶ van de waterreserve in de draineerlaag; deze moet overeenkomen met de te verlagen waterspiegel



Type de toiture végétalisée horizontale ou de jardin	Épaisseur minimale de substrat	Hauteur de lame d'eau abattue (Équivalent en termes de pluie de projet d'une durée de 4 heures)
Extensive	10 cm	8 mm (2 mois)
Semi-intensive	15 cm	12 mm (3 mois)
Semi-intensive	20 cm	16 mm (6 mois)
Intensive - Jardin suspendu	30 cm	22 mm (1 an)
Intensive - Jardin suspendu	50 cm	32 mm (3 ans)
Intensive - Jardin suspendu	80 cm	38 mm (5 ans)

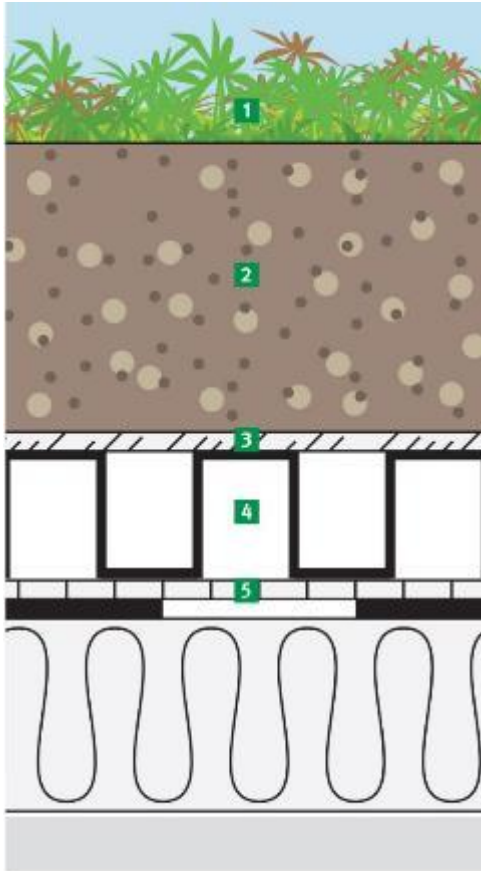
5 cm → 4 mm
(2 semaines)

TABLEAU INDICATIF DE LA CAPACITÉ D'ABATTEMENT EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DE SUBSTRAT PAR TYPE

Bron: uittreksel uit de "Guide d'accompagnement pour la mise en œuvre du zonage pluvial" (maart 2018, Mairie de Paris - DPE/STEA)



Extensief groendak 5 cm

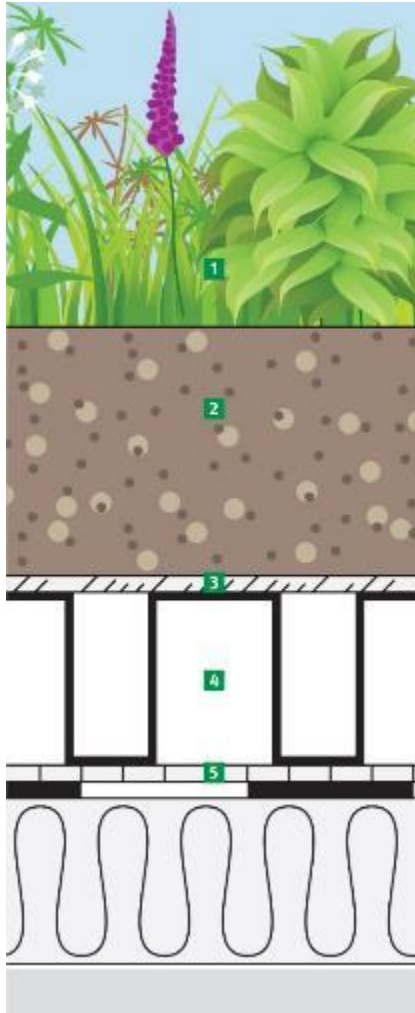


Nuttige reserve = permanente retentie
 $\approx 4 \text{ l/m}^2$

Bron: www.optigreen.fr



Semi-intensief groendak 10 cm



Nuttige reserve = permanente retentie
 $\approx 8 \text{ l/m}^2$

Bron: www.optigreen.fr

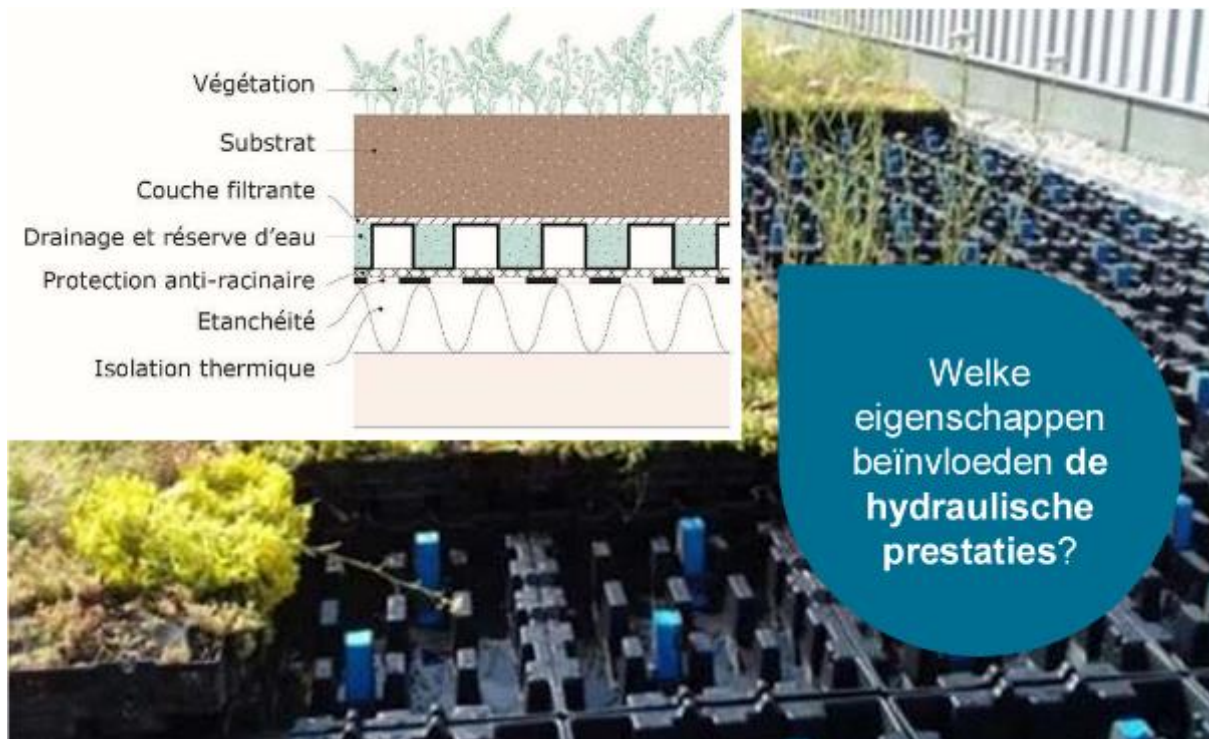


Technische middagen Water

- Regenwaterbeheer door groene daken op 19/10/2023

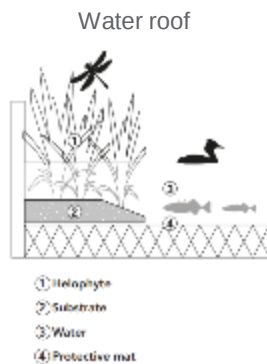
Presentaties en video's (her)bekijken op

<https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/evenementen/voorbije-evenementen>



Wat is een waterdak?

- ▶ **Retentiedaken** worden gebruikt voor geïntegreerd regenwaterbeheer (GRWB). Wanneer deze niet met grind of planten bedekt zijn, worden ze "**waterdaken**" genoemd.
- ▶ **Waterdaken** bufferen tijdelijk regenwater dat met een gereguleerd debiet wordt afgevoerd om piekdebieten te verminderen.
- ▶ De nog te weinig bekende concepten "**water roof**" en "**wetland green roof**" uit de Angelsaksische wereld vervullen dezelfde rol, maar behouden een permanente waterspiegel. Ze worden meestal in verband gebracht met **beplante bekkens** (water roof) of **vochtige milieus** op daken.



Bron: Natuurinclusief bouwen en ontwerpen, Gemeente Amsterdam



'Water roof' in Amsterdam (Artemis Hotel)

Bron: TripAdvisor



'Wetland green roof' in Londen, 2016 (Victoria & Albert Museum)

Bron: greeninfrastructureconsultancy.com



Wat zijn de voordelen?

- ▶ Retentiedaken zorgen voor een vertraging van het waterdebiet dat naar het rioleringsnet/hydrografisch net/een andere GRWB-voorziening wordt gevoerd. De prestaties van het gereguleerde debiet dat men op het dak kan realiseren zijn veel interessanter dan die van een ondergronds stormbekken.
- ▶ Waterdaken met een permanente waterspiegel (**water roofs** / **wetlands green roofs**) maken het mogelijk om **waterrijke / aquatische soorten** een thuis te bieden.



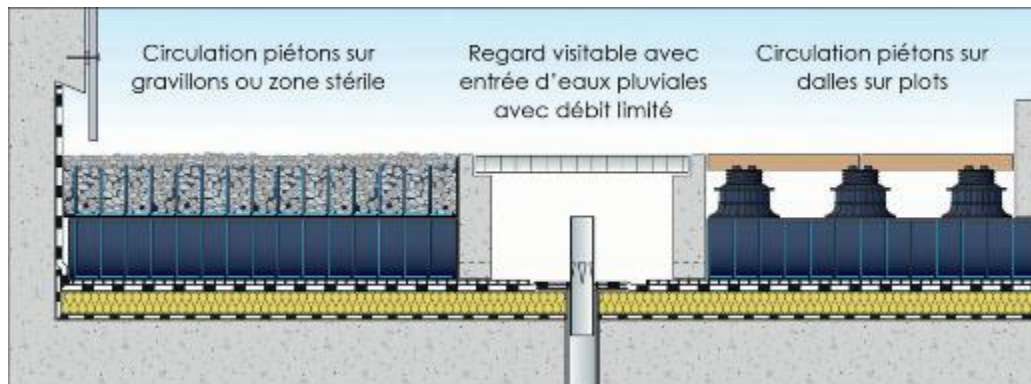
Bron: Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen



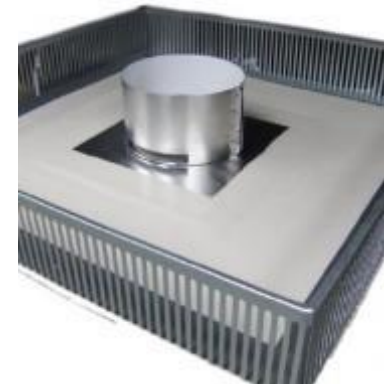
Bron: Julien Séré



- ▶ Retentie op het dak
- ▶ Afvoer met geregeld debiet
- ▶ Geen overbelasting tot een beheer van 50 mm water als het dak gedimensioneerd is voor sneeuwbelastingen (50 cm), maar opgelet op de verdeling van de belasting (helling 2 %)



Ultralichte alveolaire structuren – Bronnen:
www.nidaplast.com



Debietregelaar - Bron:
<http://odco.fr>



Kunnen waterretentiedaken zonder helling uitgevoerd worden?

- Buildwise artikel 2019-06.04

<https://www.buildwise.be/nl/publicaties/buildwise-artikels/2019-06.04/>

- TV 215, die momenteel wordt herzien, raadt aan een helling van minstens 2 % te voorzien
- Een retentiedak zonder helling realiseren kan slechts worden overwogen als aan de twee volgende voorwaarden voldaan wordt:

het dak moet ontworpen zijn om tijdelijk water op te slaan en de nulhelling moet van belang zijn voor de goede werking van het waterretentiesysteem (soms kan het bijvoorbeeld nodig zijn om het gebufferde water egaal over het dakoppervlak te verspreiden zodat er in elk punt evenveel water beschikbaar zou zijn voor het bovenliggende groendak)

de dakafdichting moet afgeschermd zijn door een andere laag (geen zichtbare, open wateropslag)

⇒ **Platte daken waarbij de waterretentie zich beperkt tot een vertraagde afvoer, komen niet in aanmerking om zonder helling uitgevoerd te worden**



Aan welke oplossing de voorkeur geven?

Retentiedak



Groendak



zware regenbuien,
onweersbuien

lichte regenbuien
courante regenbuien



met geregeld debiet
+ overflow

evapotranspiratie
+ overflow



tijdelijke opslag

permanente opslag



‘met waterretentie’ = nuttige reserve + buffergedeelte



Retentiedak – Optigreen – Bron: www.optigreen.fr



Voorziening voor geregeld debiet – Bron: www.sika.com/



Hydroactief dak – Le Prieuré – Bronnen: www.toiture-hydroactive-connectee.com



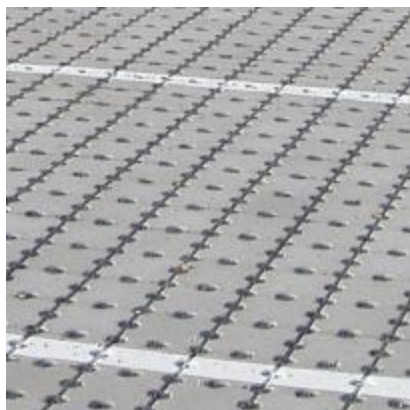
VAN ALLES IN DE RIOLERING ...
... NAAR DE DOORLAATBARE STAD
GRWB
ONTWERPELEMENTEN

INRICHTINGEN

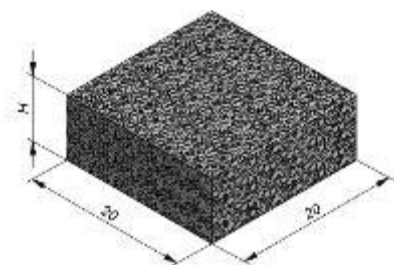
- ▶ Daken
- ▶ **Waterdoorlatende verhardingen**
- ▶ Massieven
- ▶ Verlaagde groene inrichtingen



MINERALISEREN ≠ WATERDICHT!



Bron: Bleijko



Bron: Ebema



Bron: Noblema



Bron: Urbastyle



Bron: Stradus



Bron: Pierre et Parquet



MINERALISEREN ≠ WATERDICHT!



Bron: HMS Decorative Surfacing



Bron: Dieco



Bron: Holcim



Bron: Tarmac



Bron: Resin Bonded Aggregates



MINERALISEREN ≠ WATERDICHT!



Bron: Les Paysages de l'Aveyron



Bron: Gravelart



Bron: MatGeco



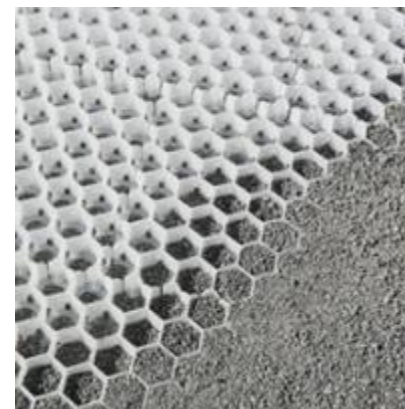
Bron: Permaculture Design



Bron: Gravelart



Bron: Gravelart



Bron: MatGeco



Doorlatendheid

Doorlatendheid van de bodems



Perméabilité k (m/s)		10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
		+ </												



Doorlatendheid van de
(super)waterdoorlatende
verhardingen:

$$10^{-1} > K \text{ (m/s)} > 10^{-6}$$

De gegevens zijn niet altijd beschikbaar ...



10^{-6} m/s
3,6 mm/h



10^{-1} m/s
360 000 mm/h



Begaanbaarheid

- Waterdoorlatende verhardingen bieden niet altijd dezelfde begaanbaarheid voor alle gebruikers ...



- Ze zijn niet allemaal even geschikt voor alle verkeerscategorieën

Type de trafic			
Catégorie	Piétons, cyclistes, motocyclistes	Véhicules légers (< 3,5 t)	Véhicules lourds (> 3,5 t)
I	Illimité	Limité à 5 000 par jour	Limité à 400 par jour
II	Illimité	Limité à 5 000 par jour	Limité à 100 par jour
III	Illimité	Limité à 500 par jour	Limité à 20 par jour
IV	Illimité	Occasionnel	Aucun



Bron: OCW



De kosten van waterdoorlatende verhardingen kunnen soms hoger uitvallen dan de ondoorlatende tegenhangers MAAR:

- ▶ de integratie van een hydraulische functie in een inrichting die al een eigen functie heeft (GRWB) maakt besparingen mogelijk ten opzichte van een gedecentraliseerd beheer (bijvoorbeeld ondergronds stormbekken)
- ▶ geen beroep moeten doen op het rioleringsnet, zorgt voor een winst die vaak de meerkost van de verhardingen overtreft



€ xx - xx/m²



De gepresenteerde resultaten blijven bron van discussie ... De gegevens zijn niet altijd beschikbaar en er is slechts beperkte informatie beschikbaar over ervaringen in Brussel!

Doorlatendheid



10^{-x} m/s

Begaanbaarheid



Kosten



€ xx - xx/m²



Straatstenen en tegels uit poreus beton



10^{-3} m/s



€ 25 - 60/m²



Betonnen straatstenen en tegels met verbrede voegen



10^{-3} m/s



€ 25 - 60/m²



Betonnen straatstenen en tegels met drainageopeningen



10^{-3} m/s



I II
III IV



€ 25 - 40/m²



Betonnen drainagetegels



10^{-4} m/s



I II
III IV



€ 25 - 40/m²



68 MODULAIRE VERHARDINGEN UIT KUNSTSTOF

Grastegels uit HDPE



€ € €
€ 25 - 35/m²



Grindtegels uit HDPE

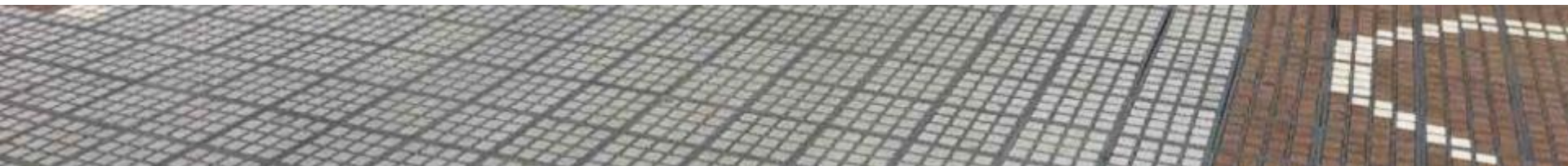


€ € €
€ 25 - 35/m²

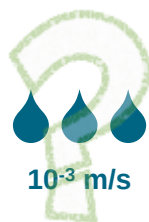


69 MODULAIRE VERHARDINGEN UIT KUNSTSTOF

Met straatstenen gevulde tegels uit HDPE

 10^{-2} m/s I II
III IV€ 40 - 50/m²

Straatstenen en tegels uit natuursteen met brede voegen



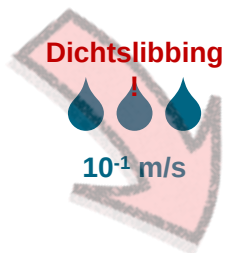
€ € €
€ 50 - 160/m²



STRAATSTENEN
MAASTRICHT



Verbrijzeld kalksteen- of dolomietgrind



Verbrijzeld grind van porfier, basalt of gres



Gravel (gemalen baksteen)



10^{-2} m/s



€ 10-15/m²



Gorrh



10^{-2} m/s



€ 10-15/m²



Poreus beton



10^{-2} m/s



€ 30-40/m²



Open asfalt



10^{-2} m/s



€ 60-95/m²



74 DRAINERENDE VERHARDINGSMENGSELS

Harsgebonden grind

 10^{-2} m/s€ 90-100/m²

Halfverharding

 10^{-6} m/s€ 10-25/m²

Verhardingen uit EPDM en ESBR



10^{-3} m/s



I II
III IV



€ 80-150/m²



Houten beplanking



10⁻² m/s



€ 100-160/m²



Houtmulch



10⁻² m/s



€ 10-20/m²



Gras in grond-steenmengeling



10⁻² m/s



€ 5-10/m²



VAN ALLES IN DE RIOLERING ...
... NAAR DE DOORLAATBARE STAD
GRWB
ONTWERPELEMENTEN

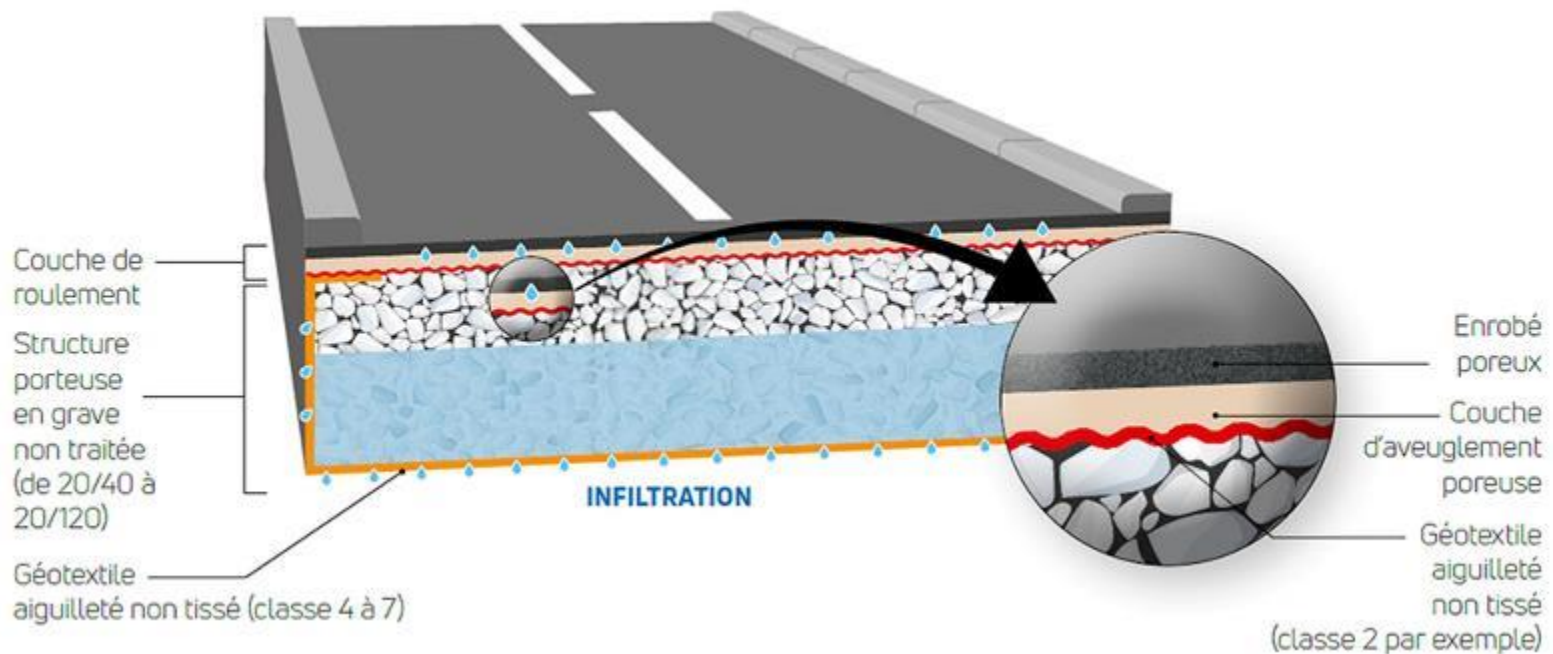
INRICHTINGEN

- ▶ Daken
- ▶ Waterdoorlatende verhardingen
- ▶ **Massieven**
- ▶ Verlaagde groene inrichtingen



Injectie

- ▶ **Rechtstreekse injectie (waterdoorlatende verhardingen)**
- ▶ **Onrechtstreekse injectie (via injectievoorzieningen)**



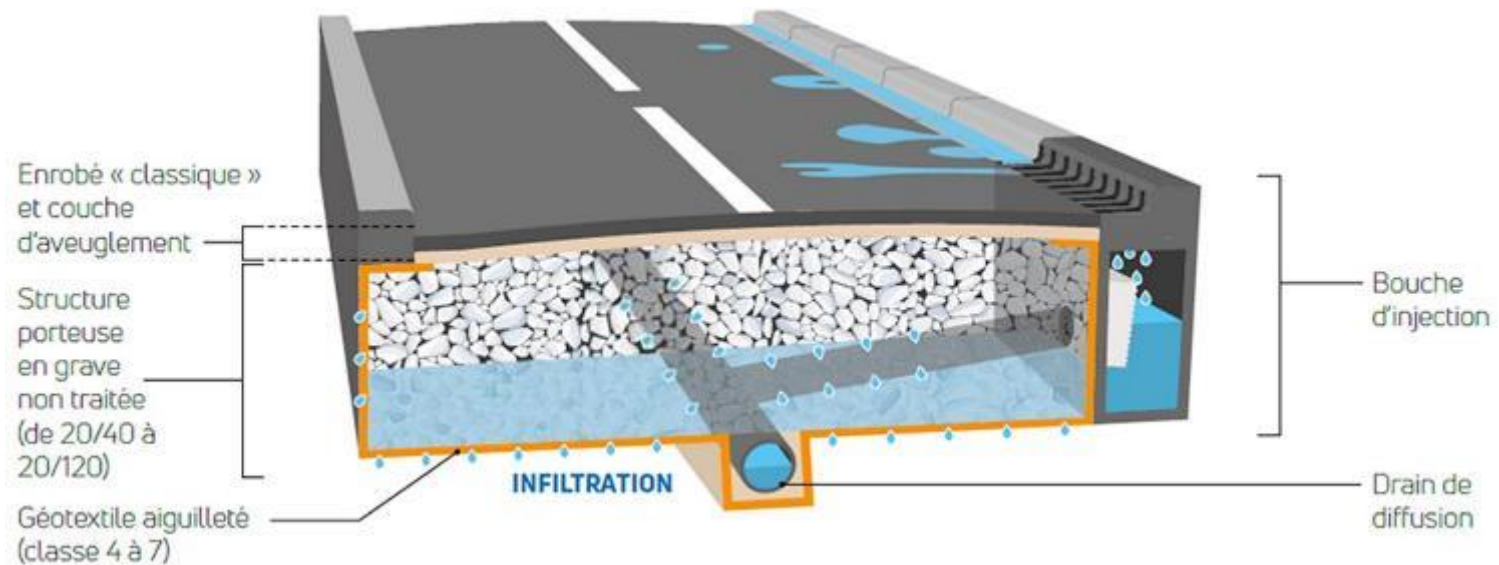
Bron: ADOPTA



PRINCIPE VAN DE DRAINAGEMASSIEVEN

Injectie

- ▶ Rechtstreekse injectie (waterdoorlatende verhardingen)
- ▶ **Onrechtstreekse injectie (via injectievoorzieningen)**



Bron: ADOPTA





Tal van pilootprojecten in Brussel kunnen deze verandering op gang brengen

De bouwsector heeft behoefte aan wetenschappelijke/technische “validatie”

De tools (reglement, typebestek, normen...) moeten evolueren

De Franse ervaring is er, we moeten niet allemaal dezelfde vragen opnieuw stellen...



- ▶ Eerste weg met reservoirstructuur uitgevoerd in Douai, **1995**
- ▶ Uitvoering van reservoirstructuur van eigendomsgrens tot eigendomsgrens: onder trottoir, parkeerplaats en rijweg
- ▶ Open asfalt en poreuze bestrating



Bron: ADOPTA



- ▶ Parking uitgevoerd in **1997** met reservoirstructuur van 12.500 m²
- ▶ Parkeerplaatsen uit **open asphalt**
- ▶ Klassiek asphalt op de rijweg met profiel om water naar de parkeerplaatsen af te voeren
- ▶ Draaibeweging > schuine parkeerplaatsen
- ▶ Geen platen, geen rioleringsvoorzieningen, geen kolken of overlopen



Bron: ADOPTA



- ▶ Weg met reservoirstructuur
 - **Weg voor zwaar verkeer** (bedrijvenpark)
 - Retentie (waterwinningsgebied)
 - Klassieke verharding
- ▶ **Nullozing** (geen afvoer mogelijk)



Bron: ADOPTA

- ▶ Uitvoering 2003-2005
- ▶ Weg uitgevoerd met reservoirstructuur en **open asfalt**
- ▶ Trottoirs en opritten hellen af naar reservoirstructuur
- ▶ Aanleg in 2 fasen: tijdelijke klassieke asfaltaag tijdens de bouw van de huizen en aannemingswerken, verwijdering van de laag en vervolgens aanleg van bedekking uit open asfalt.
- ▶ **Nabijgelegen grondwaterlaag**



Bron: ADOPTA



- ▶ Weg met reservoirstructuur voor infiltratie met klassieke verharding
- ▶ Injectievoorzieningen
- ▶ Overloopafvoer



Bron: ADOPTA

88 VOORBEELDEN – RUE DU MARAIS DAUPHIN



- ▶ Weg uit open asfalt
- ▶ Parkings uit klassiek asfalt (kruisingen en nutsleidingen)
- ▶ Helling van klassiek asfalt naar bedekking uit open asfalt



Bron: ADOPTA



- Reservoirstructuur met compartimentering



Bron: ADOPTA

Website van ADOPTA

- ▶ <https://adopta.fr/>
- ▶ Tal van beschikbare informatiebronnen (technische fiches, gevals fiches, sensibiliseringsfiches)
- ▶ Webinars <https://adopta.fr/videos/>
 - Les chaussées à structure réservoir (wegen met reservoirstructuur)
 - Les revêtements perméables (waterdoorlatende verhardingen)
 - Les solutions fondées sur la nature (natuurgebaseerde oplossingen)



Technische sessie AERM/ADOPTA: On roule sur l'eau (rijden op water)

- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=hl-PkPIQaOA&t=7690s>

Technische middagen Water

- ▶ Water Middag - Doorlaatbare wegen op 01/12/2022

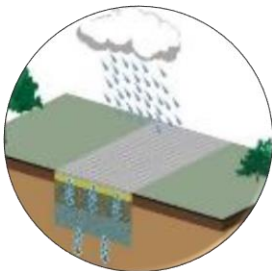
Presentaties en video's (her)bekijken op

<https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/evenementen/voorbije-evenementen>





ALSEMBERGSESTEENWEG



Opslagbed



**Straatstenen met
doorlatende voegen**



Poreus beton





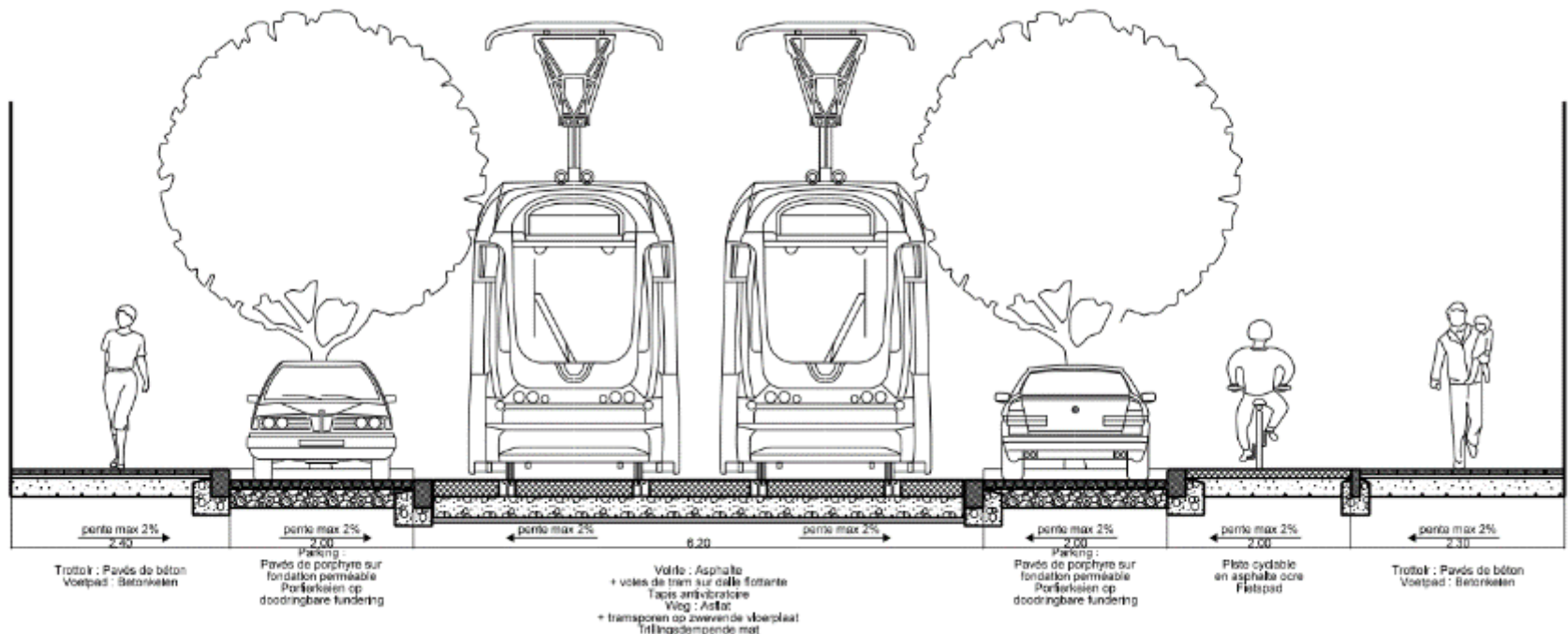
Fietspad

- ▶ Drainerend beton als verharding
- ▶ Fundering?

Parkings

- ▶ Straatstenen uit natuursteen met 2/6,3 voegen
- ▶ Fundering uit drainerend schraal beton en onderfundering van het type 20/60

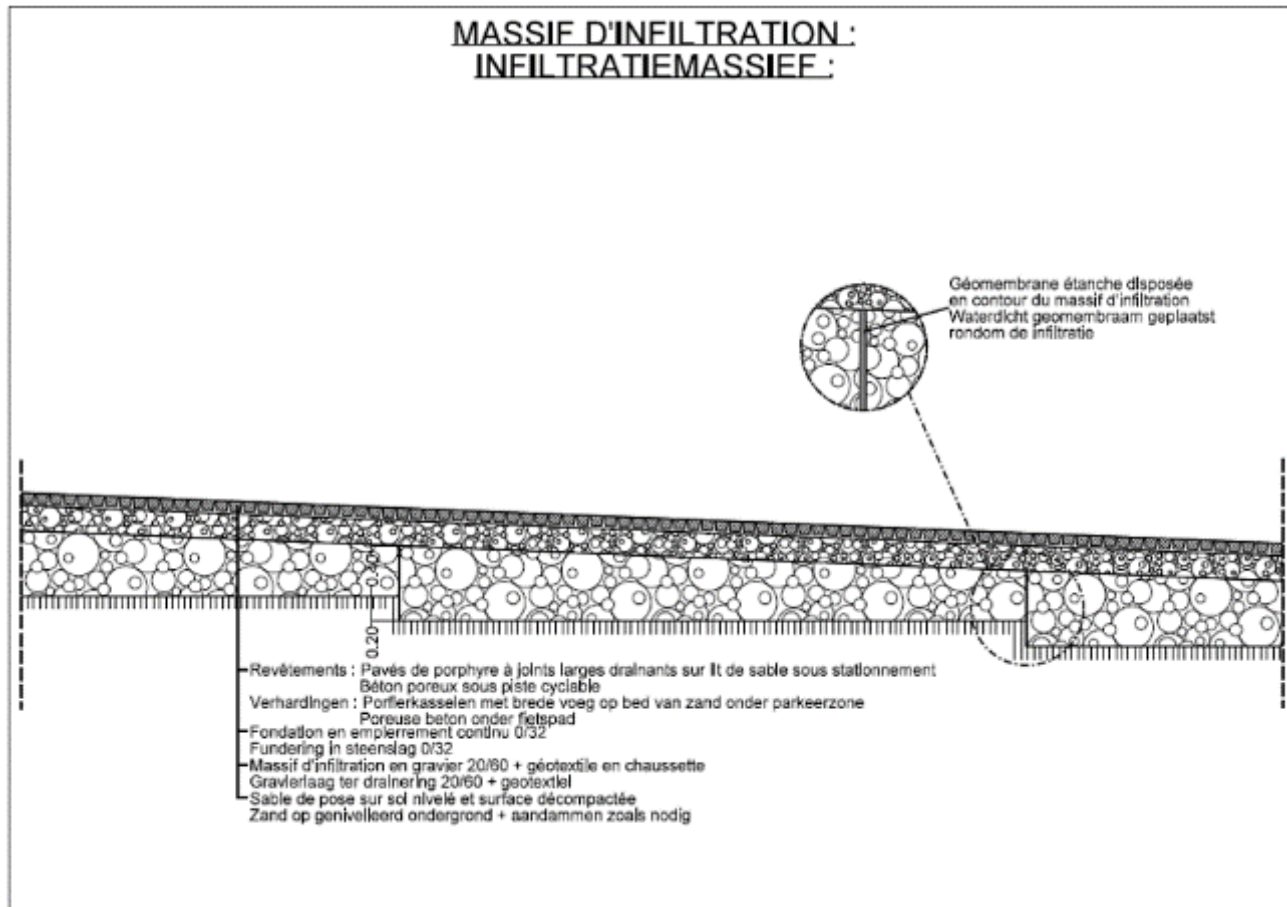
Coupe E-E'
Snedes E-E'





Hellende draineermassieven

- ▶ Tussenschotten
- ▶ “Getrapte” uitvoering

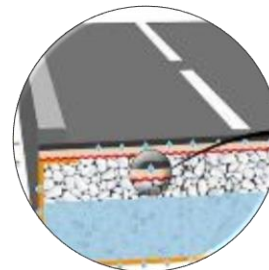


Bron: Brussel Mobiliteit





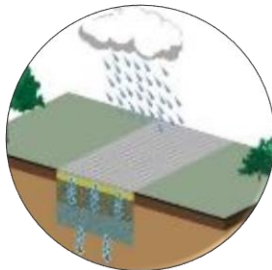
Regentuin



**Weg met
reservoirstructuur**



NEERSTALSESTEENWEG (WERKEN IN UITVOERING)



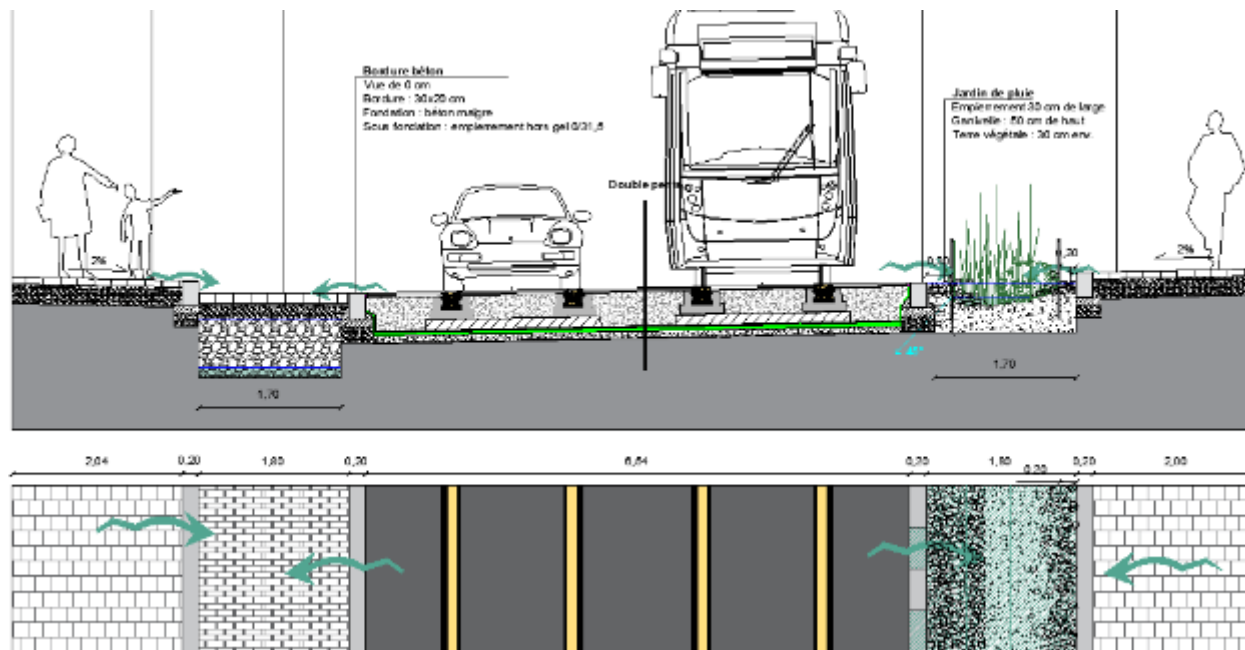
Opslagbed



Regentuin



Straatstenen met doorlatende voegen OF open asfalt



Bron: MIVB





Cas de voiries infiltrantes à Bruxelles

Divers projets intégrant des dispositifs de GIEP sont localisés sur la carte de la Région Bruxelles-Capitale ci-contre. Ces projets sont identifiés pour illustrer la mise en oeuvre de dispositifs à l'échelle de la région. Cependant, il doit être noté que cette carte n'est pas basée sur une liste exhaustive des projets intégrant des dispositifs GIEP.

Projets en cours de chantier ou à l'étude

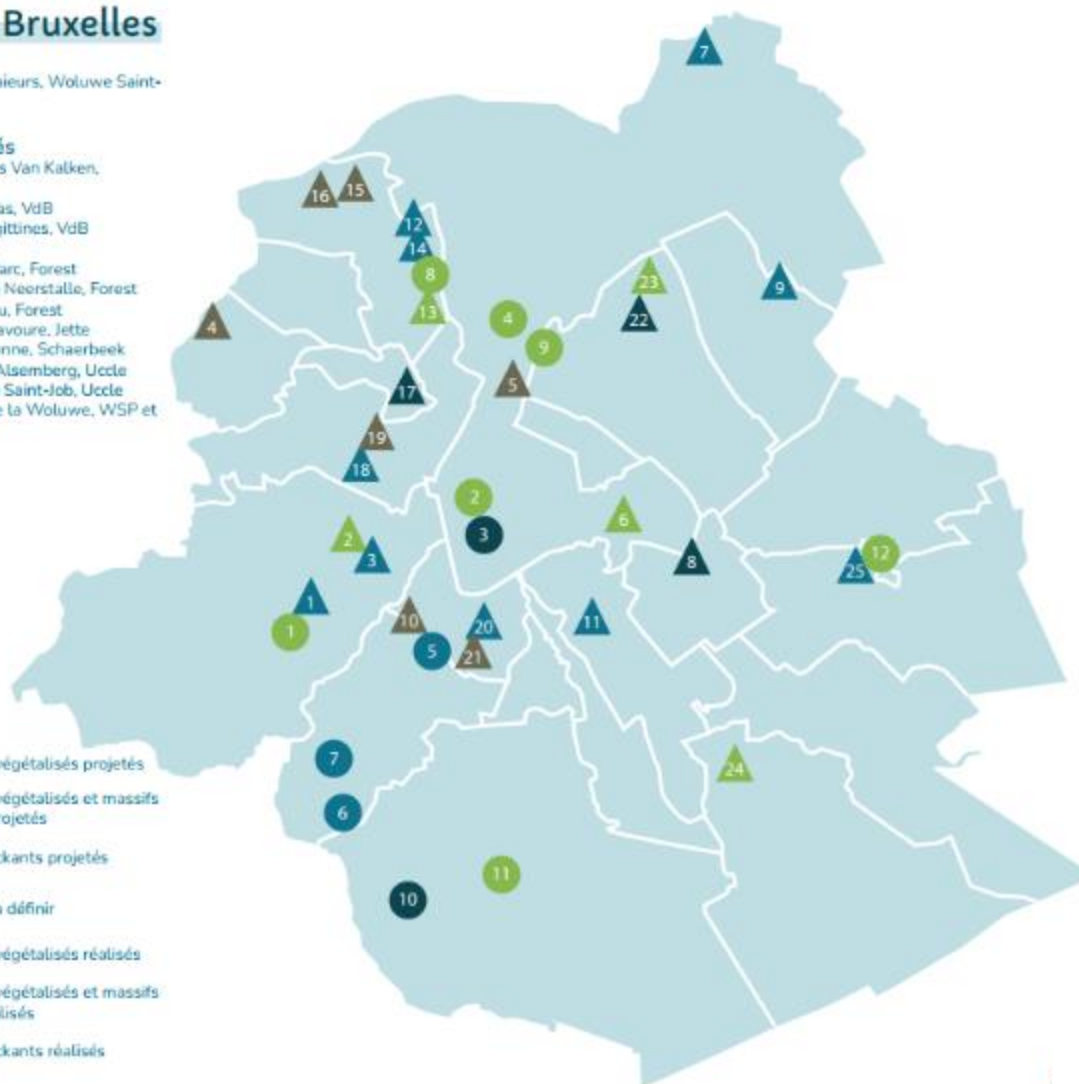
1. Chaussée de Mons, Anderlecht
2. Quai F. Demets 22, Anderlecht
3. Square Albert Ier, Anderlecht
4. Avenue du Roi Albert, BSA
5. Boulevard Simon Bolívar, VdB et Schaerbeek
6. Chaussée d'Etterbeek, VdB
7. Tram Neder-over-Hembeek, VdB
8. Rue des Boers, Etterbeek
9. Bpost, Evere
10. Rue des Moines et r. de Gênes, Forest
11. Place Flagey, Ixelles
12. Avenue du Comté de Jette, Jette
13. Avenue Odon Warland, Jette
14. Boulevard de Smet de Naeyer, Jette
15. Clos Jecta, Jette
16. Place du Bourgmestre Jean-Louis Thys, Jette
17. Rue Montagne aux Anges, Koekelberg
18. Avenue de Roovere, MSJ
19. Place Beekkant, MSJ
20. Place Marie-Janson, Saint-Gilles
21. Place Van Meenen, Saint-Gilles
22. Boulevard Lambert, Schaerbeek
23. Place Huart Hamoir, Schaerbeek
24. Place Eugène Keym, Watermael Boitsfort

25. Place des Maieurs, Woluwe Saint-Pierre

Projets réalisés

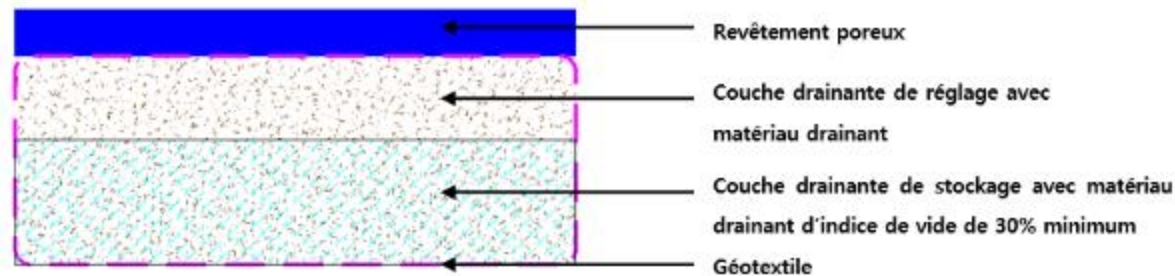
1. Avenue Frans Van Kalken, Anderlecht
2. Parc Fontainas, VdB
3. Parc des Brigittines, VdB
4. Tivoli, VdB
5. Avenue du Parc, Forest
6. Chaussée de Neerstalle, Forest
7. Tracé de l'Eau, Forest
8. Rue de la Bravoure, Jette
9. Parc de la Senne, Schaerbeek
10. Chaussée d'Alsemberg, Uccle
11. Chaussée de Saint-Job, Uccle
12. Boulevard de la Woluwe, WSP et WSL

- Dispositifs végétalisés projetés
- Dispositifs végétalisés et massifs stockants projetés
- Massifs stockants projetés
- Dispositifs à définir
- Dispositifs végétalisés réalisés
- Dispositifs végétalisés et massifs stockants réalisés
- Massifs stockants réalisés



Materialen

- ▶ De te gebruiken granulaatfracties moeten **vrij zijn van fijne deeltjes** (20/60 – 20/80 – 20/120) en een **holtepercentage** hebben van ten minste **30 %**
 - Volledige structuur uit drainerend kiezelzand (FR school)
 - Alleen onderfundering uit gesloten drainerend kiezelzand met materiaal van het type 0/32 of 2/32 als fundering (actuele BE school)



Bron: INFRA Services

- ▶ In g jk dat de doorlatendheid wordt geverifieerd met behulp van tests volgens de dubbele-ringmethode
- ▶ Er is geen **vorstrisico**:
 - Dit type structuur wordt alleen verzadigd tijdens extreme perioden... A fortiori wanneer het niet vriest ...
 - Aangepaste granulaatfractie (vrij van fijne deeltjes)



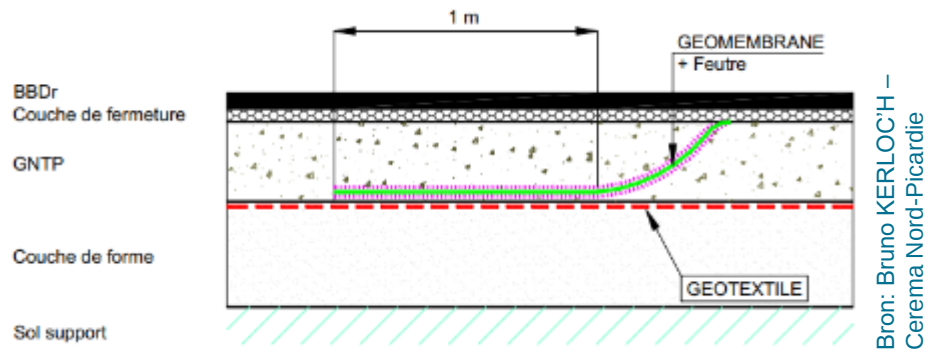
Materialen

- De reservoirstructuur moet **volledig worden ingepakt in geotextiel**



Compartimentering

- ▶ In het geval van hellingen is het noodzakelijk compartimenten te voorzien
 - Via een dichtingsinrichting door middel van geomembranen (DIG)

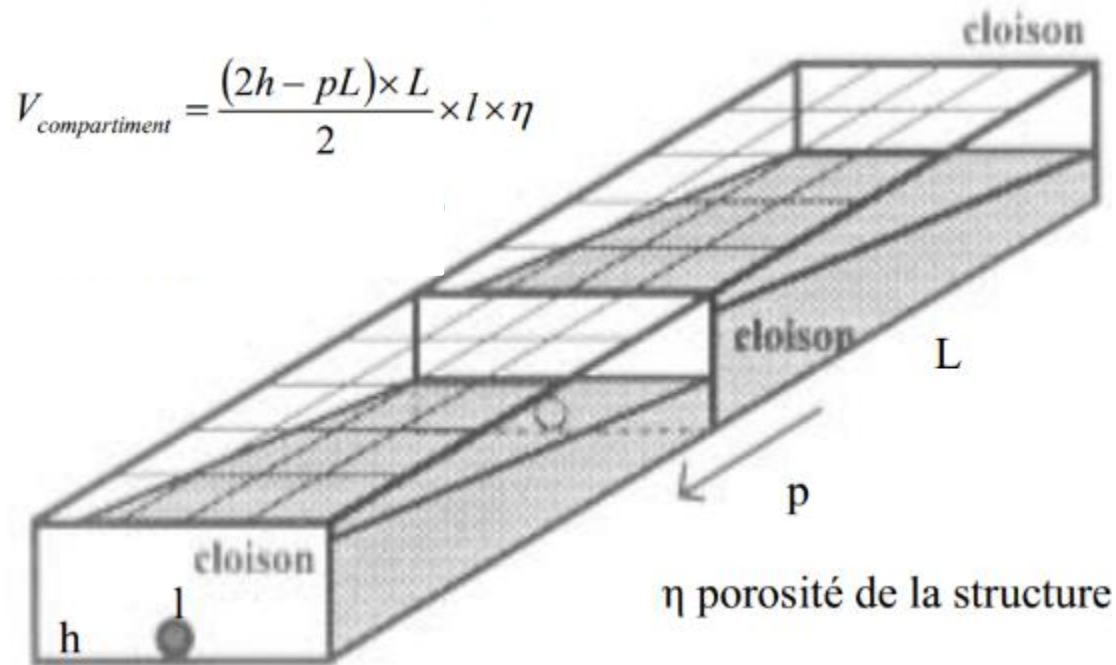


- Via behandeld grindzand



Compartmentering

- Berekening van het volume van de compartimenten:



Bron: Bruno KERLOC'H –
Cerema Nord-Picardie

- Aantal compartimenten

$$L_{\text{compartiment}} = \frac{2h}{p} - \frac{2V_{\text{tot}}}{L_{\text{tot}} * l * \eta * p}$$



Materialen en doorlatendheid

- Zie vorig hoofdstuk

Doorlatendheidstests

- De doorlatendheid van de verharding kan worden getest met een drainometer



Bron: ADOPTA



Dichtslibbing

- ▶ Door de ophoping van diverse materialen (stof, plantaardig afval, slijtage van mechanische onderdelen van voertuigen, ...) slibt de toplaag langzaam aan dicht. Deze reductie van de doorlatendheid is immers het logische gevolg van de doeltreffende werking van de voorzieningen om het water niet te verontreinigen.
- ▶ Zeer grote initiële doorlatendheid (duizenden malen groter dan vereist om de meest intense neerslag te laten infiltreren).
 - ⇒ **Voor het merendeel van de waterdoorlatende verhardingen creëert dit fenomeen slechts zelden echte problemen. Het geleidelijk aan dichtslibben van de drainerende verhardingen is echter een realiteit als gevolg van de doeltreffende werking (filtering) van deze voorzieningen. Bovendien kan dit onder controle worden gehouden door regelmatig onderhoud en specifieke interventies.**

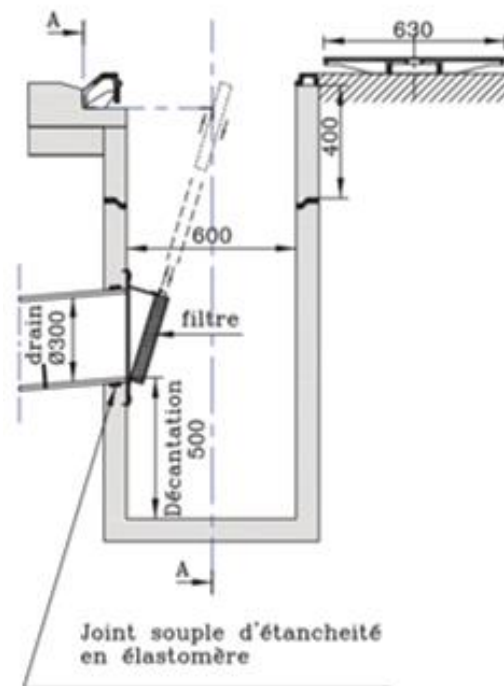


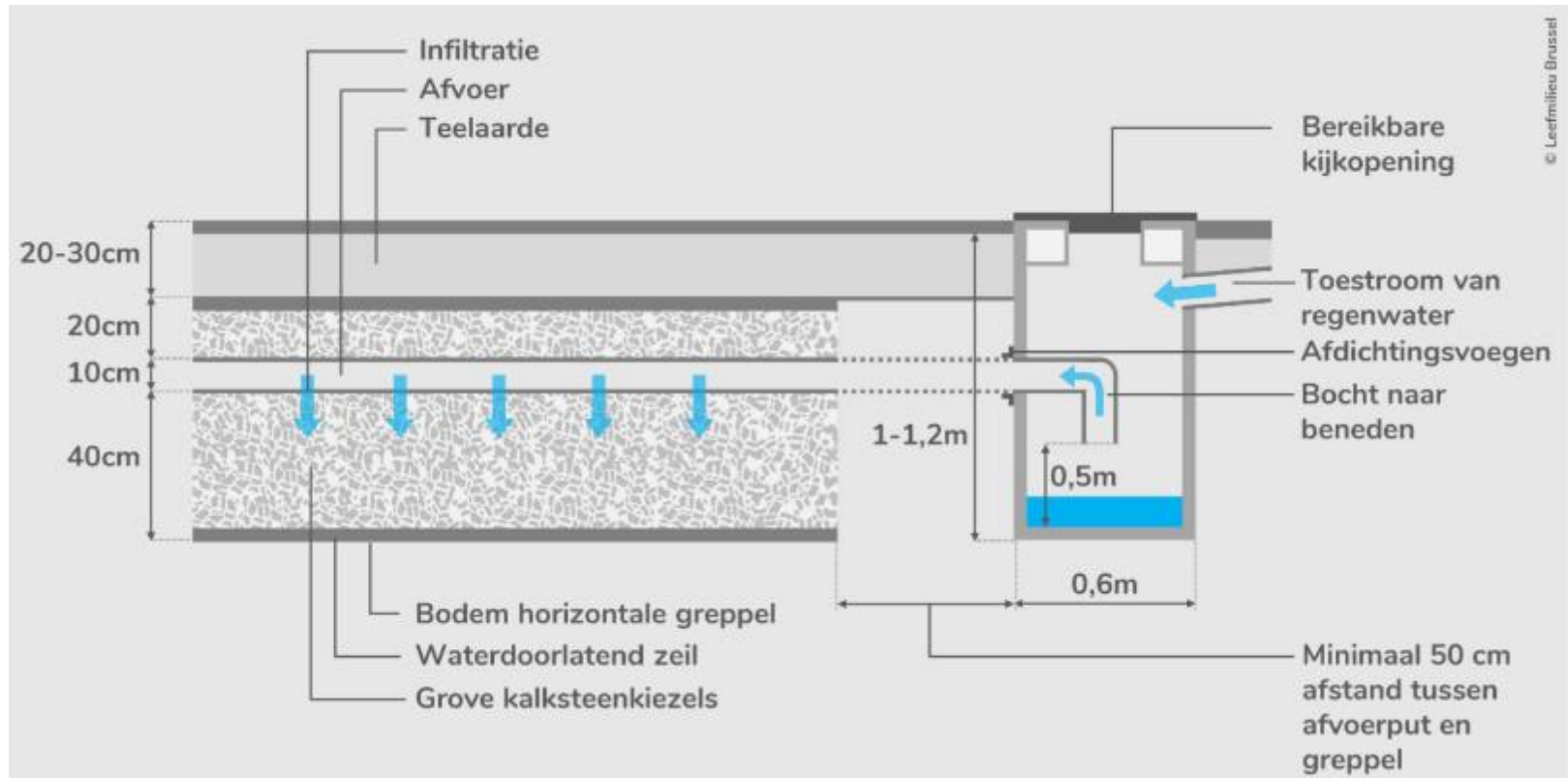
Bron: Holcim



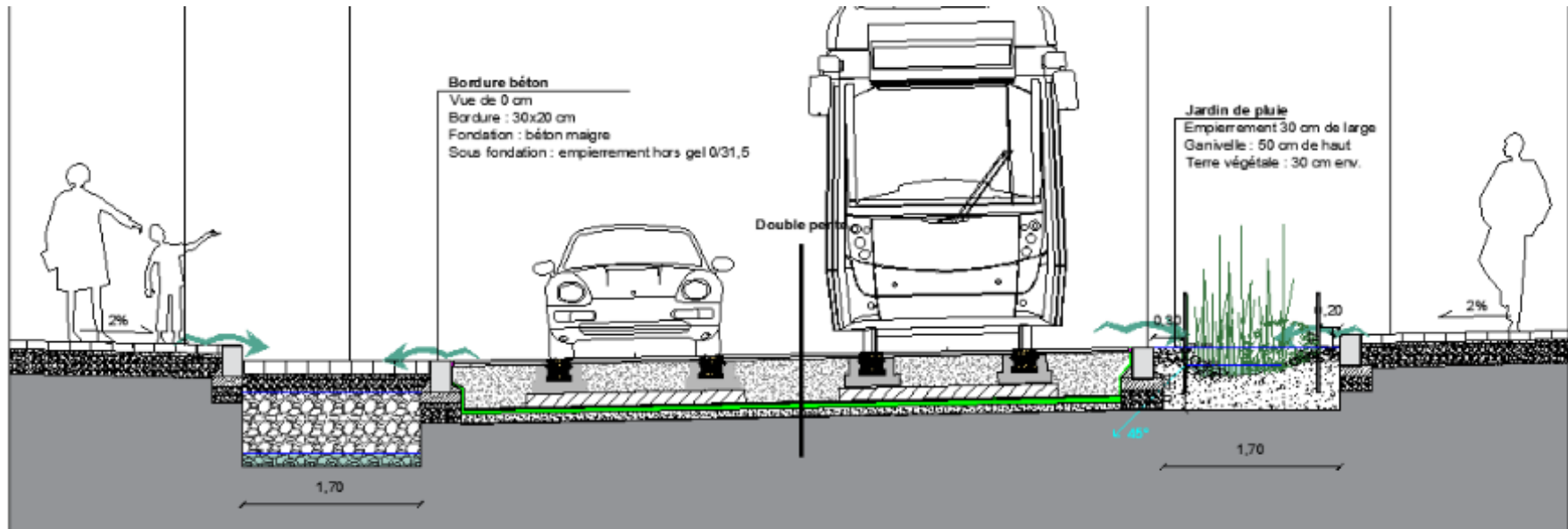


Bronnen: ADOPTA





Voorbeeld van de Neerstalsesteenweg



$$S_a/S_{inf} = 4,5 \text{ (volledige rijweg)}$$

$$S_a/S_{inf} = 3 \text{ (uitgezonderd rails 1 tot 4)}$$

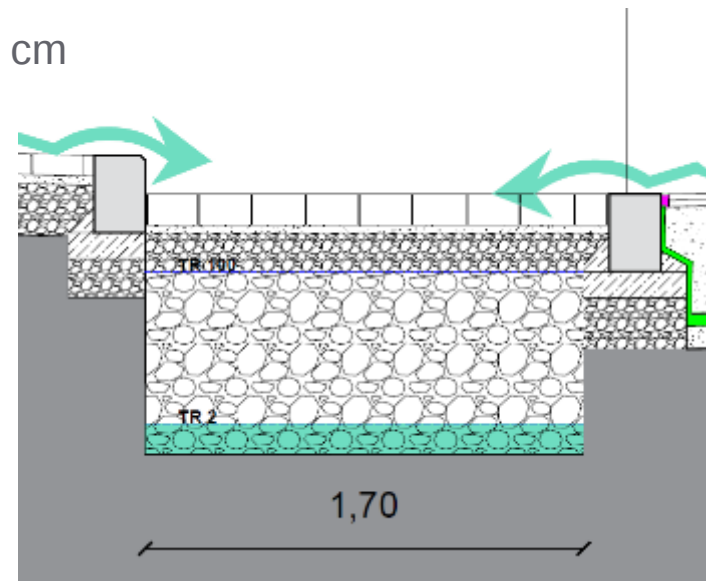


Courante regenbuien

- ▶ Lichte regenbuien
 - Regenbui: tot 4 mm
 - Waterpeil in de voorziening: tot 4 cm
 - Drainagetijd: tot 40 minuten
 - 120 uur vochtig > 5 dagen
- ▶ Gemiddelde regenbuien
 - Regenbui: tot 10 mm
 - Waterpeil in de voorziening: tot 12 cm
 - Drainagetijd: tot 2 uur
 - 102 uur vochtig > 4,25 dagen

Droog: 97 % van de tijd

...

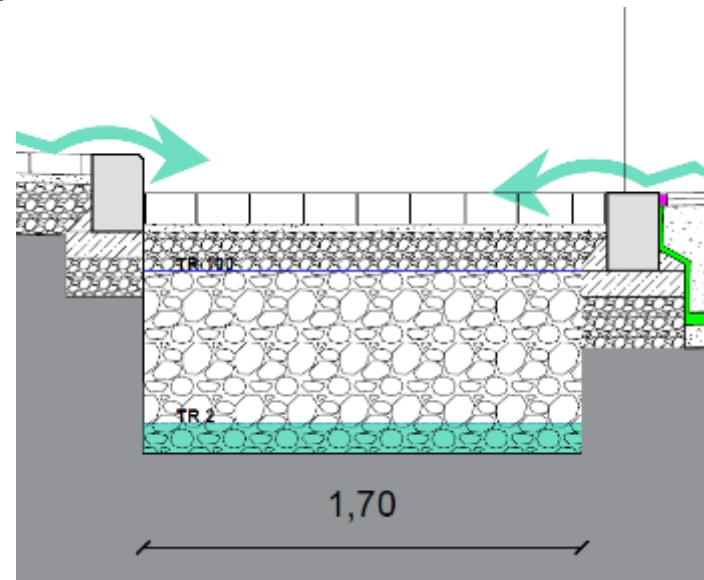


**Diepte = 40
tot 50 cm**



Extreme regenbuien

- ▶ TT2
 - Regenbuien: 1 uur en 16 mm
 - Waterpeil in de voorziening: 15 cm
 - Drainagetijd: 2 uur
- ▶ TT100
 - Regenbuien: 3 uur en 57 mm
 - Waterpeil in de voorziening: 60 cm
 - Drainagetijd: 8 uur



In geval van interventies

- ▶ Noodzaak om het draineermassief in oorspronkelijke toestand te herstellen
 - Geolokalisatie van GRWB-voorzieningen
 - Bewustmaking en opleiding van de verschillende interveniënten

⇒ Voorbeeld van de watermaatschappij in Roanne (La Roannaise de l'Eau) waar men scheidingsstrategieën toepast, met inbegrip van draineursleuven boven hun leidingen bij renovatie



Bron: La Roannaise de l'Eau



VAN ALLES IN DE RIOLERING ...
... NAAR DE DOORLAATBARE STAD
GRWB
ONTWERPELEMENTEN

INRICHTINGEN

- ▶ Daken
- ▶ Waterdoorlatende verhardingen
- ▶ Massieven
- ▶ **Verlaagde groene inrichtingen**



- Zeer variabel volgens de verlaagde groene inrichting...



RD28 en Parvis du Collège Lucie Aubrac – Villetaneuse
(bron: Urban Water)



Cité Florale – Saint-Denis
(bron: Urban Water)



Regentuin - Philadelphia





INFRA Services, stedelijke
renovatie Halle Pajol, Parijs



SIBELGA – BRUSSEL
AAC

Technische middagen Water

- Middag aanplant van werken voor GRWB op 03/06/2021

Presentaties en video's (her)bekijken op

<https://leefmilieu.brussels/themas/water/professionelen-actie/evenementen/voorbije-evenementen>

Aangepaste aanplantingen en categorieën van beplante GRB-voorzieningen

AFSTEMMING TUSSEN DE KENMERKEN VAN DE OMGEVING EN HET GEBRUIK EN DE BEHOEFTE VAN DE PLANTEN

- Beplanting van GRB-structuren → Niet systematisch beplanting van vochtige zones



Crescent Gardens, Wood Green, London
© Robert Gray Associates





- ▶ Het is mogelijk elementen voor regenwaterbeheer te voorzien op alle oppervlakken van het perceel
 - Op het dak
 - In de gemineraliseerde naaste omgeving
 - In de groene ruimten
- ➔ Hierdoor kan het regenwater worden beheerd daar waar het neerkomt
- ➔ Hierdoor kan het regenwaterbeheer worden geïntegreerd in inrichtingen die reeds een andere functie hebben





Gids Duurzame Gebouwen

- [Dossier | Beheer van het regenwater op het perceel](#)
- [Voorziening | Waterdoorlatende verhardingen](#)
- [Voorziening | Waterwegen](#)
- [Voorziening | Wadi's](#)
- [Voorziening | Debietregelaar](#)
- [Voorziening | Retentiedaken](#)
- [Voorziening | Regentuinen](#)
- [Voorziening | Stormtanks en stormbekkens](#)
- [Voorziening | Opslagbedden](#)
- [Voorziening | Filtreerstroken](#)



Informatiebronnen

- APUR (FR / EN) [Refrentiekader voor een beheer aan de bron van regenwater in de metropool](#)
- Cahier 1 | Waarom regenwater beheren aan de bron?
- Cahier 2 | Hoe regenwater beheren aan de bron?
- Cahier 3 | Actoren en ervaringen



Opleidingen en seminars

Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen

<https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>

Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!



Stéphan TRUONG

Projectingenieur – Facilitator WATER

☎ + 32 4 226 91 60

✉ facilitator.water@leefmilieu.brussels



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

