

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

BEHEER VAN REGENWATER OP HET PERCEEL EN IN DE OPENBARE RUIMTE

LENTE 2024

Principes van stedelijke hydrologie

Stéphan TRUONG





- ▶ Op eenvoudige wijze inzicht verlenen in de hydrologische elementen die een rol spelen in het regenwaterbeheer in stedelijke omgevingen
- ▶ Deze elementen integreren in het ontwerp van de voorzieningen voor een geïntegreerd regenwaterbeheer
- ▶ Inzicht verlenen in de parameters die bij de dimensioneringsmethodes gebruikt worden



HYDROLOGISCHE ELEMENTEN

PLUVIOMETRIE

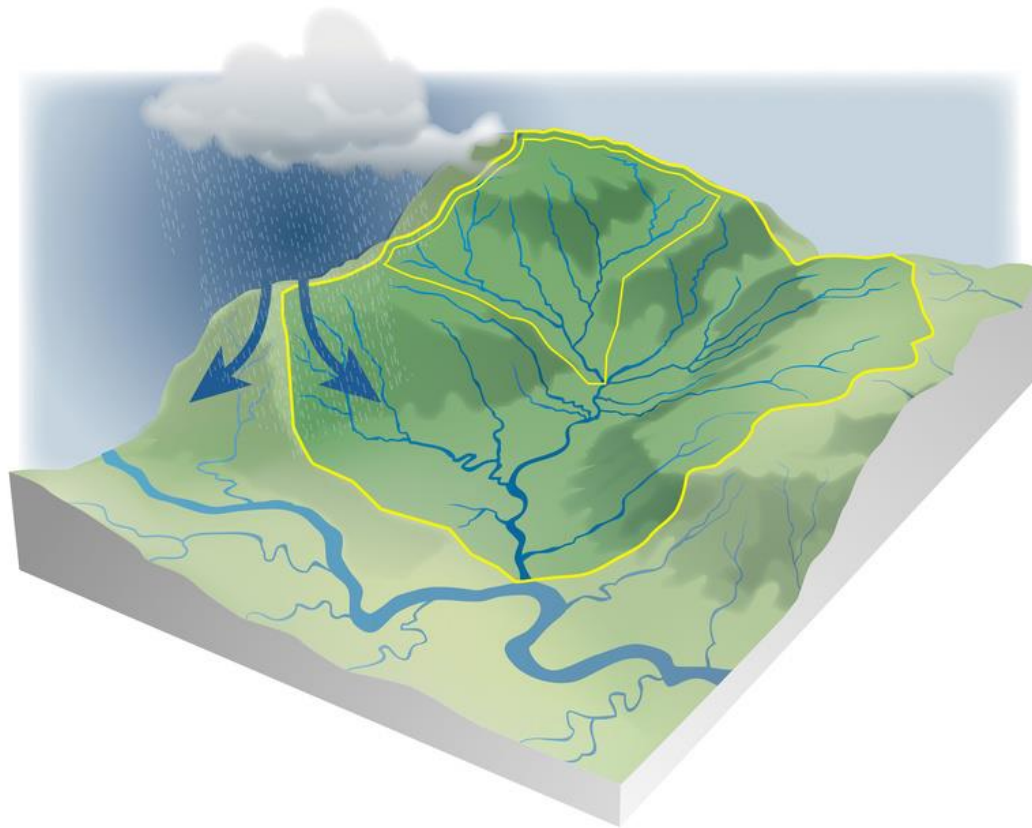
AFVLOEIING

INFILTRATIE



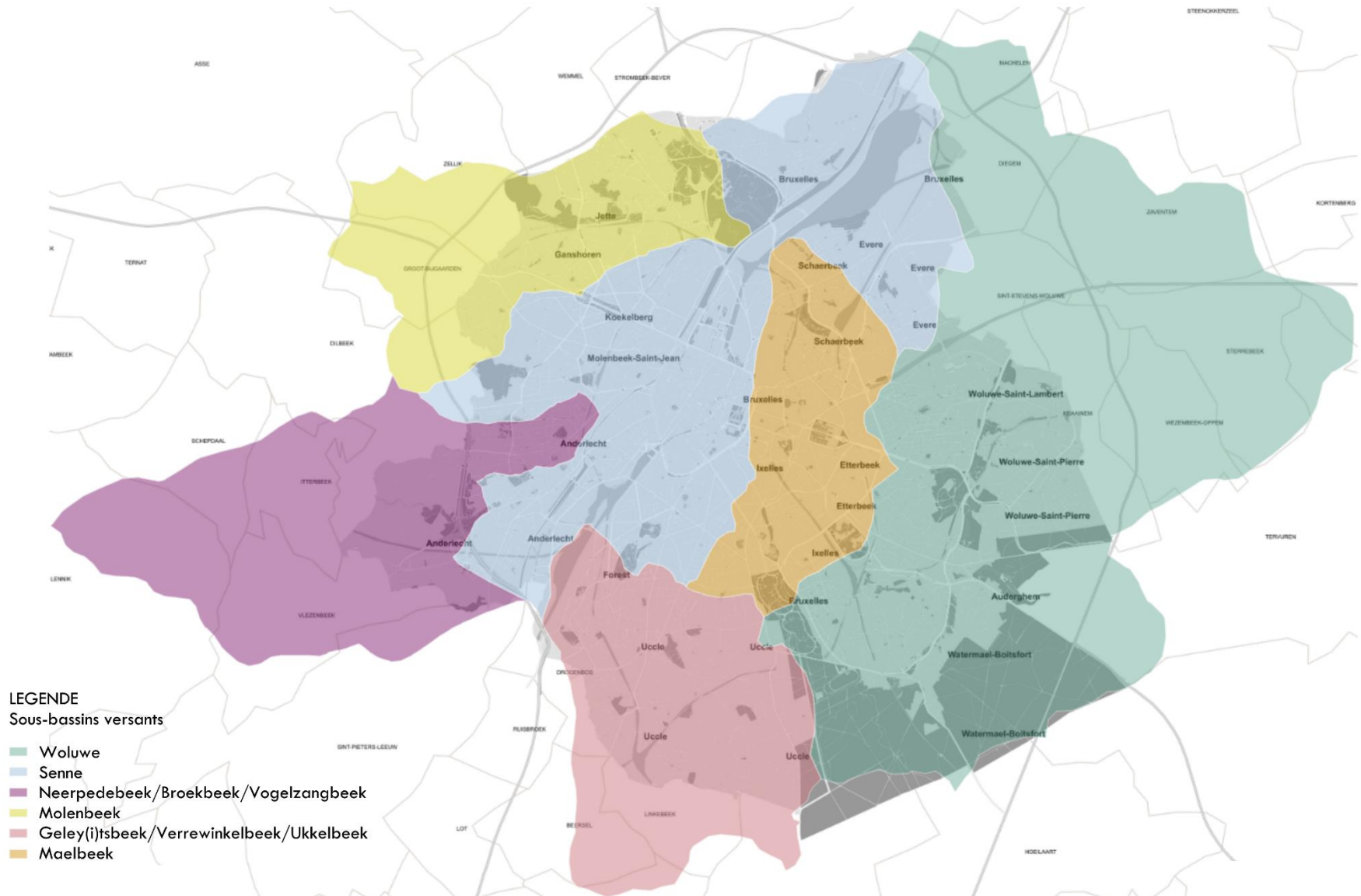
Oppervlak gedefinieerd door het geheel van het water dat op dat oppervlak neerkomt en naar hetzelfde afvoerpunt stroomt.

- Gedefinieerd door de topografie (natuurlijk milieu) EN door het rioleringsnet (stedelijk milieu)



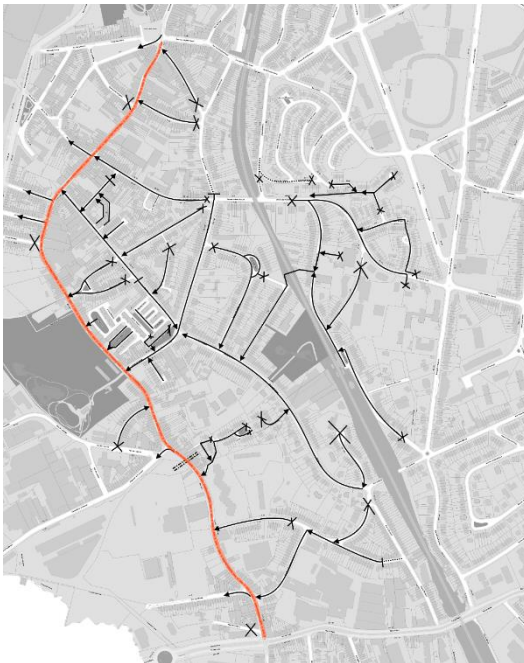
Bron: stroomgebied van de Gartempe





Voorbeeld: Neerstalsesteenweg

- ▶ Antropogeen stroomgebied



Vertrek



Afvloeingsrichting



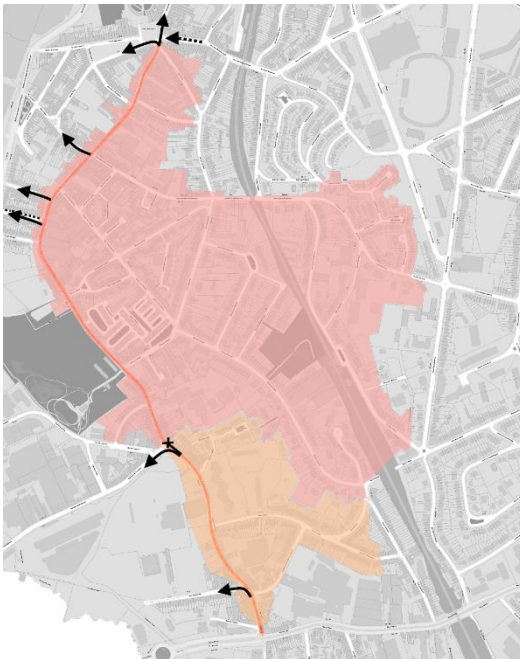
Verandering van helling

Bron: écorce



Voorbeeld: Neerstalsesteenweg

- ▶ Antropogeen stroomgebied



Vertrek



Afvloeiingsrichting



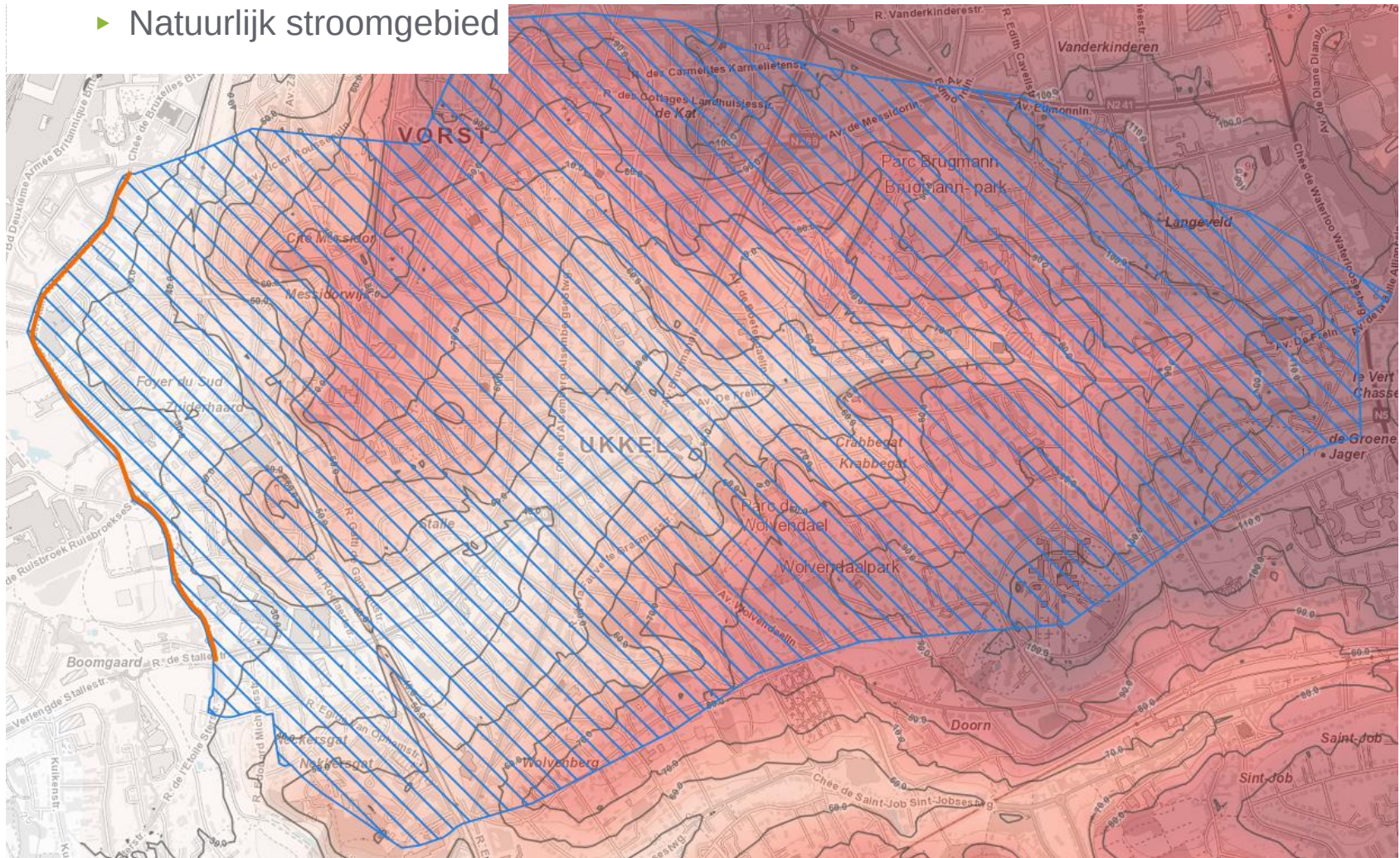
Verandering van helling

Bron: écorce



Voorbeeld: Neerstalsesteenweg

- Natuurlijk stroomgebied



9 STROOMGEBIED VAN HET PROJECT

Voorbeeld: Neerstalsesteenweg

- Identificatie van de afvloeingsbronnen van naburige huizen



■ RWP uitgevend op riolering

■ RWP uitgevend op de weg



Voorbeeld: Neerstalsesteenweg

- Bijdrage van naburige huizen

HOEVEEL

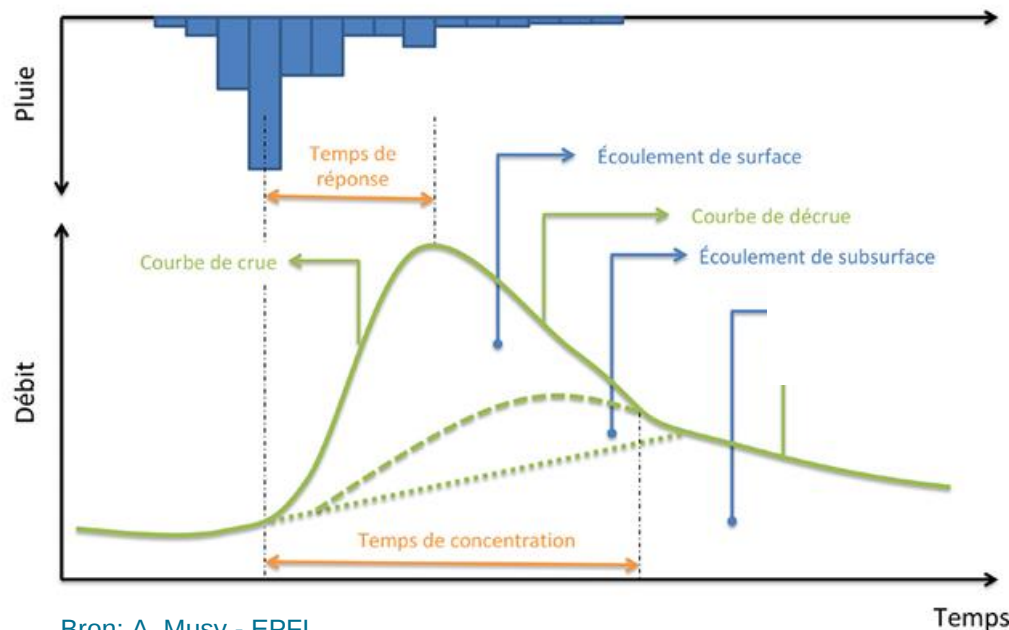
bij toevoeging van gebouwen?

		+17 %	
	Neerstalsesteenweg	+ Gebouwen (Vvooraan - huidige toestand)	+ Gebouwen (Vvooraan - raming op termijn)
Volume voor volledig studiegebied	1.600 m ³	+272 m ³	+1.501 m ³
Volume per strekkende meter weg	0,9 m ³	1,1 °C	1,7 °C
		+93 %	



Karakteristieke tijd:

- ▶ Responstijd: tijdsinterval tussen het zwaartepunt van de netto neerslag en de hoogste waterstand
- ▶ Concentratietijd: tijd die een regendruppel gemiddeld nodig heeft om de afstand af te leggen vanaf het “hydrologisch” verste punt van een stroomgebied tot aan het afvoerpunt. De karakteristieke tijd of k_t kan geraamd worden door meting van de tijd tussen het einde van de netto neerslag en het einde van de rechtstreekse afvloeiing (d.w.z. einde van de oppervlakteafvloeiing).



Bron: A. Musy - EPFL

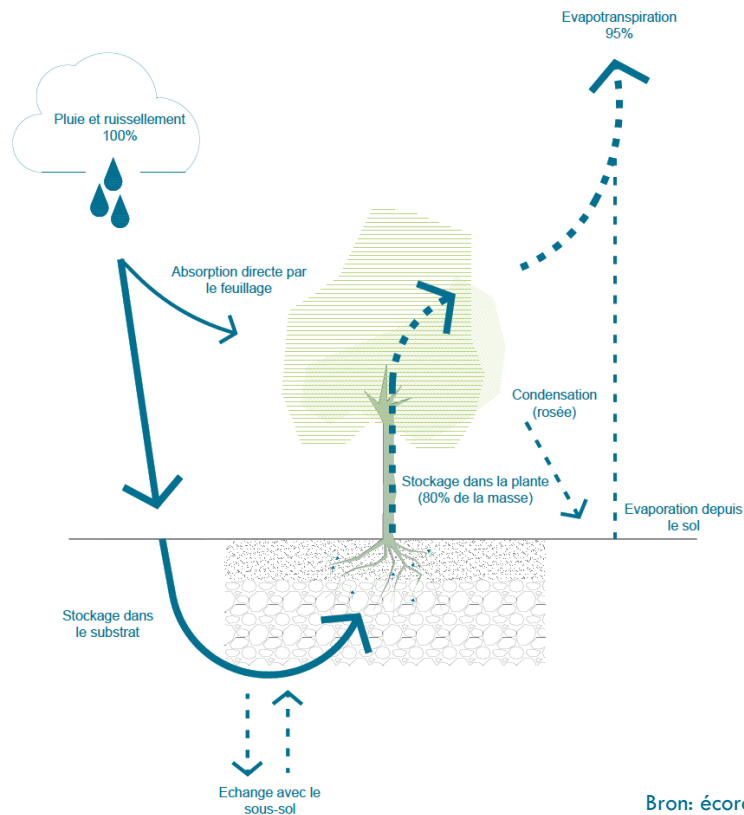
Deze tijd is afhankelijk van de karakteristieken van het stroomgebied:

- ▶ vorm
 - ▶ omvang
 - ▶ verval
 - ▶ oppervlaktetype
- maar ook van het regenbuitype



De verschillende componenten van de hydrologische balans van neerslag: de afvloeiing, de infiltratie en de evapotranspiratie

⇒ **Doelstelling: de afvloeiing minimaliseren en de infiltratie en evapotranspiratie maximaliseren**



Bron: écorce



HYDROLOGISCHE ELEMENTEN

PLUVIOMETRIE

AFVLOEIING

INFILTRATIE

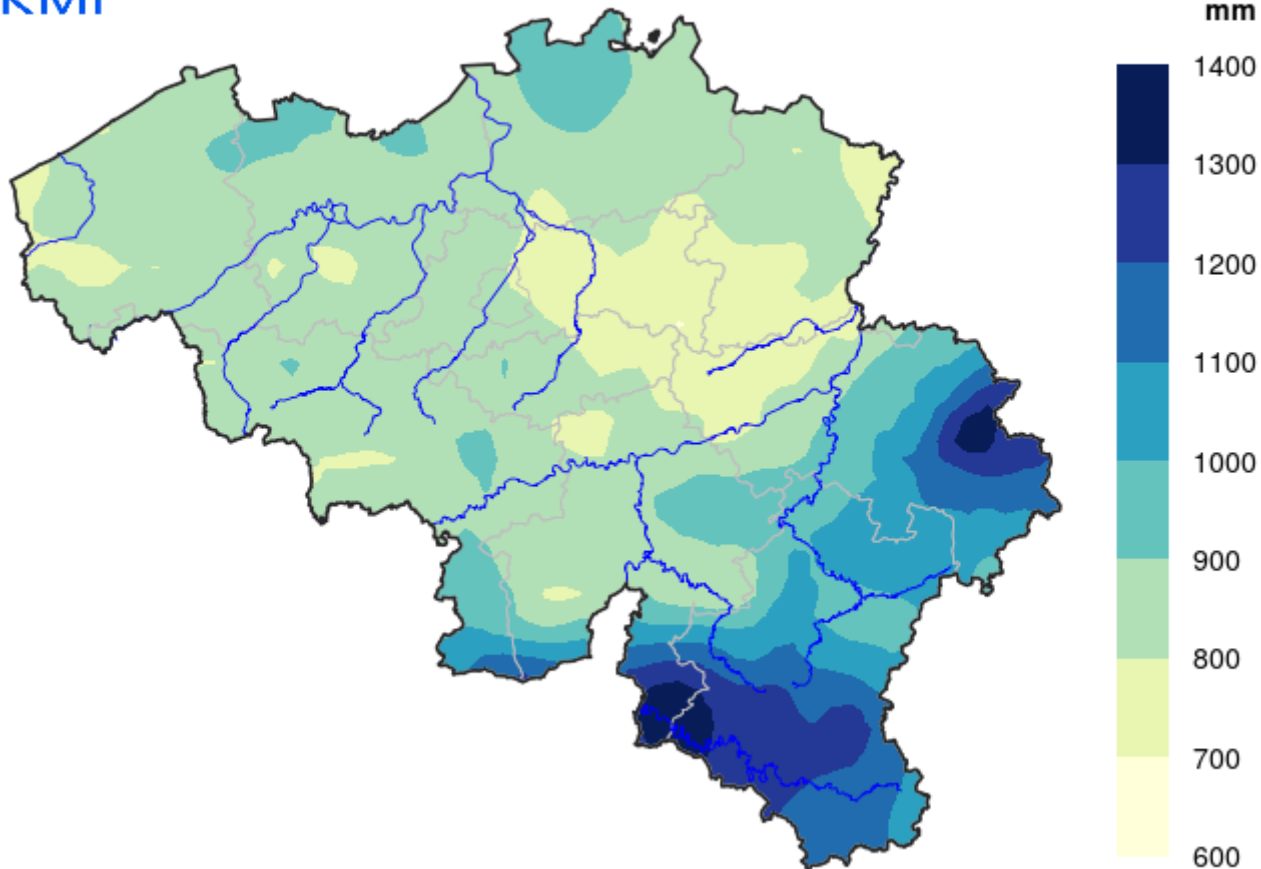


800 tot 850 mm/jaar



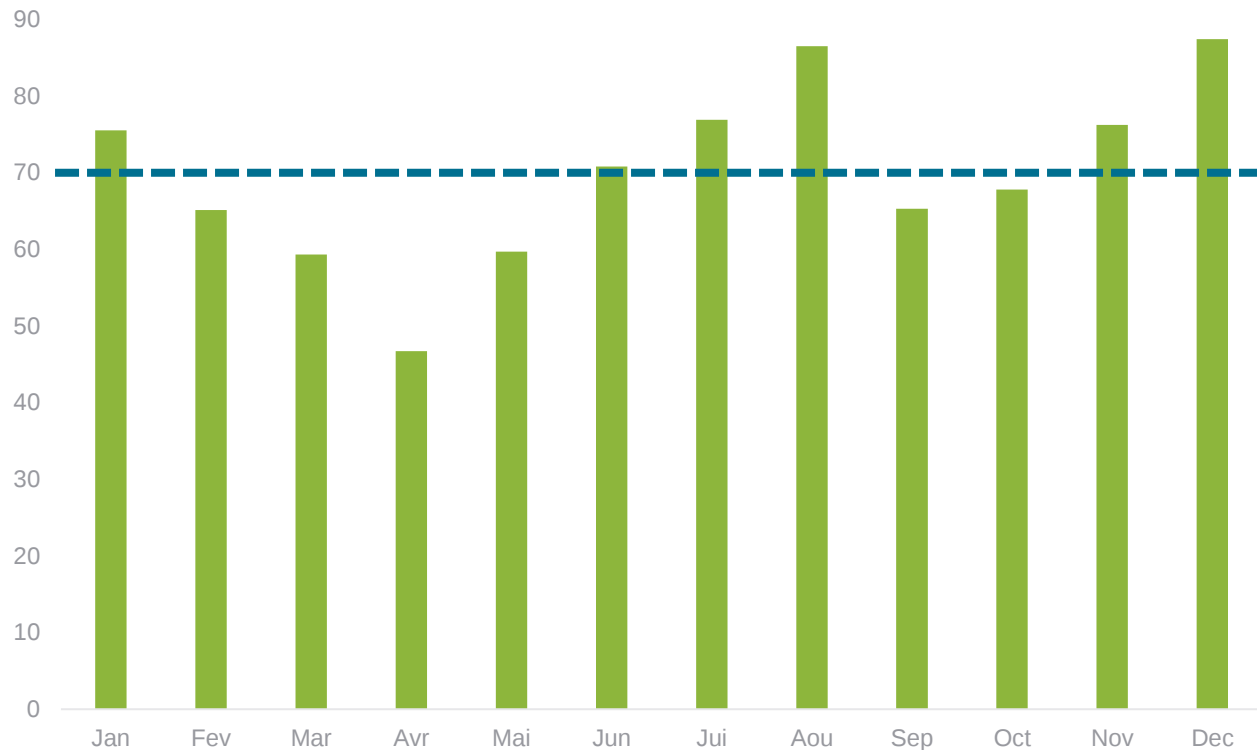
Jaarlijkse gemiddelde neerslaghoeveelheid

Normalen 1991-2020



Neerslag: ± 70 mm/maand

- Geen duidelijke seizoensgebonden cyclus. Over het algemeen valt er in de koude periode van het jaar (november tot maart) slechts iets meer neerslag dan in de warme periode (mei tot september).

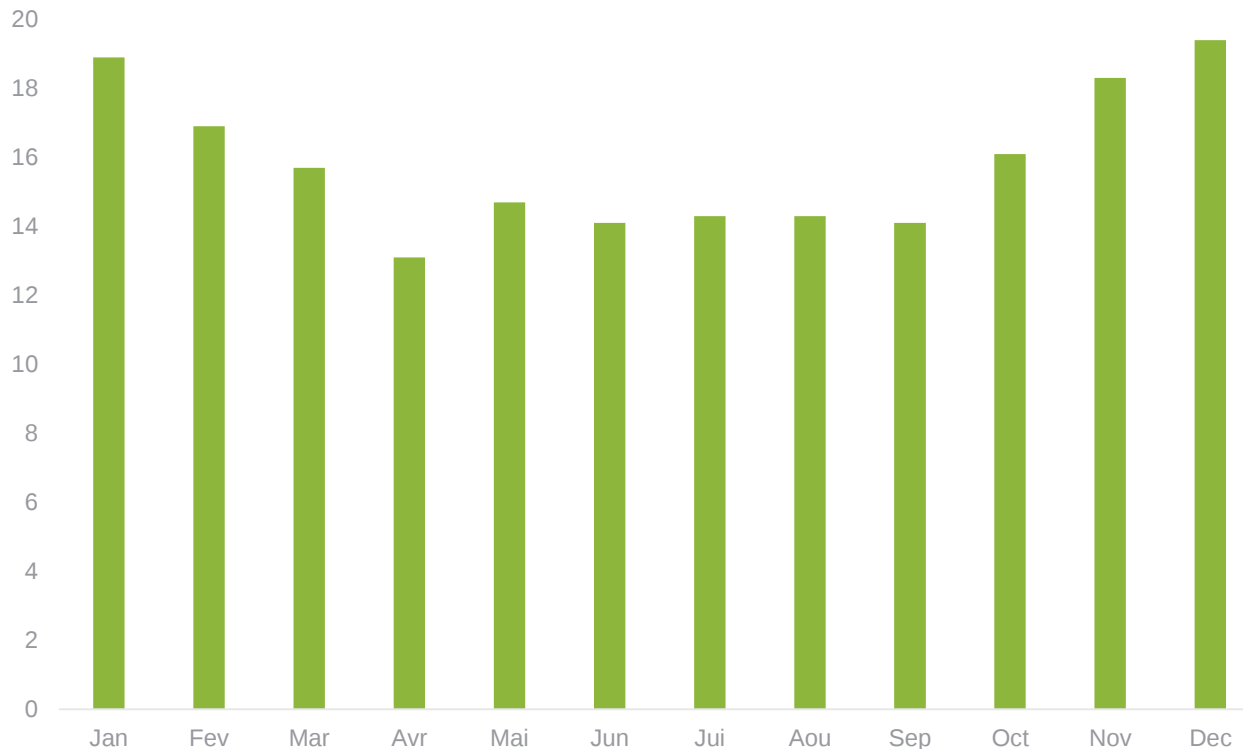


Gemiddelde maandelijkse neerslag in het station van Ukkel (gegevensbron: KMI - Normalen 1991-2020)



Aantal neerslagdagen

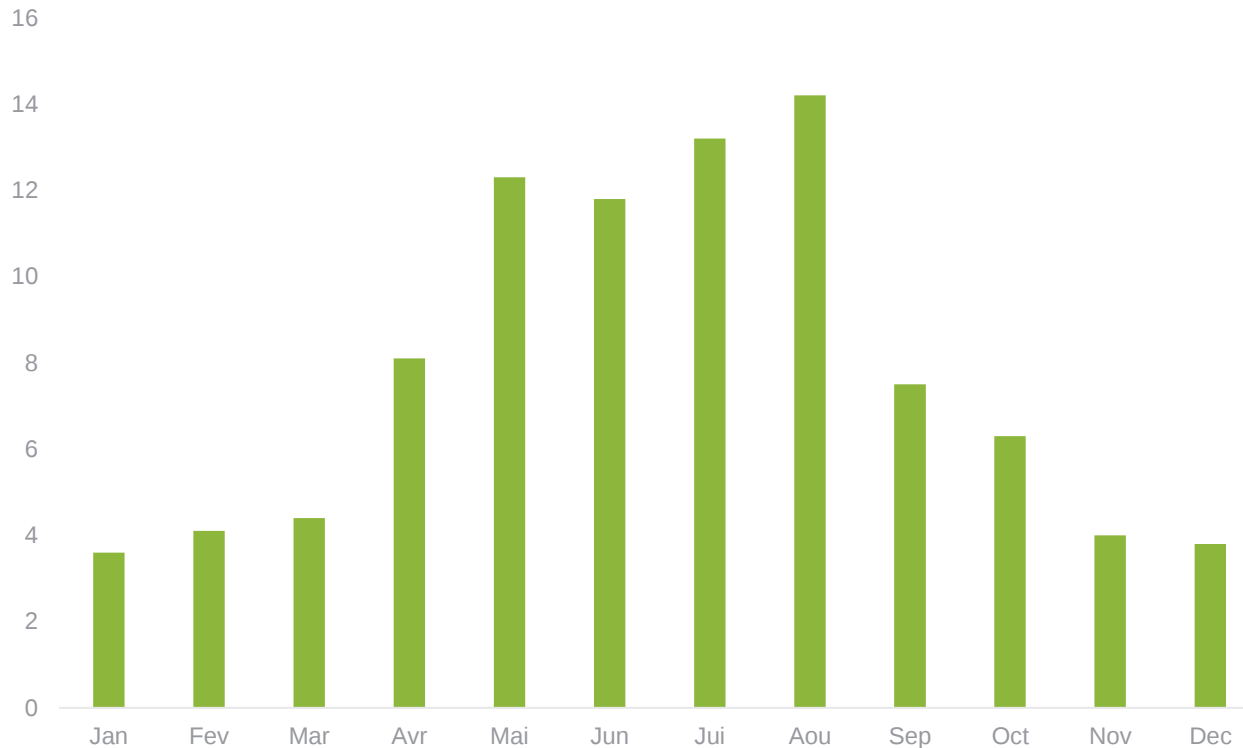
- Over het algemeen kent de koude periode van het jaar (november tot maart) slechts iets meer neerslagdagen dan de warme periode (mei tot september).



Gemiddeld maandelijks aantal neerslagdagen in het station van Ukkel (gegevensbron: KMI - Normalen 1991-2020)



Aantal onweersdagen

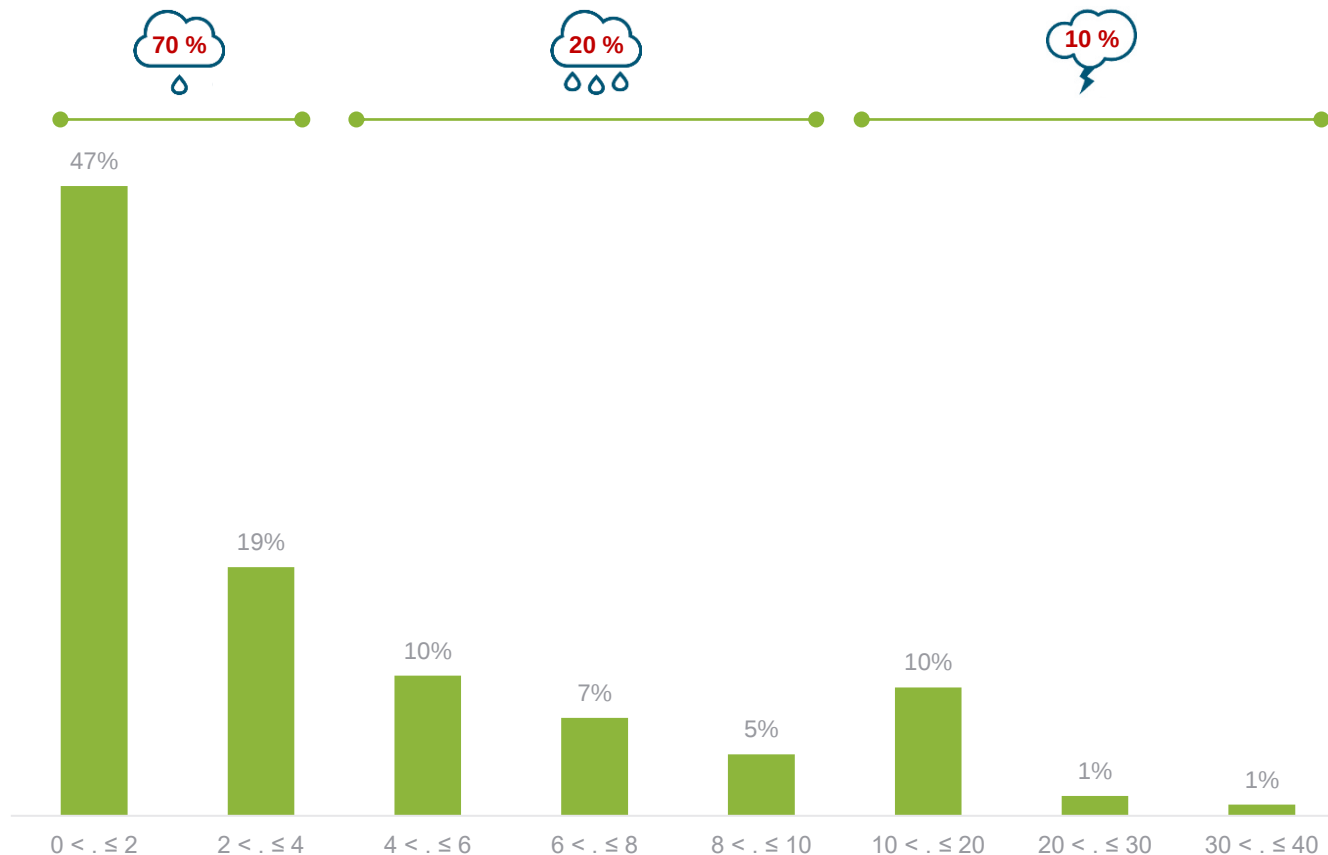


Gemiddeld aantal onweersdagen in het station van Ukkel
(gegevensbron: KMI - Normalen 1991-2020)



Regenbuien

- Gemiddeld regent het 190 dagen/jaar (50 % van de tijd), als volgt verdeeld:

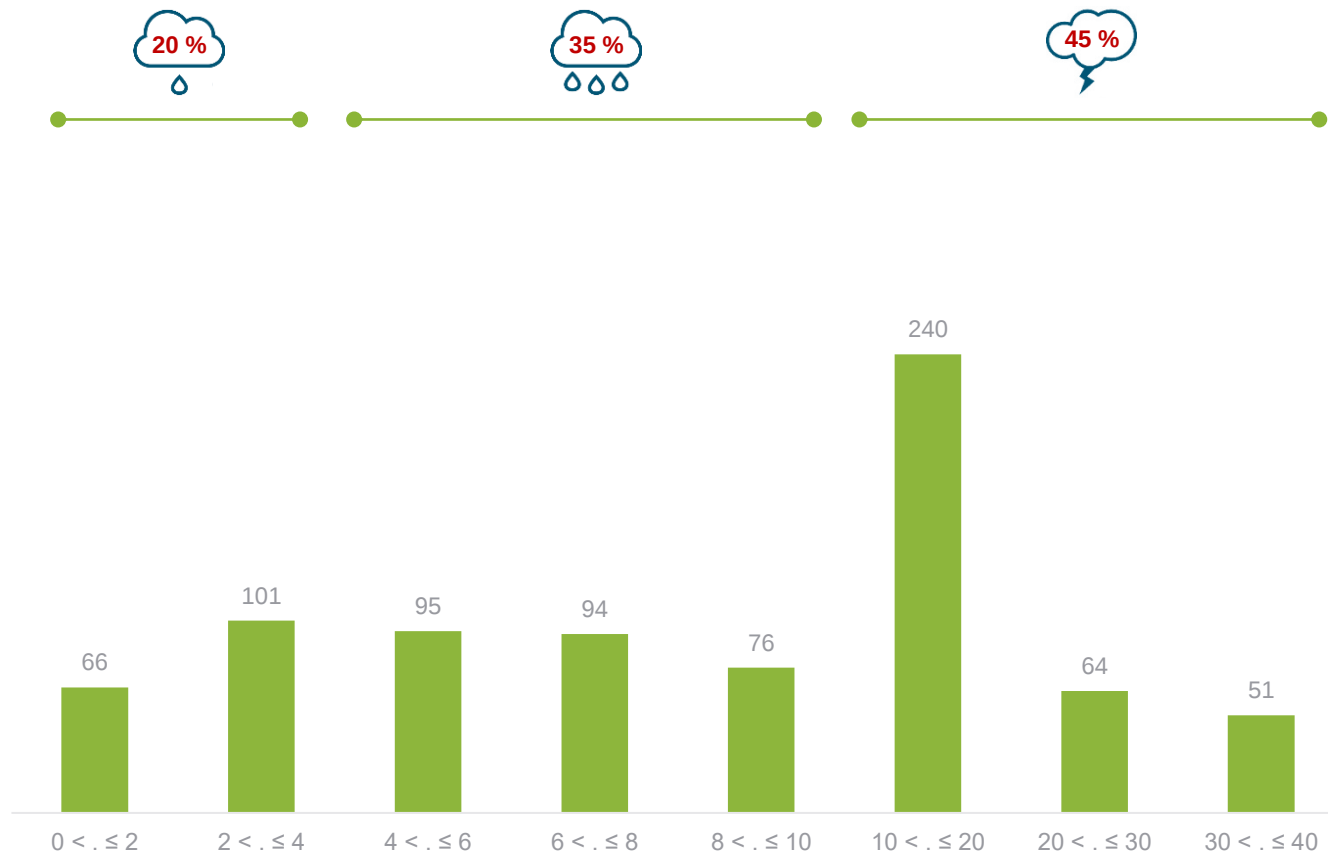


Verdeling van de gemiddelde dagelijkse neerslag in het station van Ukkel per type regenbui (gegevensbron: www.flowbru.be - Gemiddelden 2012-2021)



Regenbuien

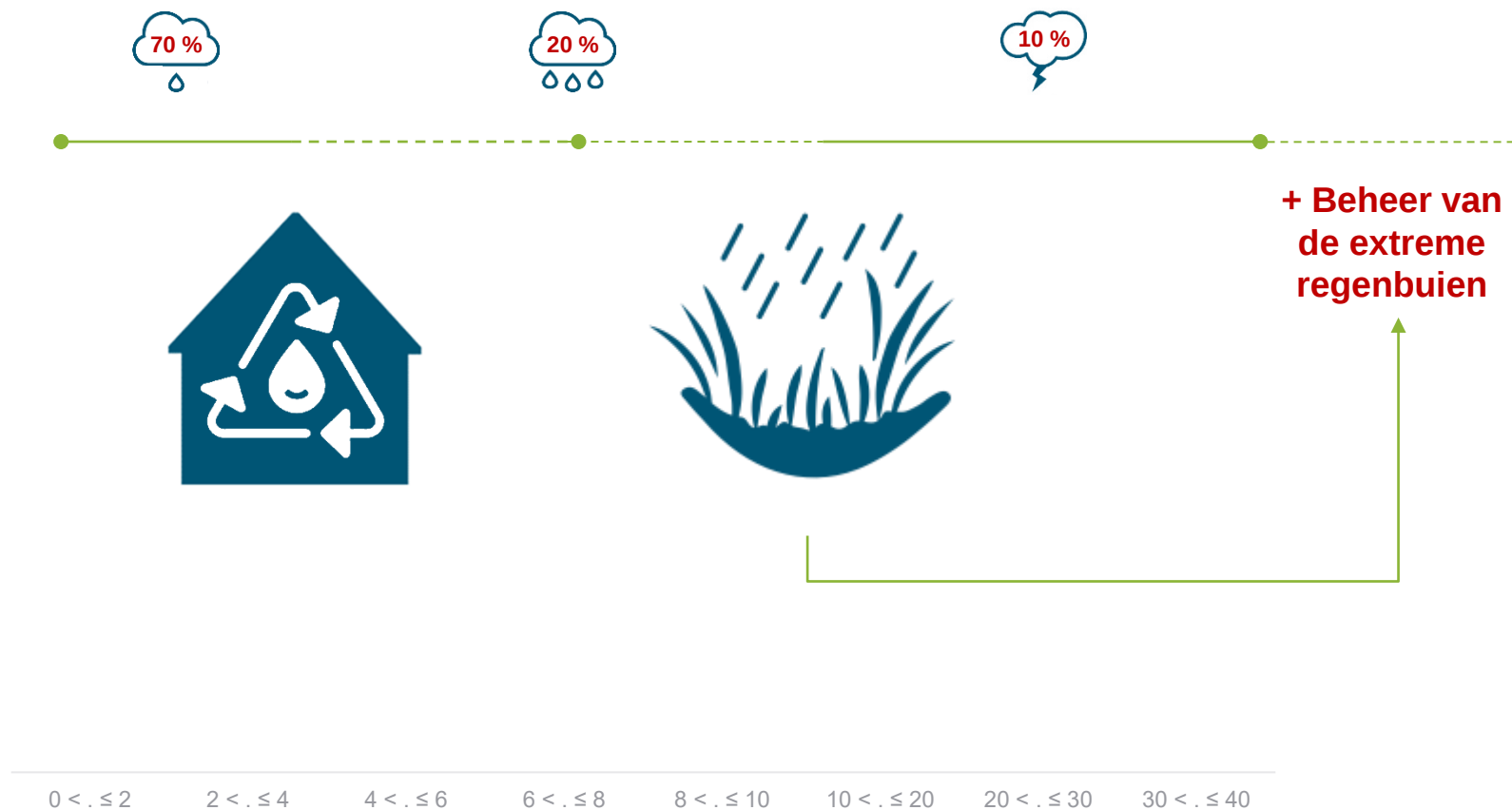
- De jaarlijkse neerslag gegenereerd door de verschillende regenbuitypes:



Gemiddelde jaarlijkse neerslag (mm) in het station van Ukkel per type regenbui (gegevensbron:
www.flowbru.be - Gemiddelden 2012 - 2021)



Het beheer is afhankelijk van het regenbuitype



Een regenbui wordt gekarakteriseerd door 3 parameters (QDF/KDF):

- ▶ de **Kwantiteit** van de neerslag
- ▶ de **Duur** van de regenbui
- ▶ de **Frequentie** (= terugkeerperiode = terugkeertijd (TT))

Duur	Terugkeerperiode (jaren)											
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100	200
10 min.	7,7	11	13,5	15	16,1	17	17,8	19	19,9	21,8	23,1	26,6
20 min.	11,1	15,9	19,5	21,7	23,3	24,6	25,7	27,5	28,9	31,5	33,5	38,5
30 min.	13,1	19	23,4	26,1	28,1	29,6	31	33,1	34,8	38	40,4	46,5
1 u	16,2	22,7	27,6	30,6	32,7	34,5	35,9	38,2	40,1	43,6	46,2	52,8
2 u	19,4	26,8	32,3	35,6	38,1	40	41,6	44,2	46,3	50,2	53,1	60,5
3 u	21,6	29,7	35,7	39,3	42	44,1	45,9	48,7	51	55,3	58,4	66,5
6 u	26,1	34,4	40,5	44,2	46,9	49,1	50,9	53,8	56,1	60,4	63,7	71,8
12 u	31,8	41,7	49,1	53,5	56,7	59,3	61,4	64,9	67,6	72,8	76,6	86,2
1 d	39	50,5	58,7	63,6	67,2	70	72,3	76	78,9	84,4	88,4	98,5
2 d	49,6	63,4	73,1	78,8	82,8	86	88,6	92,8	96,1	102,2	106,6	117,5
3 d	52,9	67,6	77,8	83,7	87,9	91,2	93,9	98,2	101,6	107,7	112,2	123,1
4 d	57,6	73,3	84	90,2	94,6	98,1	100,9	105,3	108,8	115,2	119,7	130,9
5 d	65,4	82,4	93,9	100,6	105,3	108,9	111,9	116,6	120,3	127	131,8	143,6
7 d	75,4	93,8	106,2	113,3	118,2	122,1	125,2	130,2	134	141	146	158,1
10 d	89,8	110,7	124,6	132,4	137,9	142,1	145,6	151	155,2	162,8	168,2	181,2
15 d	108,8	133,2	149,1	158	164,3	169,1	172,9	179	183,7	192,2	198,1	212,4
20 d	126,7	155,2	173,6	183,9	191	196,4	200,9	207,8	213,1	222,6	229,3	245,2
25 d	135,2	165,5	184,9	195,7	203,1	208,8	213,4	220,6	226,1	236	242,9	259,3
30 d	157,9	190,3	211	222,4	230,3	236,3	241,2	248,7	254,5	264,9	272,1	289,2

Statistieken van de extreme neerslag – Gemeente Ukkel

Geschatte neerslaghoeveelheid voor een neerslagduur [van 10 minuten tot 30 dagen]

en een terugkeerperiode [van 2 tot 200 jaar] - Eenheid: mm

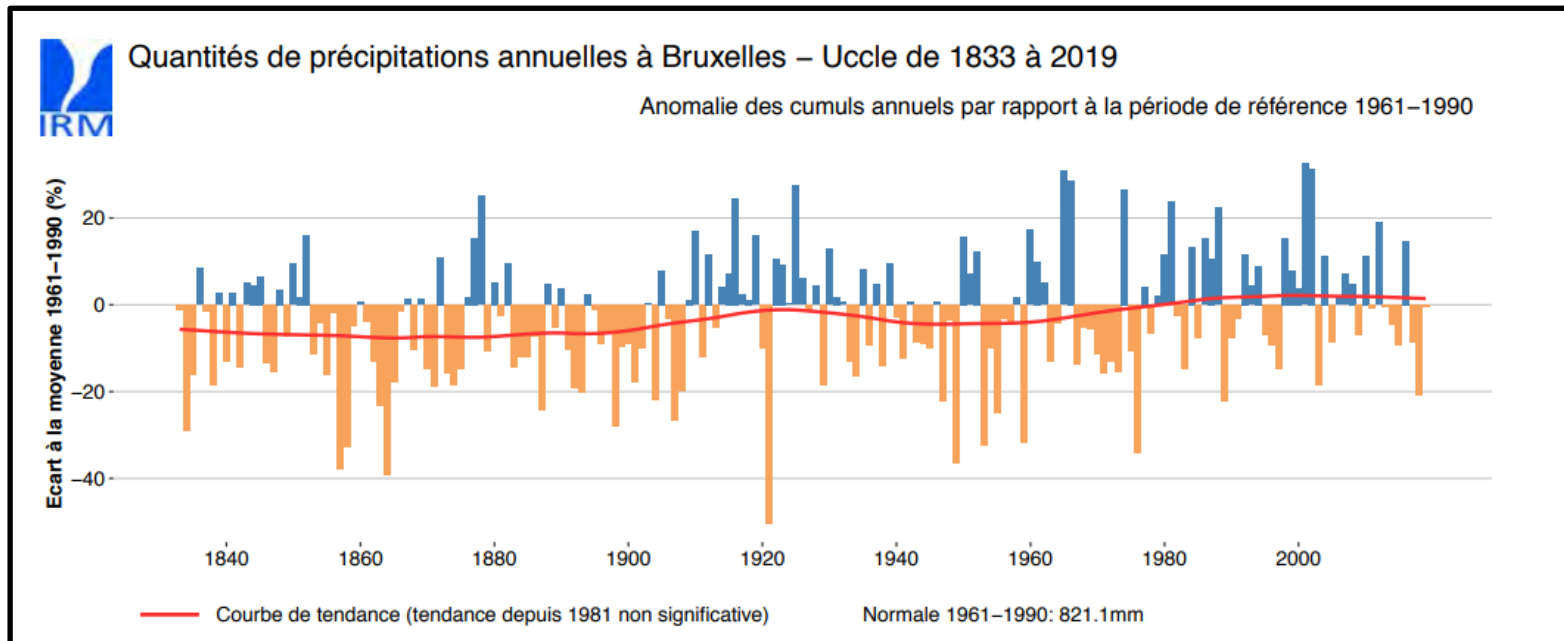
Bron: KMI



Hoe worden de curves (QDF) voor een bepaalde locatie berekend?

- Model 1: op basis van een lange reeks neerslagmetingen

⇒ Voorbeeld: station van Ukkel, dagelijkse meting sinds 1833!



Evolutie van de jaarlijkse hoeveelheid neerslag voor de periode 1833-2019. Afwijkingen uitgedrukt in percentages.

Bron: KMI



Hoe worden de curves (QDF) voor een bepaalde locatie berekend?

- ▶ Model 1: op basis van een lange reeks neerslagmetingen

Voorbeeld: station van Ukkel, dagelijkse meting sinds 1833!

⇒ Voordeel: nauwkeurigere gegevens in geval van een nabijgelegen weerstation

- ▶ Model 2: op basis van een minder lange reeks neerslagmetingen EN:
 - modellen voor extrapolatie in de tijd
 - modellen voor ruimtelijke extrapolatie

⇒ Voordeel 1: beschikbaarheid van gegevens voor heel België

⇒ Voordeel 2: homogeniteit voor het hele land

⇒ Voordeel 3: mogelijkheid tot integratie van klimaatverandering



Vergelijking van twee tabellen (QDF) volgens 2 modellen

		M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2
		2			5			10			15			20			25		
Durée	10 min	7,7	8,1	105%	11	10,9	99%	13,5	12,8	95%	15	14	93%	16,1	14,8	92%	17	15,4	91%
	20 min	11,1	11	99%	15,9	14,8	93%	19,5	17,5	90%	21,7	19	88%	23,3	20,1	86%	24,6	21	85%
	30 min	13,1	12,8	98%	19	17,3	91%	23,4	20,4	87%	26,1	22,2	85%	28,1	23,5	84%	29,6	24,5	83%
	1 h	16,2	16,2	100%	22,7	21,8	96%	27,6	25,7	93%	30,6	28	92%	32,7	29,6	91%	34,5	30,9	90%
	2 h	19,4	19,9	103%	26,8	26,8	100%	32,3	31,7	98%	35,6	34,5	97%	38,1	36,5	96%	40	38	95%
	3 h	21,6	22,3	103%	29,7	30,1	101%	35,7	35,5	99%	39,3	38,7	98%	42	40,9	97%	44,1	42,7	97%
	6 h	26,1	27	103%	34,4	36,4	106%	40,5	42,9	106%	44,2	46,7	106%	46,9	49,5	106%	49,1	51,6	105%
	12 h	31,8	32,5	102%	41,7	43,8	105%	49,1	51,7	105%	53,5	56,2	105%	56,7	59,5	105%	59,3	62,1	105%
	1 d	39	39	100%	50,5	52,6	104%	58,7	62	106%	63,6	67,5	106%	67,2	71,4	106%	70	74,5	106%
	2 d	49,6	46,7	94%	63,4	63	99%	73,1	74,4	102%	78,8	80,9	103%	82,8	85,6	103%	86	89,3	104%
	3 d	52,9	51,9	98%	67,6	70,1	104%	77,8	82,7	106%	83,7	90	108%	87,9	95,2	108%	91,2	99,3	109%

		M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2	M2	M1	M1/M2
		30			40			50			75			100			200		
Durée	10 min	17,8	15,9	89%	19	16,7	88%	19,9	17,4	87%	21,8	18,6	85%	23,1	19,4	84%	26,6	21,6	81%
	20 min	25,7	21,7	84%	27,5	22,8	83%	28,9	23,7	82%	31,5	25,3	80%	33,5	26,5	79%	38,5	29,4	76%
	30 min	31	25,3	82%	33,1	26,6	80%	34,8	27,7	80%	38	29,6	78%	40,4	30,9	76%	46,5	34,3	74%
	1 h	35,9	31,9	89%	38,2	33,6	88%	40,1	34,9	87%	43,6	37,3	86%	46,2	39	84%	52,8	43,3	82%
	2 h	41,6	39,3	94%	44,2	41,4	94%	46,3	43	93%	50,2	45,9	91%	53,1	48	90%	60,5	53,2	88%
	3 h	45,9	44,1	96%	48,7	46,4	95%	51	48,2	95%	55,3	51,5	93%	58,4	53,9	92%	66,5	59,7	90%
	6 h	50,9	53,3	105%	53,8	56,1	104%	56,1	58,2	104%	60,4	62,2	103%	63,7	65,1	102%	71,8	72,2	101%
	12 h	61,4	64,1	104%	64,9	67,5	104%	67,6	70,1	104%	72,8	74,9	103%	76,6	78,4	102%	86,2	86,9	101%
	1 d	72,3	77	107%	76	81	107%	78,9	84,1	107%	84,4	89,9	107%	88,4	94,1	106%	98,5	104,3	106%
	2 d	88,6	92,3	104%	92,8	97,1	105%	96,1	100,9	105%	102,2	107,8	105%	106,6	112,8	106%	117,5	125,1	106%
	3 d	93,9	102,6	109%	98,2	108	110%	101,6	112,1	110%	107,7	119,8	111%	112,2	125,4	112%	123,1	139	113%



Hoe worden de curves (QDF) voor een bepaalde locatie berekend?

- ▶ Model 1: op basis van een lange reeks neerslagmetingen

Voorbeeld: station van Ukkel, dagelijkse meting sinds 1833!

⇒ Beschikbaar voor Ukkel op de website van [Leefmilieu Brussel](#)

⇒ Aanvraag via contactformulier van het [KMI](#)

- ▶ Model 2: op basis van een minder lange reeks neerslagmetingen EN:

- modellen voor extrapolatie in de tijd
- modellen voor ruimtelijke extrapolatie

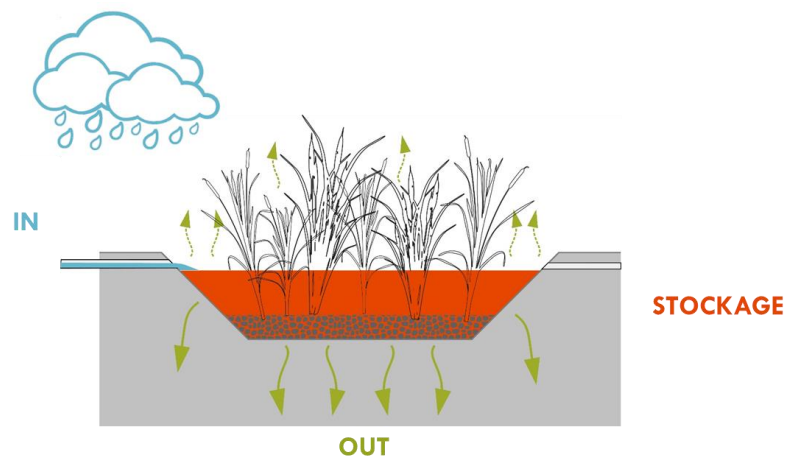
⇒ Gegevens beschikbaar op de website het KMI - [Het klimaat in uw gemeente](#)



Welke neerslag moet in acht worden genomen

- ▶ De TT wordt bepaald door de ambities
- ▶ In acht te nemen neerslagduur
 - In theorie = responstijd van het stroomgebied, d.w.z. tijdsinterval tussen het zwaartepunt van de netto neerslag en de hoogste waterstand
 - In de praktijk: gebruik van de neerslagmethode om de meest problematische neerslagduur te bepalen volgens de karakteristieken van het project (actieve oppervlakte, doorlatendheid en infiltratieoppervlakte)

⇒ Zie presentatie 'Dimensioneringsmethodes'





Gewestelijke ambitie

- ▶ Gevoeligheid van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (toenemende verdichting, verstedelijking van overstromingsgebieden en verdwijnen van vochtige gebieden)
- ▶ Rioleringsinfrastructuur gedimensioneerd in begin van 20e eeuw
- ▶ Anticipatie op evolutie naar meer zware regenbuien, onweersbuien (klimaatverandering)
 - ⇒ **Evolutie van een TT10 naar een TT van minimaal 20 jaar, zowel voor de openbare als voor de private ruimte op gewestniveau**

Oplossingen

- ▶ GRWB: Afkoppelen van ondoorlatende oppervlakken ($\pm 13 \%$)
- ▶ Stormbekken: Verhogen van opvangcapaciteit rioleringsnet ($\pm 20 \%$)
- ▶ Combinatie GRWB + stormbekken

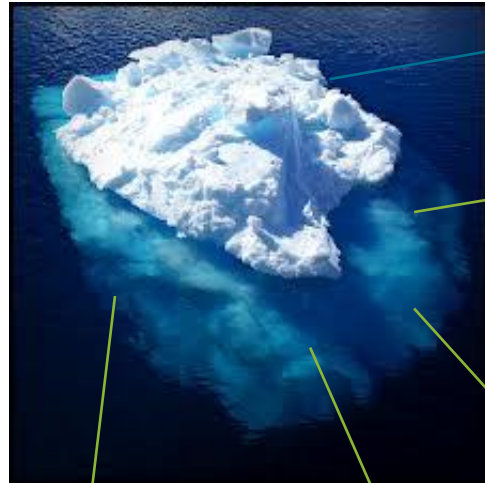
GRWB = een ecologisch en economisch antwoord in stedelijk gebied

- ▶ Voordeliger dan een herdimensionering van de netten
- ▶ Minder duur dan herstellen van overstromingsschade

Keuze van terugkeertijd regenbuien

- ⇒ **Nieuwbouw/zware renovatie: TT100**
- ⇒ **Lichte renovatie: 'Het maximaal haalbare'**





Overstromingen

Impact op mensen en middelen
Verontreiniging van natuurlijk milieus



Overbelasting van het rioleringsnet

→ **Aantasting** van dure infrastructuur

→ **Lozingen**

→ verontreiniging van ontvangende waterlopen

Vermenging van afvalwater – zuiver water

→ **Verdunning** van het te zuiveren water

→ zuiveringsrendementen ↓

→ **Verspilling** van de hulpbron 'zuiver water'

→ verbruik van drinkbaar gemaakt water ↑



Verlies van levenskwaliteit in de stad

→ **Hitte-eilanden** ↑

→ **Aantrekkelijkheid** ↓

→ **Gebrek aan fundamenteel evenwichtselement in stedelijke omgeving**

Ontoereikende aanvulling van zuiver water

→ in de bodem (→ evenwicht en kwaliteit van de bodem in natuurlijke milieus ↓)

→ van de grondwaterlagen (→ gevolgen op lange termijn)

→ van de natuurlijke waterlopen of vochtige gebieden (→ biodiversiteit ↓ in de zomer)



Behoud van de kwantiteit en de kwaliteit
van de hulpbron 'water'



Zachte regenbuien



Gemiddelde
regenbuien



Zware regenbuien



Extreme regenbuien

Opvangen om in het
gebouw te gebruiken.
Afkoppelen van het
rioleringsnet en daarbij
infiltratie en
evapotranspiratie
bevorderen om de
natuurlijke milieus van
water van goede
kwaliteit te voorzien.

IN SITU vertragen in
multifunctionele
voorzieningen, bij
voorkeur in de
openlucht en beplant,
om de natuurlijke
milieus van water van
goede kwaliteit te
voorzien.
Nullozing nastreven.

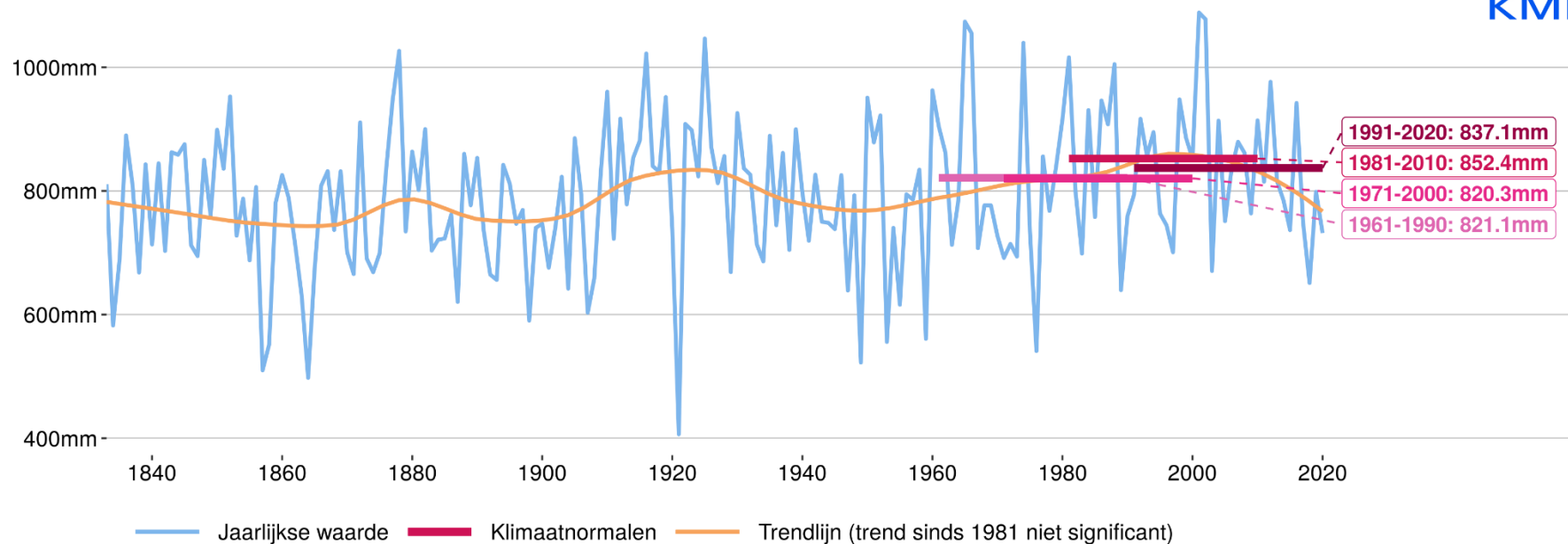


31 PLUVIOMETRIE EN KLIMAATVERANDERING

Jaarlijkse neerslag

- ▶ Toename met 9 % van de gecumuleerde jaarlijkse neerslag sinds de 19^e eeuw in verband met een zeer significante “sprong” rond 1910
- ▶ Minder sterke stijging dan voor temperaturen

Jaarlijkse neerslaghoeveelheid te Brussel - Ukkel van 1833 tot 2020



Bron: KMI, <https://www.meteo.be/nl/klimaat/klimaat-van-belgie/klimaatnormalen-te-ukkel/algemeenheden>



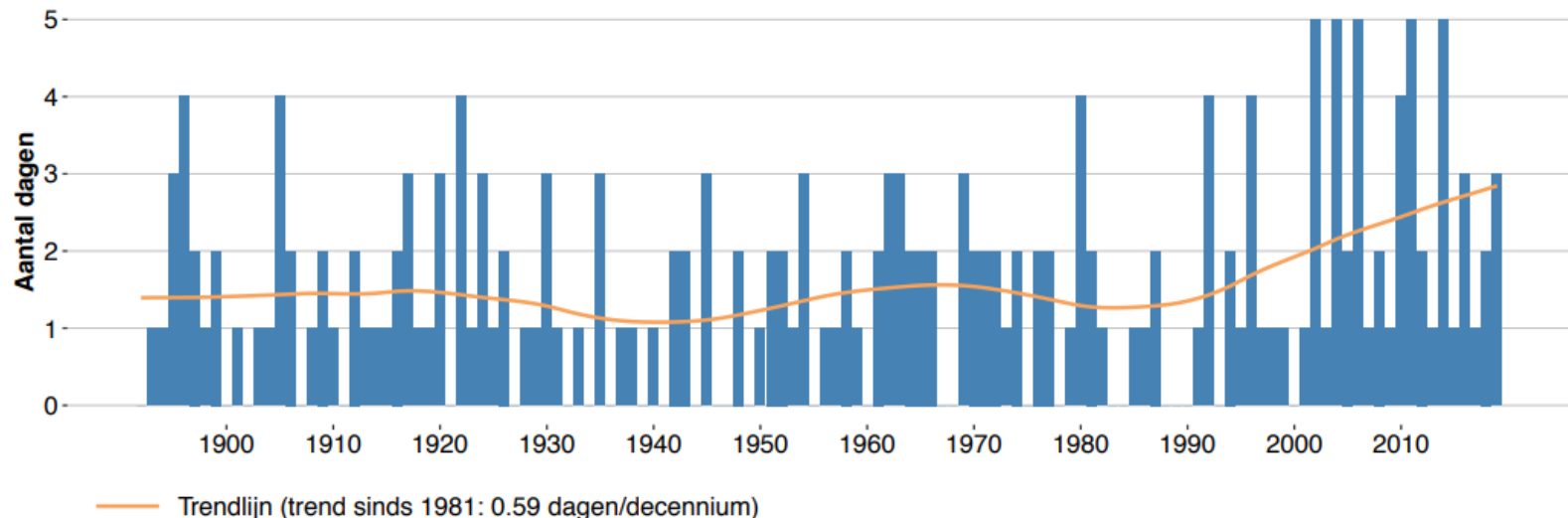
Hevige neerslag tijdens de zomer

- ▶ Stijgende trend sinds 2000
- ▶ 5 hoogst genoteerde waarden na 2001
- ▶ Significante gemiddelde toename van +0,6 dagen met hevige neerslag per decennium sinds 1981



Aantal dagen met hevige neerslag tijdens de zomer te Ukkel van 1892 tot 2019

Een dag met hevige neerslag is hier gedefinieerd als een dag met 20mm neerslag of meer.



Evolutie van het aantal dagen tijdens de zomer waarop de dagelijkse hoeveelheid neerslag in Ukkel ten minste 20 mm bedroeg, voor de periode 1892-2019

Bron: KMI https://www.meteo.be/resources/misc/climate_report/KlimaatRapport-2020.pdf



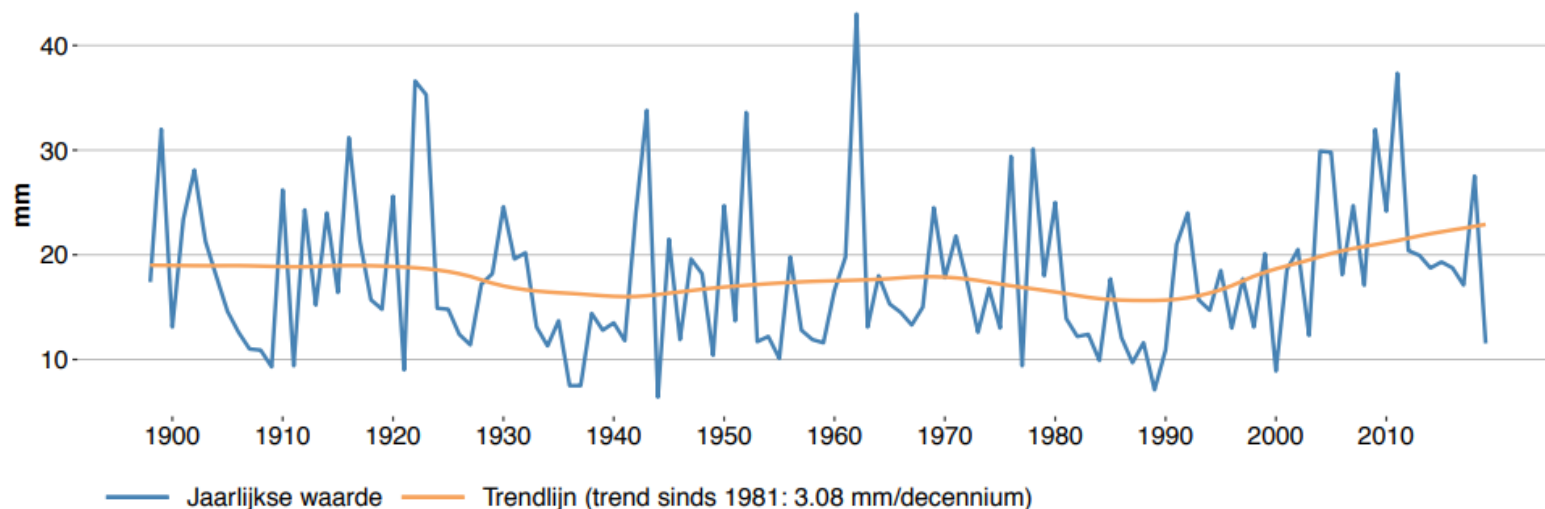
33 PLUVIOMETRIE EN KLIMAATVERANDERING

Jaarlijkse extreme neerslag

- ▶ Geen significante trend in jaarlijkse extremen op lange termijn
- ▶ Significante stijgende trend sinds 1981, met een gemiddelde toename van +3 mm per decennium



Jaarlijkse maximale neerslaghoeveelheid gevallen in een uur te Ukkel van 1898 tot 2019



Evolutie van de jaarlijkse maximale hoeveelheid neerslag die in één uur (in mm) in Ukkel gevallen is voor de periode 1898-2019

Bron : KMI https://www.meteo.be/resources/misc/climate_report/KlimaatRapport-2020.pdf



Evolutie van de neerslag

- ▶ Een stijging van de jaartotalen in het begin van de 20e eeuw, zonder werkelijk significante trend
- ▶ Naar een minder gelijkmatige verdeling van neerslag
 - Hogere frequentie van intense regenbuien
 - Toename in de intensiteit van extreme neerslag
 - Langere perioden zonder regen

⇒ **Afkoppeling van rioleringsnet bij capaciteitslimiet**

⇒ **Noodzaak tot aanvulling van grondwaterlagen**

⇒ **Noodzaak tot behoud van de hulpbron 'water'**



HYDROLOGISCHE ELEMENTEN

PLUVIOMETRIE

AFVLOEIING

INFILTRATIE



Definities

- ▶ Theoretische oppervlakte die de oppervlakten voorstelt die actief aan de afvloeiing van het regenwater deelnemen

Berekening

- ▶ $aO = \sum AC * xO$

waarin

- AC = afvloeingscoëfficiënt
- $infO$ = infiltratieoppervlakte

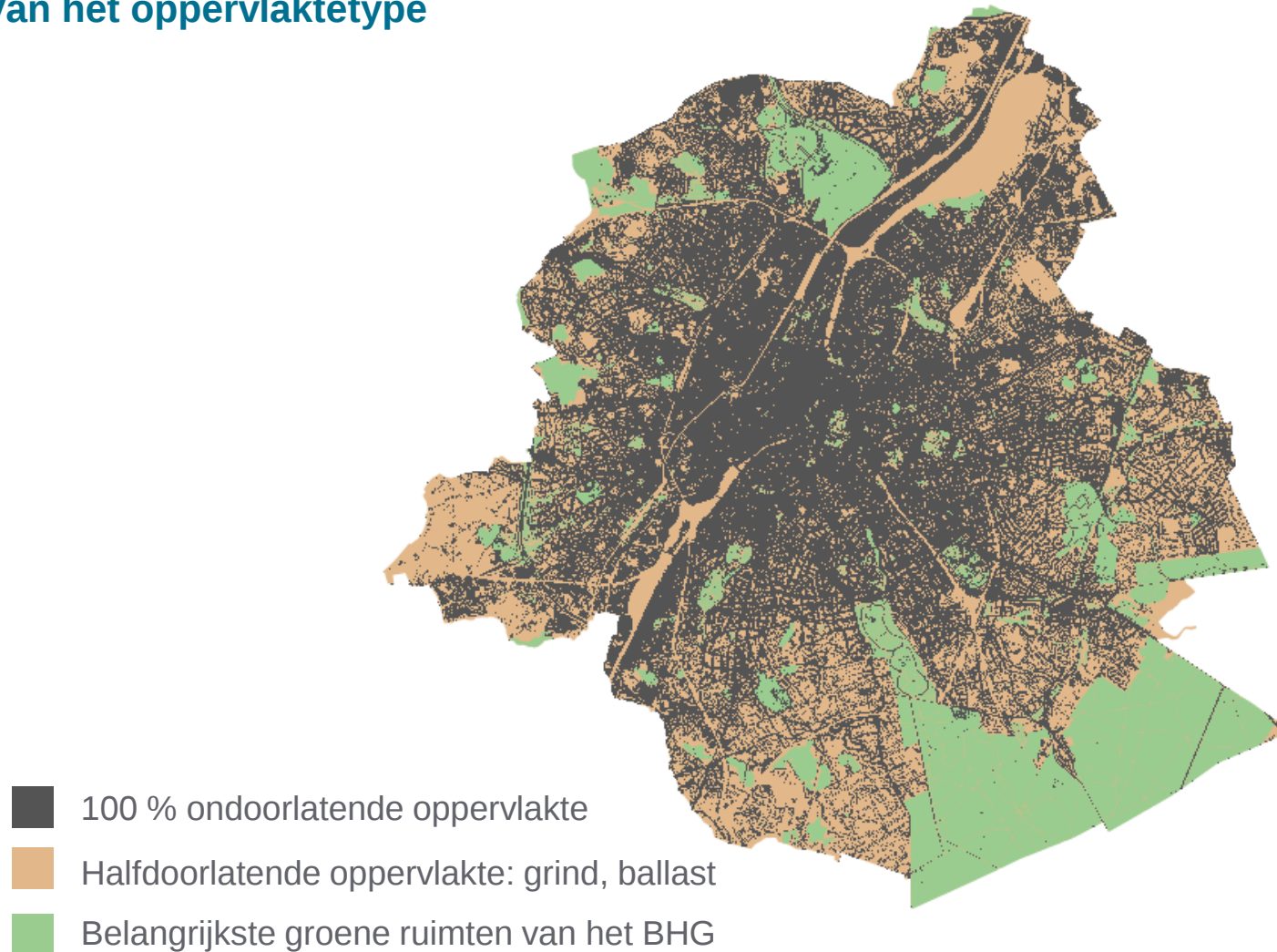
Afvloeingscoëfficiënt

$$\frac{\text{Hoogte afvloeiend water}}{\text{Hoogte hemelwater}}$$

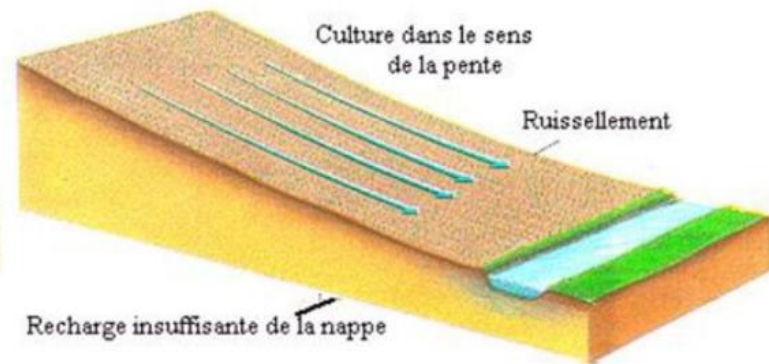
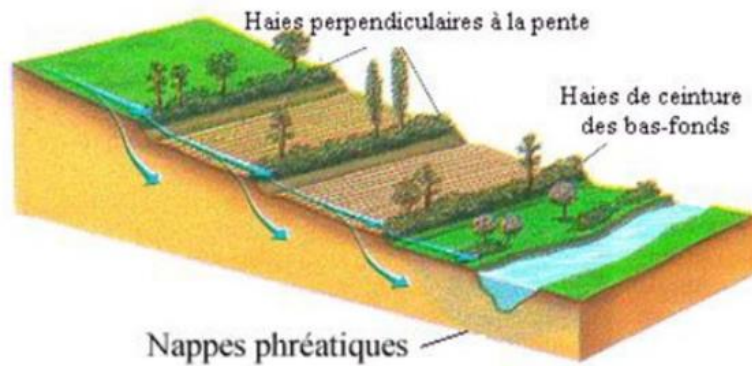
⇒ **Afhankelijk van het oppervlaktetype maar niet alleen ...**



Van het oppervlaktetype



Van de topografie in combinatie met de "oneffenheid" van de bodem



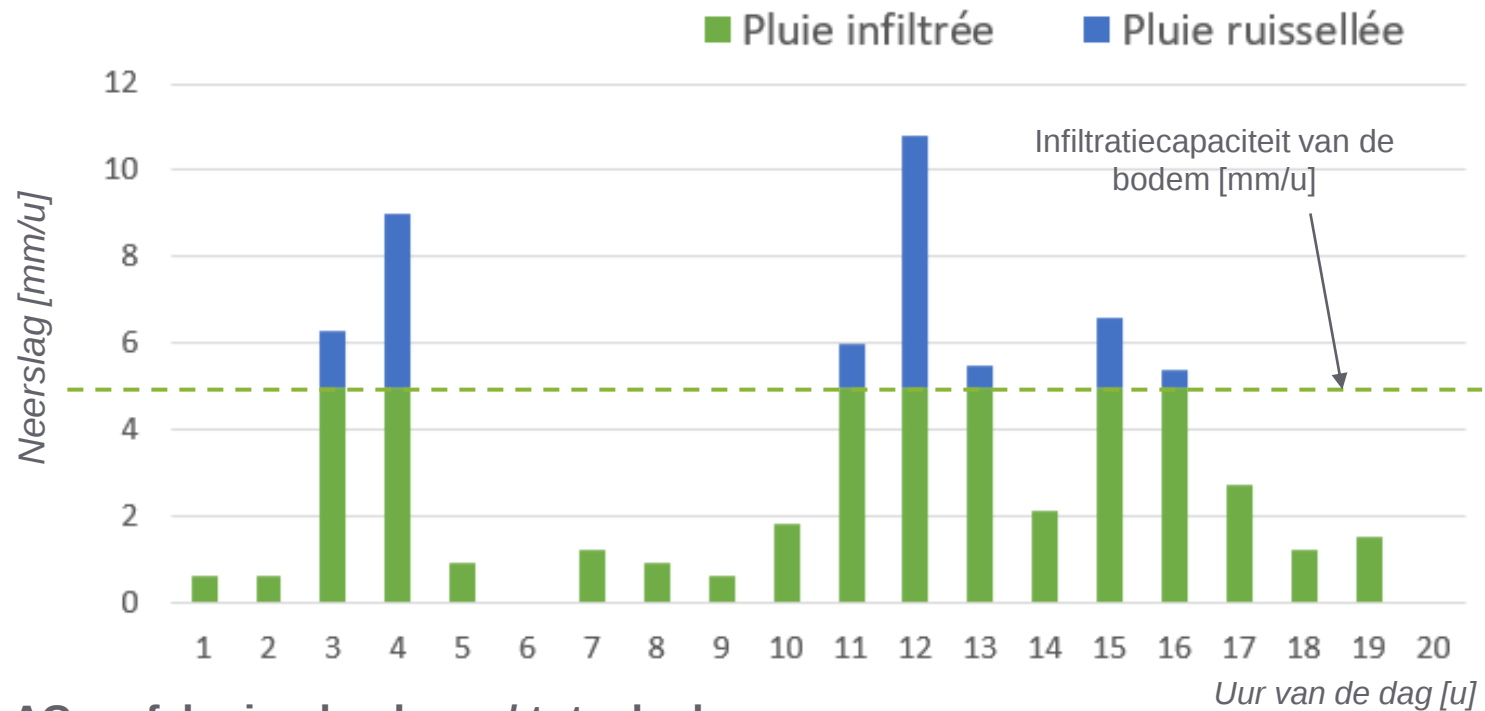
Illustratie in landelijke omgeving (bron: ENSEEIHT – 1998)



Inrichting in een semi-stedelijke omgeving om afvloeiing langs de helling af te remmen

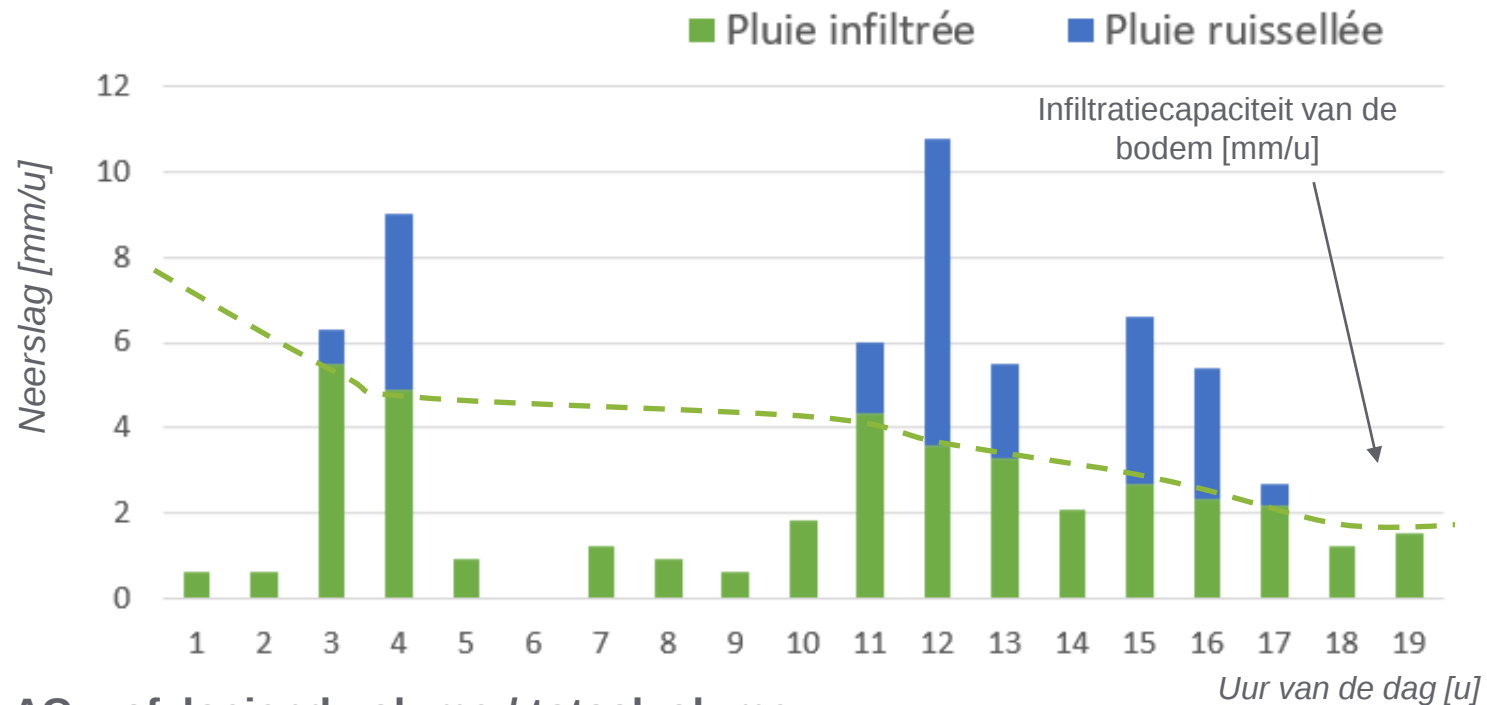


Van de intensiteit van de neerslag



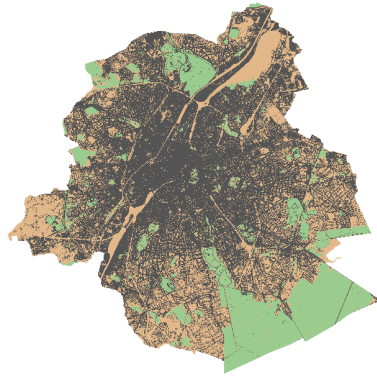
DE AC'S ZIJN AFHANKELIJK VAN TAL VAN PARAMETERS

Van de verzadigingsgraad van de bodem



DE AC'S ZIJN AFHANKELIJK VAN TAL VAN PARAMETERS

Van het oppervlaktetype

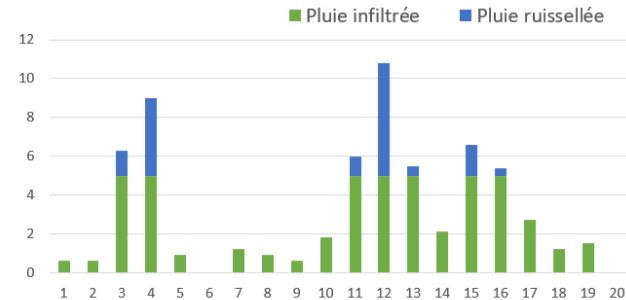


Van de topografie in combinatie met de "oneffenheid" van de bodem

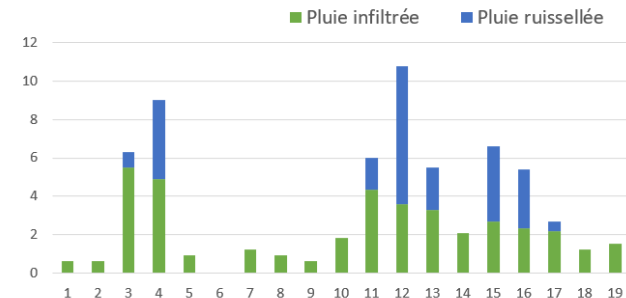


**Ruimtelijke afhankelijkheid,
maar statisch in de tijd**

Van het regenbuitype (intensiteit, duur)



Van de verzadigingsgraad van de bodem



**Variatie in de tijd: dimensionering
voor het ongunstigste geval**



Tal van bronnen geven AC's voor verschillende oppervlaktetypes

- Voorbeeld in de Gids Duurzame Gebouwen

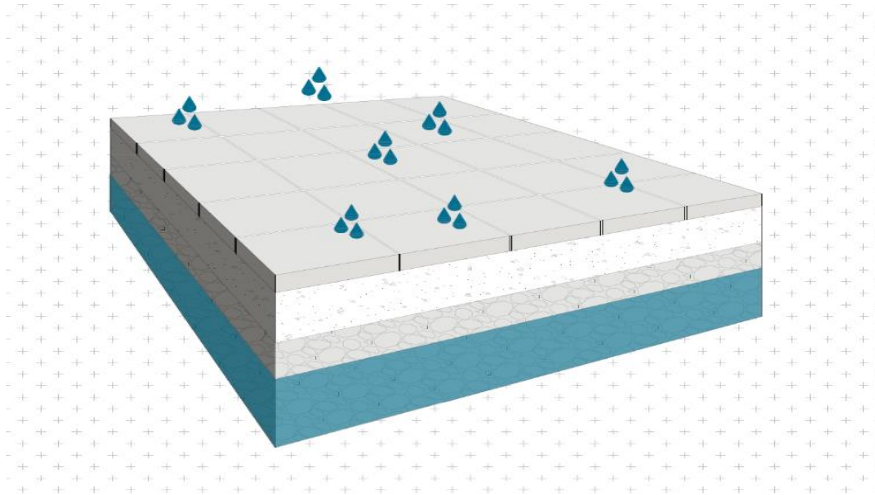
Oppervlakte	Courante regenbuien	Intense regenbuien
Hellende daken	0,85 – 0,9	1
Platte daken		
- bitumendak	0,75	1
- grinddak, opslagdak	0,6	1
- groendak, 5 cm	0,5	0,9
- groendak, 20 cm	-	0,4
- groendak, 40 cm	-	0,3
Asfalt	1	1
Gras-/grindtegel	0,1	0,3
Tuin, volle grond	0,1	0,3
Bebost massief	0,05	0,3
Straatstenen met zandvoegen	0,55	0,9
Poreuze straatstenen	-	0,6
Gravel (gemalen baksteen)	0,2	0,7

Bron: Gids Duurzame Gebouwen – Leefmilieu Brussel



Bijzonder geval van de (half)doorlatende verhardingen

- De neerslag die op dit oppervlaktetype terechtkomt, vloeit niet af als zodanig ... Omdat de gegenereerde watervolumes in de onderfundering (draineermassief) moeten worden voorzien, wordt deze neerslag toch in de actieve oppervlakte meegerekend



Bron: écorce

Totale oppervlakte = 100 m^2

↓ $AC = 0,9$

Actieve oppervlakte = 90 m^2

↓ $\text{regen} = 60 \text{ mm/m}^2$

Te beheren volume = $5,4 \text{ m}^3$

↓
Te voorzien in de
onderfundering



Tal van bronnen geven AC's voor verschillende oppervlaktetypes

- ▶ De waarden variëren sterk van bron tot bron
- ▶ Hierdoor kost het veel tijd om aan elk oppervlaktetype een AC toe te wijzen
 - ⇒ **Het is niet zo relevant om aan elk oppervlaktetype een specifieke AC toe te wijzen**

Het gebruik van AC's kan worden vereenvoudigd door over het algemeen slechts 2 oppervlaktetypes in acht te nemen

Volle grond = 0,2

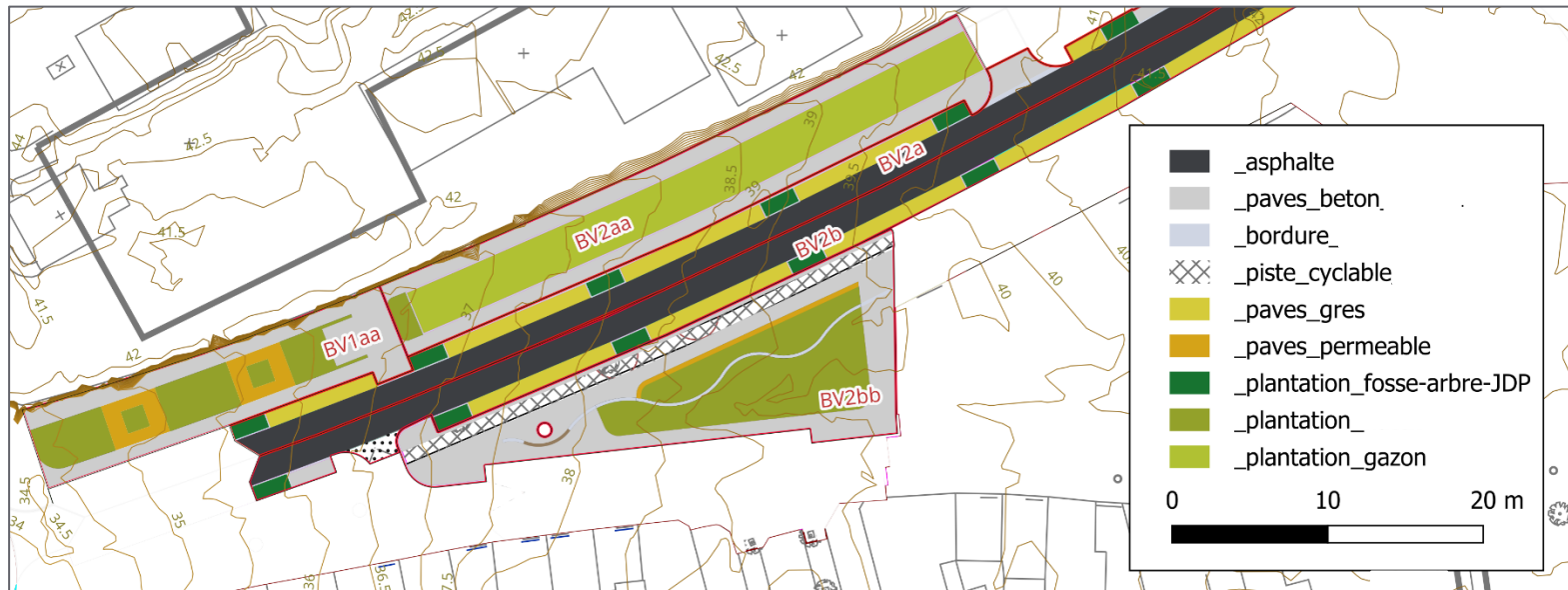
De rest = 0,9

Dit kan geval per geval aangepast worden overeenkomstig de specifieke omstandigheden (steile hellingen, grote groengebieden, druk belopen zones, enz.)

In het te beheren volume dat zo wordt berekend, nemen we de inrichtingen in acht die het regenwater volledig of gedeeltelijk beheren (draineermassieven onder doorlatende verhardingen, groendaken, enz.)



Voorbeeld



Asfalt

Betonnen bestrating

Kantstenen

Fietspad

0,9

Bestrating uit gres met doorlatende voeg

Doorlatende bestrating

Boomkuil, regentuin

Andere aanplantingen

Grasveld

0,9

0,2



HYDROLOGISCHE ELEMENTEN

PLUVIOMETRIE

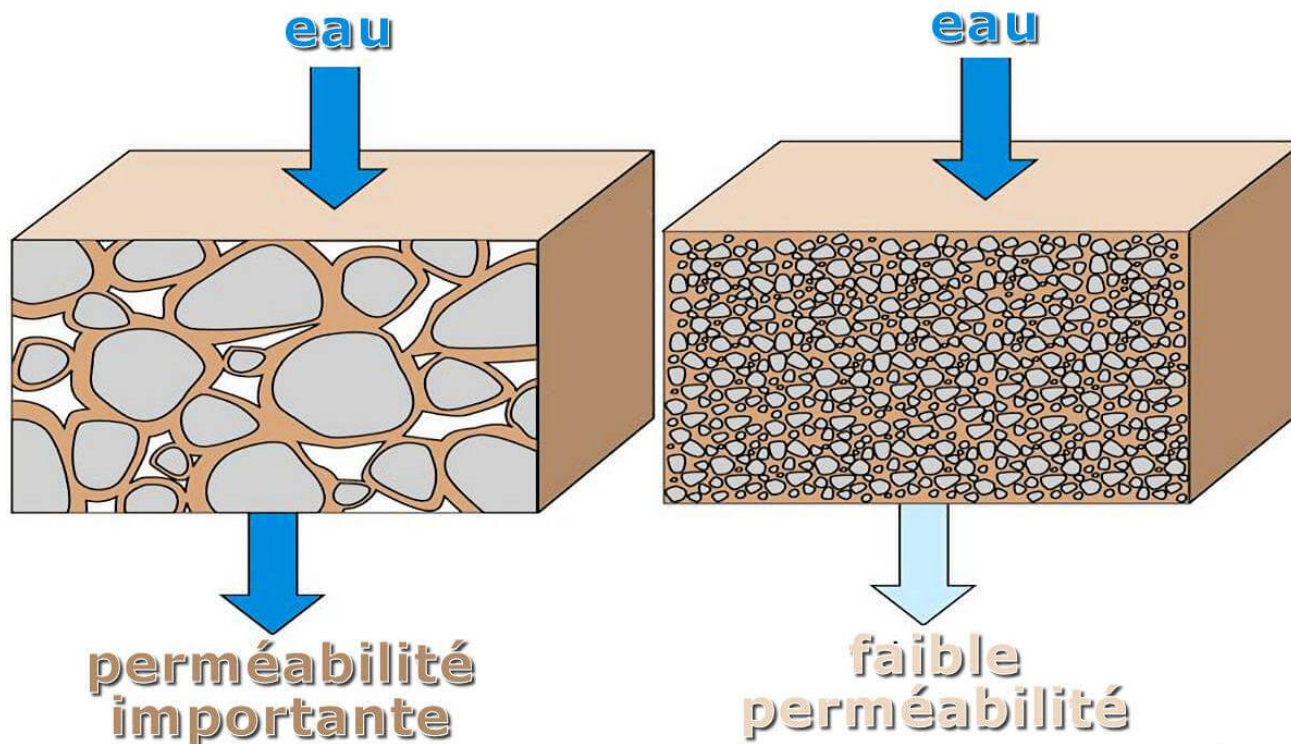
AFVLOEIING

INFILTRATIE



Of de hydraulische geleidbaarheid van de bodem K [m/s]

- ▶ Infiltratiecapaciteit van de bodem
- ▶ Snelheid van de waterverplaatsing door de bodemlagen

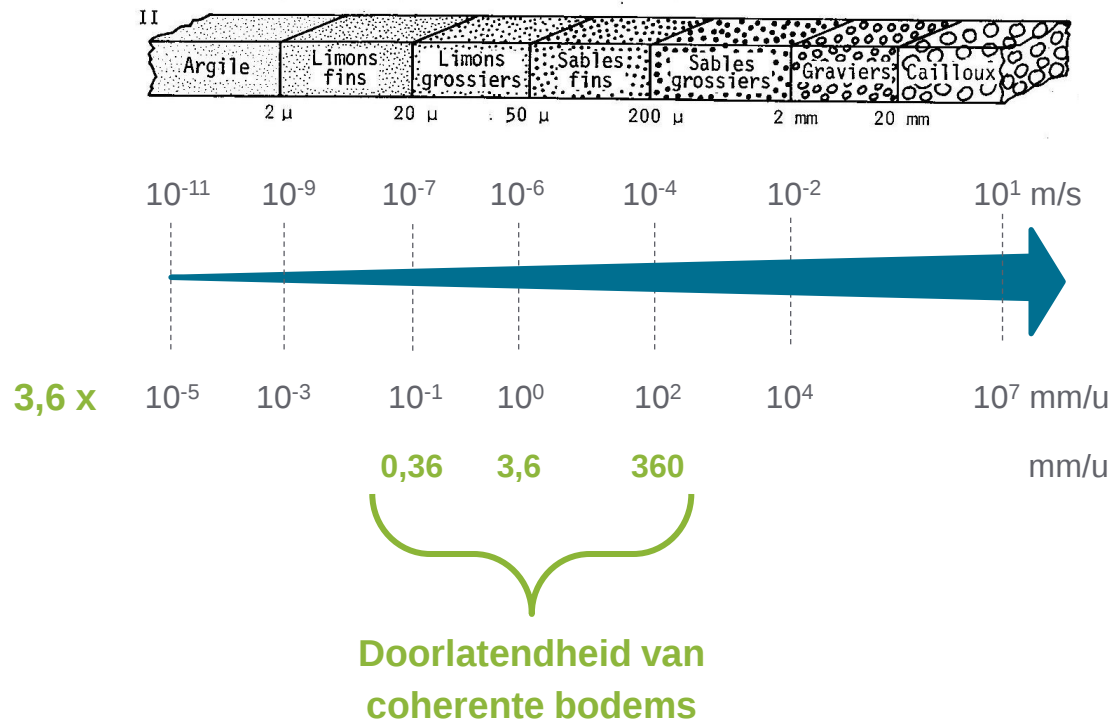


Bron: www.aquaportail.com



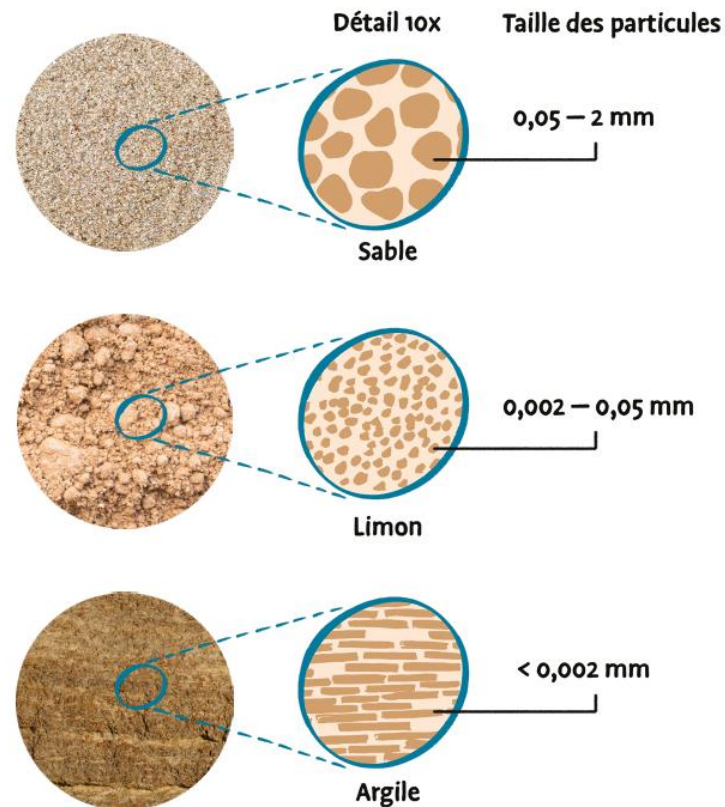
De doorlatendheid van de bodem is afhankelijk van

- De **BODEMTEXTUUR**: relatieve verhouding van de verschillende minerale bestanddelen waaruit de bodem is samengesteld: zand + leem + klei



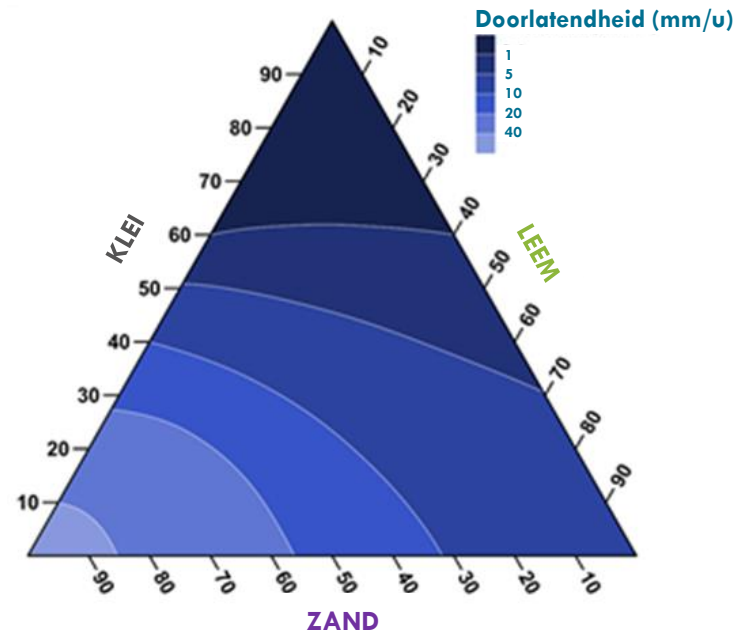
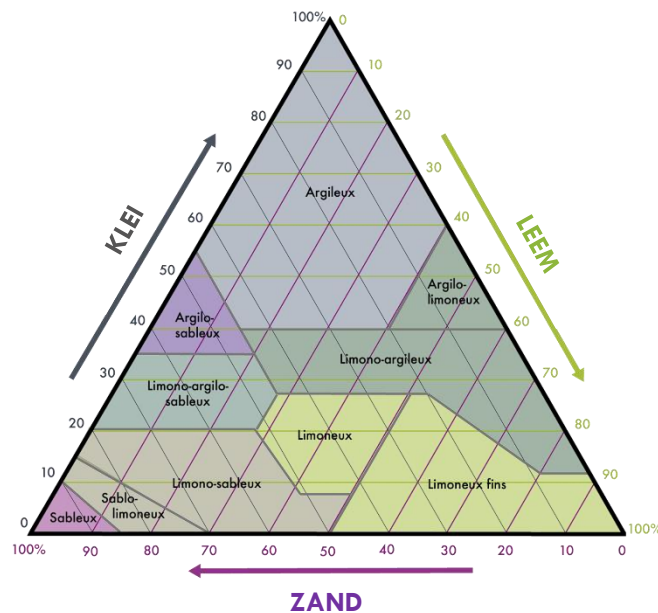
De doorlatendheid van de bodem is afhankelijk van

- De **BODEMTEXTUUR**: relatieve verhouding van de verschillende minerale bestanddelen waaruit de bodem is samengesteld: zand + leem + klei



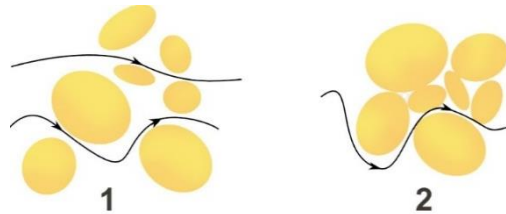
De doorlatendheid van de bodem is afhankelijk van

- De **BODEMTEXTUUR**: relatieve verhouding van de verschillende minerale bestanddelen waaruit de bodem is samengesteld: zand + leem + klei

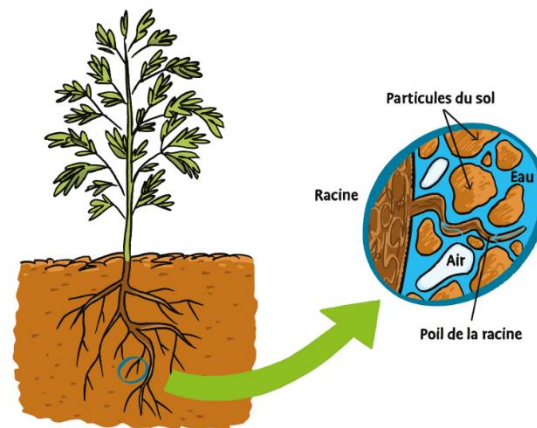


De doorlatendheid van de bodem is afhankelijk van

- De **BODEMSTRUCTUUR** : opbouw en organisatie van de verschillende minerale bestanddelen



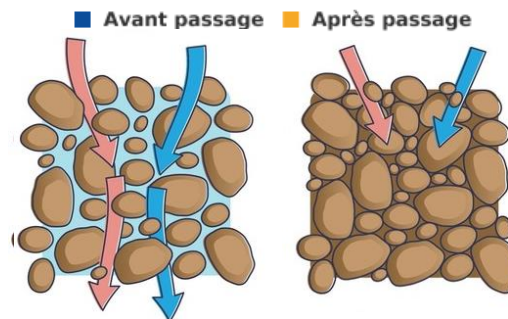
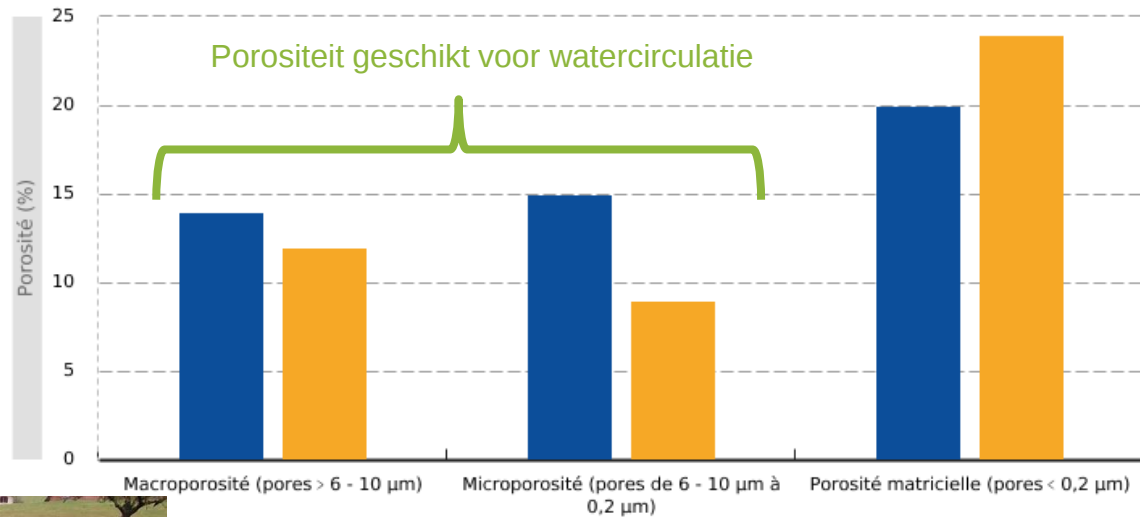
beïnvloed door: verdichting, de hoeveelheid organisch materiaal, wortelontwikkeling, fauna, enz....

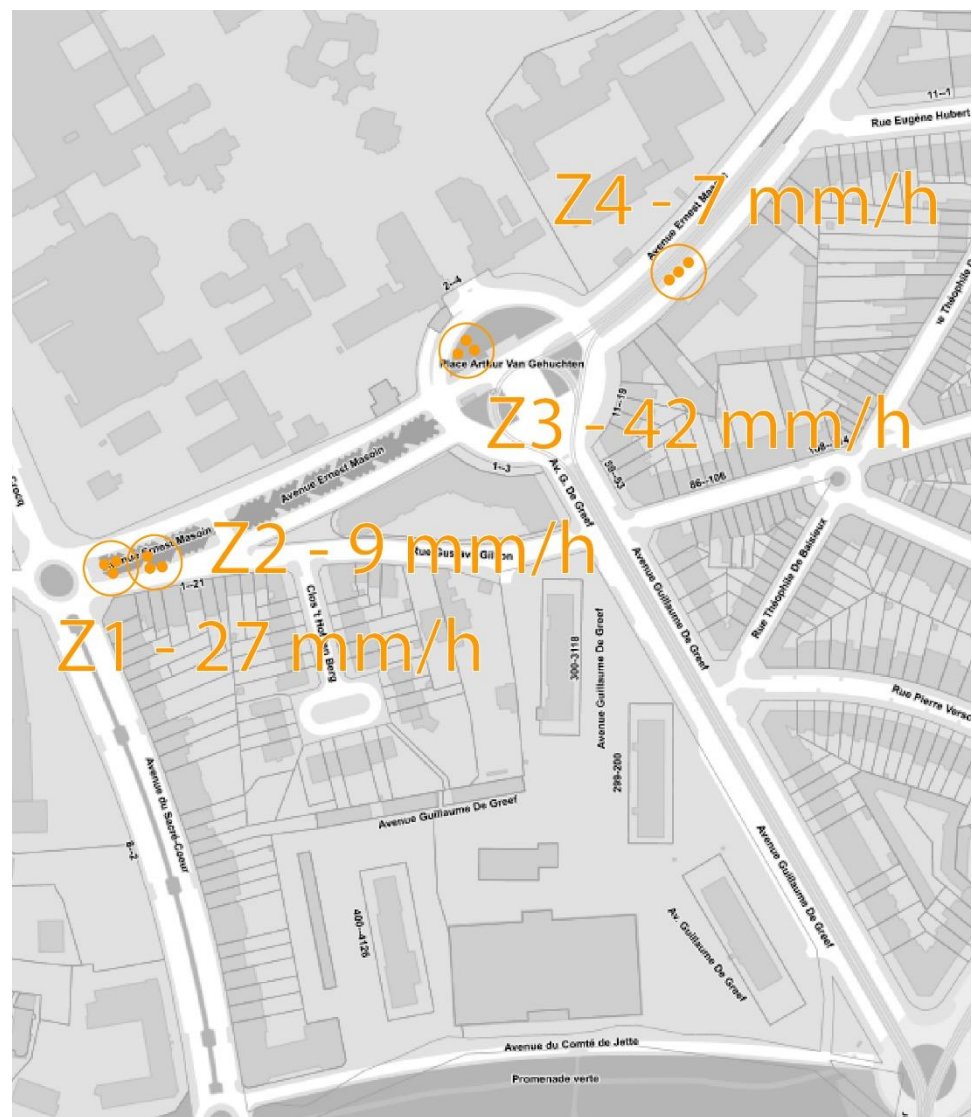


De doorlatendheid van de bodem is afhankelijk van

- de **BODEMSTRUCTUUR**

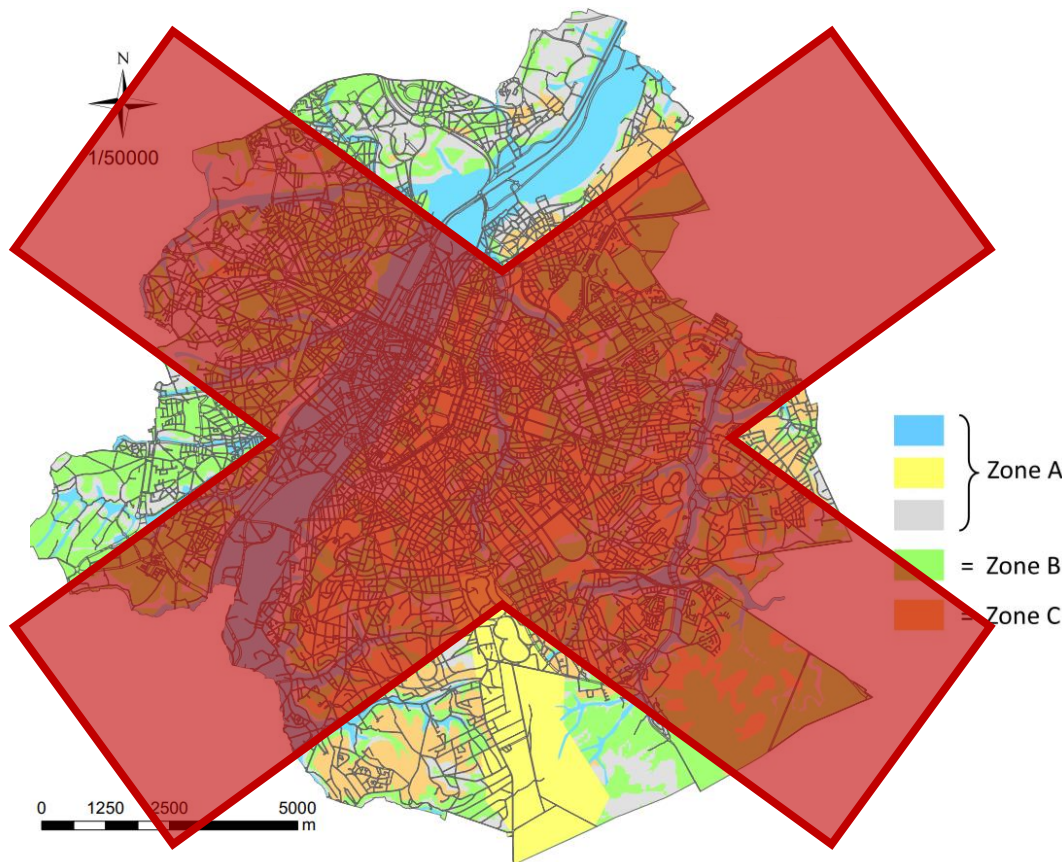
Voorbeeld van de impact van de doorrit van een uitrij- of uitsleepmachine op de porositeit van een Waalse bosbodem





● Source : écorce, 2022



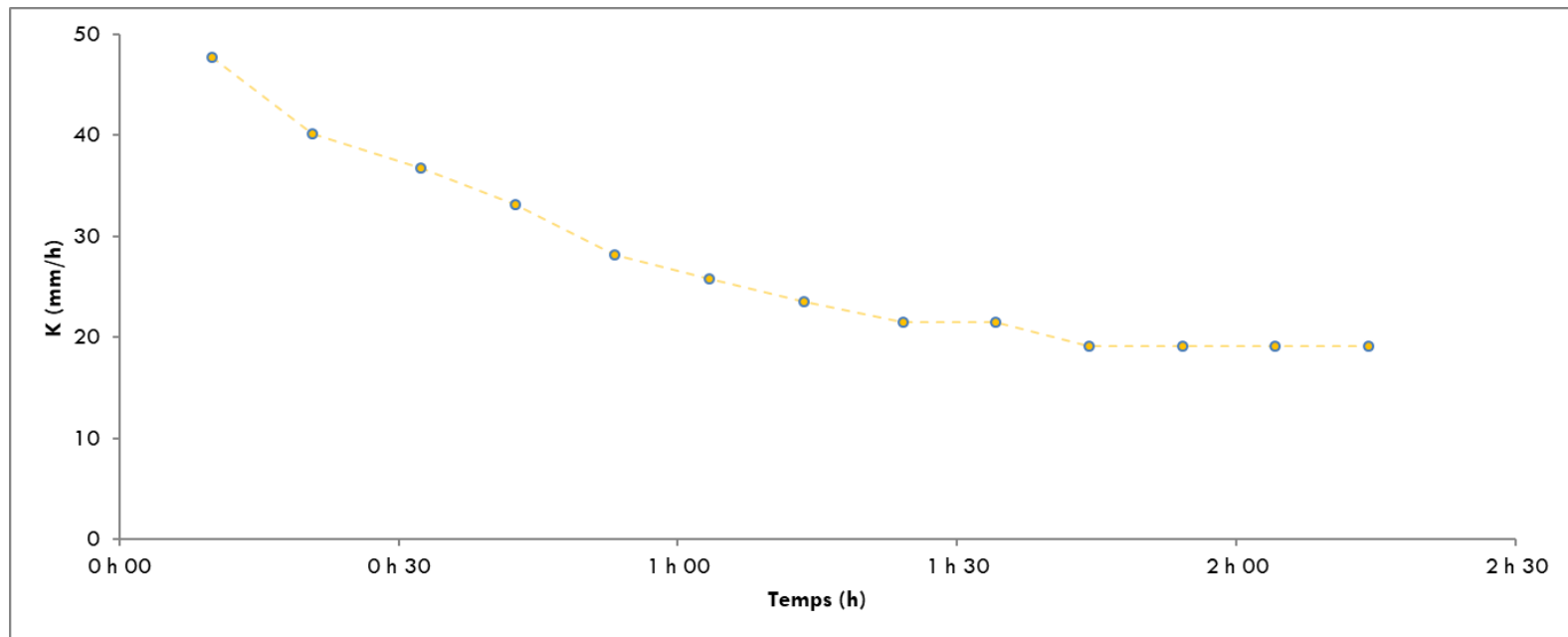


Cartografische
gegevens zijn
ONBRUIKBAAR
op projectniveau



Infiltratietests

- Meting van de hydraulische geleidbaarheid van de bodem bij verzadiging K_s [m/s]



Theoretische curve van de evolutie in de hydraulische geleidbaarheid tijdens een verzadigingsfase - Bron: écorce



INFILTRATIE TESTS – VERSCHILLENDE METHODES

Porchet

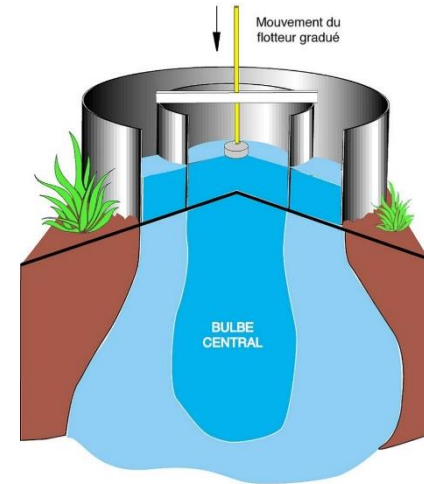


Matsuo (puttest)

...



Dubbele ring



Porchet

- Test uitgevoerd in een boorgat met een diameter van 15 cm gerealiseerd met behulp van een grondboor. Na de initiële verzadiging wordt het watervolume bepaald dat vereist is om gedurende 10 minuten een constant peil van 15 cm te handhaven.



VOOR- EN NADELEN:

- + Nauwkeurigere methode
- Test die telkens op een zeer kleine oppervlakte wordt uitgevoerd



AANDACHTSPUNTEN

De wanden van het boorgat mogen niet worden verdicht om de metingen niet systematisch te vertekenen!



Matsuo (puttest)

- Test uitgevoerd in een put met een bepaald volume gerealiseerd met een lepelbagger. Na de initiële verzadiging wordt de daling van het waterpeil gevolgd.



VOOR- EN NADELEN:

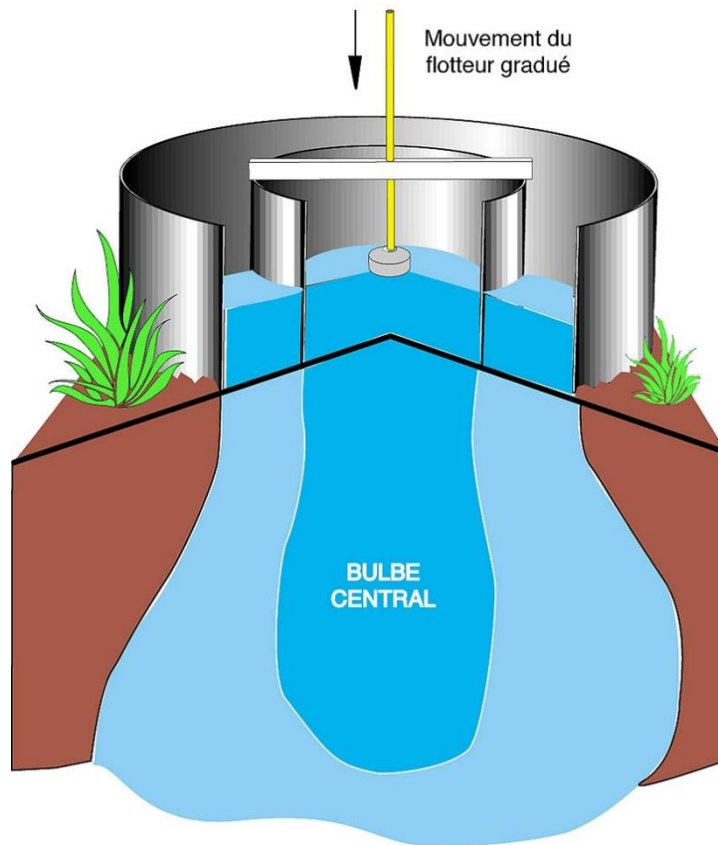
- + GESCHIKT VOOR
OPPERVLAKTETECHNIEKEN
- Minder nauwkeurige
methode

AANDACHTSPUNTEN

De bodem mag niet worden aangestampt!



Dubbele ring



Bron: SDEC

VOOR- EN NADELEN:

- + GESCHIKT VOOR OPPERVLAKTETECHNIEKEN
- + Nauwkeurige methode
- + Geschikte methode voor de meting van de doorlatendheid van verhardingen
- Kosten van het materieel

AANDACHTSPUNTEN

De bodem mag niet worden aangestampt en de zijwanden mogen niet vlakgemaakt worden!



Ondersteuning bij het uitvoeren van infiltratietests

- ▶ Al onze tools en begeleiding voor waterbeheerprofessionals - Leefmilieu Brussel

^ Quels tests d'infiltration privilégier pour la gestion des eaux pluviales ?

Une fiche présentant un essai adapté aux particuliers (ex. maison unifamiliale) est également disponible (fiche 1).

Fiche 1 – [Pour particulier \(.pdf\)](#)

Fiche 2 – [Matsuo \(.pdf\)](#) ; [Tableur \(.xls\)](#)

Fiche 3 – [Porchet classique \(.pdf\)](#) ; [Tableur \(.xls\)](#)

Fiche 4 – [Porchet tube \(.pdf\)](#) ; [Tableur \(.xls\)](#)

Fiche 5 – [Double anneau \(.pdf\)](#)



Wanneer infiltratietests uitvoeren?

- ▶ Schets/voorontwerp/project: voor gebruik in dimensioneringsberekeningen
 - ⇒ **Zo vroeg mogelijk, maar niet altijd haalbaar**
- ▶ Bouwplaats: om de correcte uitvoering van de werken te controleren

Aantal tests

- ▶ Hangt af van de methode (Porchet: 1 zone = 3 tests)
- ▶ Geen referentienorm/-document
 - ⇒ **Minimaal 3 zones/project en minimaal 1 zone/500 m² geplande infiltratieoppervlakte**

Kosten

- ▶ Hangt af van de methode, het aantal tests, de logistieke moeilijkheid van de locatie (water, toegang...) enz.
 - Porchet: 100 tot 250 euro excl. btw/test (3 tests per zone!)
 - Matsuo: 200 tot 700 euro excl. btw/test
 - Dubbele ring: 300 tot 800 euro excl. btw/test



De verschillen tussen de methodes



63 INFILTRATIE TESTS – AANDACHTSPUNTEN

De verschillen tussen de methodes

	K (mm/h)		K (mm/h)	K (m/s)
ESSAI 1	63	ZONE1	59	1,65E-05
ESSAI 2	51			
ESSAI 3	64			
ESSAI 4	14			
ESSAI 5	9	ZONE2	13	3,49E-06
ESSAI 6	15			
ESSAI 7	298	ZONE3	210	5,84E-05
ESSAI 8	140			
ESSAI 9	193			
ESSAI 10	109	ZONE4	88	2,44E-05
ESSAI 11	89			
ESSAI 12	65			
ESSAI 13	197	ZONE5	175	4,86E-05
ESSAI 14	183			
ESSAI 15	146			
ESSAI 16	30	ZONE6	35	9,68E-06
ESSAI 17	35			
ESSAI 18	40			
ESSAI 19	57	ZONE7	73	2,02E-05
ESSAI 20	98			
ESSAI 21	62			
ESSAI 22	28	ZONE8	18	4,92E-06
ESSAI 23	13			
ESSAI 24	12			



	K (mm/h)		K (mm/h)	K (m/s)
IP1	3	ZONE A	6	1,6E-06
IP2	2			
IP3	12			
IP4	320	ZONE B	145	4,0E-05
IP5	6			
IP6	110			
IP7	24	ZONE C	15	4,2E-06
IP8	6			



De verschillen tussen de methodes

- LEGENDE
Perméabilité des sols
- Source : TDE, 2017
 - Source : écorce, 2018



65 INFILTRATIE TESTS – AANDACHTSPUNTEN



1



2



3



4



5

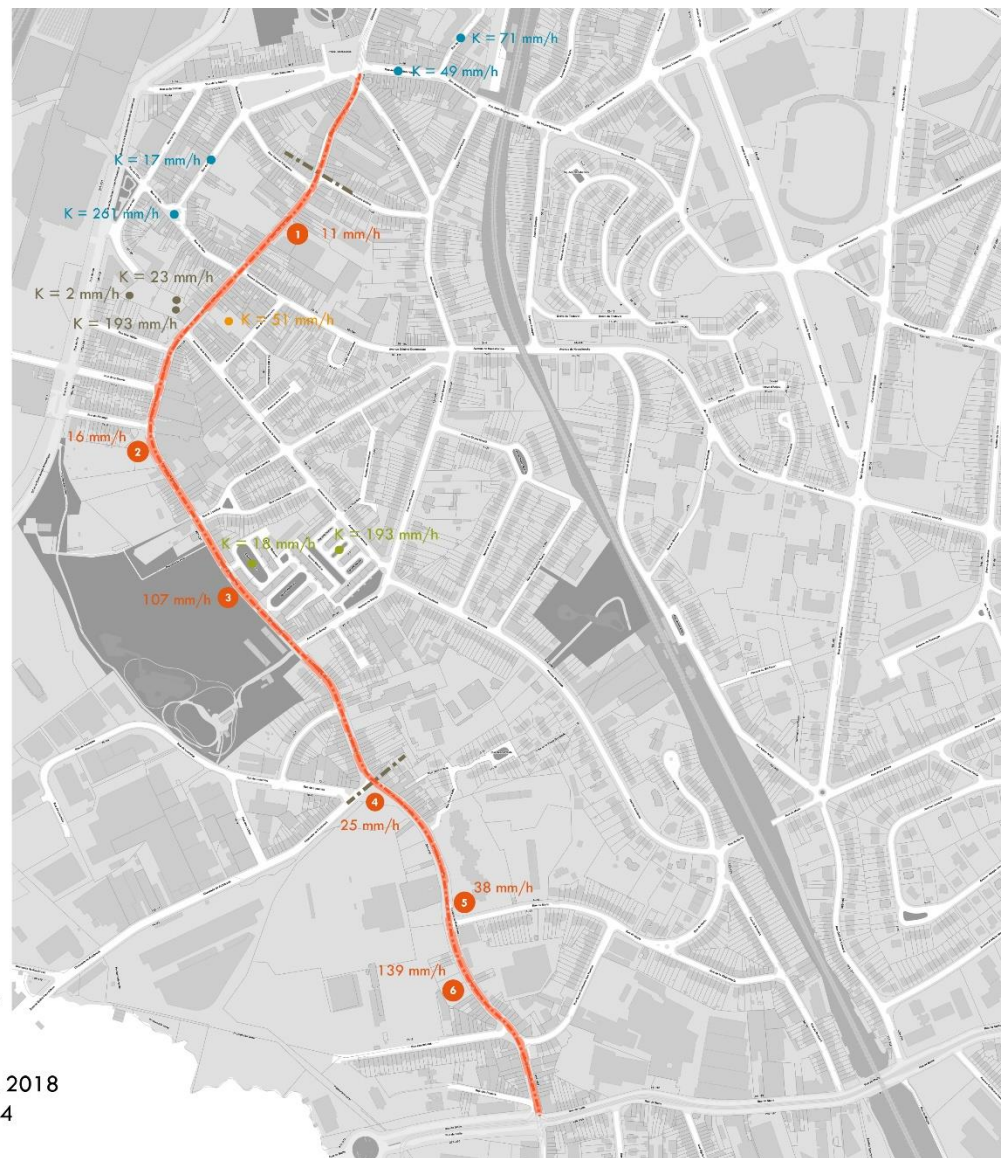


6

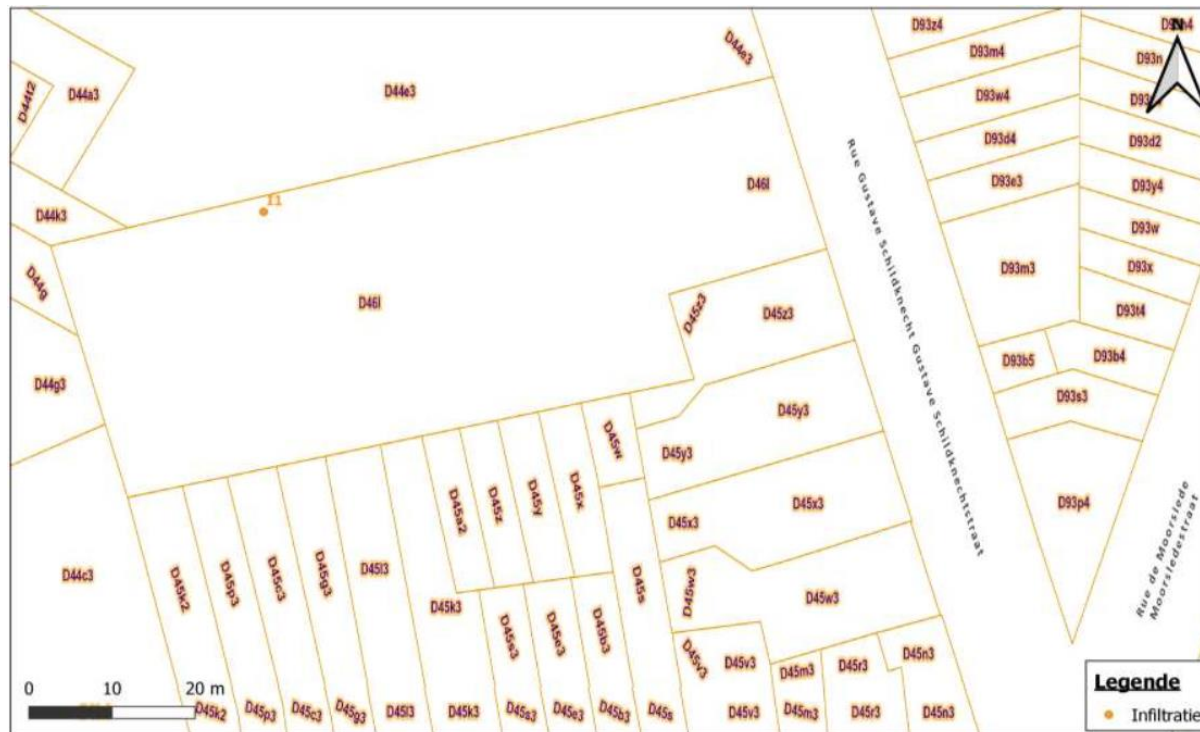
LEGENDE

Perméabilité des sols

- Source : TDE, 2017
- Source : écorce, 2018
- Source : Squarebeek, 2018
- Source : Huilerie, 2014
- Tests réalisés, 2020



Aantal tests en diepte



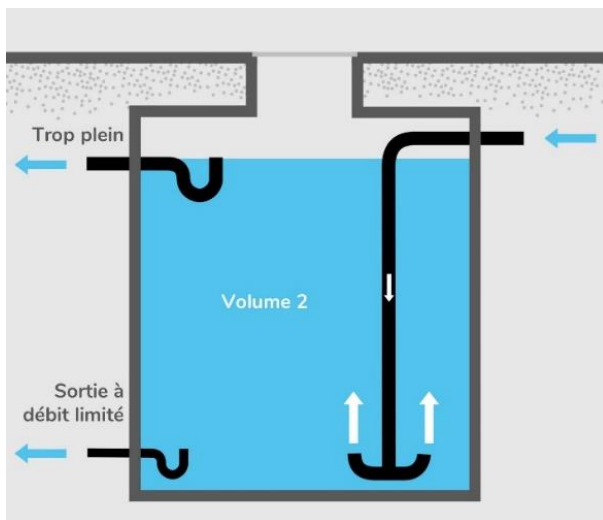
Bron: Bodemkundige
Dienst van België

- ▶ 1 test uitgevoerd op 1 m diepte
- ▶ $K_s = 0 \text{ mm/u}$

“De grond absorbeert niet, infiltratie is onmogelijk!”



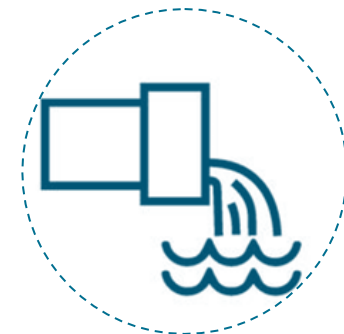
“De grond absorbeert niet, infiltratie is onmogelijk!”



Stormbekken



Lozing met geregeld
debiet



Lozing naar riolering



= Ontoereikend geïntegreerd beheer



INFILTRATIE TESTS – AANDACHTSPUNTEN



Bron: Bodemkundige
Dienst van België

- ▶ 9 tests uitgevoerd op 30 cm diepte
- ▶ Gemiddelde $K_s = 40 \text{ mm/u}$

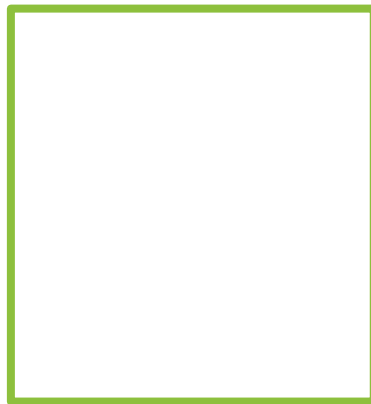
⇒ **Project met totale infiltratie (nullozing) voor TT100**



De infiltratiesnelheid ($_{inf}Q$) hangt af van

- ▶ Infiltratieoppervlakte ($_{inf}O$)
- ▶ doorlatendheid van de bodem (verzadigd hydraulisch geleidingsvermogen K_s gemeten in mm/u of m/s)

$$K_s = 5 \text{ mm/u}$$
$$_{inf}O = 100 \text{ m}^2$$



$$_{inf}Q = 0,5 \text{ m}^3$$

$$K_s = 50 \text{ mm/u}$$
$$_{inf}O = 10 \text{ m}^2$$



$$_{inf}Q = 0,5 \text{ m}^3$$

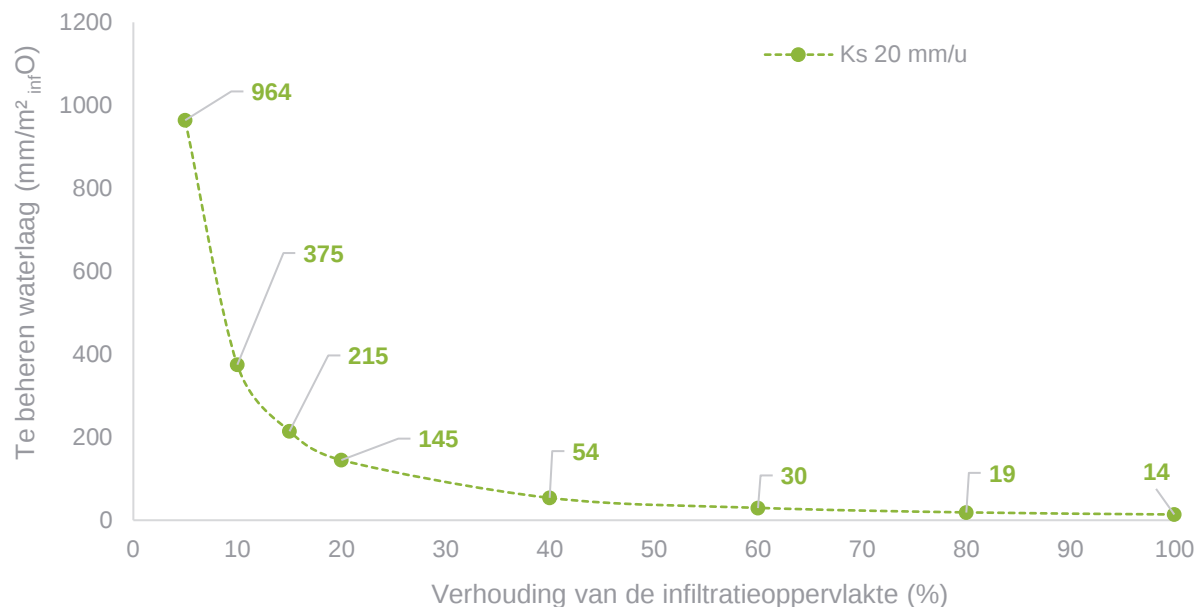
⇒ **NIET ALLEEN INZETTEN OP DOORLATENDHEID!**



Verkleining van infiltratieoppervlakte, zorgt tegelijkertijd voor de verkleining van

- ▶ het infiltratiedebiet → gevoelig voor langere regenbuien die een groter te bufferen volume genereren
- ▶ de beschikbare oppervlakte voor het bufferen van hetzelfde volume

⇒ **Exponentiële groei in de vereiste diepte**



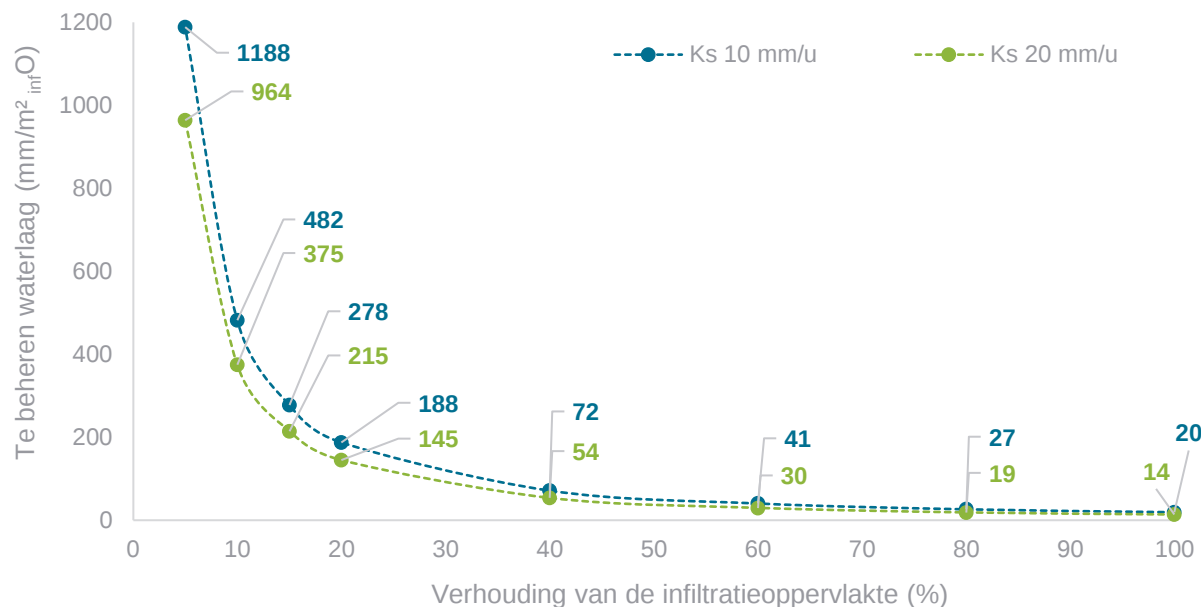
Evolutie van de te beheren waterlaag, uitgedrukt in mm per m² infiltratieoppervlakte (d.w.z. nuttige diepte van de voorziening), overeenkomstig de verhouding van de infiltratieoppervlakte in % van de actieve oppervlakte (TT20 – Ks 20 mm/u) Bron: Leefmilieu Brussel



Verkleining van de doorlatendheid, zorgt alleen voor de verkleining van

- het infiltratiedebiet

⇒ Een minder gunstige doorlatendheid resulteert in een grotere diepte, maar heeft verhoudingsgewijs minder impact dan een verkleining van de infiltratieoppervlakte.



Evolutie van de te beheren waterlaag, uitgedrukt in mm per m² infiltratieoppervlakte (d.w.z. nuttige diepte van de voorziening), overeenkomstig de verhouding van de infiltratieoppervlakte in % van de actieve oppervlakte (TT20 – Ks 10 en 20 mm/u) Bron: Leefmilieu Brussel





- ▶ Geraamde Ks van 1,5 mm/u op basis van cartografische gegevens
- ▶ Infiltratieoppervlakte $\pm 200 \text{ m}^2$ (perceel van 24.400 m^2 !)

⇒ **Stormbekkens en lozing naar het kanaal**





- ▶ Gemeten Ks van ± 10 mm/u (2 resultaten van 18 uitgevoerde tests ☹)
- ▶ Infiltratieoppervlakte ± 3.700 m²

⇒ **Project met totale infiltratie (nullozing) voor TT10 tot TT40**





- ▶ De recuperatie van het regenwater en het beheer op het perceel (infiltratie/evapotranspiratie) streven verschillende doelen na met betrekking tot het beheer van het regenwater.
- ▶ De doorlatendheid van de grond vormt zelden een rem voor de infiltratie.





Dienst FACILITATOR WATER

- ▶ Opdrachten
 - ⇒ Adviesverlening aan vaklieden
 - ⇒ Ervaringen uitwisselen, gegevens van contactpersonen delen, de weg wijzen naar de diensten en hulpmiddelen die ter beschikking staan
- ▶ Concreet betekent dit:
 - ⇒ Gratis dienstverlening
 - ⇒ Vakkennis afgestemd op het betreffende project
 - ⇒ Adviezen voor alle types projecten
 - ⇒ Begeleiding op maat

✉ facilitator.water@leefmilieu.brussels



Technische middagsessies over waterbeheer

1. Infiltratietests
2. Waterdoorlatende verhardingen
3. Beplantingen in de GRWB-voorzieningen
4. Infiltratie en verontreinigde bodems
5. Inleiding over verontreiniging door stormwater: stedelijke verontreinigende stoffen in infiltratiesystemen
6. Sleutels tot een succesvol GRWB
7. GRWB op het dak
8. GRWB bij renovatie
9. Beheer van grijswater
10. Doorlaatbare wegen
11. Hergebruik van regenwater
12. Lozing van regenwater in het hydraulisch netwerk
13. Onderhoud van systemen voor geïntegreerd regenwaterbeheer – GRB
14. Regenwaterbeheer door groendaken
15. Regenwaterbeheer, een kans om biodiversiteit te verwelkomen

Presentaties en video's (her)bekijken op:

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



FAQ's over water

- Welke infiltratieproeven hebben de voorkeur voor het beheer van regenwater?

Fiches en spreadsheets op

<https://leefmilieu.brussels/pro/diensten-en-aanvragen/advies-en-begeleiding/al-onze-tools-en-begeleiding-voor-waterbeheerprofessionals#faqs-over-geintegreerd-regenwaterbeheer>

Fiche 1 – [Pour particulier \(.pdf\)](#) 

Fiche 2 – [Matsuo \(.pdf\)](#) ; [Tableur \(.xls\)](#) 

Fiche 3 – [Porchet classique \(.pdf\)](#) ; [Tableur \(.xls\)](#) 

Fiche 4 – [Porchet tube \(.pdf\)](#) ; [Tableur \(.xls\)](#) 

Fiche 5 – [Double anneau \(.pdf\)](#) 

Documentatie van CEREMA over infiltratietests

- [Aanbevelingen voor de uitvoering van onderzoeken naar de infiltreerbaarheid van de bodem](#)



IBKB (Onderafdeling Bodem)

- Index voor bodemkwaliteit in Brussel

<https://leefmilieu.brussels/themas/bodem/good-soil/index-voor-bodemkwaliteit-brussel>

- Past in een ruimere Good Soil-strategie gericht op het bevorderen van levende en gezonde bodems
- 2 versies van de online tool: IBKB-Burger en IBKB-Pro
- Voor de openbare diensten: mogelijkheid een beroep te doen op de aankoopcentrale voor bodemonderzoeken om deze IBKB te bepalen

2. Paramètres à mesurer

Les paramètres à mesurer in-situ ou en laboratoire ont été classés en 5 grandes catégories : physiques, chimiques et biologiques. Un seul échantillon permette ou per forage doit être analysé.

2.1. Paramètres physiques

Indicateur	Unité	Echantillonnage	Pondération
Texture	/	profil de sondage Classe la plus représentative du profil Triangle de texture ¹	LS, SL, S : 5 pt CL, OL, VC : 2 pt C, CI : 2 pt S, very S : 2 pt
Structure	/	0-10 cm volume	Stratification et granularité : général : 3 pt Polyédrique ou cubique anguleuse du sub-angulaire : 3 pt Réticulée, en colonnes, lamellaire : 3 pt Passe au cône : 0 pt
Réserve utile en eau	%	0-30 cm volume	>10% : 5 pt 10-20% : 3 pt <10% : 0 pt
Compaction	pt	in situ avec un pénétromètre (au + 1 m si possible) Usure à la surface	Non compacté (>100 psi) : 5 pt Moyennement compacté (100-150 psi) : 3 pt Fortement compacté (>150 psi) : 0 pt
Conductivité hydraulique	K (m/s)	in situ en surface (Essais INFOFICHES : Matsuo, Prochet, Porchet Tube)	>10 ⁻⁶ : 5 pt Entre 10 ⁻⁶ et 10 ⁻⁷ : 3 pt <10 ⁻⁷ : 1 pt

Conductivité hydraulique	K (m/s)	In situ en surface (Essais INFOFICHES : Matsuo, Prochet, Porchet Tube)	>10 ⁻⁶ : 5 pt Entre 10 ⁻⁶ et 10 ⁻⁷ : 3 pt <10 ⁻⁷ : 1 pt
-----------------------------	---------	---	---





www.gidsduurzamegebouwen.brussels

Regenwater

- Dossier | [Beheer van het regenwater op het perceel](#)
- Dossier | [Overstromingen aanpakken](#)

Vermindering van het drinkwaterverbruik

- Dossier | [Rationeel omgaan met water](#)
- Dossier | [Hergebruik van hemelwater](#)

Afvalwater

- Dossier | [Het afvalwaterbeheer op het perceel verbeteren](#)



Opleidingen en seminars

- Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen <https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>

Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!



Regenwater, een troef voor de openbare ruimte



https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/STUD_EaudePluie_EspacePublic_NL.PDF



Regenwater, een troef voor de openbare ruimte

PLEIN 1: EEN GEDEELTELIJK OVERSTROOMBAAR VOORPLEIN IN DE REGIO PARIJS

INRICHTINGSPROJECT

NAAM VAN HET PROJECT: Voorplein van het Collège Lucie Aubrac

DATUM VAN UITVOERING: maart 2007

KOSTPRIJS VAN DE HYDRAULISCHE

INRICHTING (BUITEN NETWERK): € 111.700

OPPERVLAKTE VAN HET PROJECT: 3,3 ha

NADERE PRECISERINGEN OVER HET INRICHTINGSPROJECT: Het project omvat een weg, een lijn over eigen baan en een weg voor zachte mobiliteit over een lineair traject van 3 km, in de Parijse rand. Een groot deel van het regenwater wordt in de open lucht opgeslagen, in openbare ruimten langs de weg. In dit geval gaat het om een plein aan de ingang van een college.

INRICHTINGEN VOOR HET BEHEER EN/OF DE ZUIVERING VAN HET REGENWATER

STROOMGEBIED

OPPERVLAKTE: 1,292 ha

TYPOLOGIE: los stedelijk

IMPERMEABILISERINGSCOEFFICIENT: 0,69

WATERBEHEERSHEMA: Het water van het pleintje wordt in de open lucht opgeslagen, voornamelijk in de dras ten zuiden van het plein (1) en vervolgens over een gemineraliseerd gedeelte van datzelfde plein (2). Het water van de voor autoverkeer bestemde weg wordt opgevangen in een ondergrondse bouwwerk; het water van de wandel- en fietspaden belandt in een dras naast de weg.

OPVANGINRICHTING

TOEVOER: In de open lucht, gravitaire

AFVOER: Ondergronds, gravitaire

TYPE VAN KUNSTWERK:

☐ DROOG BEKKEN

☒ STEDELIJKE OVERSTROMINGSZONE

☐ DAKTERRAS

☐ NAT BEKKEN

☒ KUIP

☐ OVERGEDIMENSIONEERDE LEIDING

☐ HONINGRAATSTRUCTUUR

GEREGELD LEKDEBIET: 9 l/sec./ha

OPVANGCAPACITEIT: 319 m³ (10-jarige regen)

WERKINGSDetails: De hele inrichting is ontworpen om overstroomd te worden over erg geringe hoogte (maximum 40 cm). De wandelweg zal echter altijd boven water blijven, ongeacht de hoeveelheid regen die er valt. Voor alle waterwerken in de open lucht wordt er systematisch gebruikgemaakt van landschappelijke herkenningspunten (bomenrj, plantenmodules, boordstenen in wit beton).

ZUIVERINGSINRICHTING

TYPE VAN KUNSTWERK:

☐ BEZINKINGSBASSIN
MET SLIBAFSCHEIDER

☒ KOOLWATERSTOFAFSCHEIDER

☐ ZANDFILTERS (PHYTOREMEDIATIE)

VERWACHTE PRESTATIE: De door het Agence de l'Eau Seine-Normandie opgelegde lozingskwaliteit die van de natuurlijke omgeving, in casu de Seine. De fabrikant en leverancier van de koolwaterstofafscheider heeft alle inrichtingen zodanig gedimensioneerd dat ze aan deze norm voldoen.

WERKINGSDetails: Al het water passeert langs de kulp die voorzien is van een slibafscheider, een afvalwaterzeef en een lamellenindikker met koolwaterstofafscheider.

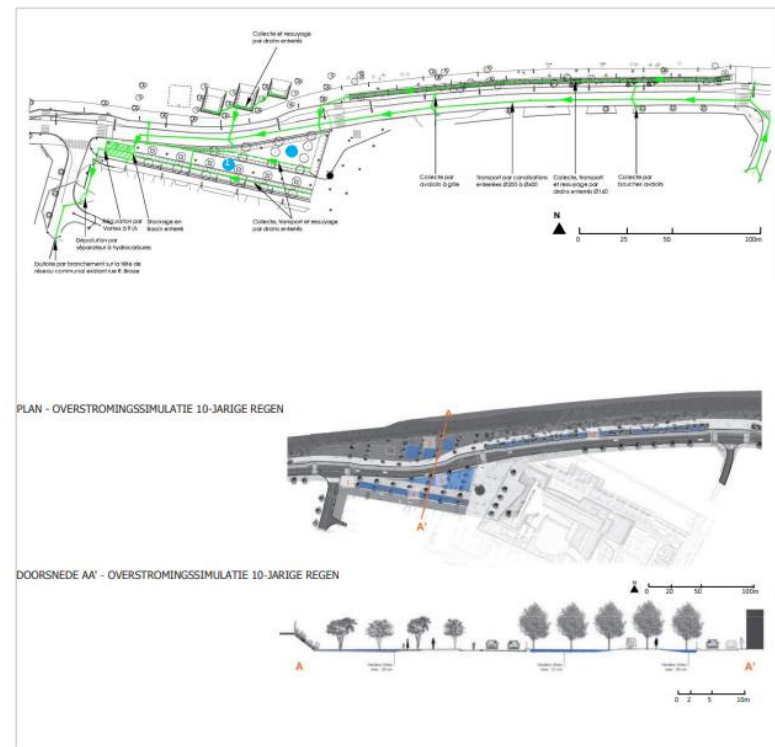
rue Jean Allemane



93 430 Villetaneuse



Frankrijk



Regenwater, een troef voor de openbare ruimte

BEHEER EN ONDERHOUD VAN HET KUNSTWERK

TYPE VAN ONDERHOUD: De inrichting is voorzien van:

- ondergrondse kunstwerken: verzameling via straatkolken, vervoer via buizen, opslag in ondergronds reservoir, wervelregelaars, zuivering door koolwaterstofscheider. Deze inrichtingen ressorteren onder de diensten die instaan voor de zuivering van afvalwater.
- kunstwerken in de open lucht: geulen in asfalt, drassen, overstromingszones. Deze inrichtingen bestaande uit eenvoudige, aangeplante ruimten vallen onder de diensten die verantwoordelijk zijn voor de groene ruimten. Het onderhoud beperkt zich tot een klassiek onderhoud van groene ruimten, ten laste van de gemeenschap van de agglomeratie.

GERAAAMDE ONDERHOUDSKOST: € 2.250/jaar

WERKDAGEQUIVALENT: 0,5 dag/jaar voor de zuivering en 4 dagen/jaar voor de groene ruimten

HUIDIGE STAAT VAN HET KUNSTWERK: De hele inrichting verkeert in perfecte staat.

KWALITEIT EN ONTWERP- OF OPVOLGINGSFOUT MET GEVOLGEN VOOR HET ONDERHOUD: Na buitengewone regenval kan het laagste punt bedekt blijven met een lichte sedimentlaag (0,5 cm over 10 m²).

CONTACTPERSONEN BETREFFENDE HET KUNSTWERK

BOUWHEER:

NAAM: Conseil Général du 93 - Direction de la Voirie
TYPE VAN ORGANISATIE: Openbare instantie
ADRES: Esplanade Jean-Moulin
PLAATS: 93 006 Bobigny LAND: Frankrijk
TEL.: + 33 1 43 93 41 77 E-MAIL: ebeloeil@c93.fr

CONTACT-PERSOON: NAAM: BELOEIL Emmanuelle
FUNCTIE: Ingenieur studies en werken
TEL.: + 33 1 43 93 41 77

BOUWDIRECTIE (LANDSCHAPSIJNRICHTING):

NAAM: Composante Urbaine
ADRES: 45, Avenue Trudaine
PLAATS: 75 009 Parijs LAND: Frankrijk
TEL.: + 33 1 48 78 09 09 E-MAIL: ep@composante-urbaine.fr

CONTACT-PERSOON: NAAM: PIEL Christian
FUNCTIE: Directeur
TEL.: + 33 1 48 78 09 09

BOUWDIRECTIE (WATERWERKEN - DWN):

NAAM: Composante Urbaine
TYPE VAN STRUCTUUR: Studiebureau
ADRES: 45, Avenue Trudaine
PLAATS: 75 009 Parijs LAND: Frankrijk
TEL.: + 33 1 48 78 09 09 E-MAIL: ep@composante-urbaine.fr

CONTACT-PERSOON: NAAM: PIEL Christian
FUNCTIE: Directeur
TEL.: + 33 1 48 78 09 09

BEHEERDER:

NAAM: Plaine Commune
TYPE VAN ORGANISATIE: Openbare instantie
ADRES: 21, avenue Jules Rimet
PLAATS: 93 218 Saint-Denis LAND: Frankrijk
TEL.: + 33 1 55 93 55 55
E-MAIL: charlotte.boudet@plaine-commune.com.fr
TYPE VAN TUSSENKOMST: Maaien van de groene ruimten, reiniging van de gemineraliseerde ruimten.

CONTACT-PERSOON: NAAM: BOUDET Charlotte
FUNCTIE: Verantwoordelijke voor afvalwaterzuivering
TEL.: + 33 1 55 93 55 55

De verdeling van het beheer over de dienst die verantwoordelijk is voor de groene ruimten en de dienst die instaat voor de afvalwaterzuivering zorgt voor moeilijkheden op het vlak van beheer en financiering.



Overzichtsfoto van het voorplein



Detailfoto's van het voorplein



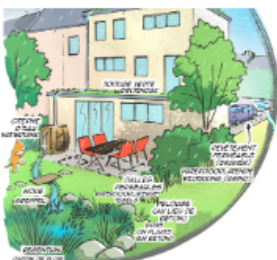
Detailfoto's van de dras, langs het voorplein

AANVULLENDE NOTA'S:



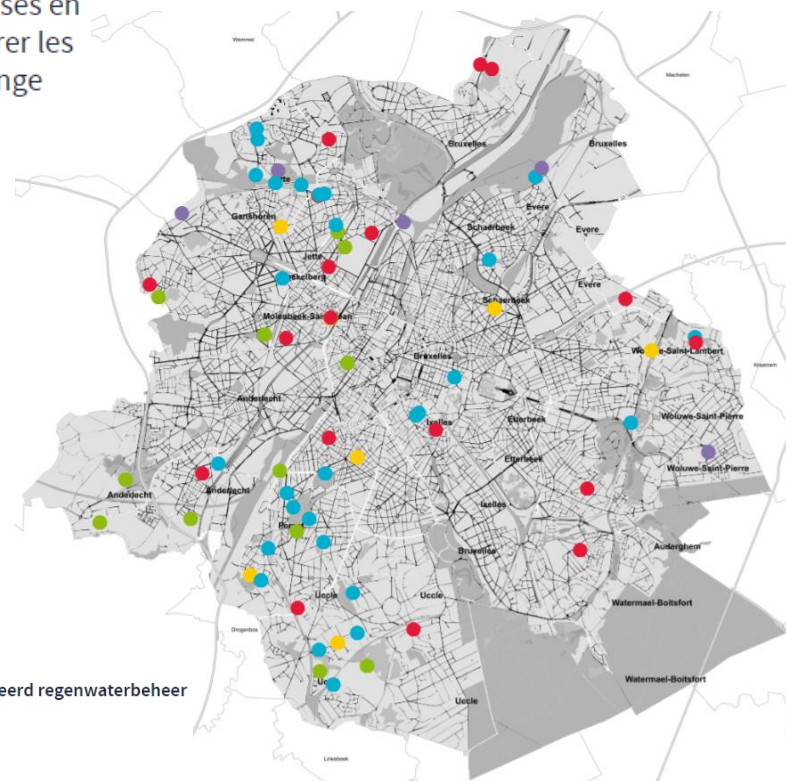
De Regennetwerkkkaart

- Beschikbaar in de [Geodata van Leefmilieu Brussel](#)



Cette carte permet de consulter des exemples d'aménagements de gestion intégrée des eaux pluviales réalisés en région bruxelloise afin d'améliorer les connaissances et faciliter l'échange d'expériences.

- Er worden regelmatig nieuwe projecten toegevoegd



Legende

Inrichtingen met geïntegreerd regenwaterbeheer

- Gebouw
- Tuin
- Straat
- Park
- Plein



Stéphan TRUONG

Projectingenieur – Facilitator Water

☎ + 32 4 226 91 60

✉ facilitator.water@leefmilieu.brussels

écoRce
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

