

# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

GESTION DES EAUX  
PLUVIALES SUR LA PARCELLE  
ET DANS L'ESPACE PUBLIC

PRINTEMPS 2023

## La conception des dispositifs de GiEP

Stéphan TRUONG  
écorce  
INGÉNIERIE CONSULTANCE





- ▶ Présenter un aperçu des différents dispositifs de gestion des eaux pluviales
- ▶ Donner les éléments permettant de dimensionner les différents dispositifs et ainsi atteindre les volumes à gérer obtenus via les méthodes de dimensionnement
- ▶ Intégrer la gestion des eaux pluviales dans la conception des projets



## DU TOUT TUYAU... ...À LA VILLE PERMÉABLE

GIEP

ÉLÉMENTS DE CONCEPTION

DISPOSITIFS



4 LA « GESTION » TOUT À L'ÉGOUT



Val des Seigneurs WSP



Anderlecht



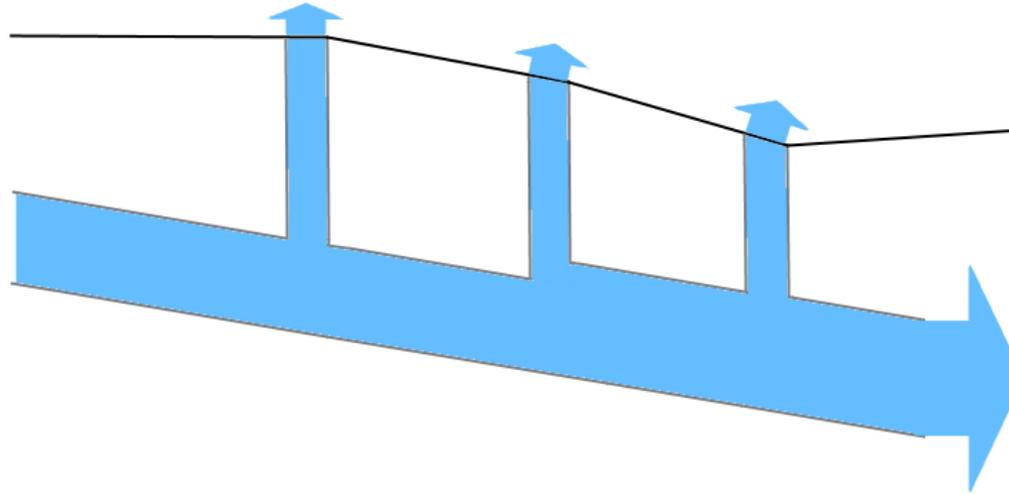
Anderlecht



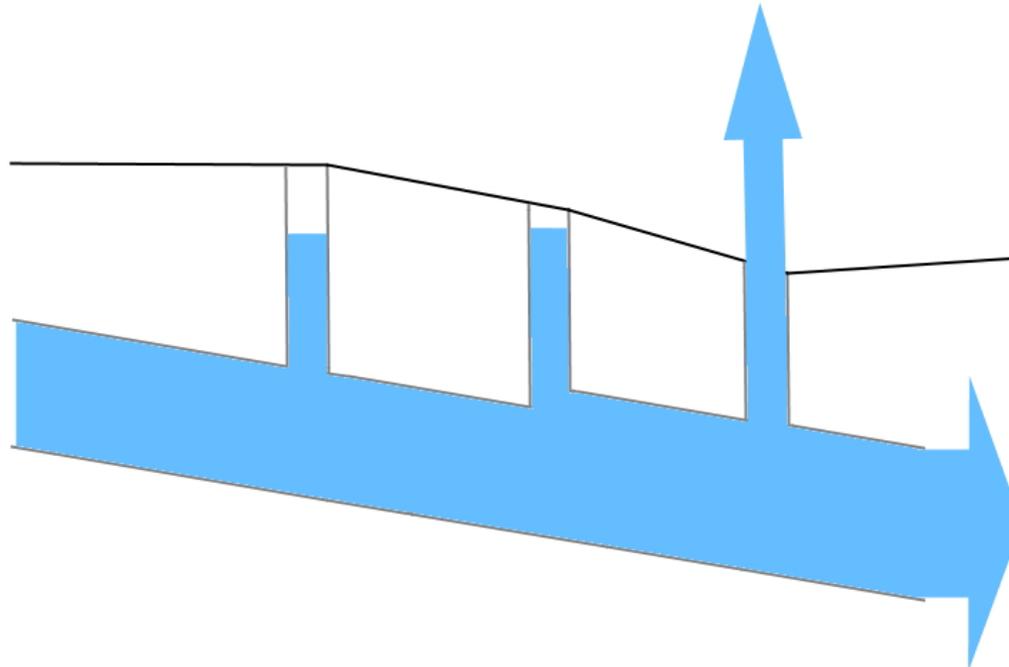
## LA « GESTION » TOUT À L'ÉGOUT



# SURDIMENSIONNEMENT DU RÉSEAU UNITAIRE



Petits débordements généralisés



Gros débordement localisé

Surdimensionnement du réseau



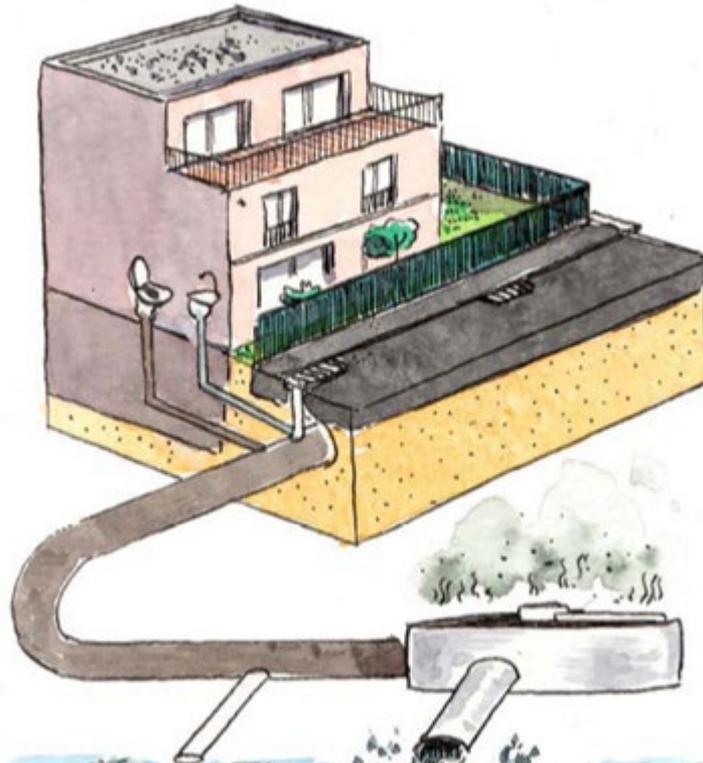
## SURDIMENSIONNEMENT DU RÉSEAU UNITAIRE



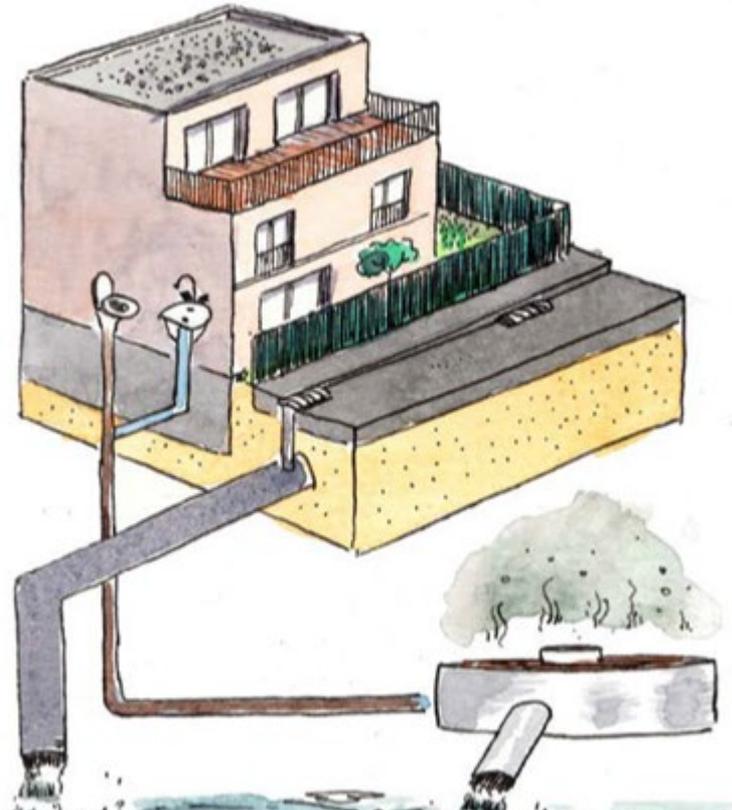
## RÉSEAU SÉPARATIF



réseau unitaire



réseau séparatif.



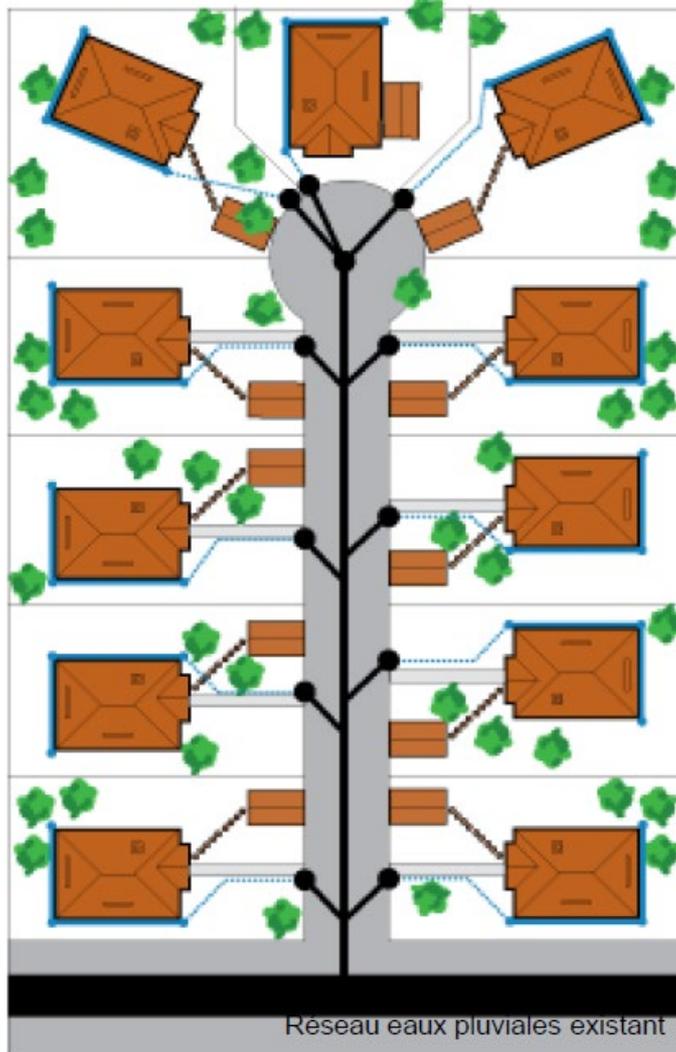
Source : France Nature Environnement



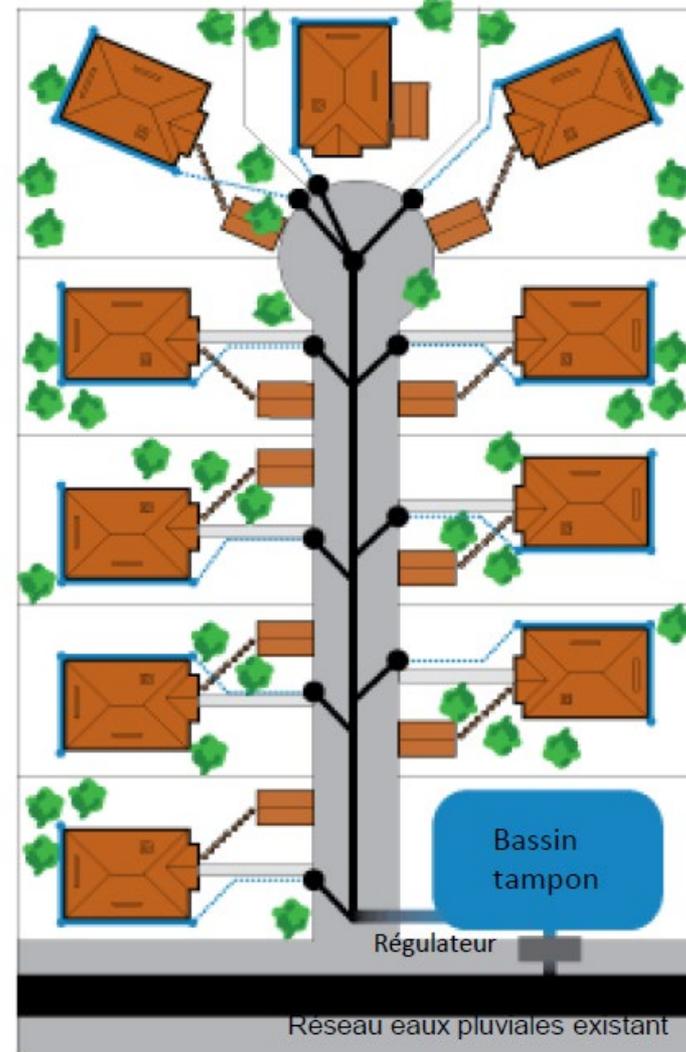
## RÉSEAU SÉPARATIF



Techniques traditionnelles



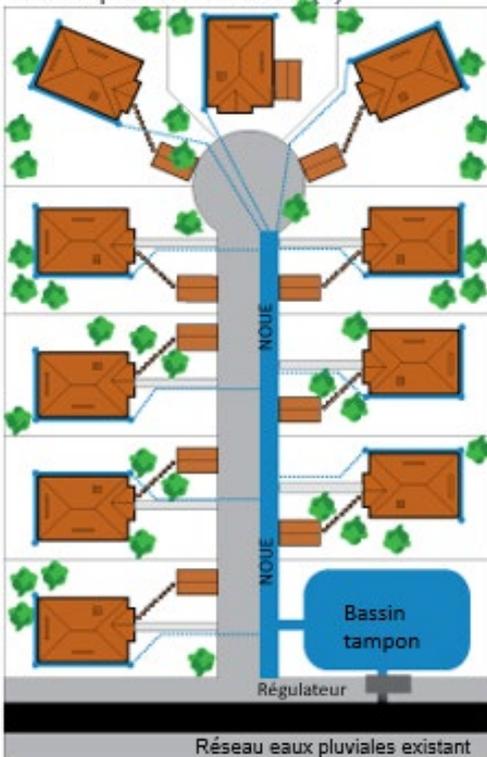
Techniques alternatives (1)





## Qu'il soit enterré ou à ciel ouvert

### Techniques alternatives (2)



- Infrastructures à créer ou vétustes à rénover → **Investissements** d'autant plus lourds si enterré
- Source de **pollution** via les mauvais branchements et via la collecte par ruissellement sur surfaces imperméables
- Protection relative contre les **risques d'inondation** (réseau ou cours d'eau exutoire autolimité)
- Complexité de **mise en œuvre** (rejet avec besoin d'autorisation, dans l'espace public à traverser)
- Difficulté d'identifier un **gestionnaire**
- **Aucun service écosystémique** rendu :
  - Pas d'épuration par l'association sols-racines
  - Pas d'effet positif climatique (îlots de chaleur)
  - Pas de gestion à la source (le non-ruissellement est favorable notamment sur la qualité)
- **Cout-efficacité** : chaque m<sup>3</sup> d'eau géré de façon intégrée (GIEP = infiltration ou évapotranspiration) donne immédiatement des bénéfiques écosystémiques et sort définitivement l'eau du réseau d'égout.  
En séparatif, malgré le cout d'un tronçon, tant que le réseau n'est pas connecté à un cours d'eau aval, les m<sup>3</sup> qui y entrent vont toujours à l'égout et sans le moindre avantage environnemental.



**L'expérience des réseaux séparatifs en RBC n'est pas probante**





## Le BO enterré

- ▶ Ne sert QUE pour la **lutte contre les inondations** et cela reste discutable (ambition élevée impossible à atteindre)
- ▶ Peut avoir un effet néfaste prolongé sur les **pollutions vers le milieu récepteur** (effet de concomitance)
- ▶ Renvoie tout de même **tout à l'égout**
- ▶ Aucune gestion des **petites pluies**
- ▶ Aucun **service écosystémique**
- ▶ Impossible techniquement pour les **petites parcelles**
- ▶ **Enterré** et vite oublié (ex. Seine Saint-Denis, 60% de non conformité)
- ▶ **Coût** élevé au m<sup>3</sup> « géré »
- ▶ Le ruissellement et le transport dans des canalisations engendre une concentration de la **pollution**
- ▶ Consommation éventuelle de pompes (coût et maintenance)





## Le BO à ciel ouvert (infiltrant/non)

- ▶ **Lutte contre les inondations** mais reste discutable (ambition élevée impossible à atteindre)
- ▶ Renvoie tout de même **tout à l'égout** (non infiltrant)
- ▶ Gestion des **petites pluies** (si infiltrant)
- ▶ **Services écosystémiques** faibles
- ▶ **Décentralisé** > occupe du foncier
- ▶ Deviens vite une **décharge**
- ▶ **Coût** élevé
- ▶ Le ruissellement et le transport dans des canalisations engendre une concentration de la pollution vers des surfaces d'infiltration faibles > risque élevé de **pollution de la nappe** !
- ▶ Surfaces actives importantes par rapport aux surfaces d'infiltration ce qui engendre un **colmatage** important
- ▶ Mauvaise **intégration paysagère**
- ▶ Uni-fonctionnel (clôture, etc)





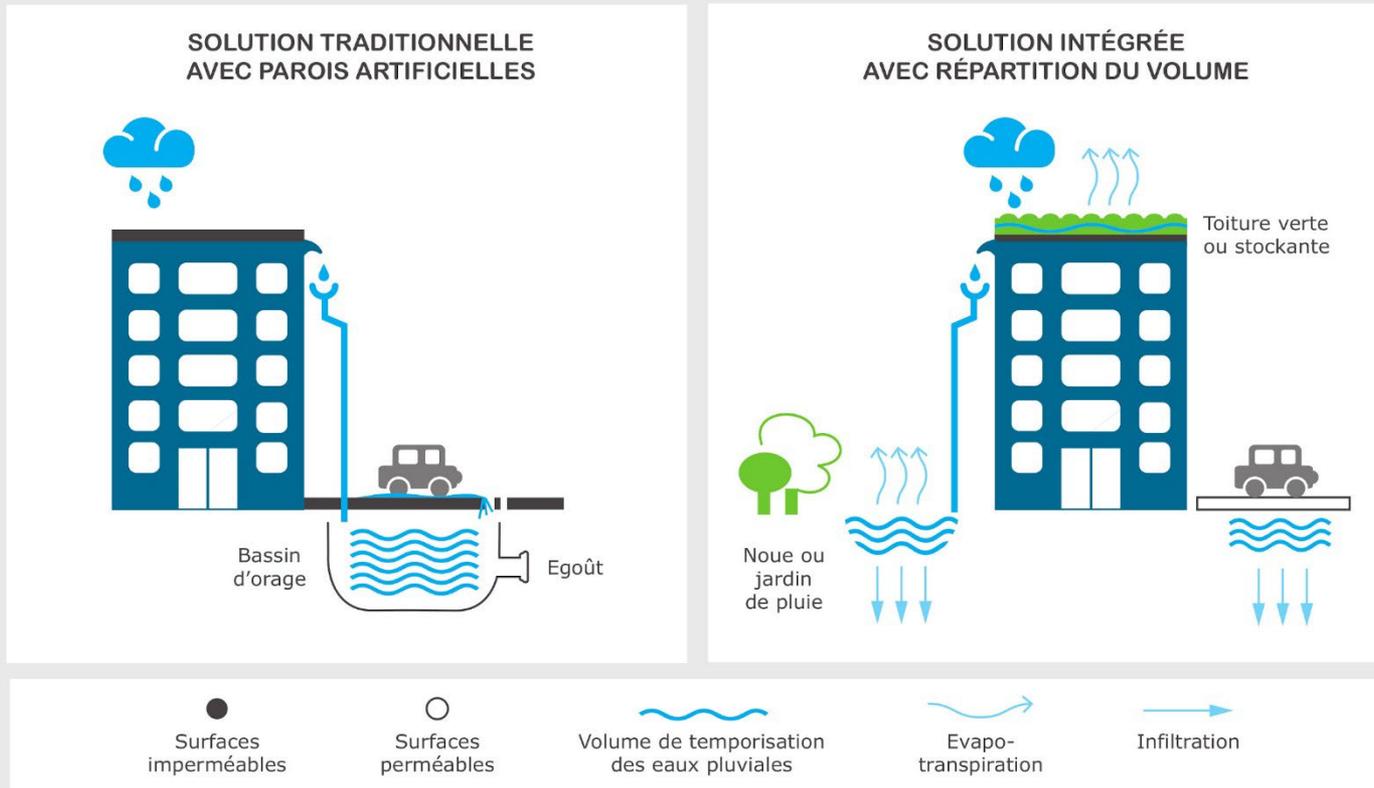
## Béton perméable ou SAUL

- ▶ **Lutte contre les inondations** mais reste discutable (ambition élevée impossible à atteindre)
- ▶ Surverse nécessaire vers **l'égout**
- ▶ Gestion des **petites pluies**
- ▶ Aucun **service écosystémique**
- ▶ **Enterré** et vite oublié
- ▶ **Coût** très élevé au m<sup>3</sup> « géré »
- ▶ Le ruissellement et le transport dans des canalisations engendre une concentration de la pollution vers des surfaces d'infiltration faibles > risque élevé de **pollution de la nappe** !
- ▶ Surfaces actives importantes par rapport aux surfaces d'infiltration ce qui engendre un **colmatage** important
- ▶ **Energie grise** des matériaux





### TEMPORISATION DES EAUX PLUVIALES - SOLUTION TRADITIONNELLE VS SOLUTION INTÉGRÉE



© Bruxelles Environnement



## « Chaque fois que l'on vous dit que le changement est impossible, montrez leur... Séoul »

[Inspiré de la citation de Lior Steinberg]

AVANT



APRÈS



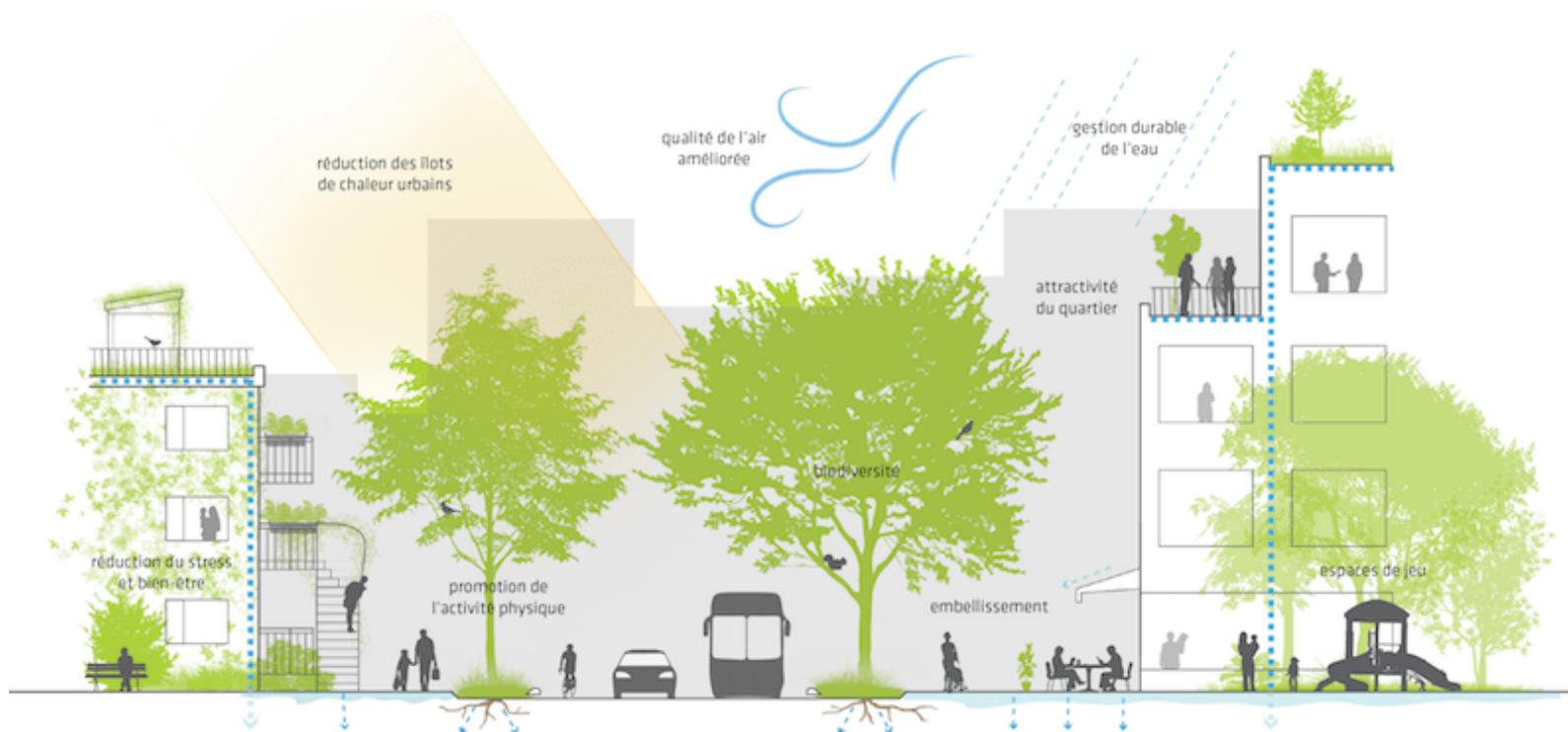
Source : Metro Seoul, [www.metroseoul.kr](http://www.metroseoul.kr)



DU TOUT TUYAU...  
...À LA VILLE PERMÉABLE

## GIEP

ÉLÉMENTS DE CONCEPTION  
DISPOSITIFS





## Aménagements / dispositifs qui accomplissent les 4 objectifs liés à la résilience aux changements climatiques :



► la lutte contre les inondations



► l'amélioration de la qualité des cours d'eaux



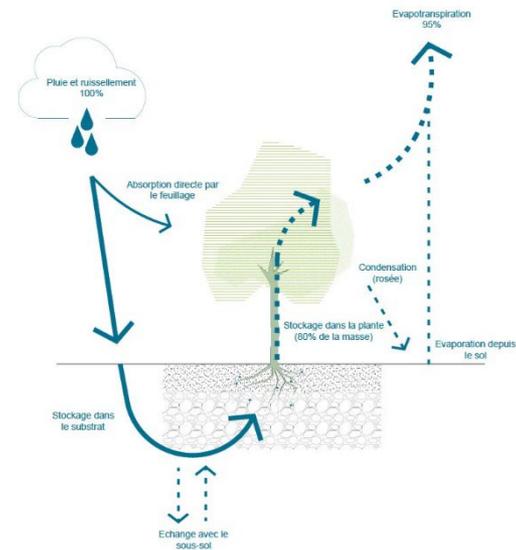
► la qualité de vie des habitants : îlots de chaleur, espaces multifonctionnels



► la biodiversité

## Pour atteindre ces 4 objectifs simultanément, les moyens nécessaires sont :

- Gérer **IN SITU**, à la parcelle
- Utiliser le trio EAU.SOL.PLANTE = **sol-éponge** et le **végétal** → Nature based solution
  - Stockage + infiltration dans la couche supérieure du sol > sol vivant
  - Filtration + décolmatage + évapotranspiration par les végétaux
- **S'intégrer aux éléments urbains** qui ont déjà d'autres fonctions (rues, infrastructures vertes)



## GIÉP, UNE SOLUTION INTÉGRÉE ET MULTIFONCTIONNELLE



La GiEP vise à **utiliser les espaces urbains** et les **éléments bâtis** mis en œuvre pour leur fonction première et à leur donner une **fonction supplémentaire**, celle de **gérer les eaux pluviales** à la source.



Aménagement d'une place publique

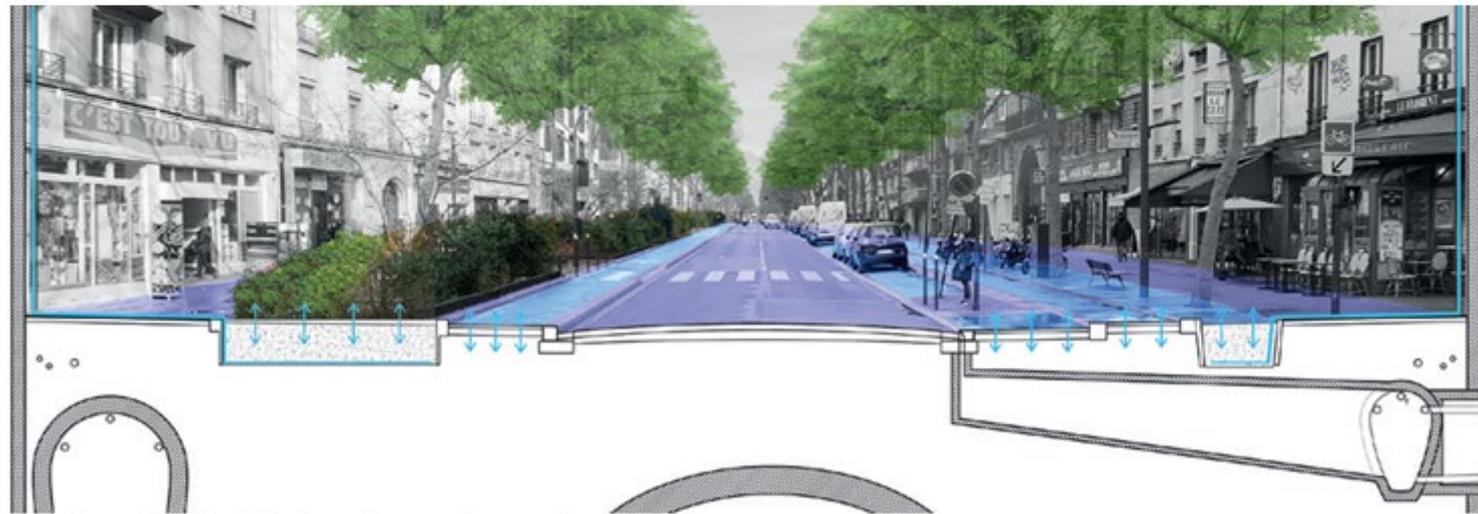
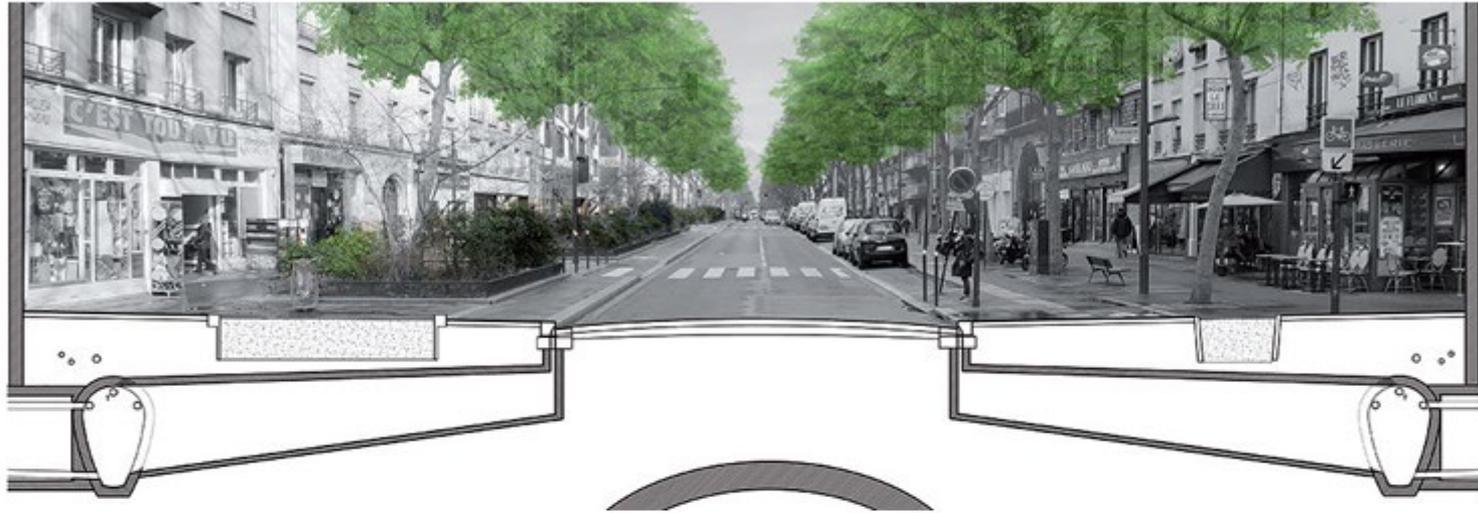
Rond-point



Cheminement piéton



## GIEP, UNE SOLUTION INTÉGRÉE ET MULTIFONCTIONNELLE

Avenue Jean Jaurès, Paris 19<sup>e</sup> : état existant et état proposé

Source : APUR, Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole



# GiEP, UNE SOLUTION INTÉGRÉE ET MULTIFONCTIONNELLE



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



Temps sec

© EPT Est Ensemble – Gael Kerbaol



Pluie modérée

© EPT Est Ensemble – Gael Kerbaol



Pluie forte

© EPT Est Ensemble – Gael Kerbaol



Fosse d'arbre décaissée et végétalisée, Romainville

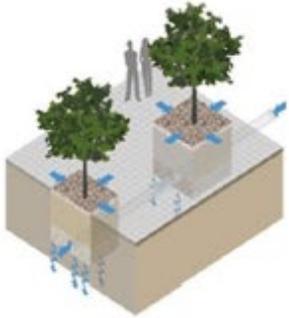
© ATM

Source : APUR, Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole



GIEP, LA COMBINAISON D'UNE MULTITUDE DE SOLUTIONS

Arbre de pluie



Ouvrage ponctuel  
Gestion à la source

Bande filtrante



Ouvrage linéaire  
Gestion à la source

Bassin d'infiltration



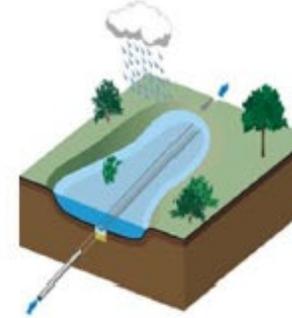
Ouvrage surfacique  
Gestion en fin de réseau /  
Rétention

Bassin en eau



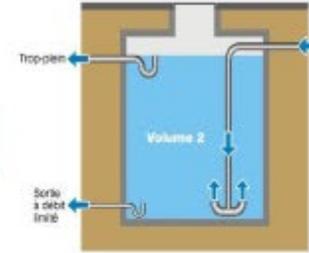
Ouvrage surfacique  
Gestion en fin de réseau /  
Rétention

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

Noue / Fossé



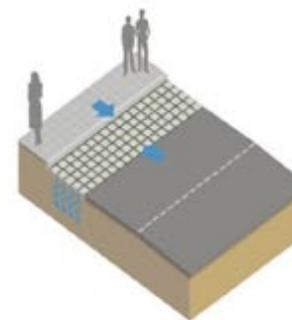
Ouvrage linéaire  
Gestion en transport ou en  
fin de réseau / Rétention

Puits d'infiltration



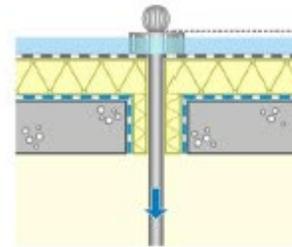
Ouvrage ponctuel  
Gestion à la source ou  
en fin de réseau / Rétention

Revêtements poreux



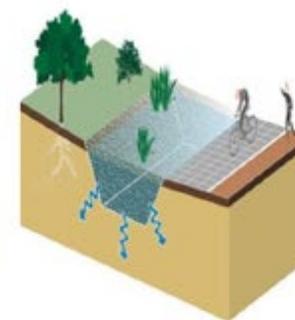
Ouvrage linéaire ou surfacique  
Gestion à la source ou  
en transport

Toiture stockante ou  
Toiture verte



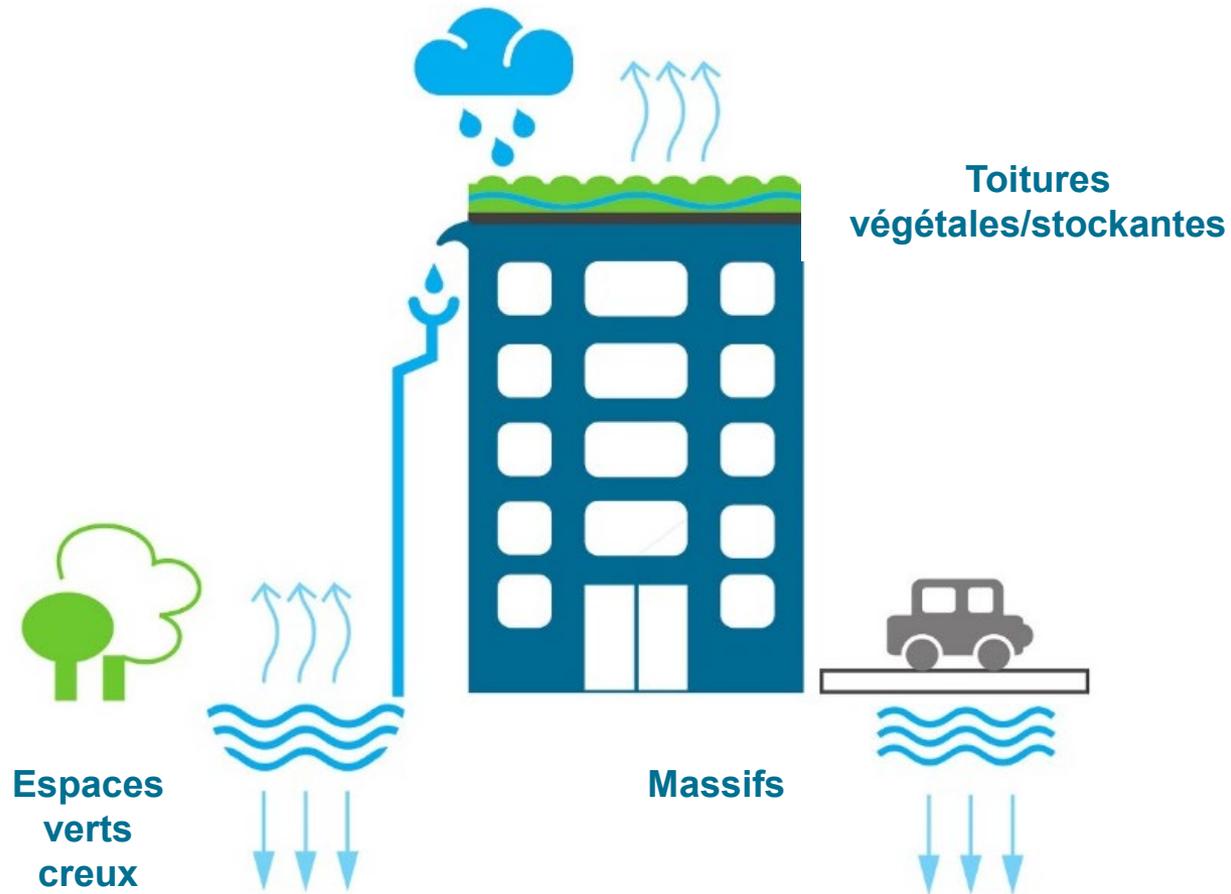
Ouvrage surfacique  
Gestion à la source

Tranchée d'infiltration



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





DU TOUT TUYAU...

...À LA VILLE PERMÉABLE

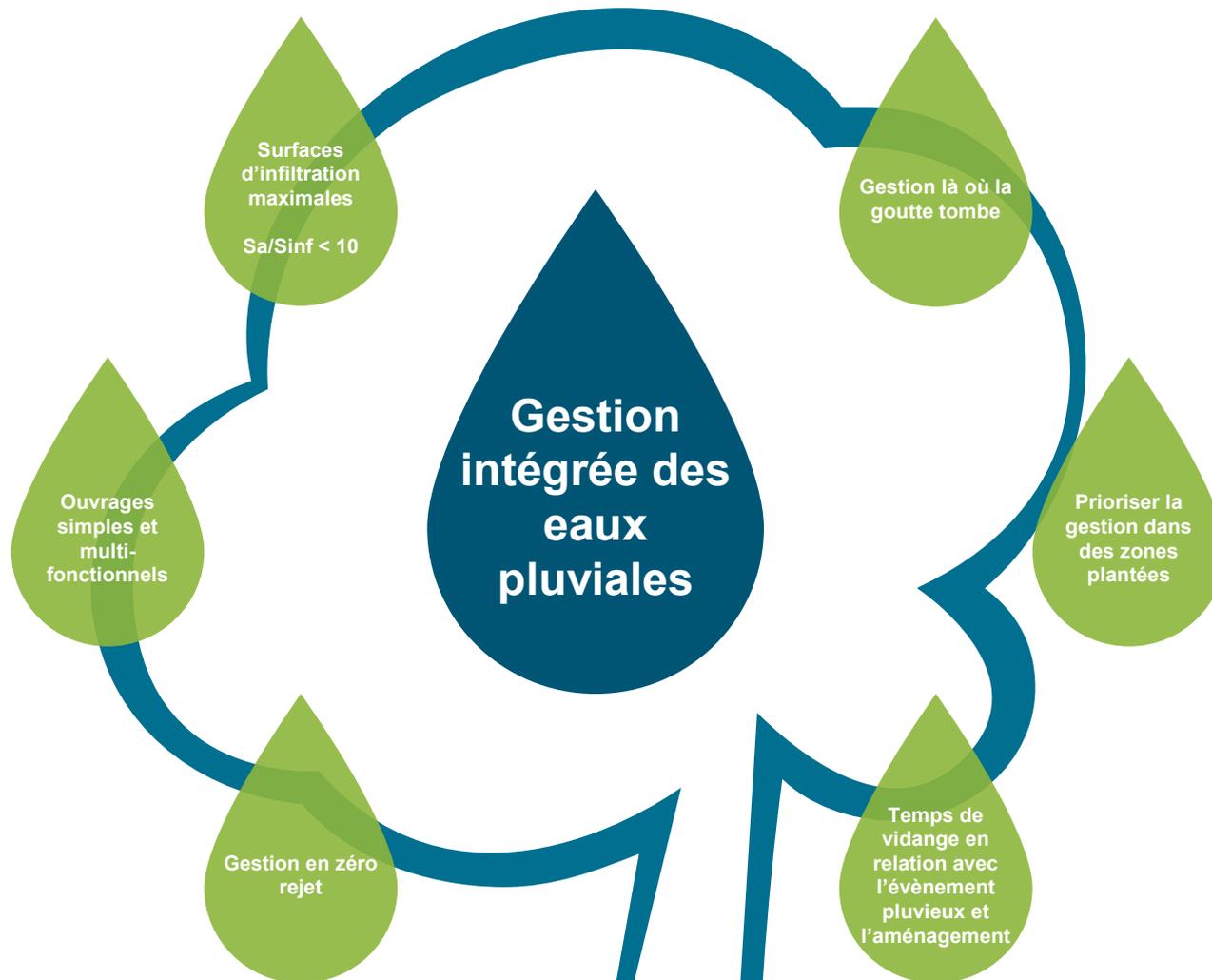
GIEP

**ÉLÉMENTS DE CONCEPTION**

DISPOSITIFS



## LES ÉLÉMENTS D'UNE BONNE GIÉP



# Guide « Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants » (Damien TEDOLDI)



## 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.



### 1

#### De quels polluants parle-t-on ?

Les eaux urbaines associées au temps de pluie transportent différentes substances - organiques, métaux, nutriments, métaux en suspension - dont la présence est interdite ou réglementée, que ce soit dans les eaux de surface ou dans les eaux souterraines. Ces substances y contribuent des contaminants, au sens large, puisqu'elles ne sont pas naturellement présentes à des concentrations plus faibles. Certaines d'entre elles sont plus susceptibles d'inclure des effets néfastes, même à des niveaux de concentration très bas, présentent une certaine toxicité et/ou altèrent les fonctions biologiques de différents organismes. L'objectif de cette fiche est d'illustrer les caractéristiques de contamination à travers quelques ordres de grandeur, et de délimiter par là même l'impact d'une infiltration à la source des eaux pluviales urbaines.

#### L'essentiel

La ville est à l'origine d'une contamination diffuse des eaux qui ruissellent sur les surfaces imperméables puis transitent dans les réseaux de collecte. Cette contamination provient de sources multiples sur lesquelles il est plus ou moins facile d'agir. La diversité et les flux des substances transportées par l'eau s'accroissent au fil du trajet parcouru sur des surfaces imperméables à fortiori en cas d'engorgement dans un réseau, où elle se mélange à des effluents d'origine différente. On a donc tout intérêt à gérer la pluie au plus près de l'endroit où elle tombe.

#### 1. Une contamination diffuse provenant de multiples sources.

Les eaux météoriques, dont la seule source de contamination réside dans le lessivage de la basse atmosphère, sont généralement peu polluées au moment où elles tombent sur la ville. C'est d'abord en ruisselant sur des surfaces imperméables de différentes natures que l'eau se charge, au fil de son parcours, en diverses substances. Les sources de contamination pour les eaux qui peuvent être liées :

- aux pratiques : cette classe détermine essentiellement l'usage de produits fertilisants de désherbage, de pesticides et/ou de biocides pour l'entretien des espaces végétalisés, voies et des bâtiments.

On retrouve aussi de manière récurrente certains métaux, hydrocarbures - notamment hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), pesticides, biocides, etc.

### 9

#### Quels dysfonctionnements sont susceptibles d'intervenir sur le long terme ? Comment y remédier ?

Nous avons précédemment dit que le sol des espaces sollicités pour l'infiltration jouait un rôle fondamental dans la maîtrise des flux de contaminants transportés par le ruissellement. Dans un contexte de généralisation du contrôle à la source des eaux pluviales, de façon à limiter le possible libellé d'ajout de dysfonctionnements dans cette fiche qui illustre plusieurs situations de long terme potentiel, dans des contextes particuliers, être vues comme problématiques, mais dont les interventions préventives ou correctives sont possibles et recommandées. La fiche qui suit propose une méthodologie d'accompagnement simplifiée pour définir concrètement ces problèmes.

#### L'essentiel

La rétention des contaminants à pour contrepartie une augmentation de leurs teneurs dans le sol, jusqu'à épuiser dans certains cas les seuils de non-toxicité. Cependant, cela concerne une zone limitée - en moyenne, dans un bassin versant à fort potentiel polluant, un hectare de surface imperméabilisée génère ~ 15 m<sup>3</sup> de terre polluée après une dizaine d'années. Par ailleurs, lorsque le sol possède intrinsèquement de mauvaises propriétés, il est plus difficile de prévenir l'ajout et ne plus récupérer les substances dissoutes et précipitées. S'ajoutent notamment des situations de contamination par des substances particulaires, notamment par des substances biologiques contaminant au renouvellement de la porosité du sol et de la composition des matières en suspension.

- 1. Lorsque le sol retient efficacement les polluants, il peut parfois par atteindre localement des niveaux de contamination excessifs.

La contrepartie d'une bonne rétention des contaminants par le sol est une augmentation de leurs teneurs, notamment dans l'horizon de surface. Dans certains cas, cette accumulation peut conduire à un dégoût (si en amont de la qualité du sol comme il en existe à l'international) mais pas en France, et en amont qui signale un impact potentiel sur la contamination des matières en suspension.

dépend des contextes peu ou non accessibles bien être lui en eau sol différentes pour remédier zone polluée zone peu polluée à une végétation du sol dépendent un soin et nivellement

#### Focus pratique : quantités de terre polluée à gérer.

Dans les situations où la présence de contaminants à des niveaux élevés est jugée inacceptable, une partie du sol doit faire l'objet d'une action de maintenance particulière telle qu'une excavation. Les volumes de terre qu'il conviendrait de gérer de la sorte ont été estimés sur les onze sites étudiés dans la thèse de D. Tedoldi (2017), en considérant à la fois les seuils de remédiation et l'épaisseur de la zone où les métaux en métaux et/ou HAP excèdent l'épaisseur horizontale (Figure 2). Les résultats obtenus sont détaillés dans le tableau 3. Sur quatre sites, toutes les substances analysées présentaient des teneurs compatibles avec les normes internationales sur la qualité du sol, sur les sept sites restants, la contamination par le zinc et le cuivre est généralement apparue comme la plus problématique au regard des seuils fixés par ces normes.

### 3

#### Le sol est-il capable de filtrer les contaminants ?

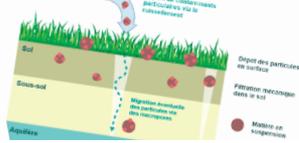
L'infiltration des eaux pluviales permet de diminuer les volumes d'eau, et donc les flux de polluants, qui rejoignent les réseaux d'assainissement. Ceci contribue à limiter la contamination des milieux aquatiques superficiels, en réduisant à la fois les rejets directs des réseaux séparatifs et les rejets de contaminants une fois dans le sol. Ce constat conduit toutefois à s'interroger sur le devenir de ces contaminants une fois dans le sol sans être traités vers les eaux souterraines ? Cette fiche offre un aperçu des processus de rétention à l'échelle du sol, et des contaminants qui y sont sujets.

#### L'essentiel

Le sol contribue une barrière naturelle qui peut être efficace pour retenir les contaminants présents dans les eaux pluviales. D'une part, il assure la fixation des substances particulaires, des métaux (organiques), il favorise la fixation de nombreuses substances inorganiques, dont les métaux (comme certains pesticides et biocides), le levier d'action le plus efficace reste d'agir à la source et de limiter leur usage.

#### 1. La rétention des contaminants particuliers dépend de mécanismes physiques.

Une fraction des contaminants (métaux et organiques) se retrouve dans le ruissellement et dans les eaux de surface. Ceci a deux conséquences : d'une part, leur filtration à travers les pores du sol (Figure 3.1), dans l'eau. Ce sont essentiellement des métaux organiques, agissant sur la rétention de ces contaminants, d'autre part, leur sédimentation à la surface, et d'autre part, leur filtration à travers les pores du sol (Figure 3.1).



#### À noter !

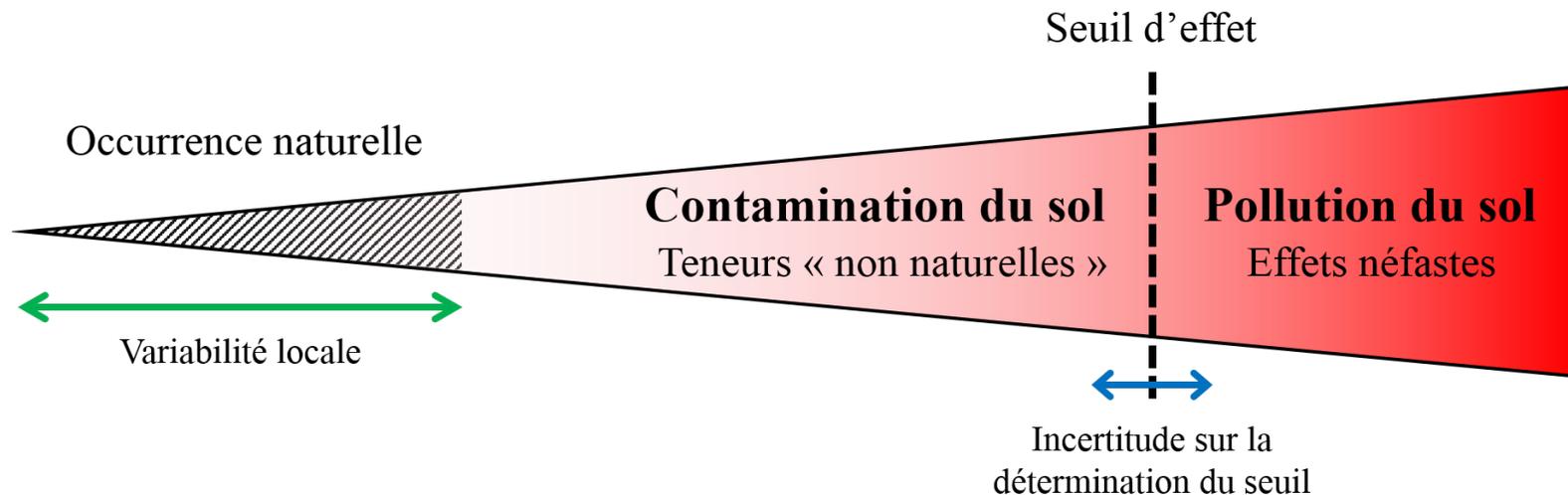
Y a-t-il un intérêt à généraliser les solutions de dépollution à l'amont ?

Il existe un certain nombre de dispositifs plus ou moins compacts, destinés à dépolluer les eaux pluviales avant leur rejet dans les eaux de surface : zonières à sable, séparateurs à hydrocarbures, dessableurs-débourbeurs, gouttelettes adsorbantes, et autres solutions industrielles. Pour limiter les flux de polluants sur les bassins versants urbains, y a-t-il un intérêt à généraliser leur usage dès les zones de production du ruissellement ?

Commençons par rappeler un élément fondamental : l'efficacité de traitement, c'est-à-dire le rendement séparateur de ces systèmes, dépend des caractéristiques des eaux en entrée et notamment de leurs concentrations. Plus les eaux en entrée sont chargées en polluants, meilleur est l'abatement ; à l'inverse, en dessous d'une certaine concentration, ces systèmes peuvent avoir un fonctionnement quasiment « transparent » vis-à-vis des eaux qu'ils traitent. Typiquement, les séparateurs à hydrocarbures de classe A sont conçus pour garantir une

## CONTAMINANT VS POLLUANT

Un contaminant ne devient un polluant que lorsque sa concentration dépasse un seuil critique au-delà duquel elle a une action toxique sur des organismes et/ou engendre des nuisances environnementales



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



La diversité et les flux des substances transportées par l'eau s'accroissent au fil du trajet parcouru sur des surfaces imperméables, et a fortiori en cas d'engouffrement dans un réseau, où elle se mélange à des effluents d'origine différente.

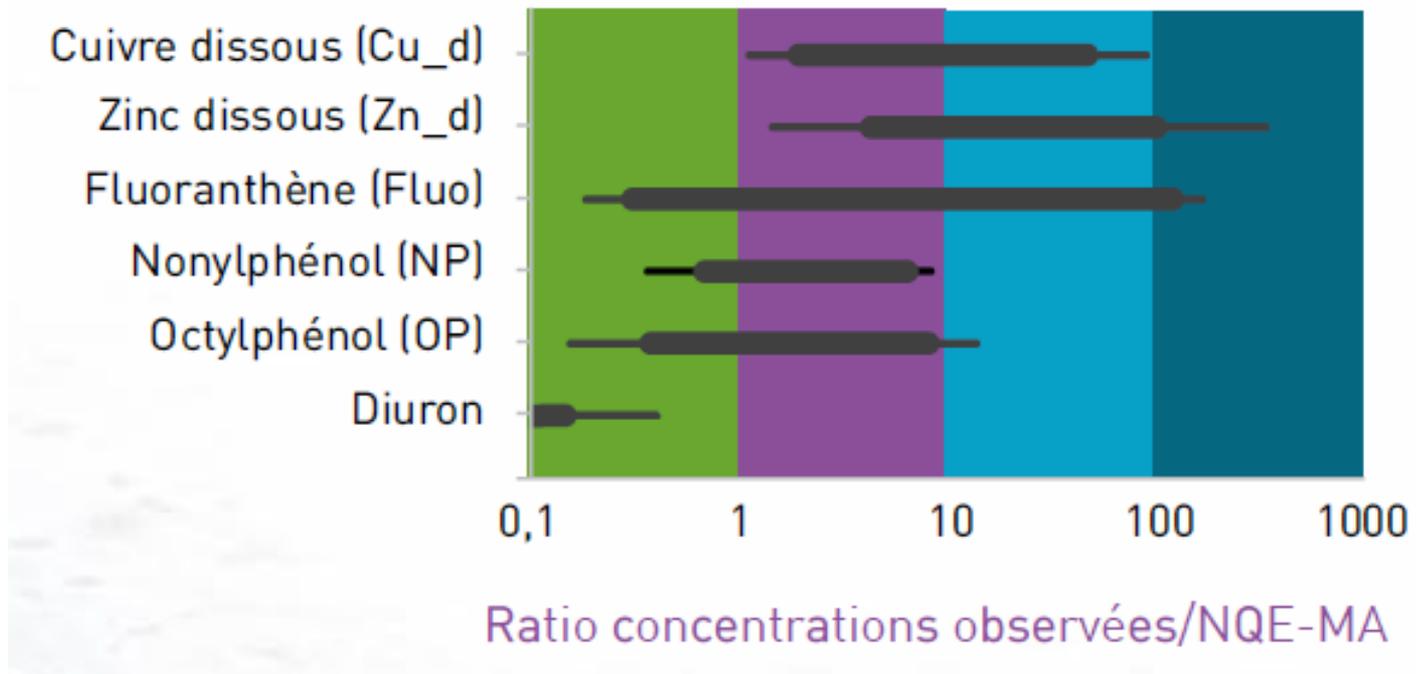
### GiEP = Gestion à la source

- ▶ ↘ palette contaminants
- ▶ ↘ masse contaminants



## Les concentrations retrouvées dans les eaux de ruissellement :

- ▶ Sont variables
- ▶ Sont modérées mais susceptibles d'avoir un impact sur les milieux aquatiques



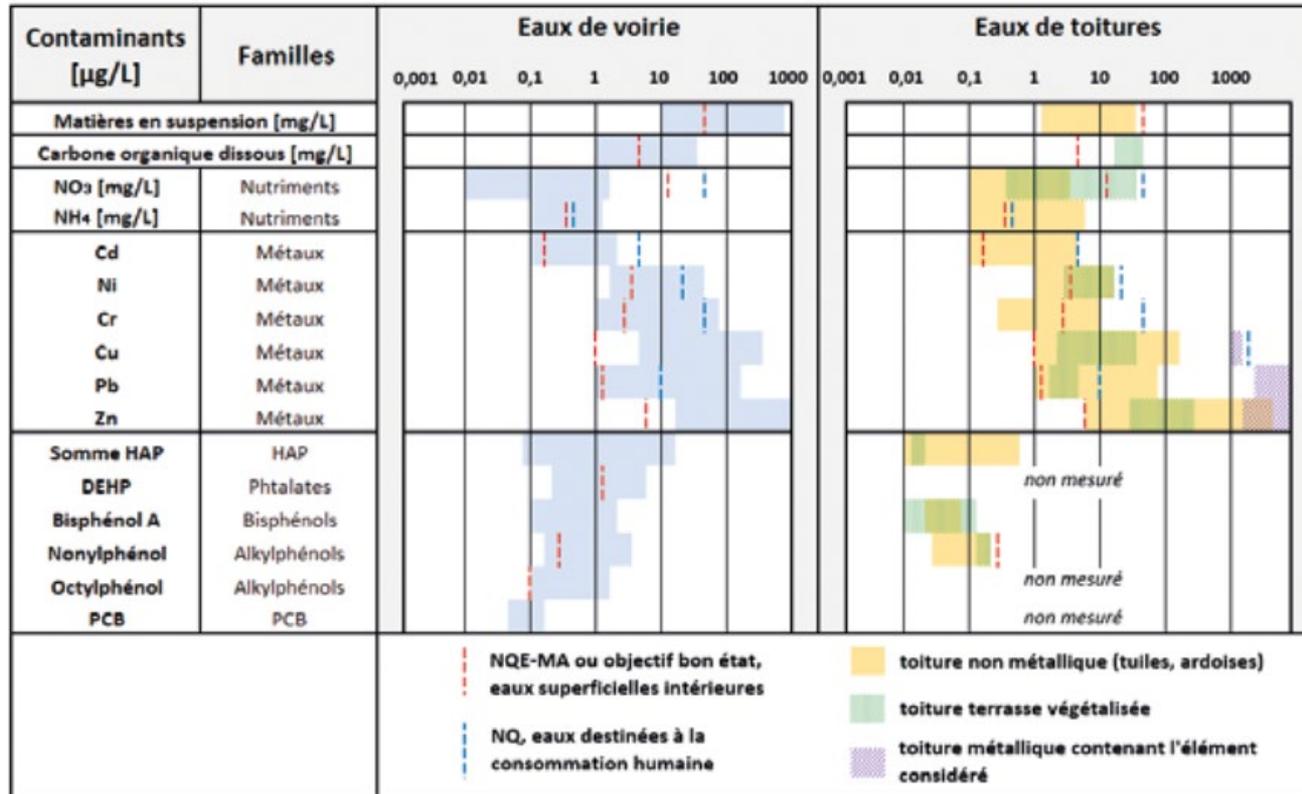
Source : Damien TEDOLDI – Synthèse des projets  
Roulépur, Micromégas, Matriochkas, 2019



## 29 MILIEU RÉCEPTEUR – EAUX SOUTERRAINES

## Les concentrations retrouvées dans les eaux de ruissellement :

- Sont proches voire inférieures aux NQE pour les eaux souterraines

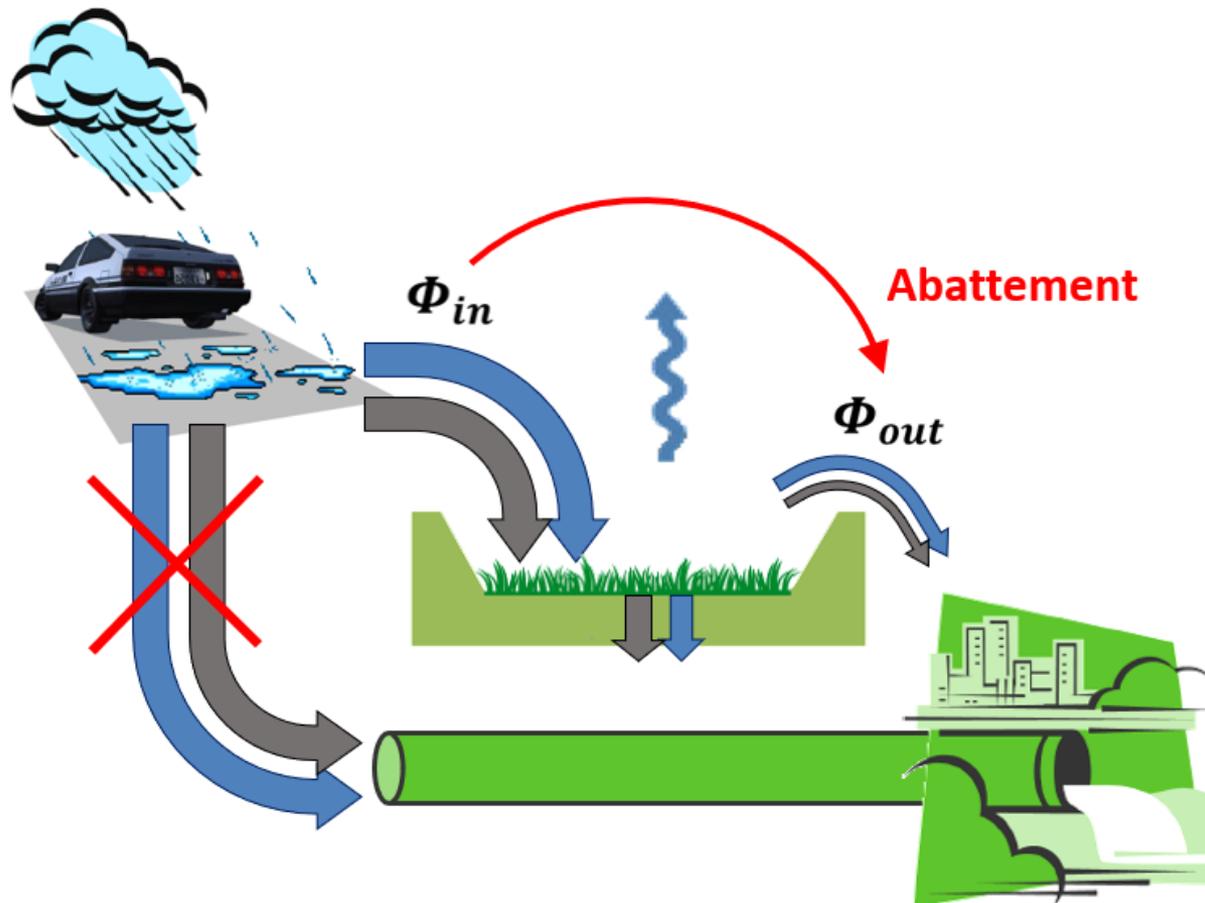


Source : Damien TEDOLDI – Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants

⇒ Le sol peut-il assurer une rétention suffisante ?



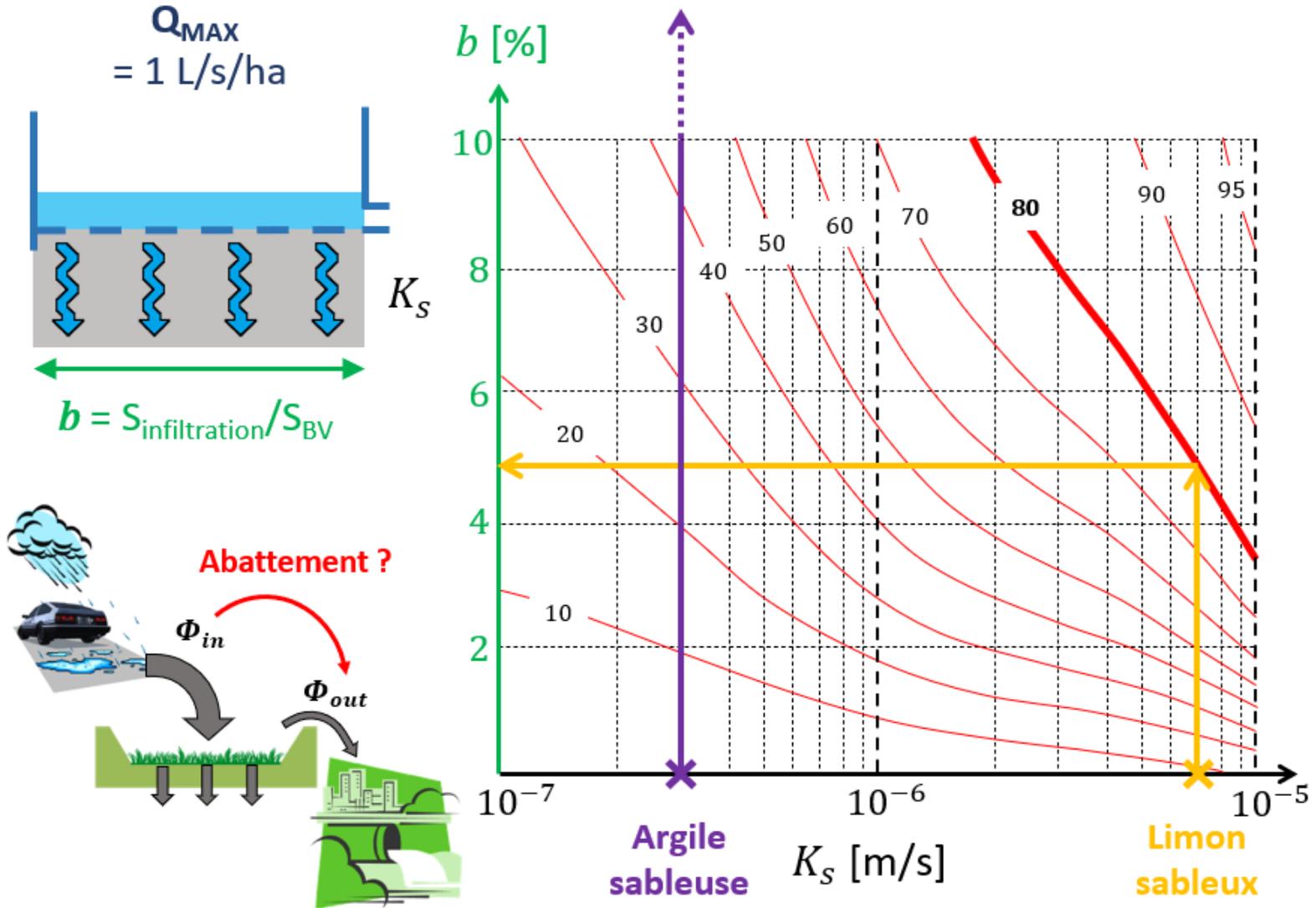
La GiEP permet de préserver les eaux superficielles



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



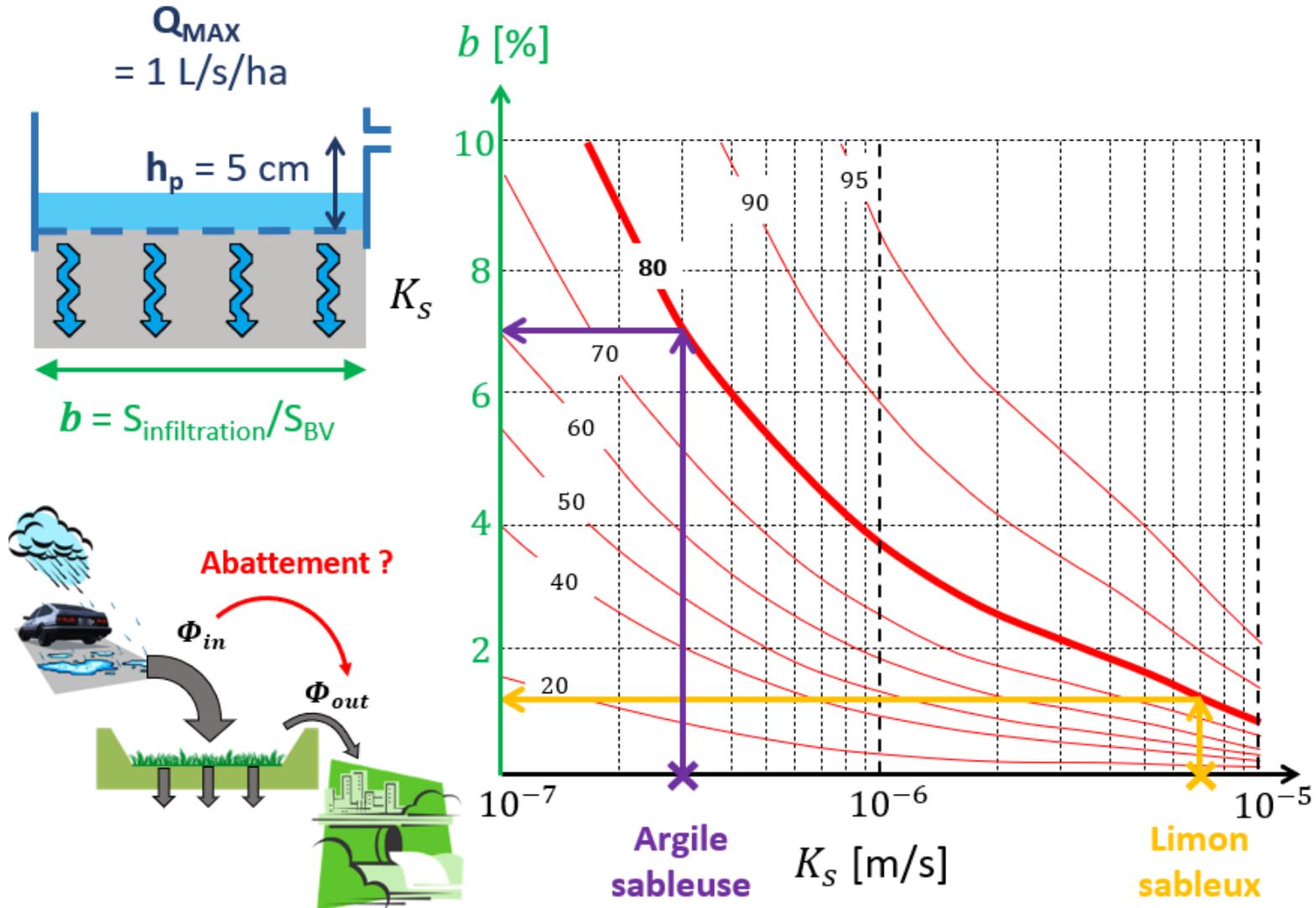
ABATTEMENT – DÉBIT RÉGULÉ



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



ABATTEMENT – INFILTRATION

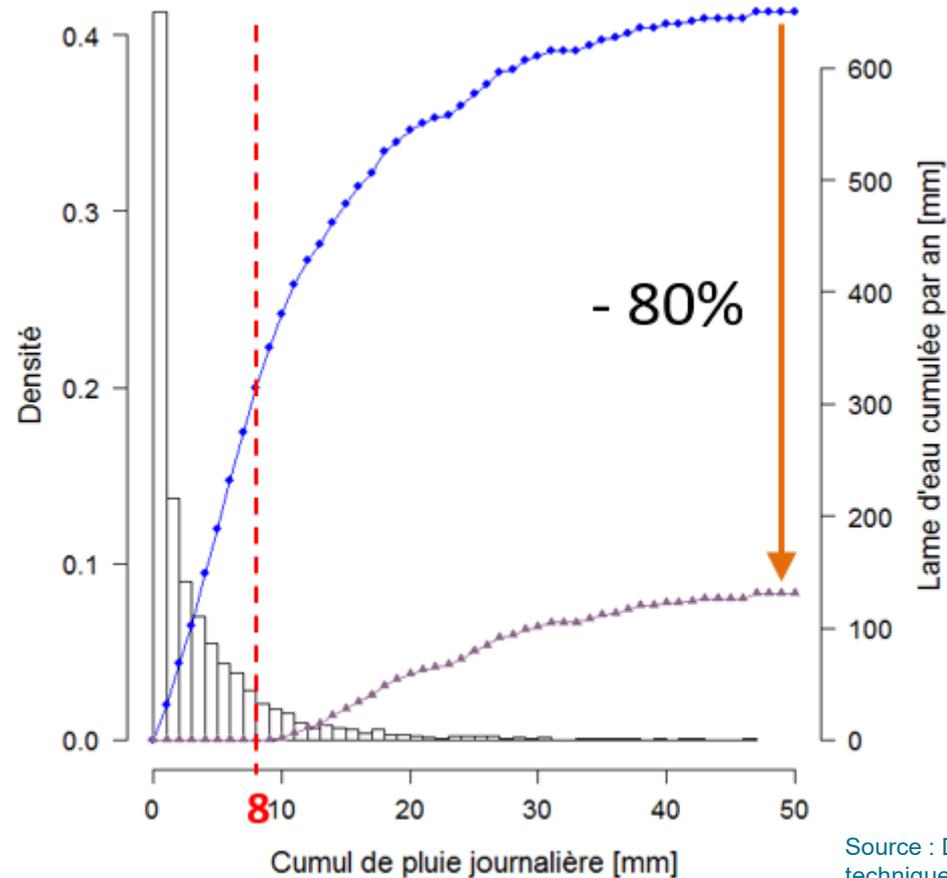


Source :  
Damien  
TEDOLDI –  
Infiltrer les  
eaux  
pluviales  
c'est aussi  
maîtriser les  
flux polluants



## Principe des 8 mm

- ▶ Permet de capter 80% du volume annuel
- ▶ Permet un abattement du flux polluant de minimum 80%

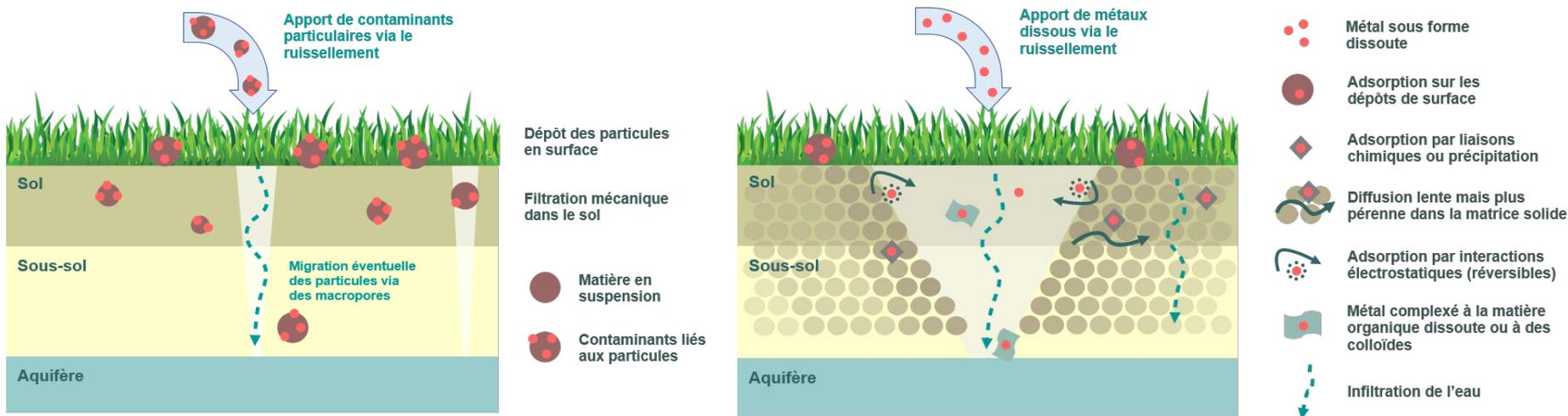


Source : Damien TEDOLDI – Midi technique Eau



La plupart des contaminants retrouvés dans les eaux de ruissellement de voirie peuvent être retenus par le sol ou un substrat « vivant », pour peu qu'il possède des caractéristiques appropriées

- ▶ Filtration des **substances particulaires** (mécanismes physiques)
- ▶ Fixation de nombreuses **substances dissoutes**, dont les métaux et certains micropolluants organiques (hygrophobes ex. HAP) (interactions physico-chimiques)
- ▶ **Molécules organiques hygrophiles** non retenues par le sol (certains pesticides et biocides) > agir à la source (maîtriser leur usage)



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



## Caractéristiques du sol

### ► La granulométrie

- particules grossières les moins réactives > retient très peu les contaminants dissous, même s'il présente une bonne efficacité pour filtrer les espèces particulières
- sol trop argileux > risques de formation de chemins d'écoulement préférentiels (fissures)

⇒ **85 % sables et 15 % d'argiles = bon compromis**

### ► **Matières organiques** : rétention de la plupart des contaminants dissous transportés par le ruissellement (métaux et molécules organiques hydrophobes).

⇒ **taux de matières volatiles supérieur à 5-6 % est souhaitable dans l'horizon de surface. Éviter les amendements de type tourbe ou écorces de pin qui tendent à acidifier le sol.**

- Un **pH supérieur à 6,5** permet de limiter la mobilité des métaux dissous.
- Il est important de s'assurer que l'**horizon de surface** qui possèdera ces caractéristiques ait une épaisseur d'au moins **20 cm**, et de veiller à son homogénéité



## Caractéristiques des ouvrages

- ▶ **arrivée de l'eau dans l'ouvrage** de la manière la plus répartie possible. En pratique, un simple décaissement du terrain sur l'ensemble de la longueur de la dalle pour assurer un ruissellement direct vers un espace vert creux sera donc plus à même de rencontrer les objectifs de maîtrise des contaminants que l'apport via canalisations et tuyaux en un point du dispositif...
- ▶ Un **ratio de 5/1** (= 5m<sup>2</sup> de surface de ruissellement pour 1 m<sup>2</sup> de surface d'infiltration) est une valeur sécuritaire à viser et un ratio de 10/1 une valeur limite à ne pas dépasser.
- ▶ Mettre en place une **végétation dense et y associer un entretien extensif** : les plantes jouent un rôle important en interaction avec la pédo-faune du sol et permettent de filtrer certains polluants (particulaires).
- ▶ **Réaliser l'ouvrage suffisamment en amont de sa mise en fonction** et préserver/réutiliser les premiers horizons de sols : la couche de surface (20 – 30 cm) est généralement celle qui possède les meilleures capacités de rétention.



## Midis techniques Eau

- Midi d'introduction sur la pollution des eaux de ruissellement : devenir des polluants urbains dans les systèmes d'infiltration du 09/12/2021

Présentations et replay sur

<https://environnement.brussels/thematiques/eau/le-professionnel-en-action/evenements/evenements-passes>

## Guide Infiltrer les eaux pluviales c'est aussi maîtriser les flux polluants

- Téléchargeable sur <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.



DU TOUT TUYAU...

...À LA VILLE PERMÉABLE

GIEP

ÉLÉMENTS DE CONCEPTION

## **DISPOSITIFS**

- ▶ **Toitures**
- ▶ Les revêtements perméables
- ▶ Massifs
- ▶ Espaces verts creux





## Qu'est-ce qu'une toiture végétale extensive ?

- ▶ La **toiture végétale extensive** a une **épaisseur de substrat limitée**, ne permettant qu'à des plantes à très faible développement et supportant la sécheresse de se développer. Elle est moins contraignante en termes de poids pour la dalle de toit du bâtiment
- ▶ Le substrat de la toiture extensive est souvent plus « pauvre » que celui de la toiture (semi-)intensive afin de répondre aux besoins des plantes

	Toitures intensives	Toitures semi-intensives	Toitures extensives
<b>Type de végétation</b>	Herbacées et arbustes. Petits arbres si ép. substrat > 60 cm	Herbacées et arbustes	Herbacées, plantes grasses et mousses adaptées
<b>Épaisseur de substrat</b>	> 30 cm	> 10 à 30 cm	5 à 10 cm
<b>Surcharge occasionnée</b>	> 400 kg/m <sup>2</sup>	> 100 à 400 kg/m <sup>2</sup>	30 à 100 kg/m <sup>2</sup>



## Quels en sont les composants ?

- ▶ Substrat adapté (gain de poids)
- ▶ Couche filtrante (géotextile) – parfois intégrée dans la couche de drainage
- ▶ Couche de drainage – peut être soit une fine nappe drainante de stockage, soit un tapis drainant
- ▶ Protection anti-racines à prévoir au dessus de l'étanchéité (30 cm min. de recouvrement à respecter). Cette protection reste nécessaire pour prévenir tout dommage à l'étanchéité lié à l'apparition spontanée de jeunes plants



Jeunes arbres apparus sur  
toiture par manque d'entretien  
Source/Bron : turfonline.co.uk



Source/Bron : MatGeco  
Conforme NIP 229 du CSTC



## Quels sont les points d'attention ?

- ▶ Le choix du type de plantations doit se limiter à des **espèces à très faible développement** (herbacées, plantes grasses et mousses adaptées)



⇒ **apport paysagiste, horticulteur ou spécialiste requis**

- ▶ L'accessibilité pour installation des végétaux et pour les dispositifs de sécurité (ligne de vie, garde-corps...) pour l'entretien doit être prévue dès l'avant-projet
- ▶ La dalle de toiture doit être dimensionnée pour reprendre les charges induites



⇒ **apport ingénieur stabilité requis**



Toiture extensive  
Source/Bron : doerken.com

3 exemples d'espèces  
indigènes adaptées



### Quels sont les avantages (du point de vue de la biodiversité)?

- ▶ Bien exposées au soleil et au vent, permettent souvent de créer des milieux secs qui sont rares en contexte urbain et qui vont accueillir des espèces végétales dites « xérophiles » ou « méso-xérophiles »
- ▶ Diverses espèces d'oiseaux et d'insectes aiment venir y nicher, s'y réfugier ou profiter des fleurs nectarifères à leur disposition



⇒ La toiture extensive est moins intéressante que la toiture (semi)-intensive, mais elle présente néanmoins un intérêt



Nidification d'un pigeon ramier  
Source/Bron :  
[vdcgreen.blogspot.com](http://vdcgreen.blogspot.com)



Goeland avec sa portée sur une toiture verte extensive  
Source/Bron : NYC Audubon



Coccinelle sur une plante grasse  
Source/Bron : [sedumgreenroof.co.uk](http://sedumgreenroof.co.uk)



## Qu'est-ce qu'une toiture végétale intensive ou semi-intensive ?

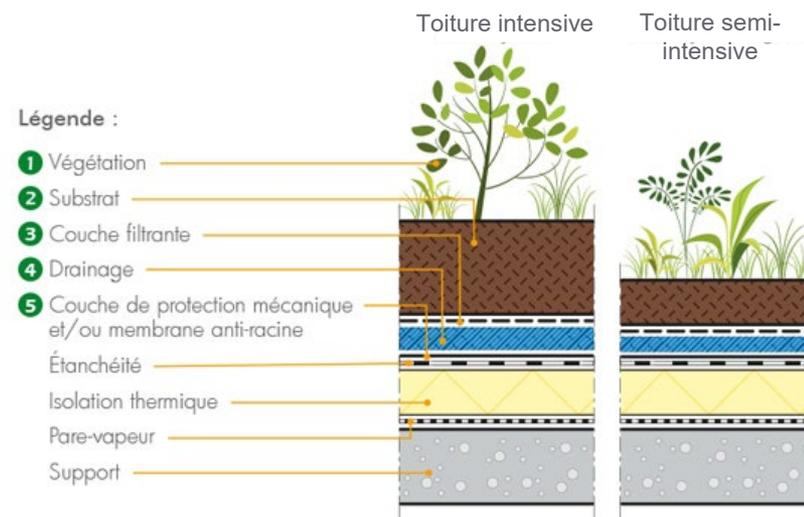
- Les toitures végétales **intensives** et **semi-intensives** se différencient par leur épaisseur de substrat, par le type de plantations qu'elles peuvent accueillir et par la surcharge qu'elles impliquent sur le bâtiment

	<b>Toitures intensives</b>	<b>Toitures semi-intensives</b>
<b>Type de végétation</b>	Herbacées et arbustes. Petits arbres si ép. substrat > 60 cm	Herbacées et arbustes
<b>Épaisseur de substrat</b>	> 30 cm	> 10 à 30 cm
<b>Surcharge occasionnée</b>	> 400 kg/m <sup>2</sup>	> 100 à 400 kg/m <sup>2</sup>



## Quels en sont les composants ?

- ▶ Substrat adapté, choisi selon le type de plantations
  - Le substrat peut être allégé (billes d'argiles expansé, pierre de lave, plaques de polystyrène...)
- ▶ Couche filtrante (géotextile) - parfois intégrée dans la couche de drainage
- ▶ Couche de drainage, choisie selon le type de plantation
- ▶ Nappe drainante de stockage alvéolaire, choisie selon le type de plantations et l'épaisseur du substrat
- ▶ Protection anti-racines au-dessus de l'étanchéité (30 cm min. de recouvrement à respecter)
- ▶ Ancrage des grands sujets



Source/Bron : MatGeco  
Conforme NIT 229 du CSTC



## Quels sont les points d'attention ?

- ▶ Choix du type de plantations
  - Aux prémices du projet > influence l'épaisseur du substrat (donc la surcharge)
  - Privilégier les espèces à faible développement, sans racines pivotantes ou traçantes



⇒ **apport paysagiste, horticulteur ou spécialiste requis**

- ▶ L'accessibilité pour l'installation des végétaux, les dispositifs de sécurité (ligne de vie, garde-corps...) pour l'entretien et autres contraintes spécifiques doivent être prévues dès l'avant-projet
- ▶ La dalle de toiture doit être dimensionnée pour reprendre les charges induites



⇒ **apport ingénieur stabilité requis**



Toitures intensives à Courtrai  
Source/Bron : Van den Berk



### Quels sont les avantages (du point de vue de la biodiversité) ?

- ▶ Permet d'accueillir une grande variété de plantes, pouvant être réparties en plusieurs strates (arborée, arbustive et herbacées) servant de refuge pour différentes espèces animales
- ▶ Le substrat peut servir d'habitat pour différentes espèces d'insectes
- ▶ Permet d'accueillir de nombreuses plantes portant fruits et fleurs dont la faune peut bénéficier



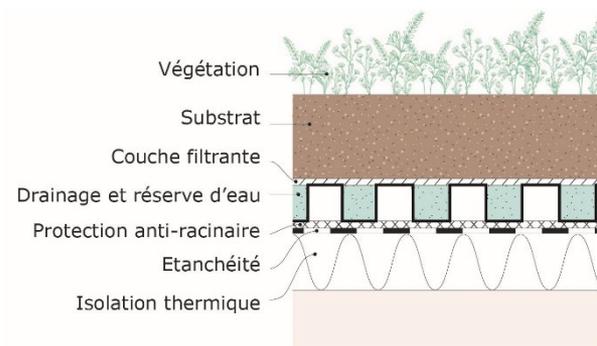
Toiture intensive à Berlin (Cliniques DRK)  
Source/Bron : Optigrün International AG



## 48 TOITURES VÉGÉTALES ET PERFORMANCES

## Les performances d'évapotranspiration d'une toiture végétale dépendent :

- ▶ De l'épaisseur de substrat ET
- ▶ De la réserve d'eau dans la couche de drainage : elle doit correspondre à la lame d'eau à abattre



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)

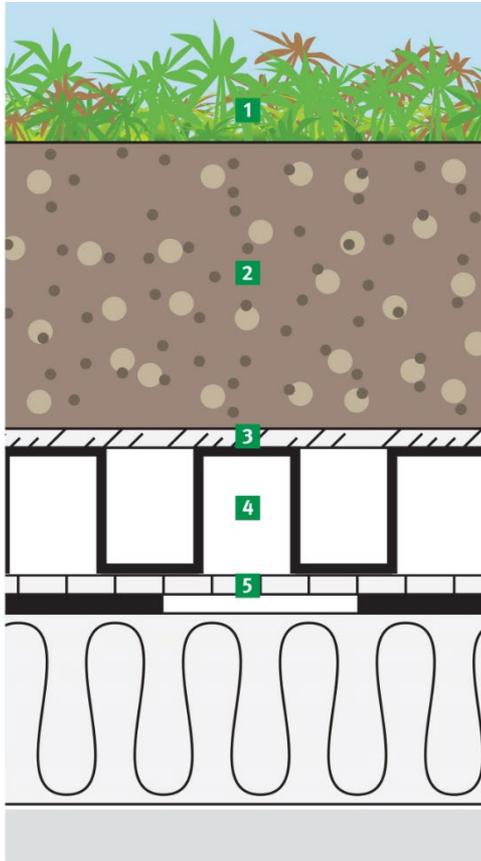
5 cm → 4 mm  
(2 semaines)

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

Source : extrait du « Guide d'accompagnement pour la mise en œuvre du zonage pluvial » (mars 2018, Mairie de Paris - DPE/STEA)



## Extensive 5 cm



Source : [www.optigreen.fr](http://www.optigreen.fr)



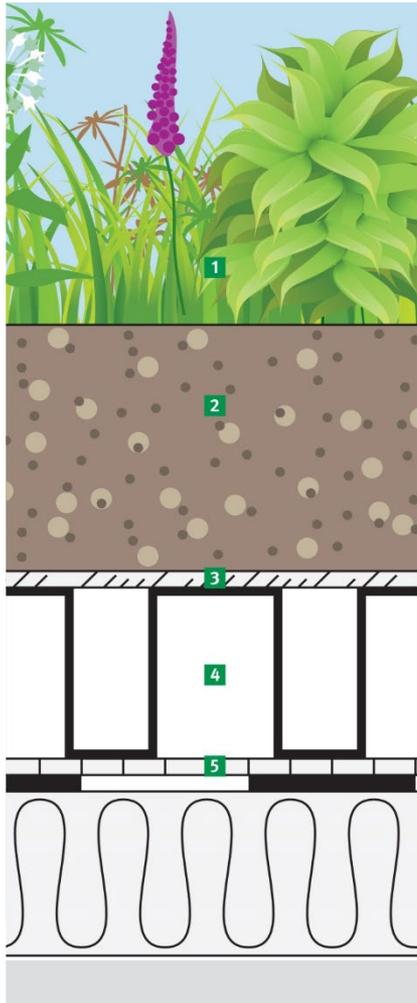
Source : [www.optigreen.fr](http://www.optigreen.fr)

Réserve utile = rétention permanente  
 $\approx 4 \text{ l/m}^2$



## 50 TOITURES VÉGÉTALES ET PERFORMANCES

## Semi-intensive 10 cm



Source : [www.optigreen.fr](http://www.optigreen.fr)



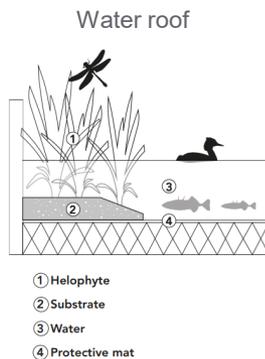
Source : [www.optigreen.fr](http://www.optigreen.fr)

Réserve utile = rétention permanente  
 $\approx 8 \text{ l/m}^2$



## Qu'est-ce qu'une toiture « en eau » ?

- ▶ Les **toitures stockantes** sont utilisées pour la gestion intégrée des eaux de pluies (GiEP). Lorsqu'elles ne sont pas recouvertes de gravier ou de plantes, on parle de « **toiture en eau** ».
- ▶ Les **toitures en eau** stockent temporairement l'eau de pluie qui est évacuée à débit régulé pour réduire les débits de pointe
- ▶ Les concepts anglophones encore méconnus de « **water roof** » et « **wetland green roof** » assurent le même rôle, mais conserve une lame d'eau permanente. Ils sont plutôt associés à des **bassins plantés** (water roof) ou à des **milieux humides** sur toiture



Source/Bron : Natuurinclusief  
bouwen en ontwerpen, Gemeente  
Amsterdam



Water roof à Amsterdam (Artemis Hotel)  
Source/Bron : TripAdvisor



Wetland green roof à Londres, 2016 (Victoria  
& Albert Museum)  
Source/Bron :  
[greeninfrastructureconsultancy.com](http://greeninfrastructureconsultancy.com)



## Quels sont les avantages ?

- ▶ Les toitures stockantes permettent de ralentir le débit de l'eau renvoyé vers le réseau d'égouttage/le réseau hydrographique/un autre ouvrage de GiEP. Les performances de débit régulé que l'on peut atteindre en toiture sont beaucoup plus intéressants qu'en bassin d'orage enterré
- ▶ Les toitures en eau avec une lame d'eau permanente (**water roofs / wetlands green roofs**) permettent d'**accueillir** des **espèces de milieux humides / aquatiques**



Source/Bron : Institut Royal des Sciences Naturelles

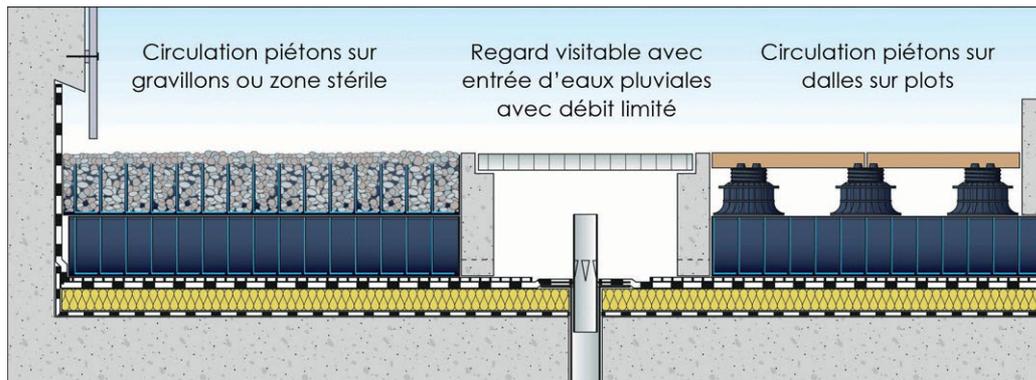


Source/Bron : Julien Séré

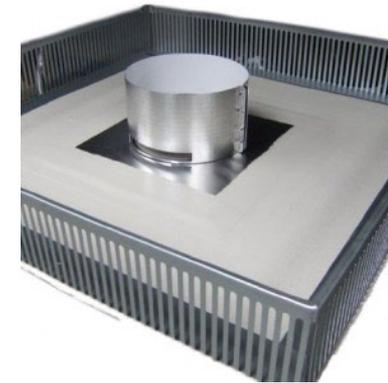


## TOITURES STOCKANTES

- ▶ Stockage en toiture
- ▶ Evacuation à débit régulé
- ▶ Pas de surcharge jusqu'à une gestion de 50 mm d'eau si la toiture est dimensionnée pour les charges de neige (50 cm) mais attention à la répartition des charges (pente 2%)



SAUL – Sources : [www.nidaplast.com](http://www.nidaplast.com)



Régulateur de débit  
Source : <http://odco.fr>



## Peut-on réaliser des toitures à rétention d'eau sans pente ?

- ▶ Article Buildwise 2019-06.04

<https://www.buildwise.be/fr/publications/articles-buildwise/2019-06.04/>

- ▶ NIT 215, qui fait actuellement l'objet d'une révision, recommande la mise en œuvre d'une pente d'au moins 2 %
- ▶ Réaliser une toiture à rétention d'eau sans pente est envisageable uniquement si les deux conditions suivantes sont réunies :

la toiture est conçue pour stocker temporairement l'eau et l'absence de pente permet le bon fonctionnement du système de rétention d'eau (il peut parfois s'avérer nécessaire de répartir l'eau stockée uniformément sur la surface de la toiture de manière à disposer de la même quantité d'eau en tout point pour hydrater la toiture verte située au-dessus, par exemple)

l'étanchéité de toiture est protégée par une autre couche (l'eau stockée ne peut pas être visible)

- ⇒ **On ne peut réaliser sans pente une toiture plate dans laquelle la rétention d'eau ne consiste qu'à ralentir l'évacuation des eaux**



## Pour quelle solution opter ?

### Toiture stockante



### Toiture végétale



pluies orageuses

petites pluies  
pluies courantes



à débit régulé  
+ trop-plein

évapo-transpiration  
+ trop-plein



stockage temporaire

stockage « permanent »



## TOITURES COMBINÉES

« à rétention d'eau » = réserve utile + partie stockage



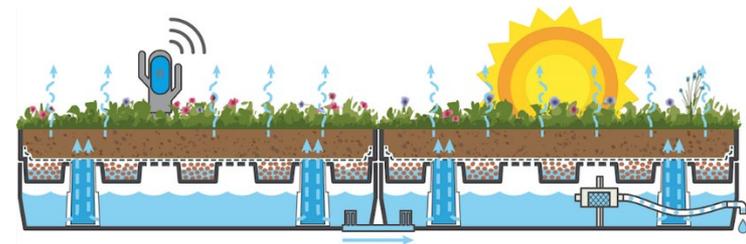
Toiture à rétention d'eau – Optigreen – Source : [www.optigreen.fr](http://www.optigreen.fr)



Dispositif de débit régulé – Source : [www.sika.com/](http://www.sika.com/)



Toiture hydroactive – Le Prieuré – Sources : [www.toiture-hydroactive-connectee.com](http://www.toiture-hydroactive-connectee.com)



DU TOUT TUYAU...

...À LA VILLE PERMÉABLE

GIEP

ÉLÉMENTS DE CONCEPTION

## **DISPOSITIFS**

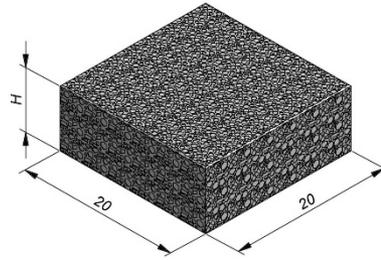
- ▶ Toitures
- ▶ **Les revêtements perméables**
- ▶ Massifs
- ▶ Espaces verts creux



## MINÉRALISER ≠ IMPERMÉABILISER !



Source : Bleijko



Source : Ebema



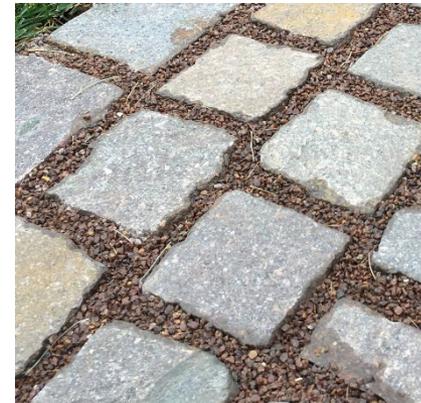
Source : Noblema



Source : Urbastyle



Source : Stradus



Source : Pierre et Parquet



## MINÉRALISER ≠ IMPERMÉABILISER !



Source : HMS Decorative Surfacing



Source : Dieco



Source : Holcim



Source : Tarmac



Source : Resin Bonded Aggregates



## MINÉRALISER ≠ IMPERMÉABILISER !



Source : Les Paysages de l'Aveyron



Source : Permaculture Design



Source : Gravelart



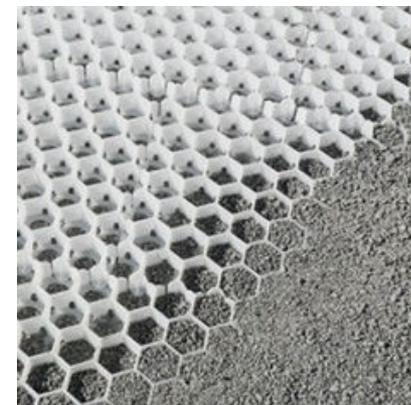
Source : Gravelart



Source : Gravelart



Source : MatGeco



Source : MatGeco



Perméabilité

Perméabilité des sols



Perméabilité k (m/s)		10	1	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
		+										-		
Granulo- métrie	homogène	gravier pur			sable pur		sable très fin			silt		argile		
	variée	gravier gros et moyen	gravier et sable			sable et argile-limons								



Perméabilité des revêtements  
(super)-perméables :

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

Les données ne sont pas toujours disponibles...



10<sup>-6</sup> m/s  
3,6 mm/h



10<sup>-1</sup> m/s  
360 000 mm/h



## Praticabilité

- Les revêtements perméables ne permettent pas tous la même praticabilité pour l'ensemble des usagers...



- Tous ne sont pas applicables à l'ensemble des catégories de trafic

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



Source : CRR



## Le coût des revêtements perméables peut parfois être plus important que ses homologues imperméables MAIS :

- ▶ le fait d'intégrer une fonction hydraulique à un aménagement qui a déjà une fonction propre (GiEP) permet des économies par rapport à une gestion décentralisée (bassin d'orage enterré par exemple)
- ▶ le fait de pouvoir se passer de réseau d'égouttage permet un gain qui rattrape souvent le surcoût de revêtements



xx - xx €/m<sup>2</sup>



Les résultats présentés restent sujets à discussion... Les données ne sont pas toujours disponibles et les retours d'expérience peu nombreux à Bruxelles !

## Perméabilité



$10^{-x}$  m/s

## Praticabilité



## Coûts



xx - xx €/m<sup>2</sup>



## REVÊTEMENTS MODULAIRES EN BÉTON

## Pavés et dalles en béton poreux



## Pavés et dalles en béton à joints élargis



## REVÊTEMENTS MODULAIRES EN BÉTON

## Pavés et dalles en béton avec ouvertures de drainage



## Dalles drainantes en béton



## REVÊTEMENTS MODULAIRES EN MATÉRIAUX SYNTHÉTIQUES

## Dalles en PE-HD remplies de gazon



€ € €  
25 - 35 €/m<sup>2</sup>



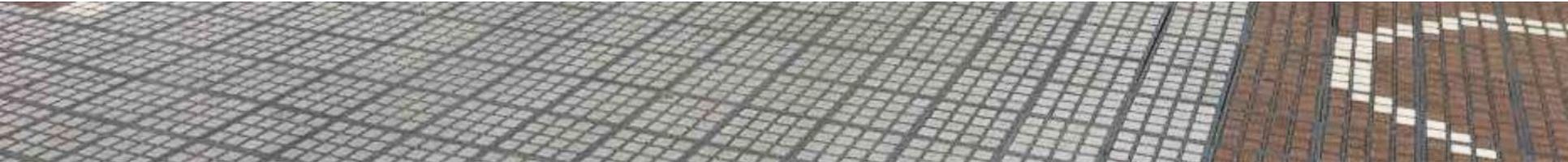
## Dalles en PE-HD remplies de gravier



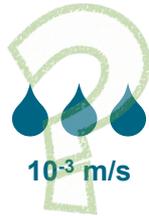
€ € €  
25 - 35 €/m<sup>2</sup>



## Dalles en PE-HD remplies de pavés



## Pavés et dalles en pierre naturelle avec joints larges



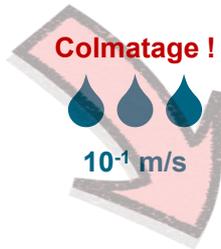
€ € €  
50 - 160 €/m<sup>2</sup>



PAVES MAASTRICHT



## Gravier concassé calcaire ou dolomitique



## Gravier concassé de porphyre, basalte ou grès



## Terre battue



10<sup>-2</sup> m/s



10 - 15 €/m<sup>2</sup>



## Gorrh



10<sup>-2</sup> m/s



10 - 15 €/m<sup>2</sup>



## Béton poreux



$10^{-3}$  m/s



I II  
III IV

30 km/h



30 - 40 €/m<sup>2</sup>



## Asphalte bitumineux poreux



$10^{-3}$  m/s



I II  
III IV

50 km/h



60 - 95 €/m<sup>2</sup>



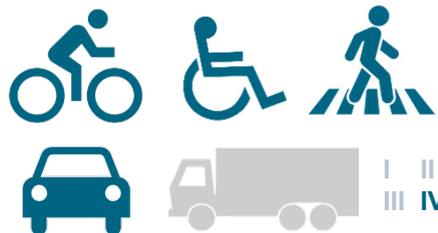
73

## ENROBÉS DRAINANTS

## Gravier lié à la résine



## Semi-dur



## Revêtement en EPDM et ESBR



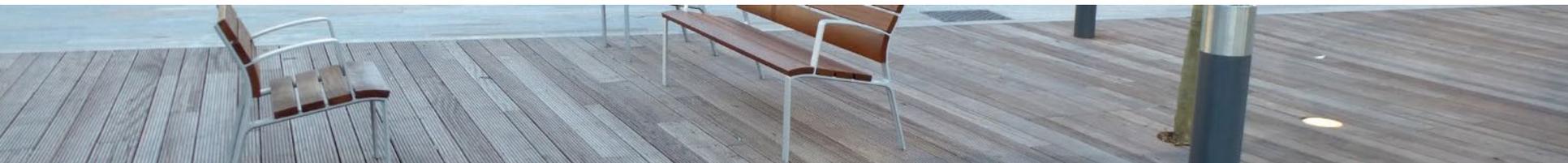
## Platelage en bois



10<sup>-2</sup> m/s



100 - 160 €/m<sup>2</sup>



## Paillis de bois



10<sup>-2</sup> m/s



10 - 20 €/m<sup>2</sup>



## Gazon en mélange terre-pierre



$10^{-2}$  m/s



5 - 10 €/m<sup>2</sup>



DU TOUT TUYAU...

...À LA VILLE PERMÉABLE

GIEP

ÉLÉMENTS DE CONCEPTION

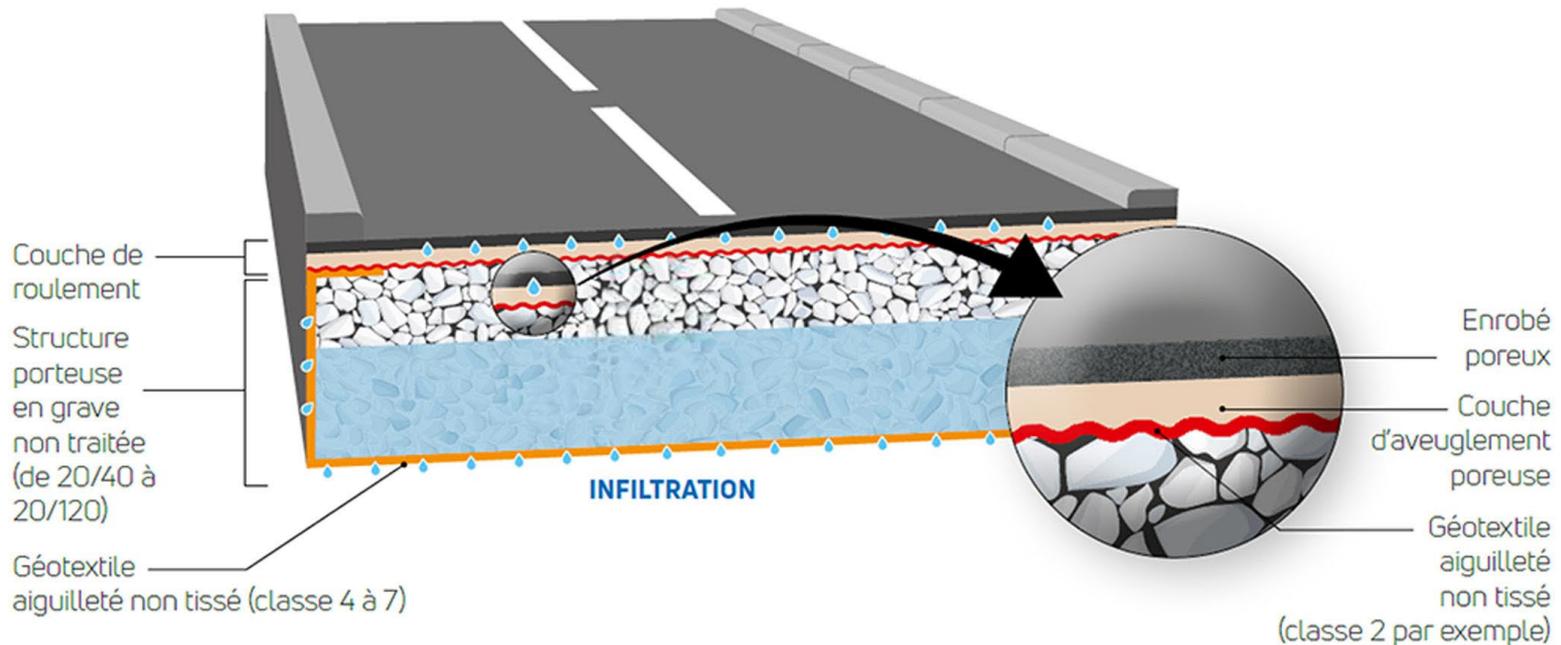
## **DISPOSITIFS**

- ▶ Toitures
- ▶ Les revêtements perméables
- ▶ **Massifs**
- ▶ Espaces verts creux



## Injection

- ▶ Directe (revêtements perméables)
- ▶ Indirecte (via « bouches d'injection »)



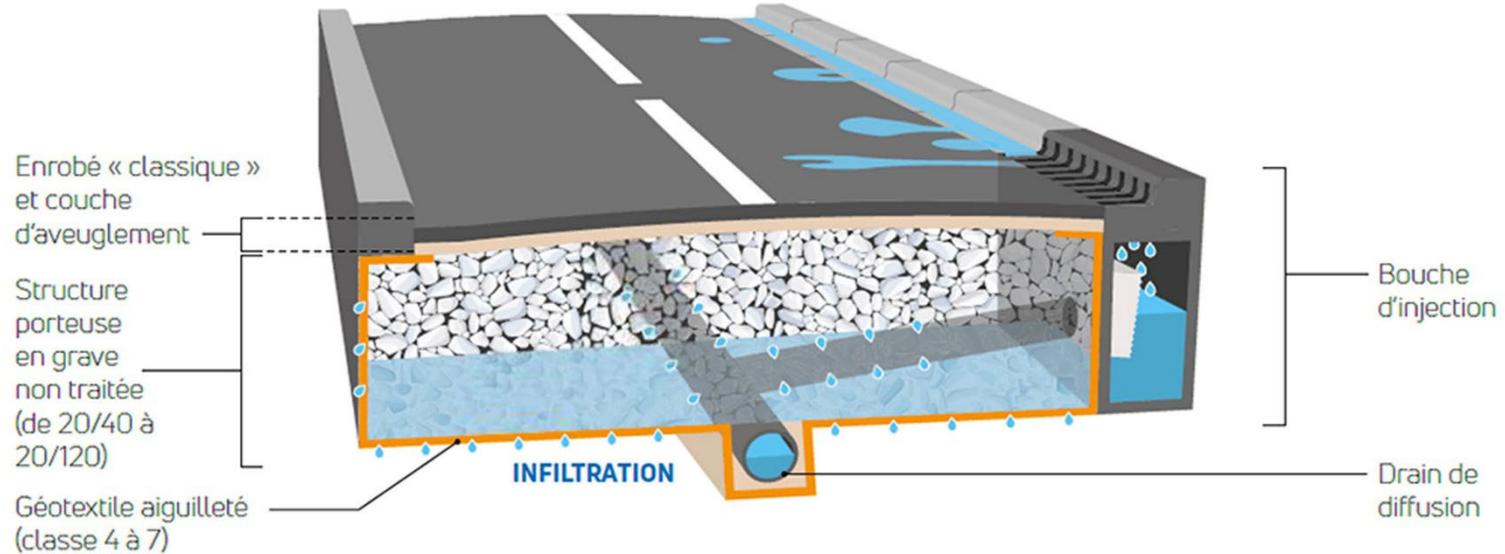
Source : ADOPTA



## PRINCIPE DES MASSIFS DRAINANTS

## Injection

- ▶ Directe (revêtements perméables)
- ▶ Indirecte (via « bouches d'injection »)



Source : ADOPTA



## FREINS IDENTIFIÉS / IDÉES REÇUES



**De nombreux projets pilotes à Bruxelles peuvent initier ce changement**

**Le secteur de la construction est en demande de « validation » scientifique/technique**

**Les outils (règlement, CCT, Normes...) doivent évoluer**

**L'expérience française est là, ne nous reposons pas toutes les mêmes questions...**



## EXEMPLES – RUE HENRI EDMOND CROSS



- ▶ Première CSR réalisée à Douai, **1995**
- ▶ Réalisation CSR de limite de propriété en limite de propriété : sous trottoir, place de stationnement et chaussée
- ▶ Enrobé poreux et pavés poreux



Source : ADOPTA



## EXEMPLES – PARKING DE LA FACULTÉ DE DROIT

- ▶ Parking créé en **1997** avec CSR de 12 500 m<sup>2</sup>
- ▶ Emplacements de stationnement en **enrobés poreux**
- ▶ Enrobé classique sur voies de circulation avec profil en toit qui envoi l'eau sur les zones de stationnement
- ▶ Phénomène de giration > emplacements de stationnement en épi
- ▶ Aucune plaque, aucun ouvrage d'assainissement, aucun avaloir ni trop-plein



Source : ADOPTA



## EXEMPLES – PARC D'ACTIVITÉS DE LAUWIN-PLANQUE

- ▶ Chaussée à structure réservoir
  - **voirie lourde** (Parc d'activité)
  - rétention (zone de captage)
  - revêtement classique
- ▶ **Zéro rejet** (pas d'exutoire possible)



Source : ADOPTA



## EXEMPLES – LOTISSEMENT DELESTRAINT



- ▶ Réalisation 2003-2005
- ▶ Voirie réalisée en CSR et **enrobé poreux**
- ▶ Trottoirs et entrées d'habitation pentés vers CSR
- ▶ Construction en 2 temps : couche d'enrobé classique provisoire le temps des travaux de construction des habitations et concessionnaire, arrachage de la couche puis pose couche enrobé poreuse
- ▶ **Nappe d'eau proche**



Source : ADOPTA



## EXEMPLES – RUE JEAN JAURÈS



- ▶ CSR infiltrante avec revêtement classique
- ▶ Bouches d'injection
- ▶ Drain de surverse



Source : ADOPTA



## EXEMPLES – RUE DU MARAIS DAUPHIN

- ▶ Chaussée en enrobés poreux
- ▶ Parkings en enrobés classiques (cisaillement et impétrans)
- ▶ Pente enrobés classique vers enrobés poreux



Source : ADOPTA



- ▶ CSR avec compartimentages



Source : ADOPTA



## Site de l'ADOPTA

- ▶ <https://adopta.fr/>
- ▶ De nombreuses ressources disponibles (fiches techniques, fiches de cas, fiches de sensibilisation)
- ▶ Webinaires <https://adopta.fr/videos/>
  - Les chaussées à structure réservoir
  - Les revêtements perméables
  - Les solutions fondées sur la nature



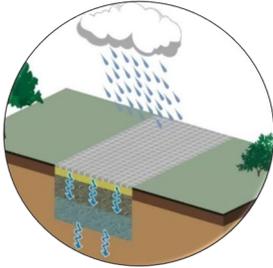
## Demi journée technique AERM/ADOPTA : On roule sur l'eau

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





## CHAUSSÉE D'ALSEMBERG

**Massif stockant****Pavés à joints perméables****Béton poreux**



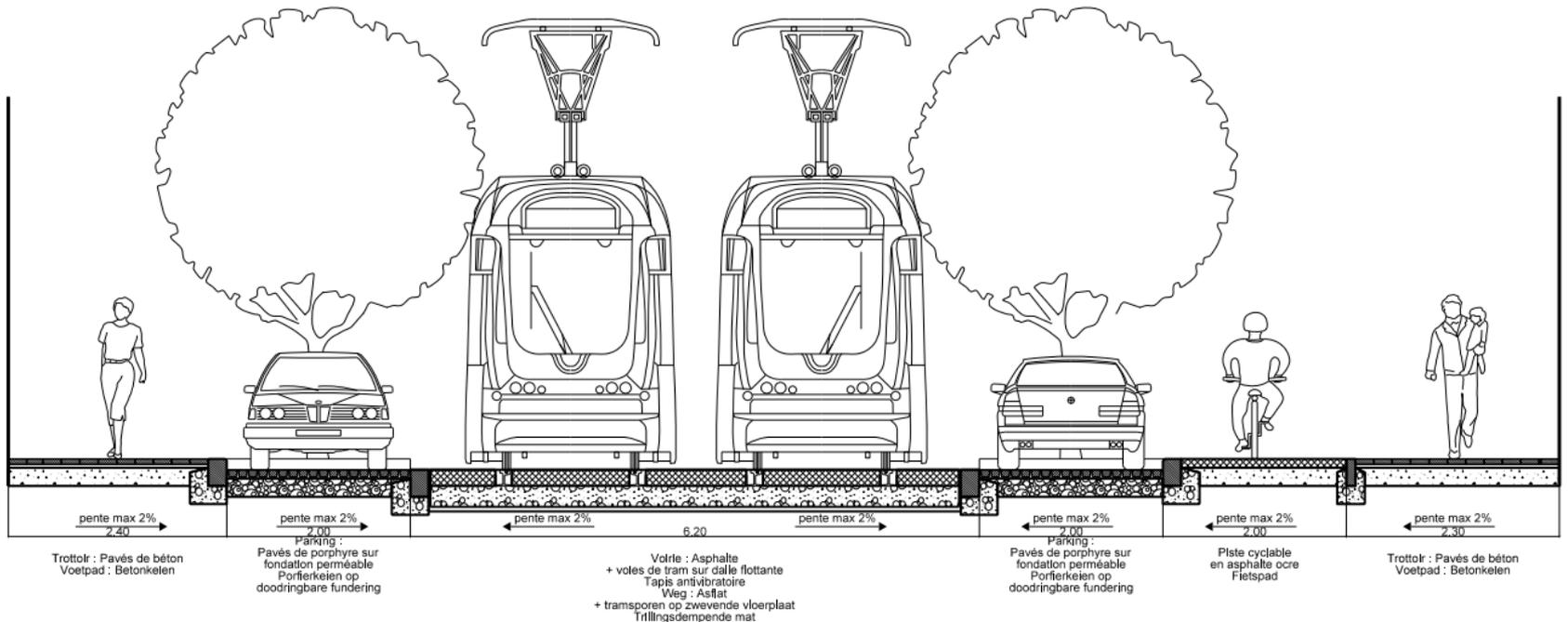
## Piste cyclable

- ▶ Béton drainant comme revêtement
- ▶ Fondation ?

## Parkings

- ▶ Pavés naturels avec joints 2/6,3
- ▶ Fondation en BMD (?) et Sous-fondation en 20/60

Coupe E-E'  
Snedes E-E'



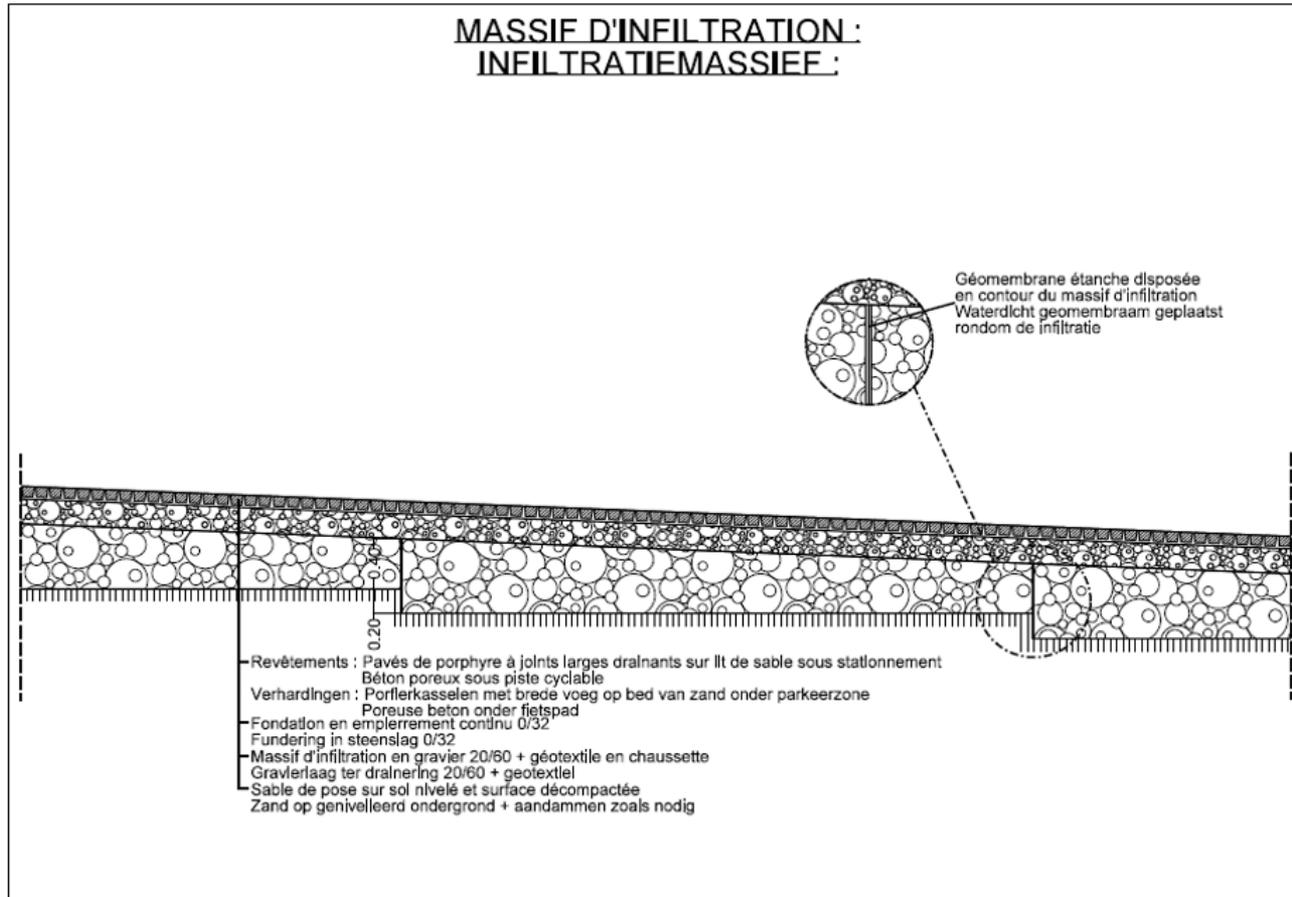
Source : Bruxelles Mobilité





## Massifs drainants en pente

- ▶ Cloisonnements
- ▶ Mise en œuvre en « paliers »

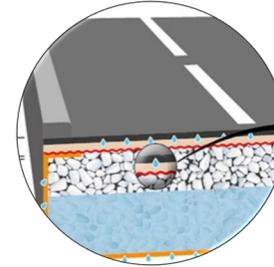


Source : Bruxelles Mobilité





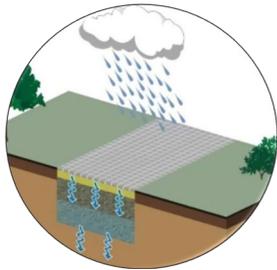
Jardin de pluie



Chaussée à structure réservoir



CHAUSSÉE DE NEERSTALLE (CHANTIER EN COURS)



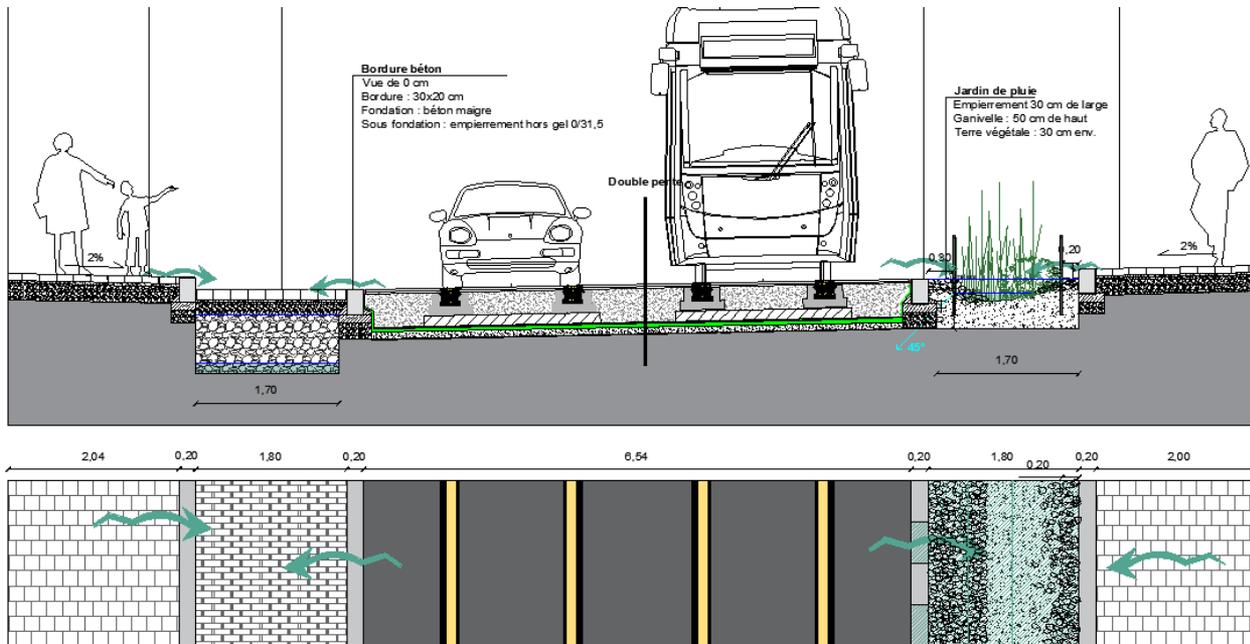
Massif stockant



Jardin de pluie



Pavés à joints perméables OU  
Asphalte poreux





## 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

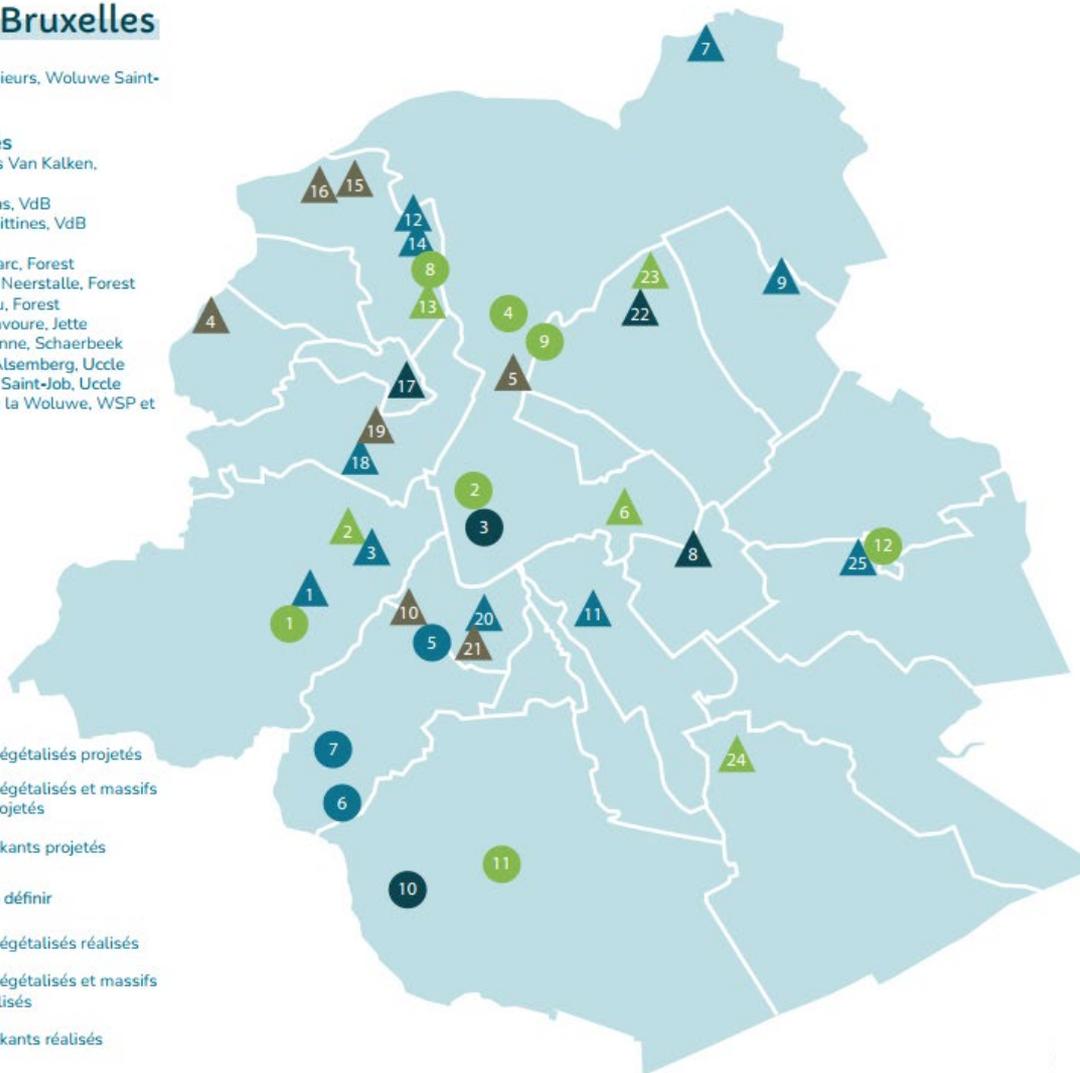
1. Chaussée de Mons, Anderlecht
2. Quai F. Demets 22, Anderlecht
3. Square Albert 1er, Anderlecht
4. Avenue du Roi Albert, BSA
5. Boulevard Simon Bolívar, VdB et Schaerbeek
6. Chaussée d'Etterbeek, VdB
7. Tram Neder-over-Hembeek, VdB
8. Rue des Boers, Etterbeek
9. Bpost, Evere
10. Rue des Moines et r. 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 Bourgemestre 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 Lambertmont, Schaerbeek
23. Place Huart Hamoir, Schaerbeek
24. Place Eugène Keym, Watermael Boitsfort

25. Place des Maieurs, Woluwe Saint-Pierre

### Projets réalisés

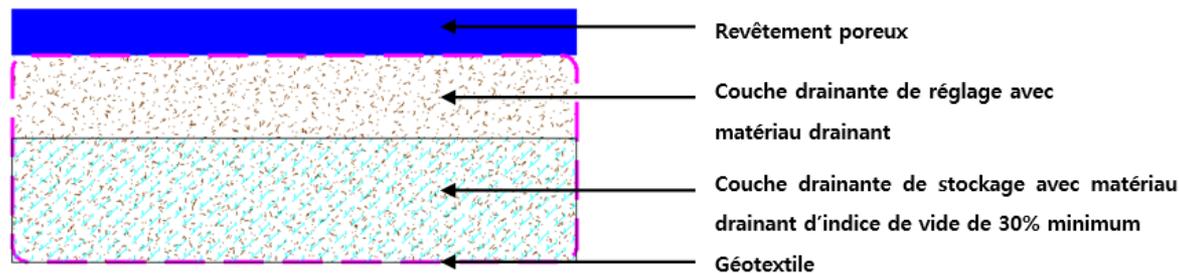
1. Avenue Frans Van Kalcken, Anderlecht
2. Parc Fontainas, VdB
3. Parc des Brigittines, VdB
4. Tivoli, VdB
5. Avenue du Parc, Forest
6. Chaussée de Neerstalle, Forest
7. Tracé de l'Eau, Forest
8. Rue de la Bravoure, Jette
9. Parc de la Senne, Schaerbeek
10. Chaussée d'Alseberg, Uccle
11. Chaussée de 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



## Matériaux

- ▶ Les granulométries à utiliser doivent être **exemptes de fines** (20/60 – 20/80 – 20/120) et présenter un **pourcentage de vides** d'au moins **30%**
  - Ensemble de la structure en grave drainante (école FR)
  - Uniquement la sous-fondation en grave drainante fermée avec un matériau de type 0/32 ou 2/32 en fondation (école actuelle BE)



Source : INFRA Services

- ▶ Dans le cas d'une fondation 0/32, il est indispensable que la perméabilité soit vérifiée à l'aide de tests de type double anneau
- ▶ Il n'y a **pas de risque de gel** :
  - Ce type de structure n'est saturé que lors d'épisodes extrêmes... A fortiori quand il ne gèle pas...
  - La granulométrie est adaptée (sans fines)



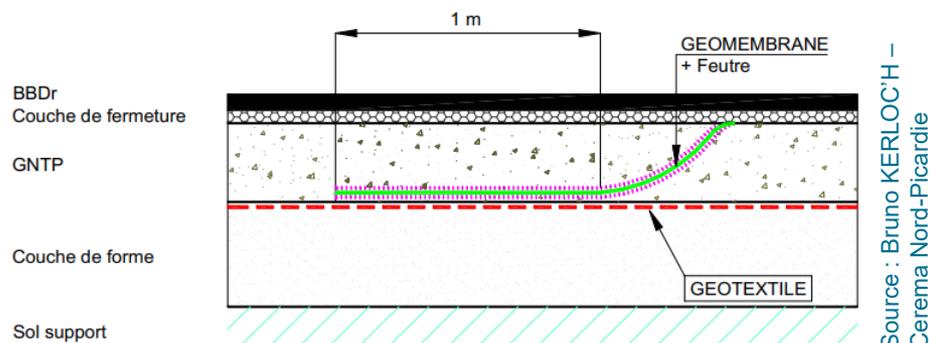
## Matériaux

- ▶ La structure réservoir doit être emballée dans un **géotextile « en chaussette »**



## Compartimentages

- ▶ En cas de pentes, il est nécessaire de réaliser des compartimentages
  - Via un dispositif d'étanchéité par géomembrane (DEG)



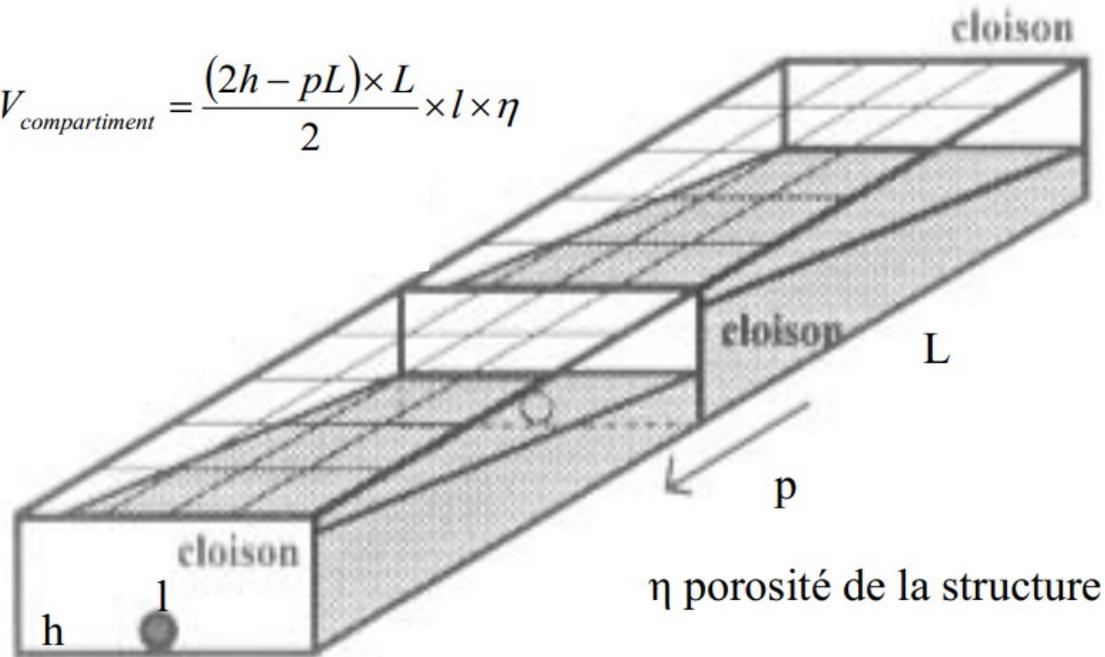
- Via de la grave traitée



## Compartimentages

- Calcul du volume des compartiments :

$$V_{\text{compartiment}} = \frac{(2h - pL) \times L}{2} \times l \times \eta$$



Source : Bruno KERLOC'H –  
Cerema Nord-Picardie

- Nombre de compartiments

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



## Matériaux et perméabilité

- ▶ Voir chapitre précédent

## Tests de perméabilité

- ▶ La perméabilité des revêtements peut être réalisée avec un drainomètre



Source : ADOPTA



## Colmatage

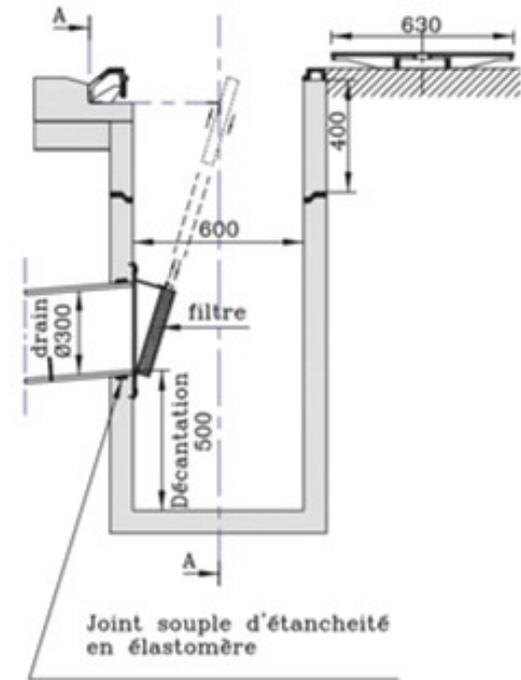
- ▶ Accumulation de matières (poussières, débris végétaux, usure des pièces mécaniques des véhicules,...) conduit peu à peu au colmatage de la couche de surface. La réduction de la perméabilité est d'ailleurs la contrepartie obligatoire de l'efficacité des ouvrages à dépolluer les eaux.
- ▶ Perméabilités initiales très élevés (plusieurs milliers de fois supérieures à celles nécessaires pour infiltrer les pluies les plus intenses).

⇒ **Pour la majorité des revêtements perméables, même si le colmatage progressif des revêtements drainants est une réalité nécessairement associée à l'efficacité de dépollution de ces ouvrages, ce phénomène pose donc rarement de réels problèmes. De plus il peut être contrôlé par un entretien régulier et des interventions spécifiques en cas de nécessité.**



Source : Holcim

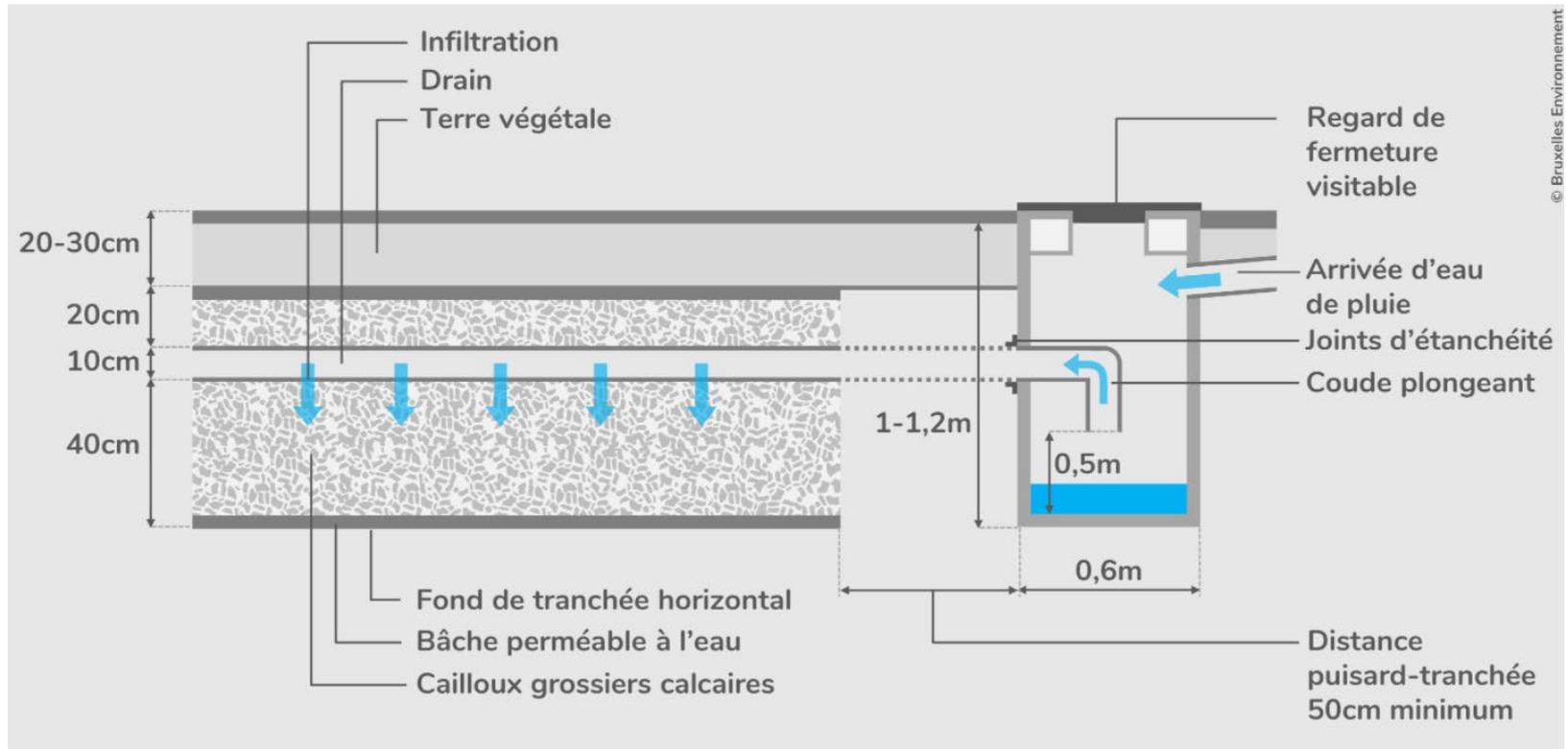




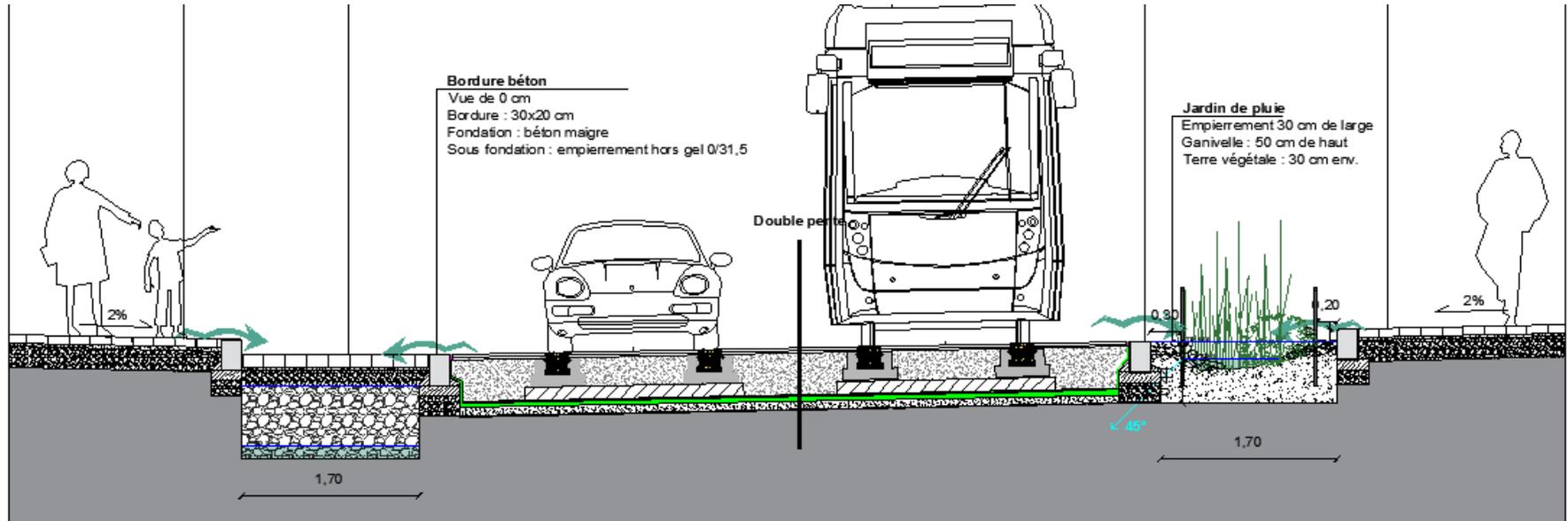
Sources : ADOPTA



## BOUCHES D'INJECTION



## exemple de la Chaussée de Neerstalle



$$S_a/S_{inf} = 4,5 \text{ (toute la voirie)}$$

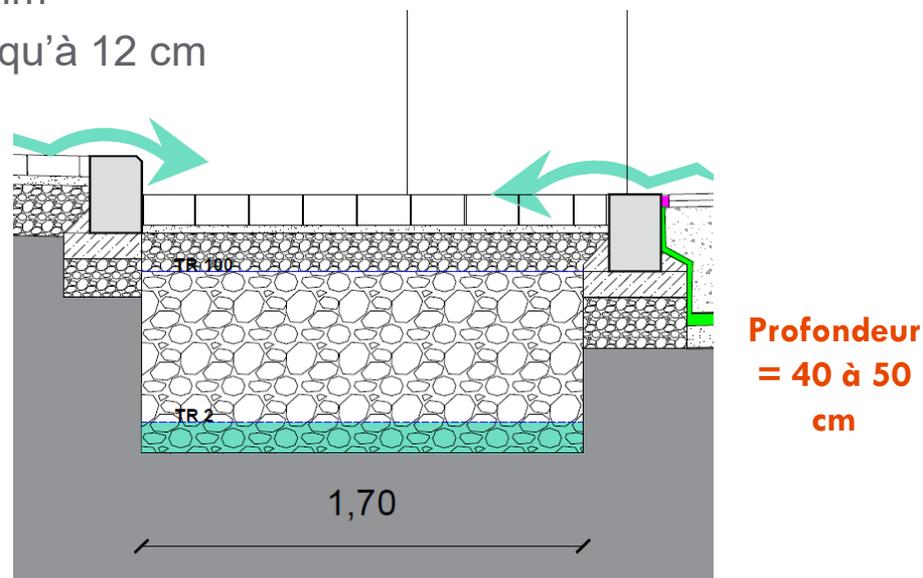
$$S_a/S_{inf} = 3 \text{ (hors rails 1 à 4)}$$



## Pluies courantes

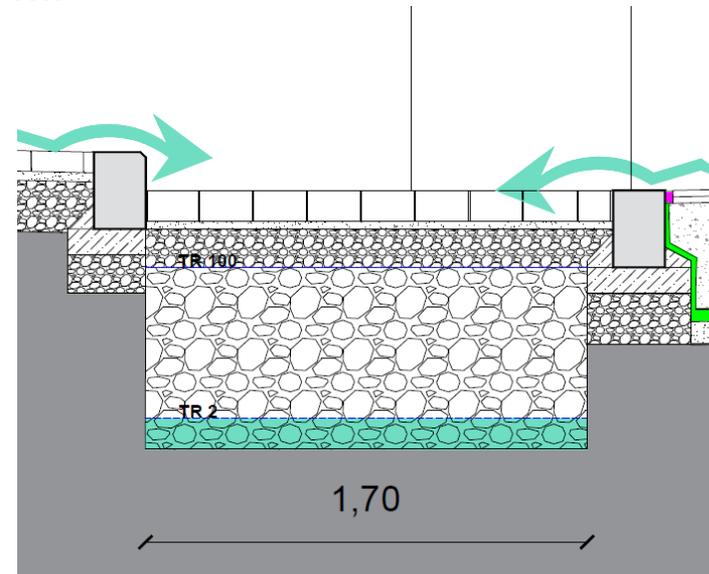
- ▶ Petites pluies
  - Evènement pluvieux : jusqu'à 4 mm
  - Hauteur d'eau dans l'ouvrage : jusqu'à 4 cm
  - Temps de vidange : jusqu'à 40 minutes
  - 120 h humide > 5 jours
- ▶ Pluies moyennes
  - Evènement pluvieux : jusqu'à 10 mm
  - Hauteur d'eau dans l'ouvrage : jusqu'à 12 cm
  - Temps de vidange : jusqu'à 2h
  - 102 h humide > 4,25 jours

**Sec : 97% du temps...**



## Pluies extrêmes

- ▶ TR2
  - Evènement pluvieux : 1h et 16 mm
  - Hauteur d'eau dans l'ouvrage : 15 cm
  - Temps de vidange : 2h
- ▶ TR100
  - Evènement pluvieux : 3h et 57 mm
  - Hauteur d'eau dans l'ouvrage : 60 cm
  - Temps de vidange : 8h



## En cas d'intervention

- ▶ Nécessite de remettre en pristin état le massif drainant
  - Géolocalisation des ouvrages de GiEP
  - Sensibilisation et formation des intervenants

⇒ **exemple de la Roannaise de l'eau** où ils mettent en place des stratégies de déconnexion et notamment des tranchées drainantes au-dessus de leurs tuyaux lors de leur rénovation



Source : La Roannaise de l'Eau



DU TOUT TUYAU...

...À LA VILLE PERMÉABLE

GIEP

ÉLÉMENTS DE CONCEPTION

## **DISPOSITIFS**

- ▶ Toitures
- ▶ Les revêtements perméables
- ▶ Massifs
- ▶ **Espaces verts creux**



- ▶ Très variable en fonction de l'espace vert creux...



RD28 et Parvis du Collège Lucie Aubrac – Villetaneuse  
(Source : Urban Water)



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



Jardin de pluie - Philadelphie





INFRA Services, Rénovation  
urbaine Halle Pajol, Paris



SIBELGA – BRUXELLES  
AAC



- ▶ Il est possible de prévoir des éléments de gestion des eaux pluviales sur toutes les surfaces de la parcelle
    - En toiture
    - Au niveau des abords minéralisés
    - Au niveau des espaces verts
- Cela permet de gérer la pluie « là où la goutte tombe »**
- Cela permet d'intégrer la gestion des eaux pluviales à des aménagements qui ont déjà leur fonction propre**





## Guide bâtiment durable

- ▶ [Dossier | Gérer les eaux pluviales sur la parcelle](#)
  - [Solution | Revêtements perméables](#)
  - [Solution | Cheminements d'eau](#)
  - [Solution | Noues](#)
  - [Solution | Régulateur de débit](#)
  - [Solution | Toitures stockantes](#)
  - [Solution | Jardins de pluie](#)
  - [Solution | Citernes et bassins d'orage](#)
  - [Solution | Massifs stockants](#)
  - [Solution | Bandes filtrantes](#)

## Ressources

- ▶ APUR [Référentiel pour une gestion à la source des eaux pluviales dans la métropole](#)
  - Cahier 1 | Pourquoi une gestion à la source des eaux pluviales ?
  - Cahier 2 | Comment gérer les eaux de pluie à la source ?
  - Cahier 3 | Acteurs et retours d'expériences



## Stéphan TRUONG

Ingénieur projet – Facilitateur EAU

☎ + 32 4 226 91 60

✉ [facilitateur.eau@environnement.brussels](mailto:facilitateur.eau@environnement.brussels)

**écORce**  
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

