

## Fosses multifonctionnelles et Technosols

Lausanne, 30.4.24, Pr. Pascal Boivin & Emmanuel Graz

**Hes·SO** GENÈVE  
Haute Ecole Spécialisée  
de Suisse occidentale



**Ville de Lausanne**



[vsa.ch/kontakt](https://vsa.ch/kontakt)



## Sommaire

1. Contexte
2. Objectifs
3. Principes constructifs et mise en œuvre
4. Dimensionnement du système
5. Epuration des eaux de chaussée
6. Perspectives





1.

contexte



# Quelques défis de l'environnement urbain

Echec des plantations, Îlots de chaleur – changement climatique



Des fosses de plantation très coûteuses

Des Anthrosols de très mauvaise qualité



Des arbres à l'espérance de vie ridicule, des échecs permanents.





# Quelques défis de l'environnement urbain



Des eaux de ruissellement chargées de polluants complexes



*From David Sedlak: 4 ways we can avoid a catastrophic drought - Ted<sup>x</sup> Marin*

Veronica Schweizer  
Schweizerische  
Gesellschaft  
Technik  
Association suisse  
des professionnels  
de la protection  
des eaux  
Associazione italiana  
per la protezione  
della risorsa  
della acqua  
Swiss Water  
Association



GESTION DES EAUX URBAINES PAR TEMPS DE PLUIE  
ENVOI COMPLET



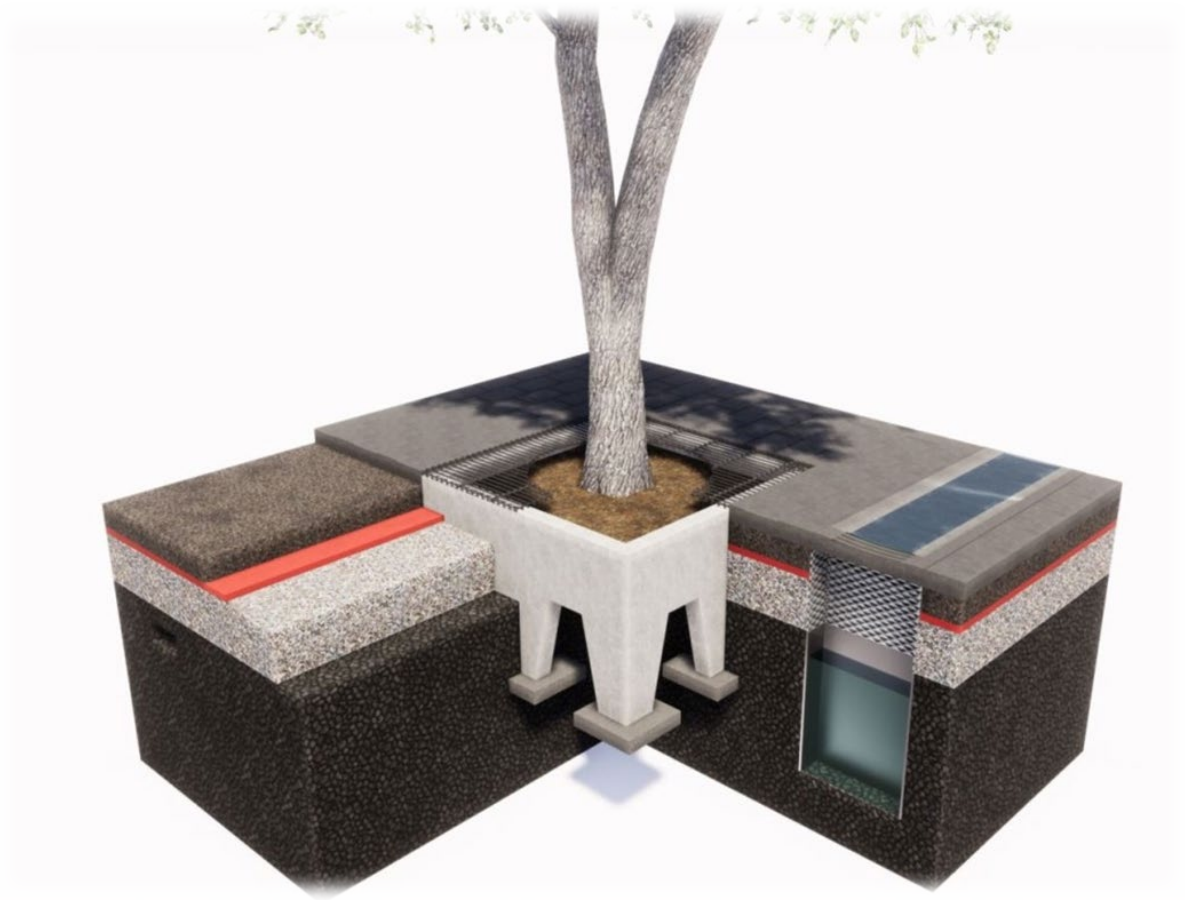
Directives d'infiltration –  
épuration de la VSA

# Une réponse partielle : Urban Stockholm project



Un substrat contenant des biochars et du compost.

But: infiltrer les eaux de chaussée tout en favorisant la reprise des arbres.



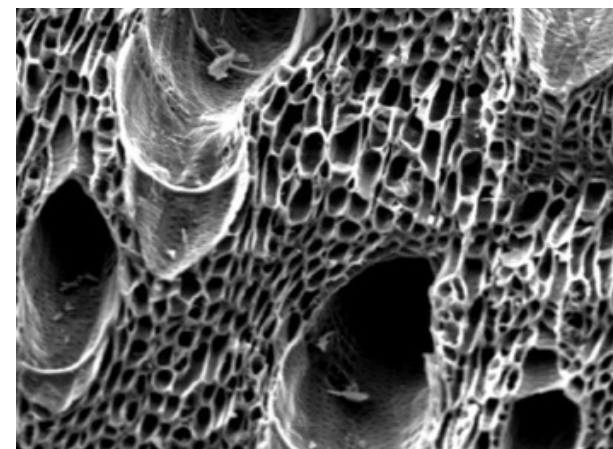




# Les Biochars

De la biomasse végétale (préférentiellement ligneuse)

- Pyrolysée: combustion en privation d'oxygène
- Production de chaleur et de méthane
- Stabilisation d'une partie de la biomasse sous forme de "charbons"
- Une matière réactive et relativement stable.





## Objectifs du projet fosses multifonctionnelles

1. Trouver des solutions de ville éponge pour gérer l'eau: quantité ET qualité
2. Trouver des solutions pour le développement de la végétation (place pour le développement racinaire)
3. Trouver des solutions économiquement raisonnables
4. Trouver des solutions vertueuses pour le climat

**Solution proposée:** cumuler les fonctions du premier mètre du sol :

- sol portant pour les surfaces
- sol fertile et bon support pour les végétaux
- sol poreux pour l'air et l'eau
- sol épurateur





## Les fosses multifonctionnelles HEPIA / Lausanne

Principe développé en parallèle des fosses de Stockholm et étendu en fonctionnalité (Stockholm 2.0 😊)

Utilisation de biochars dans la préparation d'un Technosol

- Très grande fertilité
- Très grande perméabilité, réserve en eau et en air
- Excellente épuration des polluants
- Stabilité dans l'eau

Fosses multifonctionnelles

- Infiltration
- Epuration
- Soutien et réussite des plantations



## Le Technosol (TP70)

TP pour « Terra Preta »

Très forte proportion de biochars

Process :

- Activation des biochars
- Grande réserve de fertilisants
- Agrégation: stabilité dans l'eau et Perméabilité élevée ( $\rightarrow 5000 \text{ mm h}^{-1}$ )







## Propriétés du TP70 – Fertilité

Fertilité : supérieure aux substrats horticoles – suppression de l'apport de fertilisants



Culture de basilic  
A droite TP70  
A gauche tourbe blonde fertilisée



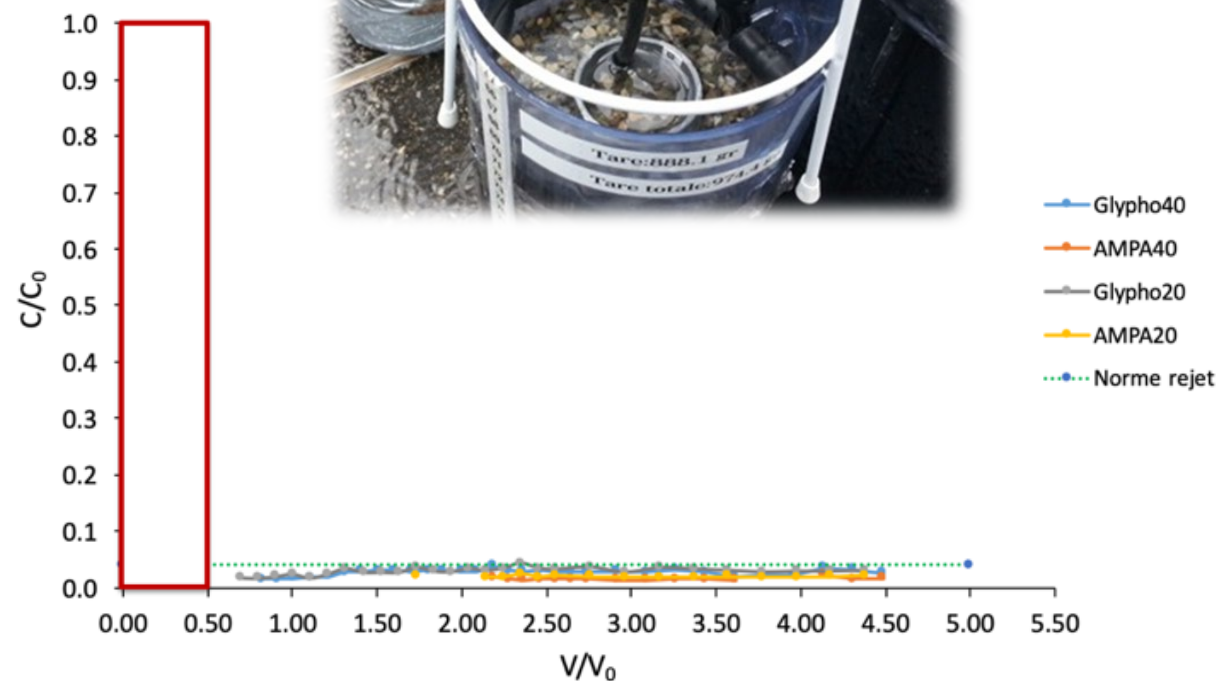
## Propriétés du TP70 - Epuration

Très bonne épuration des polluants routiers

- > 70% sur particules et 100% métaux

Très forte épuration des pesticides

- 100 % Diuron; Linuron; Pendiméthaline; Chlorothalonil; Epoxyconazol; Pendiméthaline.
- > 75% Glyphosate, AMPA





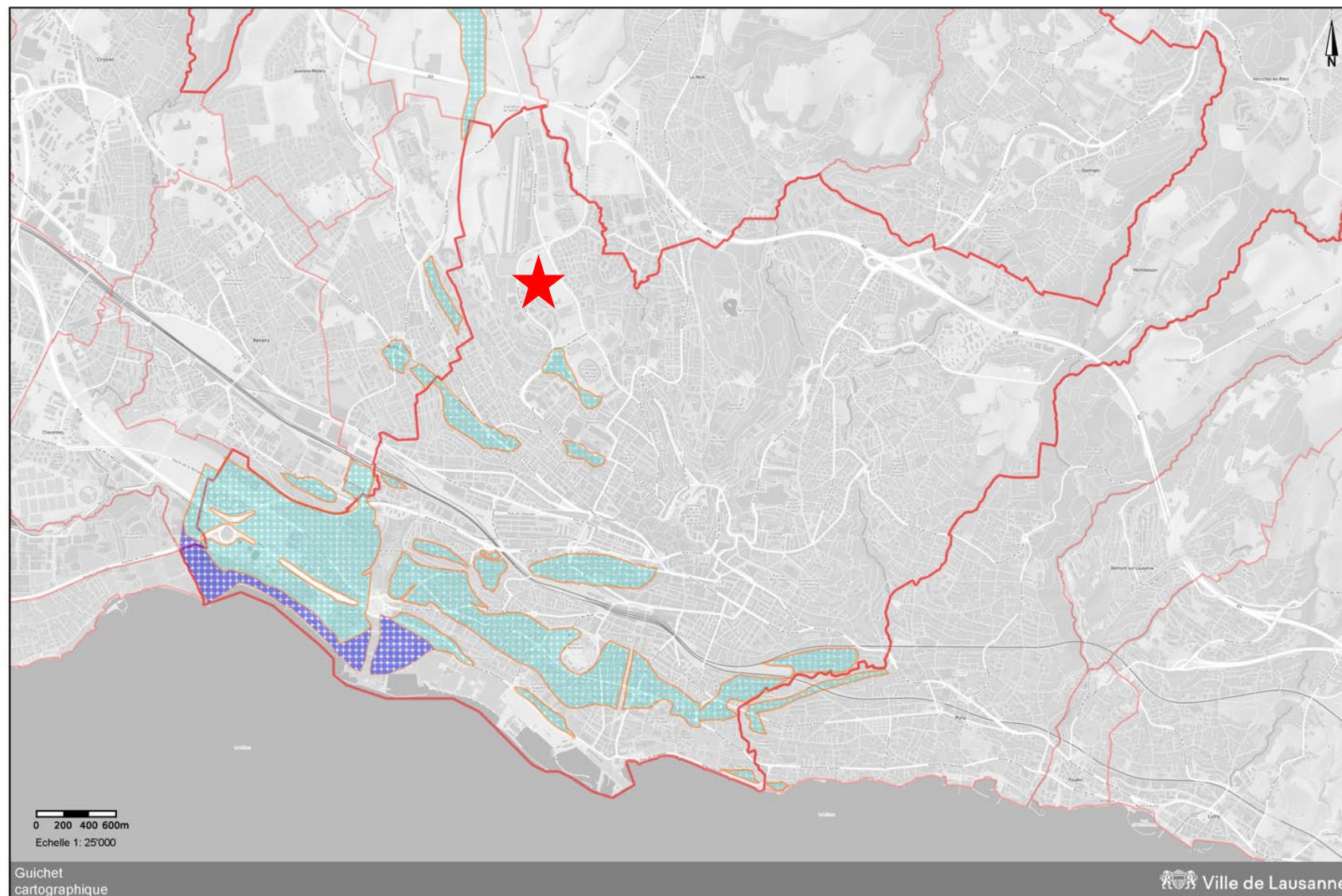
## Contexte

- Ecoquartier des Plaines-du-Loup :  
Premier espace public astreint à  
la rétention d'eau à 20 l/s x ha
- Densité très importante (2,5 m<sup>2</sup> par habitant)  
et pentes générales du site entre 2% et 6%





# Plan des potentiels d'infiltration





## Contexte

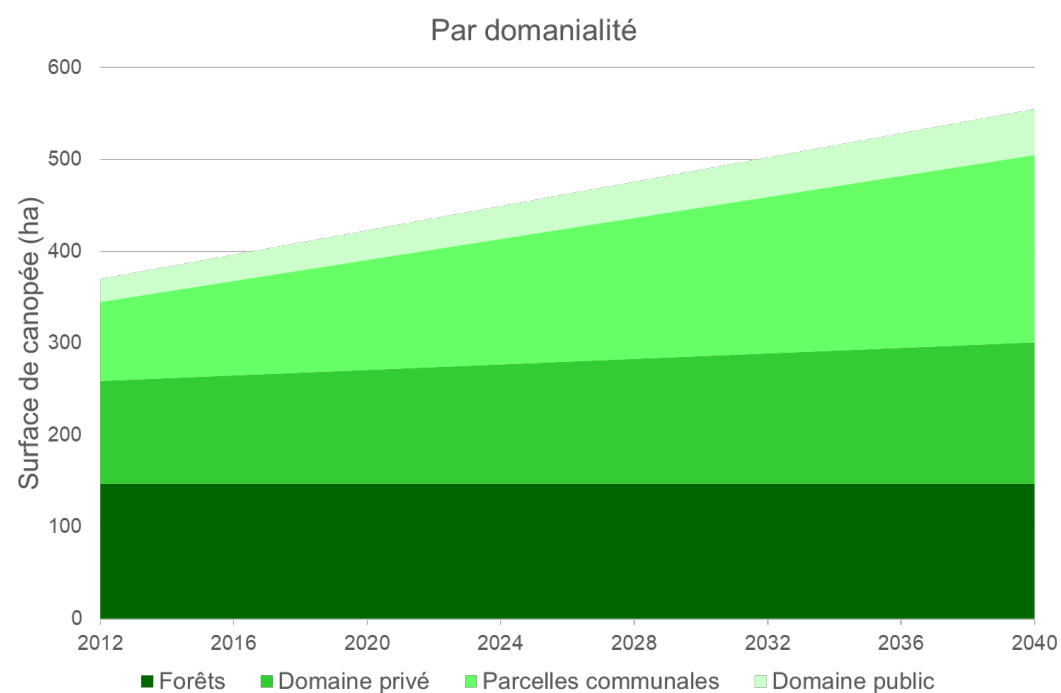
- Pas de possibilité d'infiltration







# Principe d'objectif canopée et du plan climat







## Contexte

### Etat général arborisation des rues lausannoises







## 2. objectifs







## Objectifs du projet fosses multifonctionnelles

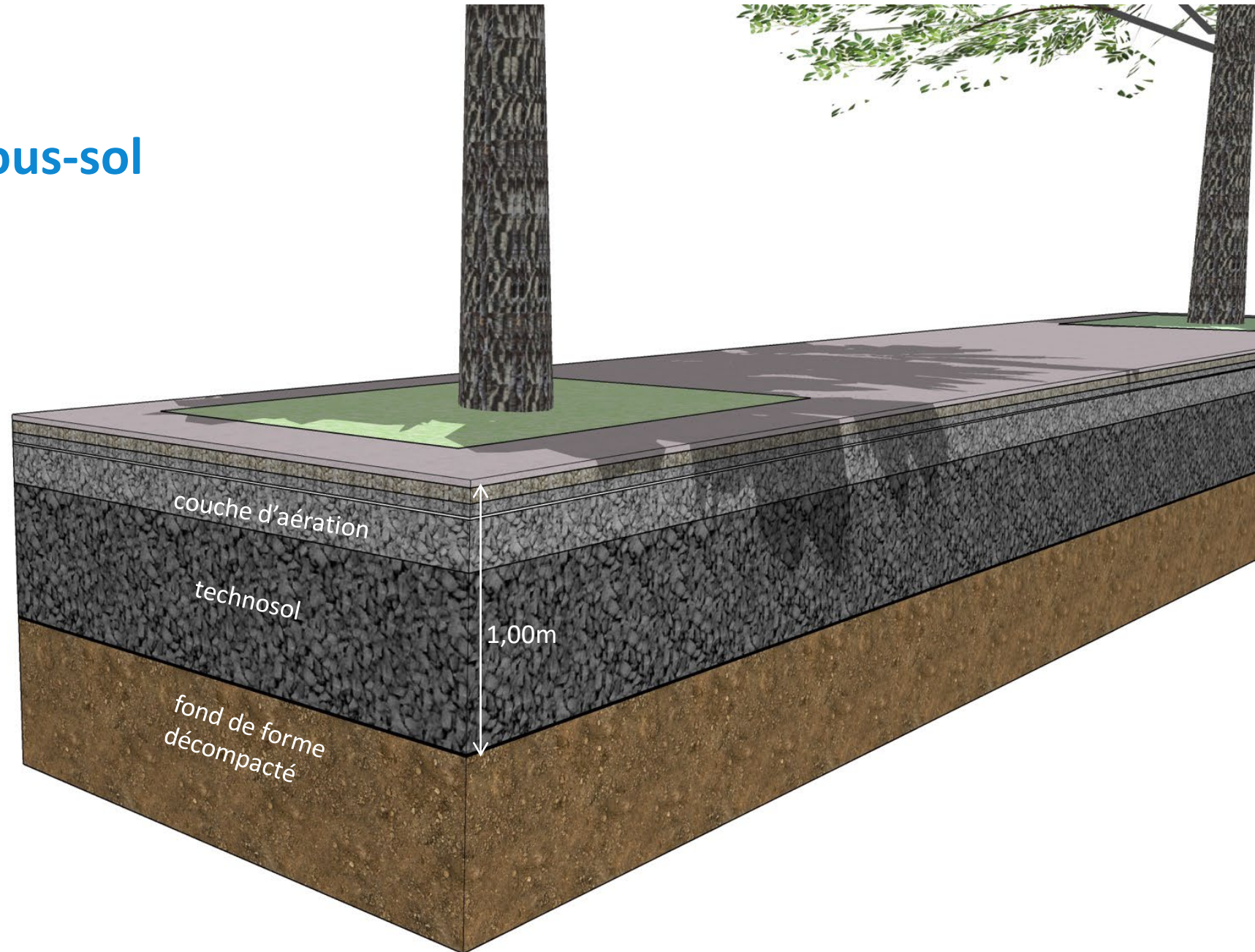
1. Trouver des solutions de ville éponge pour gérer l'eau: quantité ET qualité
2. Trouver des solutions pour le développement de la végétation (place pour le développement racinaire)
3. Trouver des solutions économiquement raisonnables
4. Trouver des solutions vertueuses pour le climat

**Solution multifonctionnelle proposée:** cumuler les fonctions du premier mètre du sol :

- sol portant pour les surfaces
- sol fertile et bon support pour les végétaux
- sol poreux pour l'air et l'eau
- sol épurateur

# Le premier mètre du sous-sol

sol portant  
sol fertile  
sol poreux





## Objectifs - espace racinaire

Gagner de la place pour les racines (on ne veut plus parler de fosses de plantations mais de **sols continus**) :

- dimensionnement selon étude «nos arbres Genève» 40 à 100 m<sup>3</sup>



Sol continu / 36 m<sup>2</sup> par arbre



## Objectifs - pas de terre végétale

Verdir la ville sans consommer de terre végétale :

- 1 arbre → 36 m<sup>2</sup> de Technosol
- 36 m<sup>2</sup> de Technosol → 8 m<sup>3</sup> de terre
- 500 arbres/an → 4'000 m<sup>3</sup> de terre
- 4'000 m<sup>3</sup> de terre → 13'300 m<sup>2</sup> de surface verte perdue



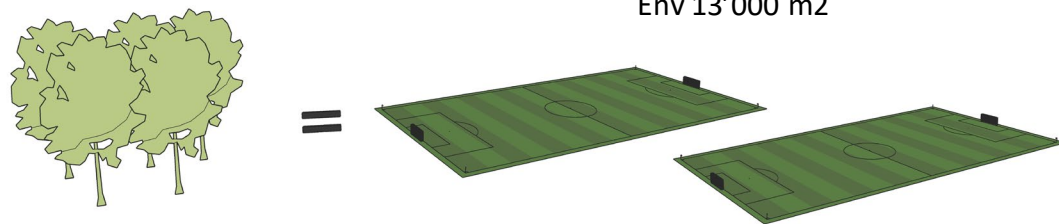


**1an**

500 arbres

**2 terrains de foot**

Env 13'000 m<sup>2</sup>



**5ans**

2500 arbres

**10 terrains de foot**

Parc de Valency (Lausanne)



500 arbres/an → 4'000 m<sup>3</sup> de terre

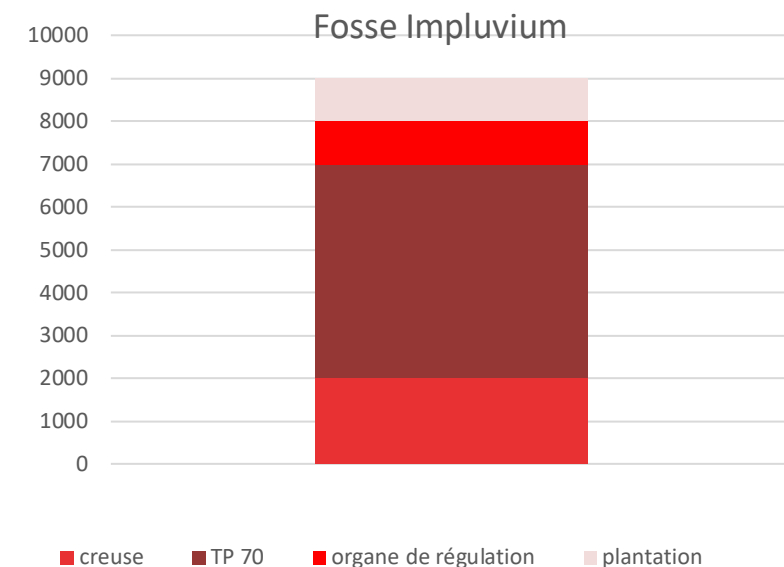
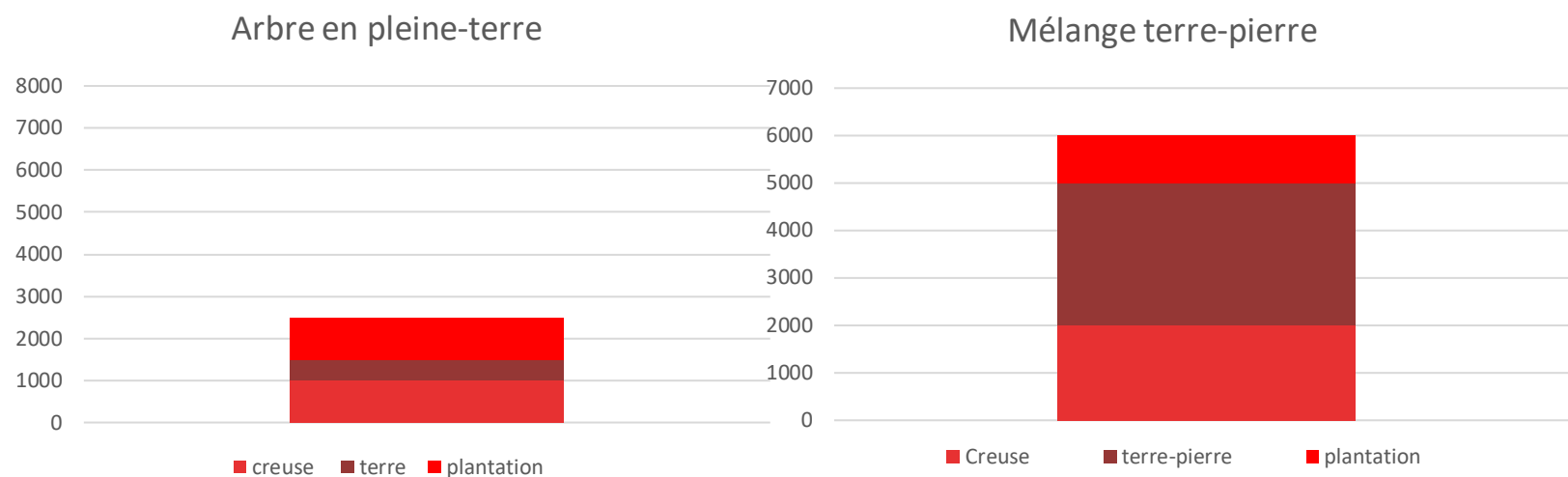
➤ 4'000 m<sup>3</sup> de terre → **13'300 m<sup>2</sup>** de surface verte perdue



## Objectifs - cofinancements

Trouver des financements complémentaires:

- taxe RETE & taxe d'écoulement des eaux
- économie à la STEP
- construction des bassins de rétentions obligatoires
- préfiltration des eaux de chaussées



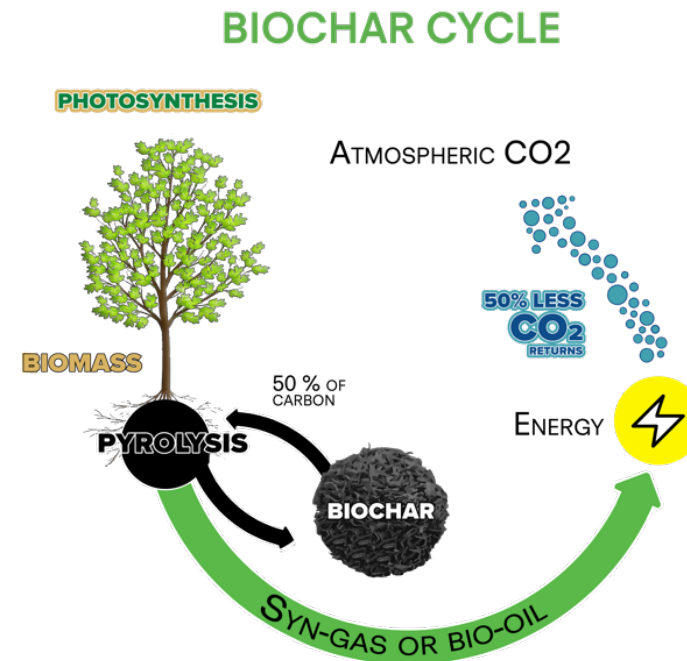
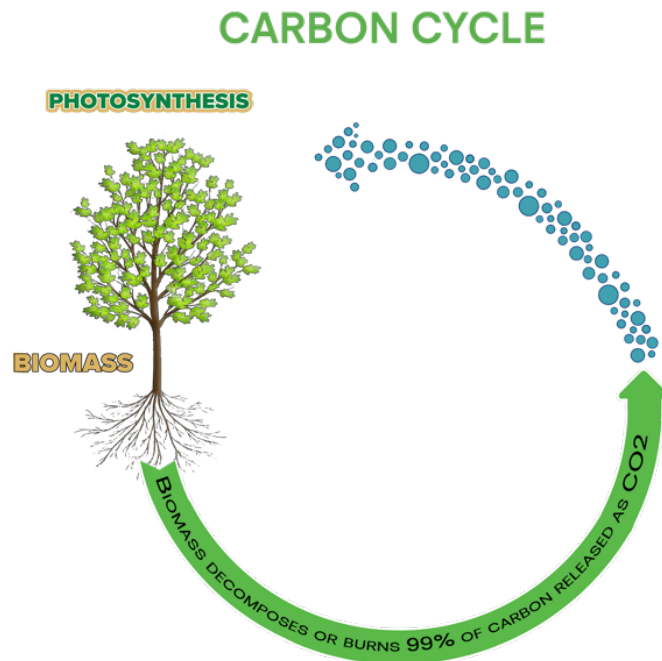




## Objectifs - stockage carbone

Stockage CO<sub>2</sub> à long terme :

- 1 m<sup>3</sup> de TP70 → minimum 1 tonne d'équivalent CO<sub>2</sub>
- exemple de l'écoquartier → minimum 540 tonnes CO<sub>2</sub>eq





### 3. Principes et mise en œuvre





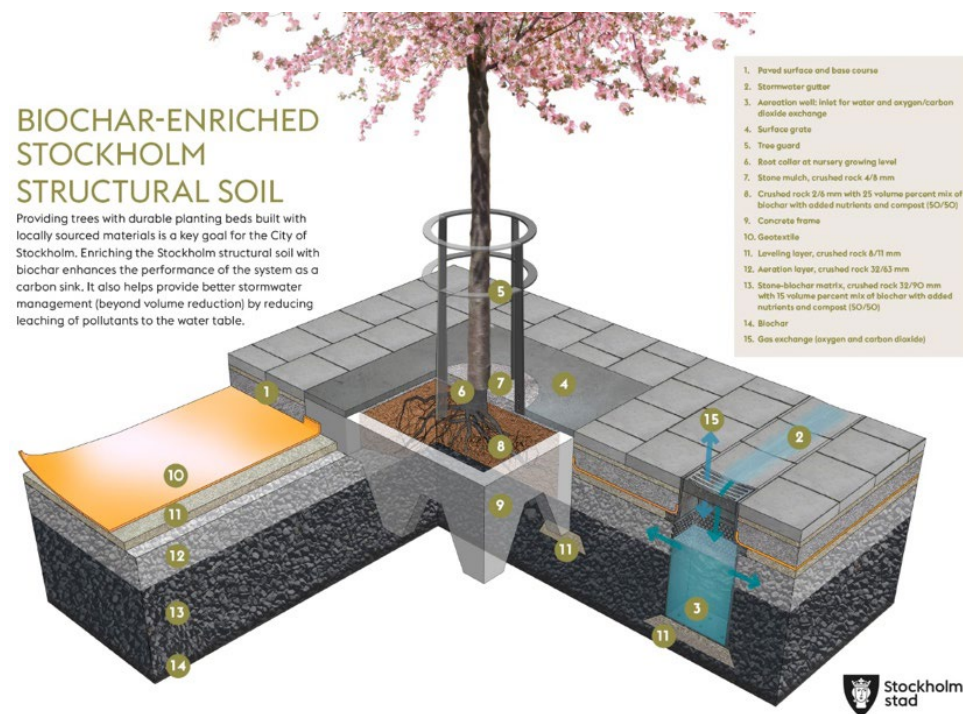
## Principes constructifs

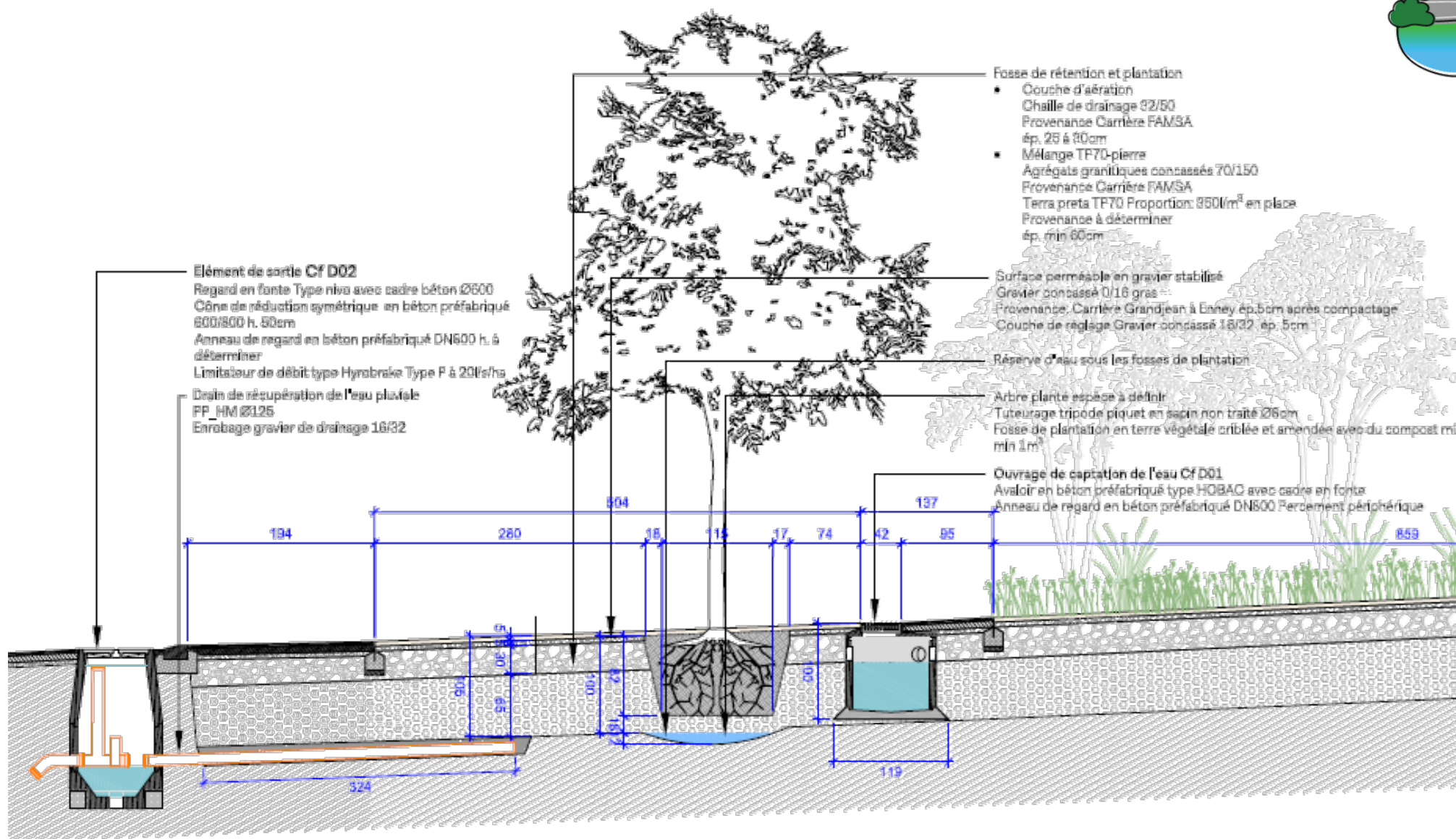
- Idem Stockholm mais évacuation à débit contrôlé + propriétés du sol permettant la multifonctionnalité.
- Matière organique = TP70 = Technosol à base de biochars



### BIOCHAR-ENRICHED STOCKHOLM STRUCTURAL SOIL

Providing trees with durable planting beds built with locally sourced materials is a key goal for the City of Stockholm. Enriching the Stockholm structural soil with biochar enhances the performance of the system as a carbon sink. It also helps provide better stormwater management (beyond volume reduction) by reducing leaching of pollutants to the water table.







# Principes constructifs – mise en œuvre



1 m<sup>3</sup>



250 litres/m<sup>3</sup>







## Principes constructifs – mise en œuvre

Saupoudrage du TP70







## Principes constructifs – mise en œuvre

Soufflage







## Principes constructifs – mise en œuvre

Avant soufflage



Après soufflage







## Principes constructifs – mise en œuvre

Compactage  
au pied de  
mouton



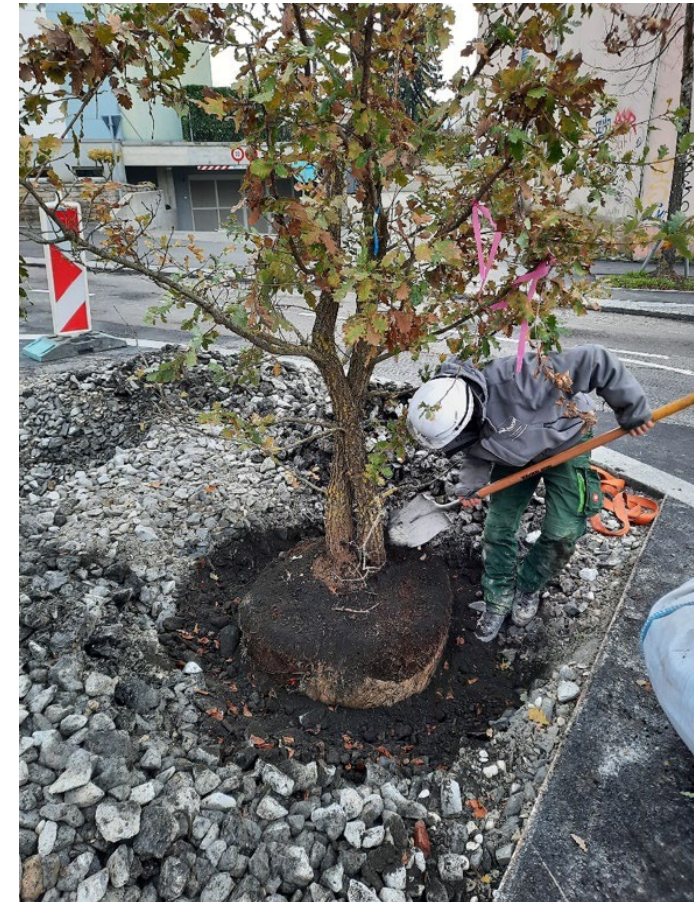


# Principes constructifs – mise en œuvre

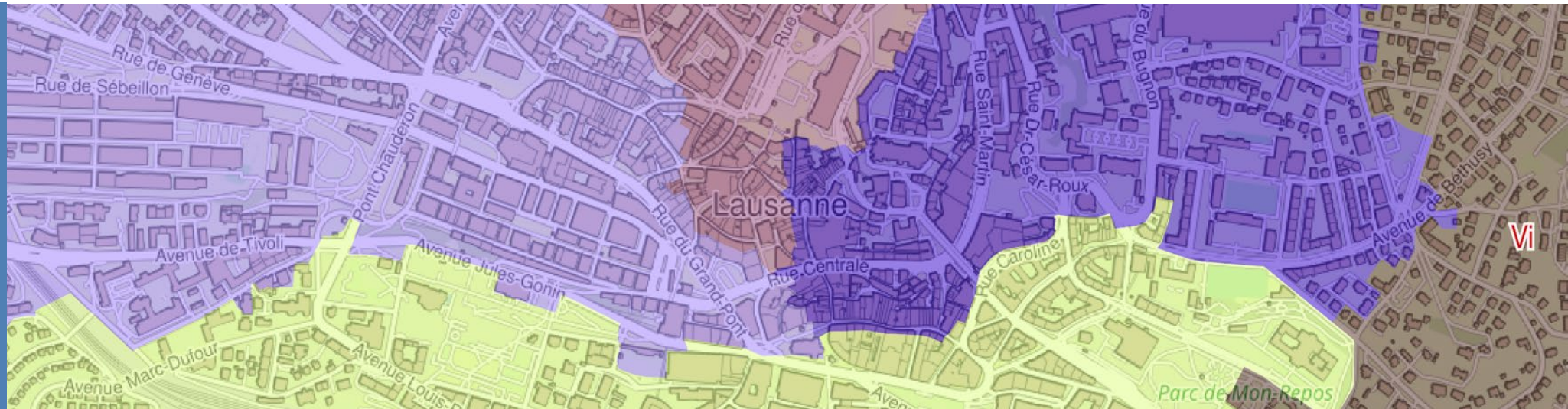
Couche d'aération 35/50



... et plantation







4.

## Dimensionnement du système

# Dimensionnement du système

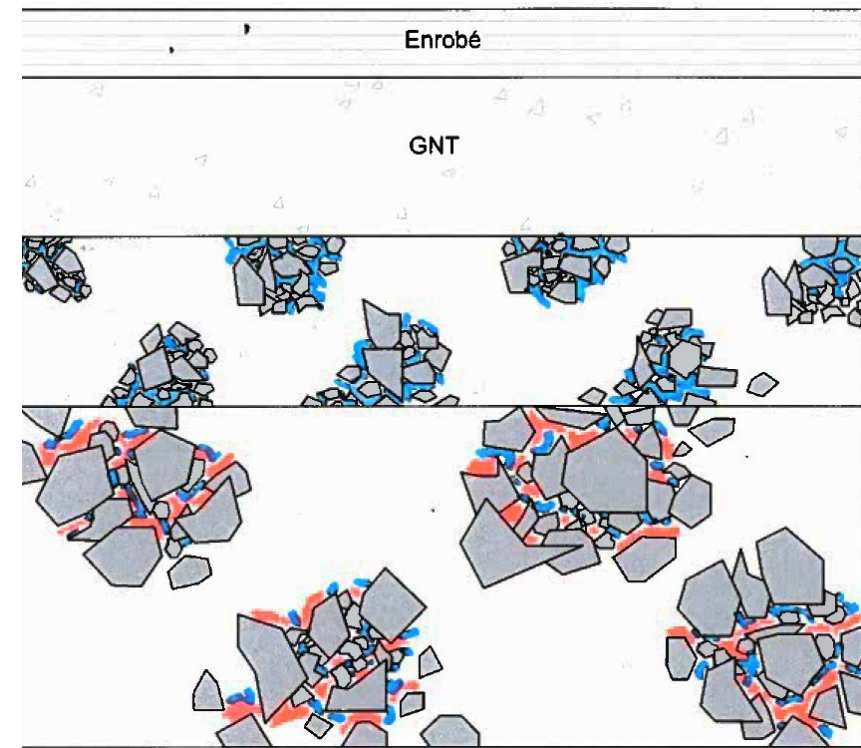
- Couche 32/50 → 350 l/m<sup>3</sup> de porosité
- Technosol → 350 l/m<sup>3</sup> de porosité
- 100 l/m<sup>3</sup> de vide
  - 250 l/m<sup>3</sup> de TP70
    - 18% (45 l/m<sup>3</sup>) drainage rapide
    - 46% (115 l/m<sup>3</sup>) RU
    - 8% (20 l/m<sup>3</sup>) RNU

Rétention par m<sup>2</sup>

$$= (350 \times 0,3) + (100 \times 0,6) + (250 \times 0,6 \times 18\%) = 105 + 60 + 27 = 192 \text{ l/m}^2 \text{ de fosse}$$

Réserve Utile par m<sup>2</sup>

$$= (250 \times 0,6 \times 46\%) = 69 \text{ l/m}^2 \text{ de fosse}$$







## Dimensionnement du système

Principe: 1 m<sup>2</sup> de fosse pour 5 m<sup>2</sup> de bassin versant :

- Précipitation de temps de retour 10 ans (34 litres/m<sup>2</sup>) (→ 192 l/m<sup>2</sup> / 34 l/m<sup>2</sup> = 5,64m<sup>2</sup>)
- En été, fosse «sèche», (192+ 69)/34 = 7,68 m<sup>2</sup>
- ATTENTION à dimensionner pour avoir assez d'eau
- Appoint d'arrosage: rapide mais massif



## 5. Epuration des eaux de chaussée





# Epuration des eaux de chaussée

## Enjeux selon la VSA

- contraintes légales

## Solutions actuelles

- solutions chimiques, filtres , etc.
- coûts

## Epuration des eaux de chaussée

Premiers tests sur le mélange  
TP70 - Pierres

Test du système en laboratoire

➤ travaux d'étudiants



Photo E. Isoz

	Cu	Zn
Boues d'épuration sèches (mg/kg)	410,54	1940,48
Quantités théoriques totales injectées à l'entrée (mg)	41.05	194.05
Concentrations théoriques injectées à l'entrée (mg/L)	0.21	0.97
Quantités totales retrouvées en sortie (mg)	16.47	23.40
Taux d'abattement (%)	59.86	87.94





## 6. perspectives



## Perspectives

Affiner le fonctionnement dans la pente :

- quel dimensionnement pour assurer une humidification optimale ?
- adaptation du mélange (ajout de sable), augmenter le laminage ?
- quid des trop-pleins intermédiaires pour évacuer la pression ?





## Perspectives

Homologation du système auprès de l'OFROU :

- trouver les financements nécessaires
- définition du protocole
- processus de suivi sur 3 ans
- Implication d'autres villes dans la démarche

# Perspectives

Filière de production du TP70 :

- Assurer la qualité selon la norme.
- Etudier les types de biomasses à utiliser (en cours) pour baisser les coûts et rester très local.
- Trouver des synergies avec les autres utilisateurs de biochar (eau, STEP) pour produire localement avec des sous-produits carbonés.
- Industrialiser les processus pour baisser les coûts.







## Perspectives

Co-financement du système par les autres bénéficiaires :

- STEP (secteur unitaire)
- évacuation des eaux
- préfiltration des eaux de chaussée



## Perspectives

Généralisation du système dans les projets lausannois en cours :

- Ecoquartier PPA1
- Avenue d'Echallens phase 1 (750 ml)
- Route d'Oron (600 ml)







## Perspectives

Généralisation du système dans les projet lausannois à venir :

- BHNS Borde Bellevaux (1,5 km) 2026-2028
- Place du Tunnel (9'500 m<sup>2</sup>) 2027
- Eco quartier PA2 (20'000 m<sup>2</sup>) 2028-2032
- Avenue d'Echallens phase 2 (850 m) 2027
- Avenue Ruchonnet horizon (350m) 2032
- Avenue de la Gare horizon (250m) 2032
- Boulevard de Grancy horizon (580m) 2030
- ...

Merci de votre attention

