



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





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 - TedX Marin



GESTION DES EAUX URBAINES PAR TEMPS DE PLUIE
ENVOI COMPLET



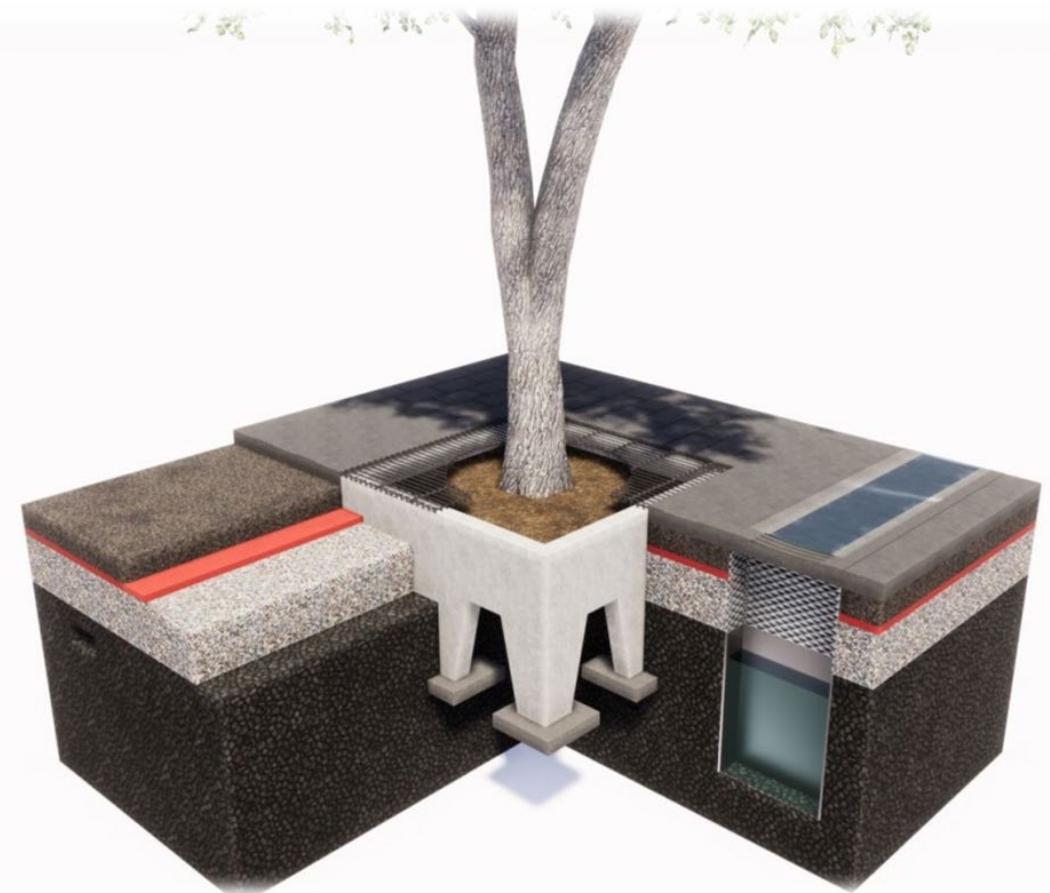
Directives d'infiltration – épuration de la VSA



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.

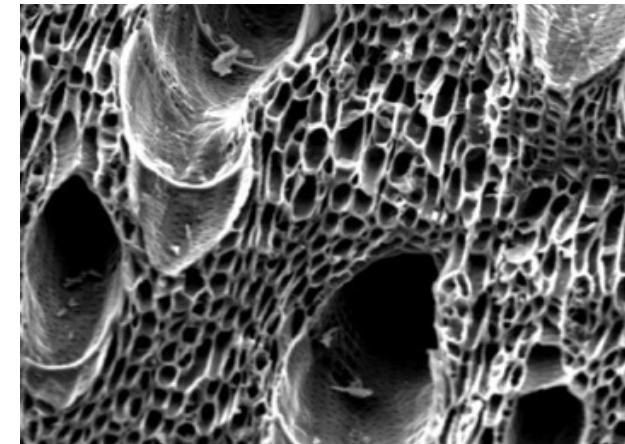




Les Biochars

De la biomasse végétale (préférablement 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



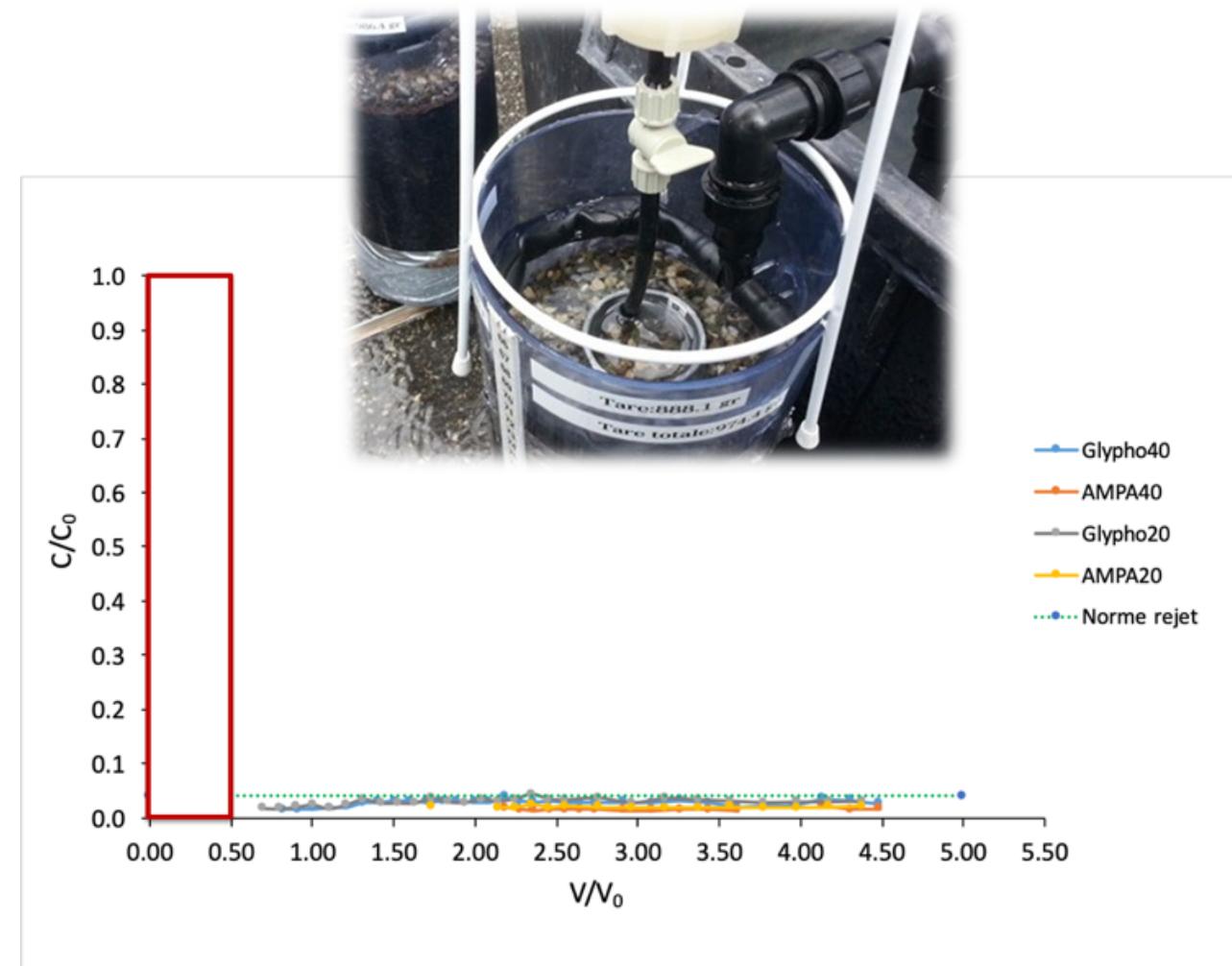
Propriétés du TP70 - Epuration

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



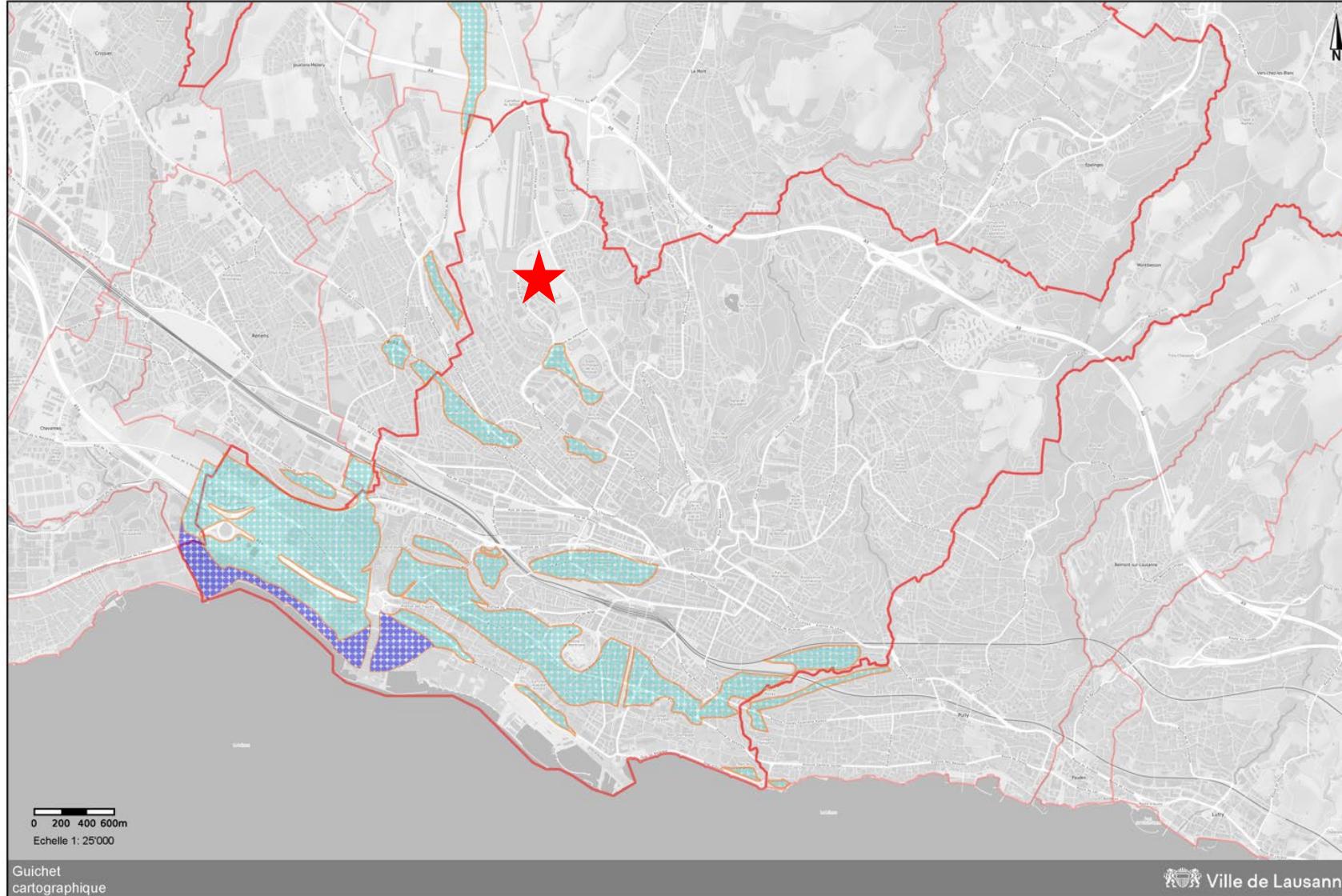
Contexte

- 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 m² par habitant)
et pentes générales du site entre 2% et 6%





Plan des potentiels d'infiltration



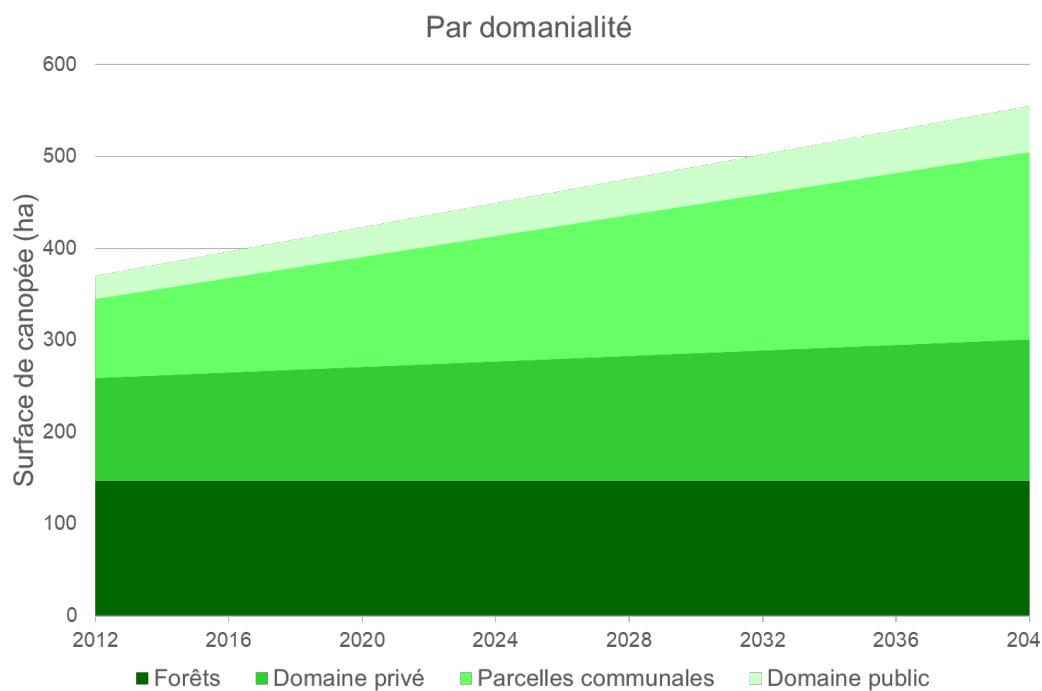
Contexte

- Pas de possibilité d'infiltration





Principe d'objectif canopée et du plan climat





Contexte

Etat général arborisation des rues lausannoises





Objectifs du projet fosses multifonctionnelles

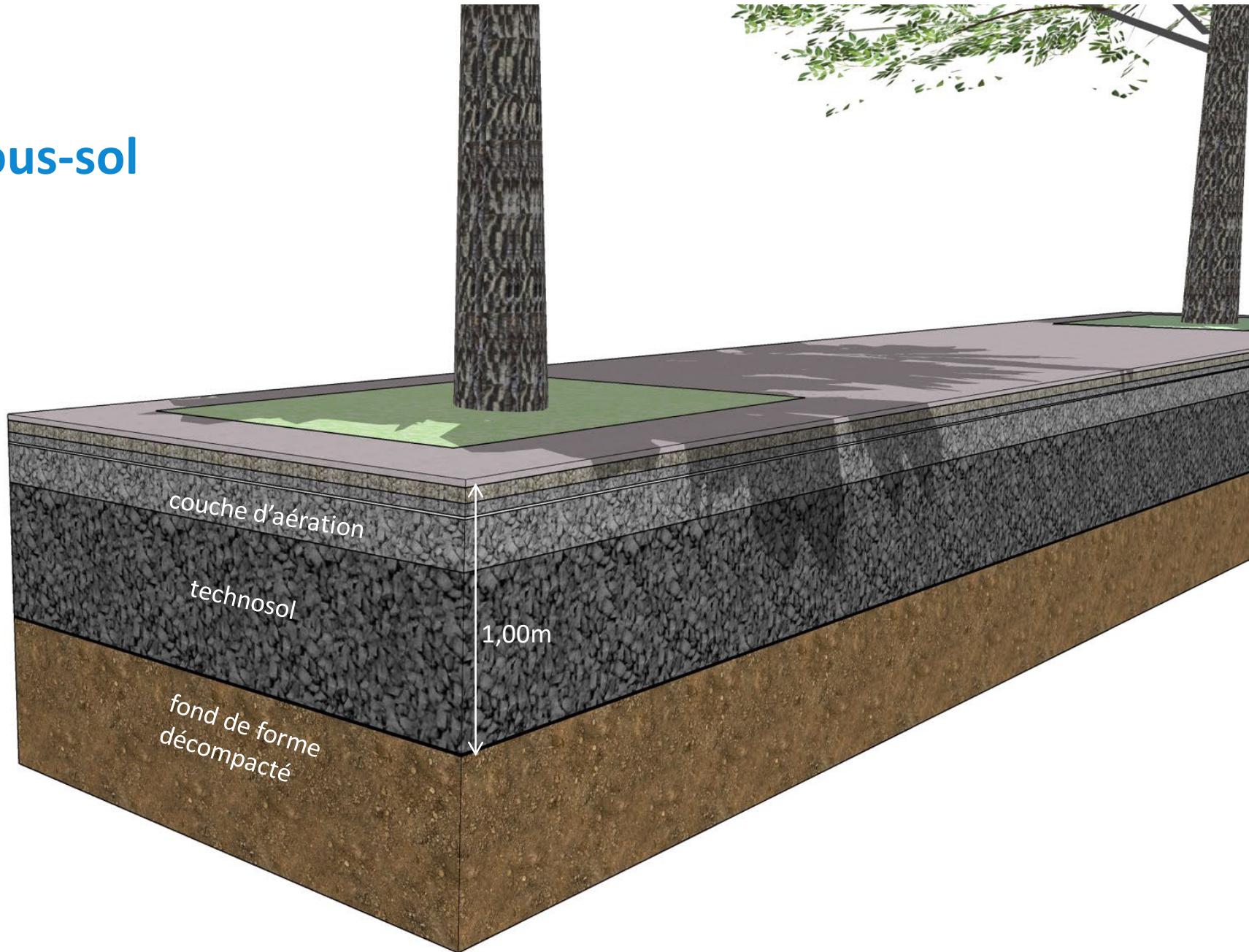
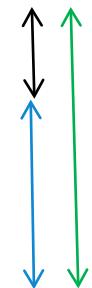
1. Trouver des solutions de ville éponge pour gérer l'eau: quantité ET qualité
2. Trouver des solutions pour le développement de la végétation (place pour le développement racinaire)
3. Trouver des solutions économiquement raisonnables
4. Trouver des solutions vertueuses pour le climat

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

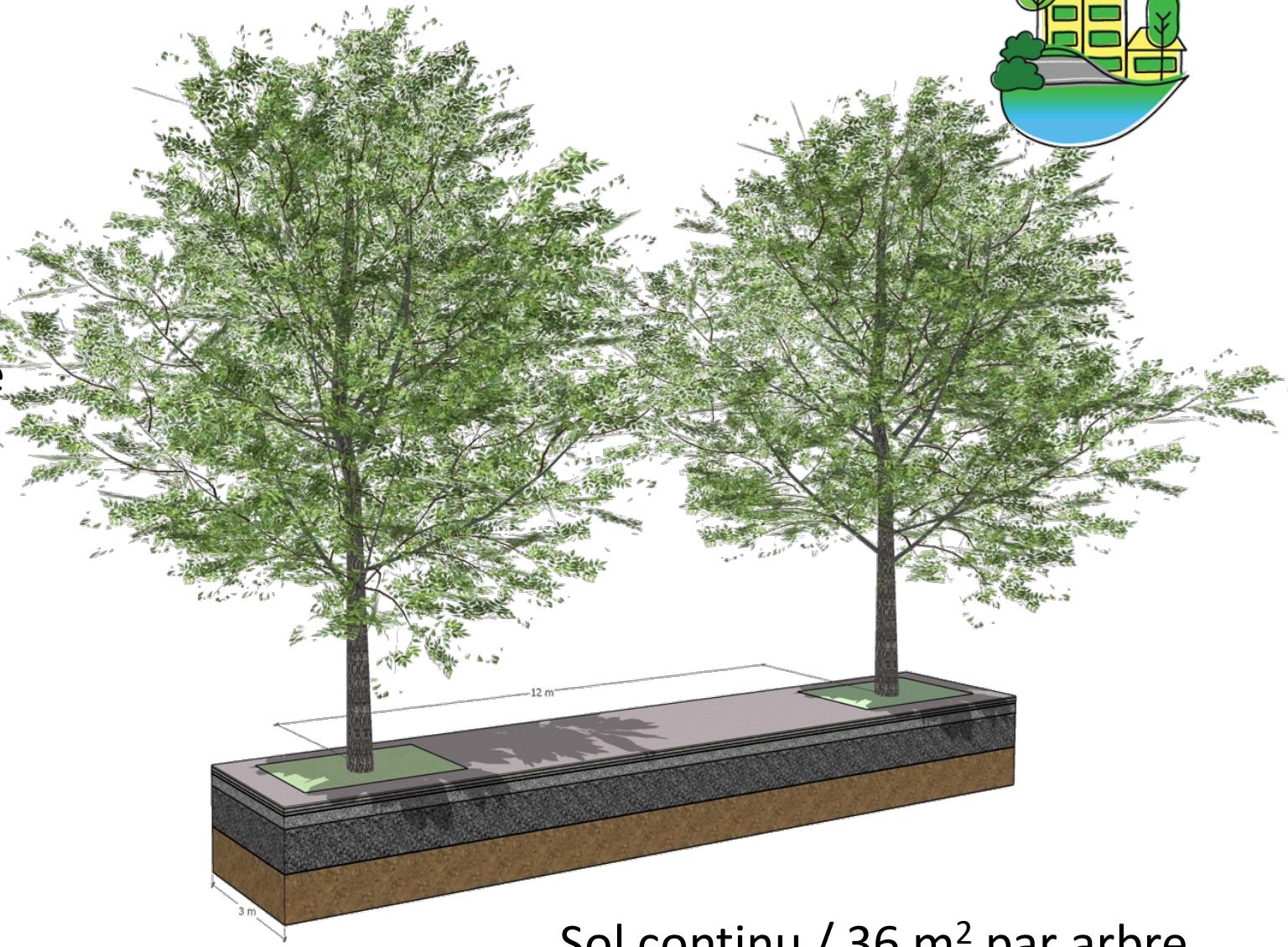




Objectifs - espace racinaire

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 m³



Sol continu / 36 m² par arbre



Objectifs - pas de terre végétale

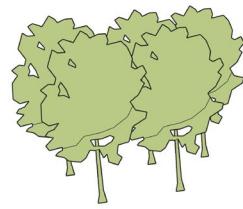
Verdir la ville sans consommer de terre végétale :

- 1 arbre → 36 m² de Technosol
- 36 m² de Technosol → 8 m³ de terre
- 500 arbres/an → 4'000 m³ de terre
- 4'000 m³ de terre → 13'300 m² de surface verte perdue



1an

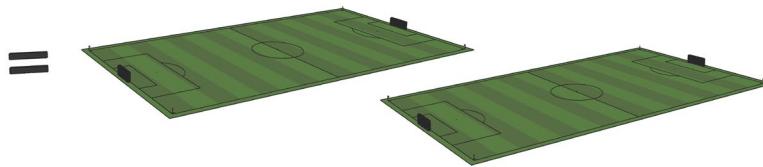
500 arbres



=

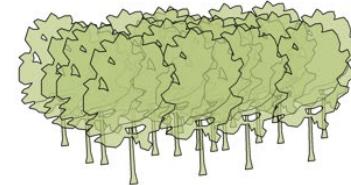
**2 terrains de
foot**

Env 13'000 m²



5ans

2500 arbres



=

10 terrains de foot

Parc de Valency (Lausanne)



500 arbres/an → 4'000 m³ de terre

➤ 4'000 m³ de terre → **13'300 m²** de surface verte perdue

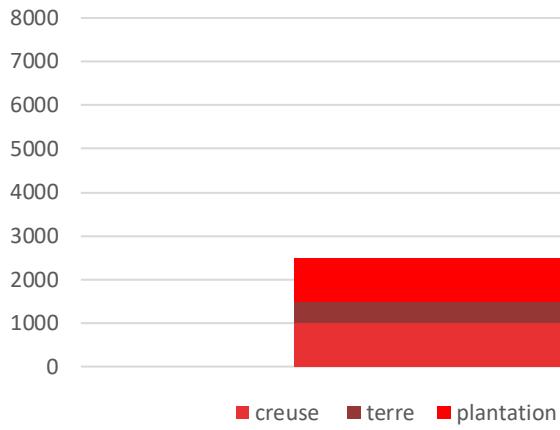


Objectifs - cofinancements

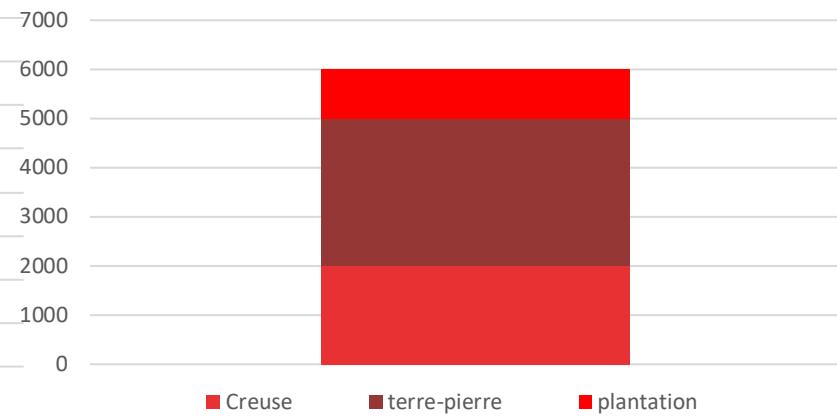
Trouver des financements complémentaires:

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

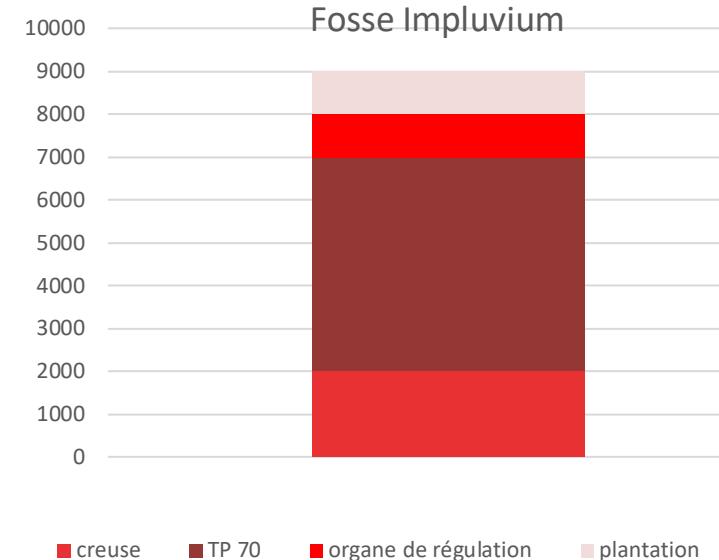
Arbre en pleine-terre



Mélange terre-pierre



Fosse Impluvium

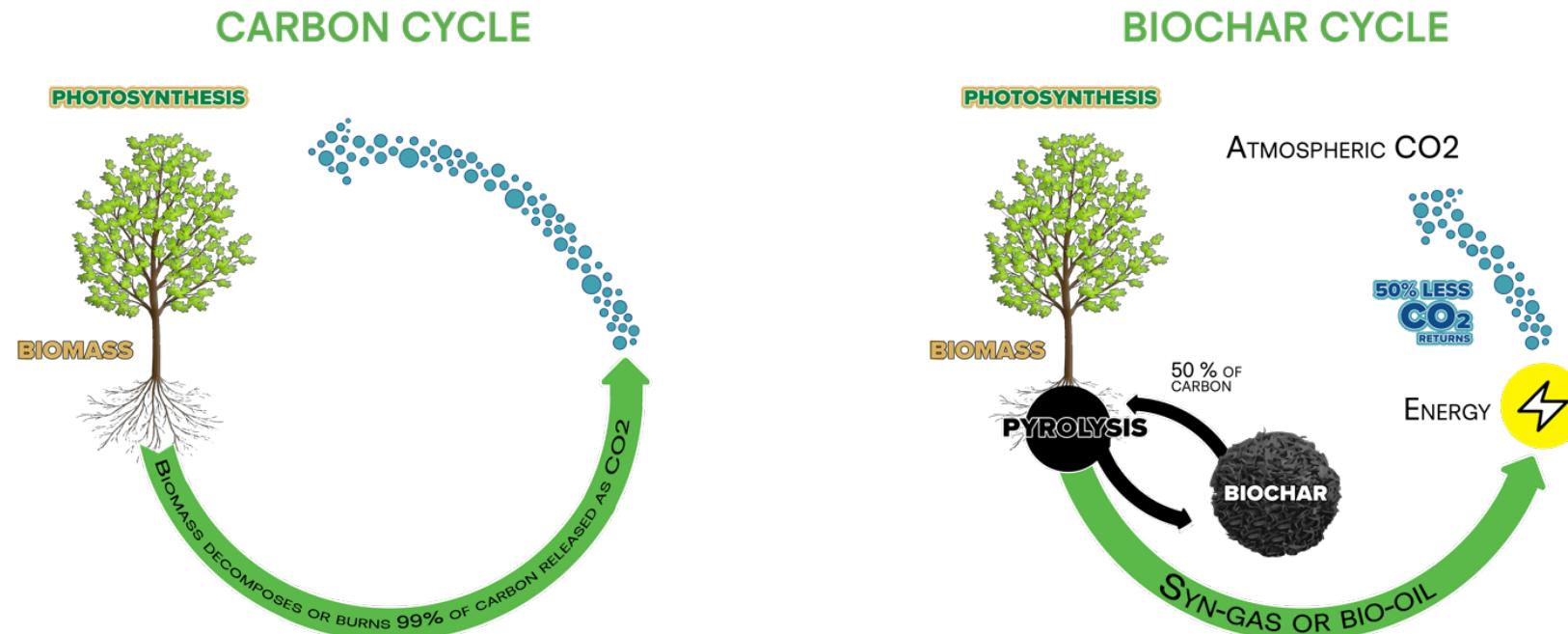




Objectifs - stockage carbone

Stockage CO₂ à long terme :

- 1 m³ de TP70 → minimum 1 tonne d'équivalent CO₂
- exemple de l'écoquartier → minimum 540 tonnes CO₂eq



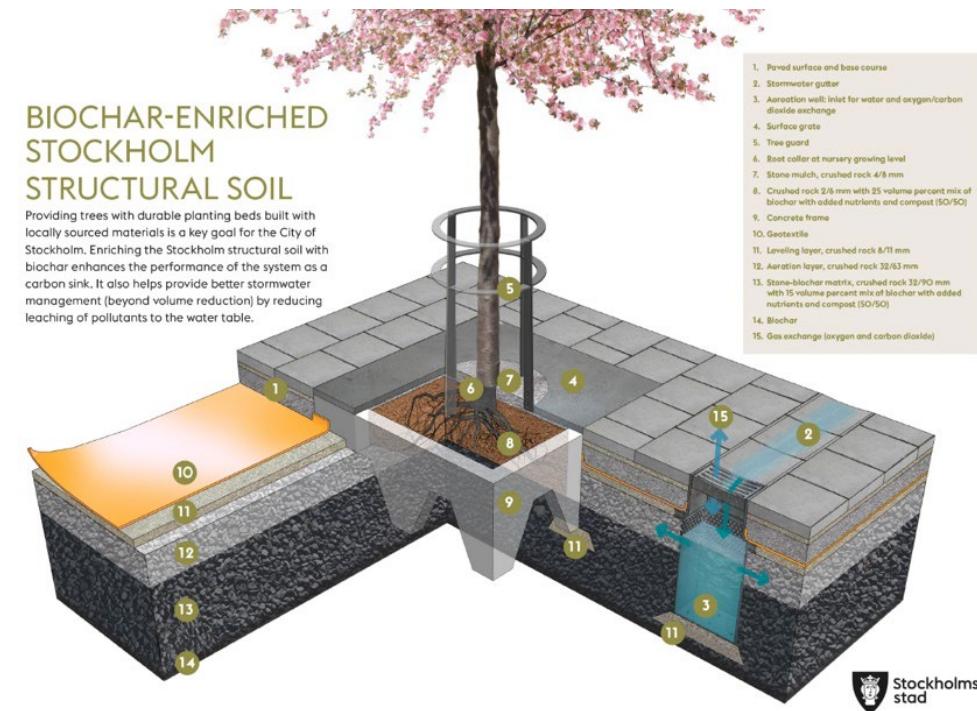


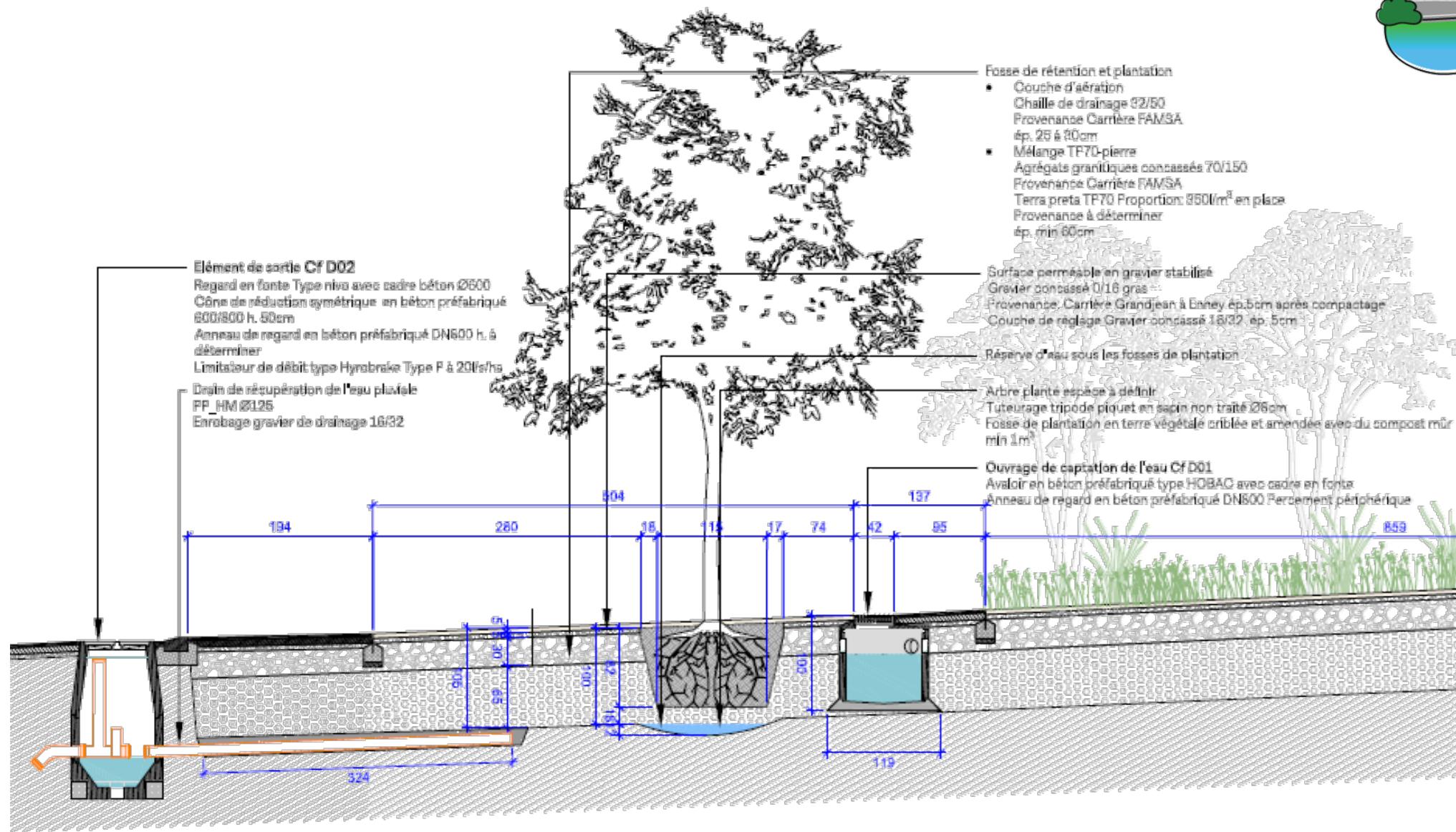
3. Principes et mise en œuvre



Principes constructifs

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







Principes constructifs – mise en œuvre

1 m³



250 litres/m³





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



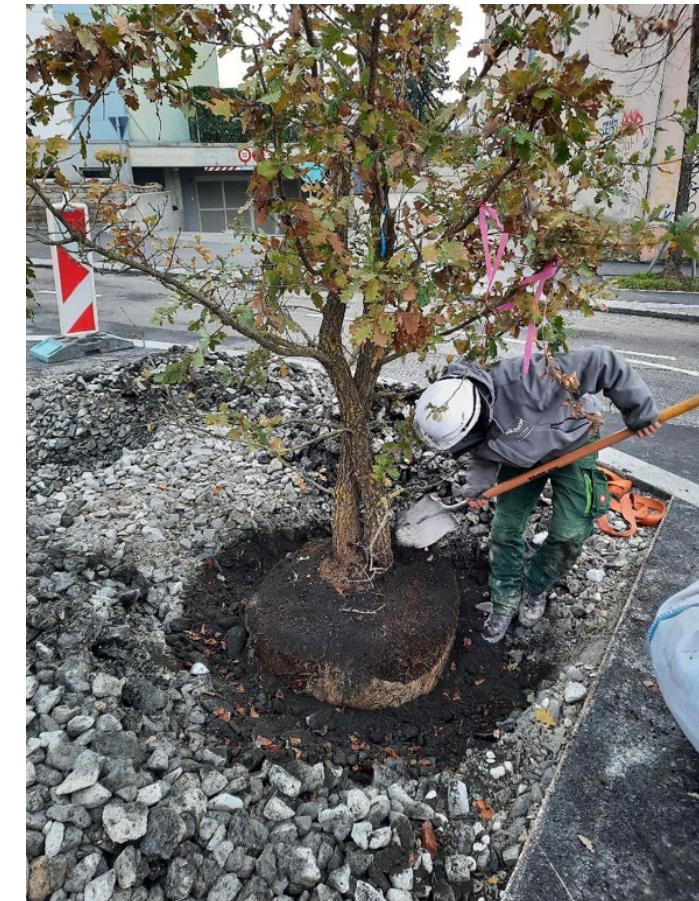


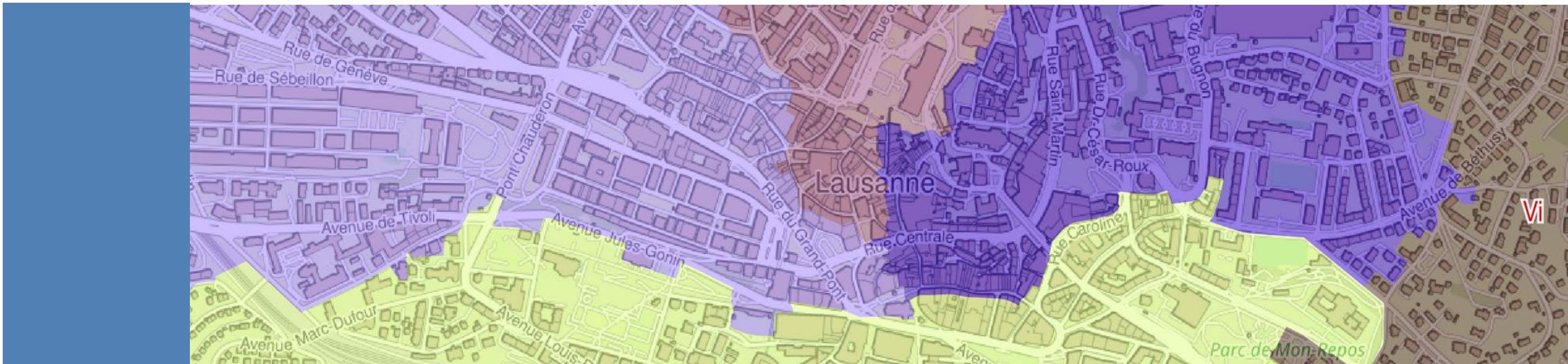
Principes constructifs – mise en œuvre

Couche d'aération 35/50



... et plantation





4.

Dimensionnement du système

Dimensionnement du système

Couche 32/50 → 350 l/m³ de porosité

Technosol → 350 l/m³ de porosité

→ 100 l/m³ de vide

→ 250 l/m³ de TP70

→ 18% (45 l/m³) drainage rapide

→ 46% (115 l/m³) RU

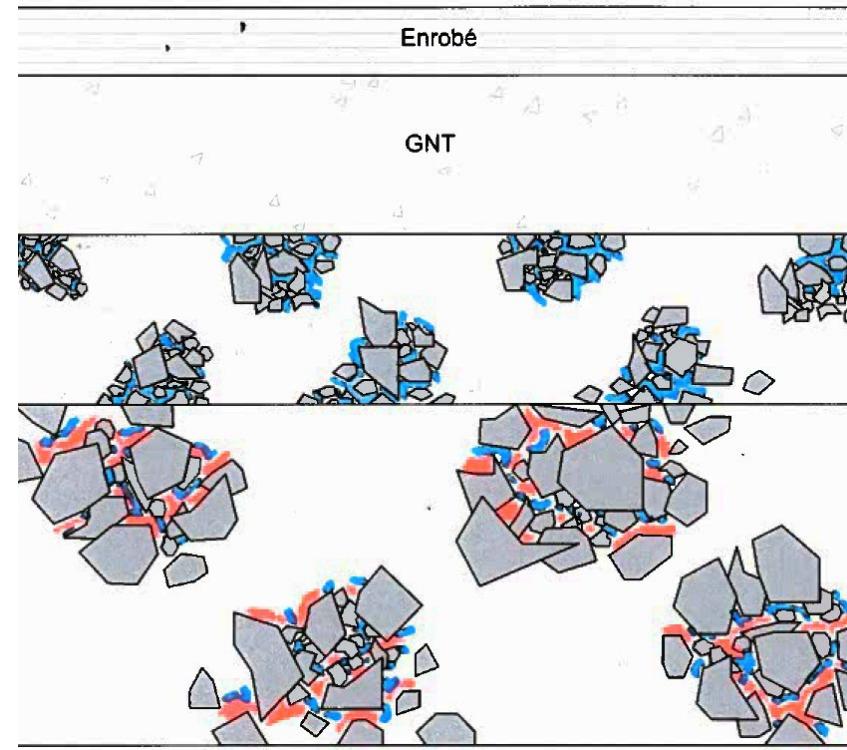
→ 8% (20 l/m³) RNU

Rétention par m²

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

Réserve Utile par m²

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





Dimensionnement du système

Principe: 1 m² de fosse pour 5 m² de bassin versant :

- Précipitation de temps de retour 10 ans (34 litres/m²) ($\rightarrow 192 \text{ l/m}^2 / 34 \text{ l/m}^2 = 5,64 \text{ m}^2$)
- En été, fosse «sèche», $(192 + 69) / 34 = 7,68 \text{ m}^2$

- ATTENTION à dimensionner pour avoir assez d'eau
- Appoint d'arrosage: rapide mais massif



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



	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

Photo E. Isoz



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 projets lausannois à venir :

- BHNS Borde Bellevaux (1,5 km) 2026-2028
- Place du Tunnel (9'500 m²) 2027
- Eco quartier PA2 (20'000 m²) 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

