



Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Qualités d'un sol pour l'infiltration

Enjeux – limites – Perspectives

Hes·SO
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz

iTEC
Institute of Construction and
Environmental Technologies

Prof. Fabienne Favre Boivin

ERFA Ville éponges | Bern | 4.5.23

Définition d'un sol

«la couche de terre meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes»
(LPE, art. 7, al. 4bis)

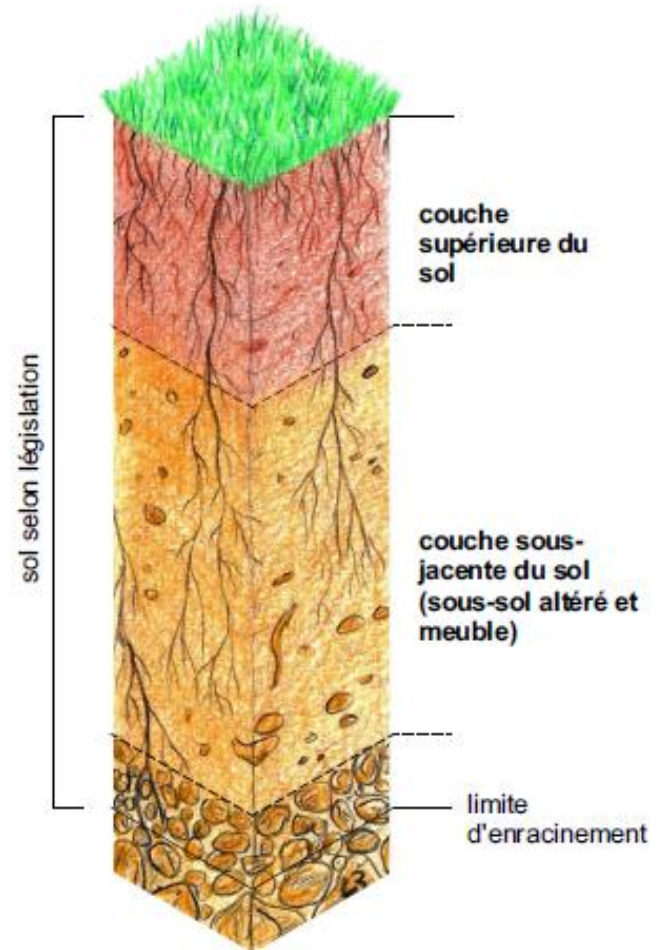
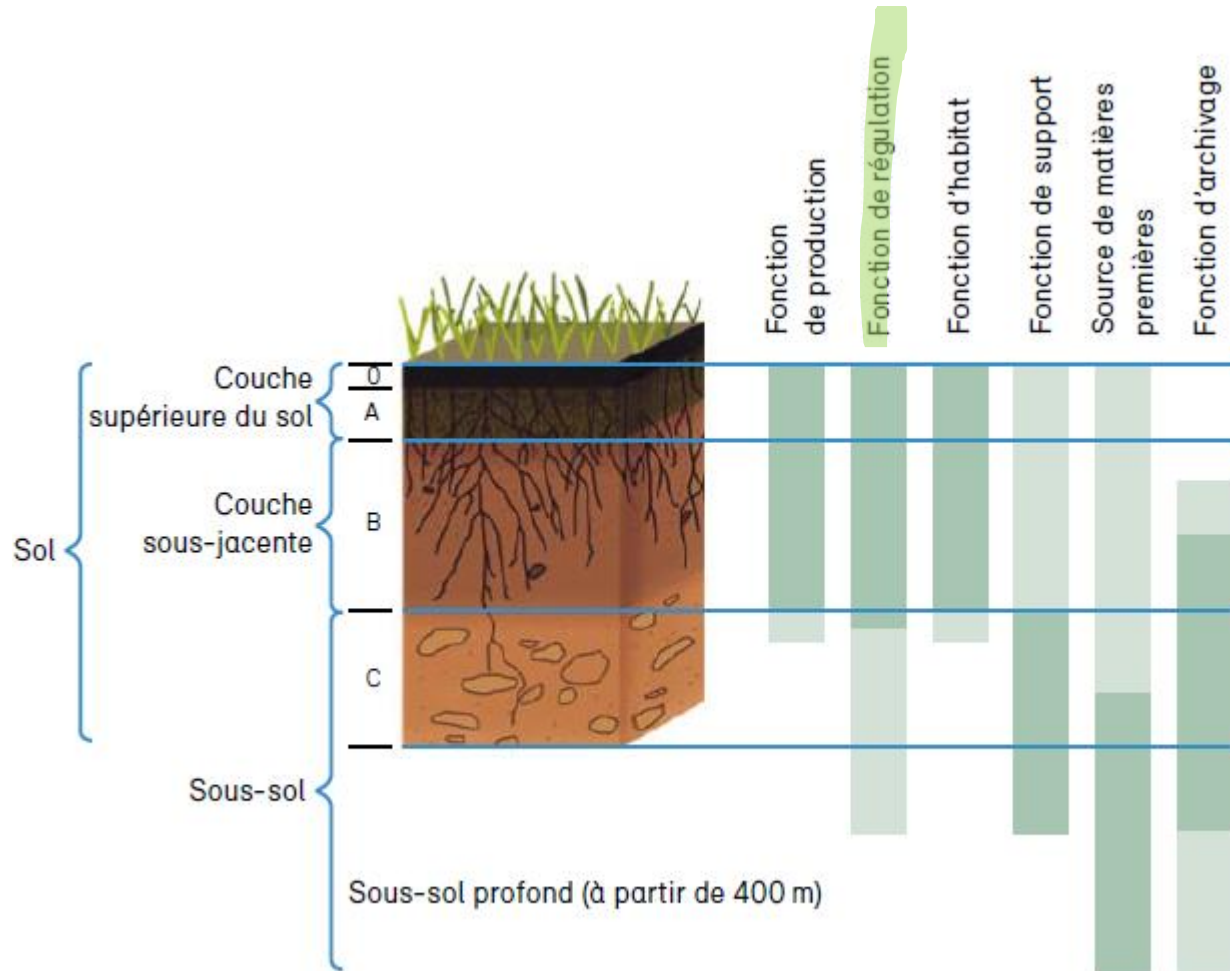


Illustration de Lucien Bourban

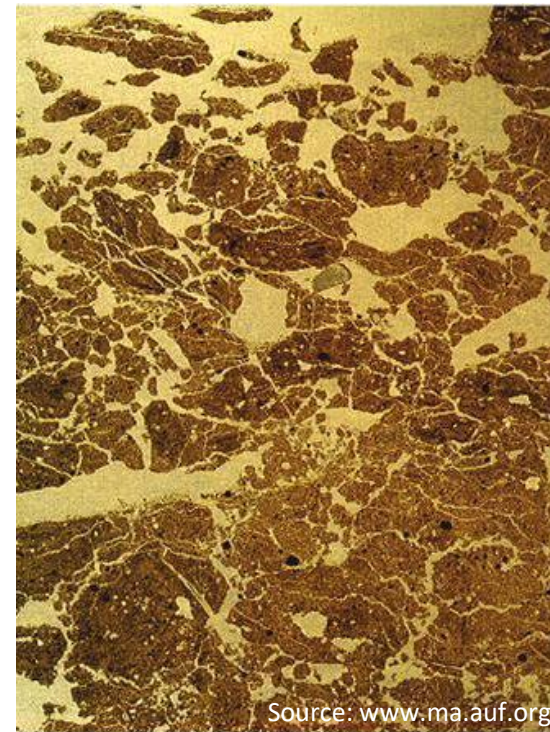
Fonctions d'un sol

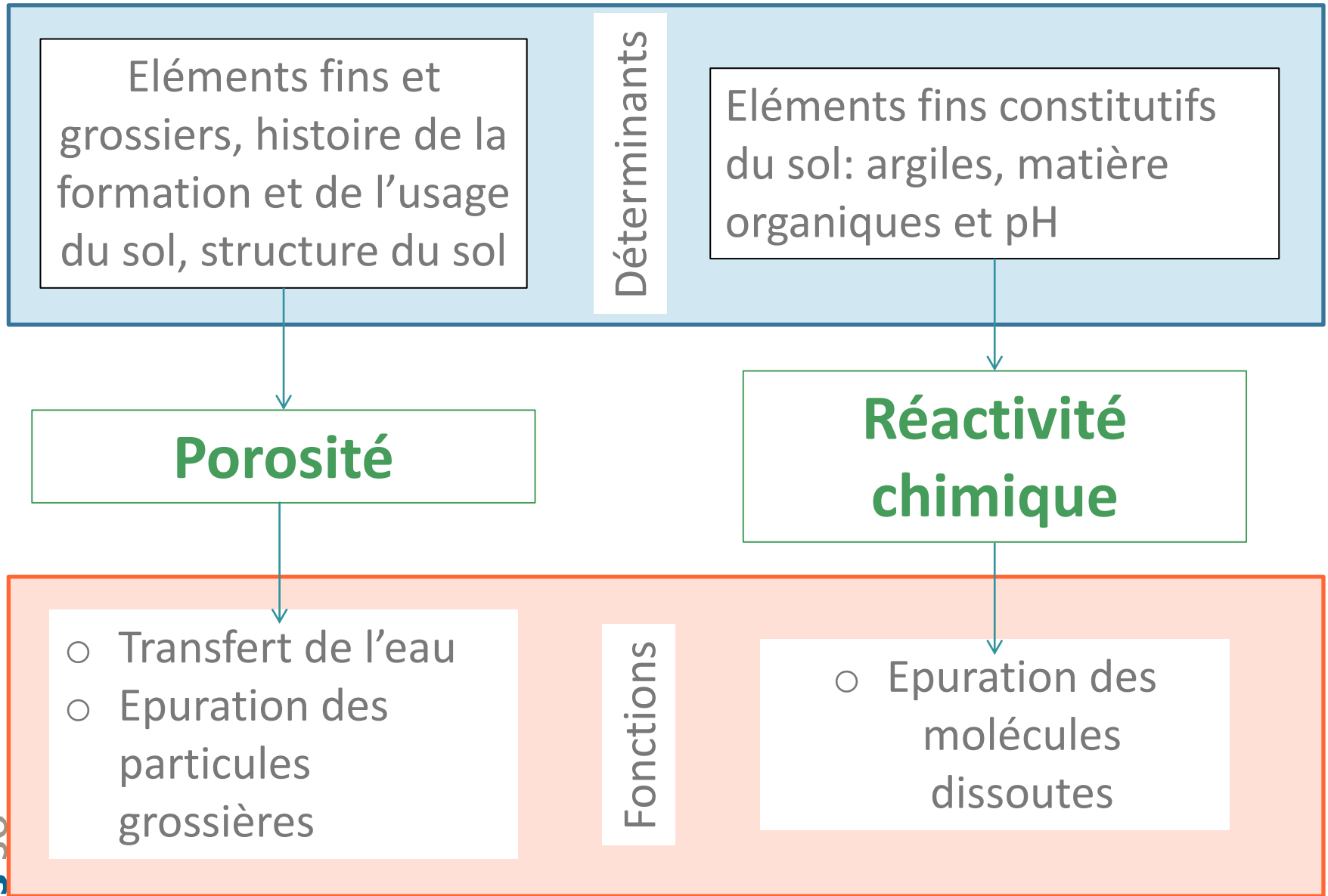


Source: OFEV, 2020

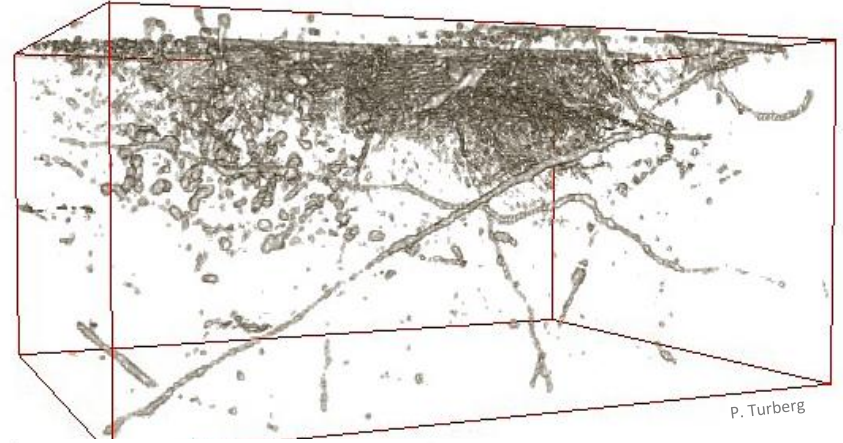
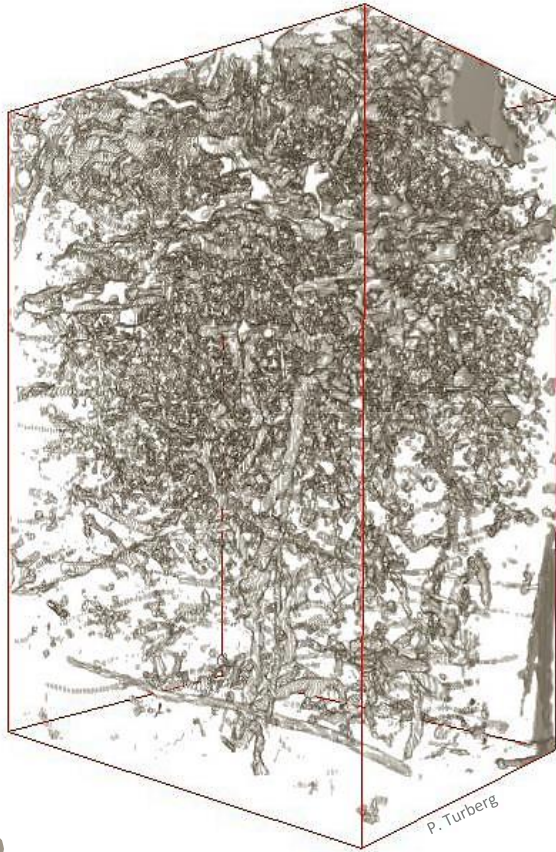
2 propriétés déterminent les fonctions de régulation

- La porosité et la réactivité chimique des constituants du sol

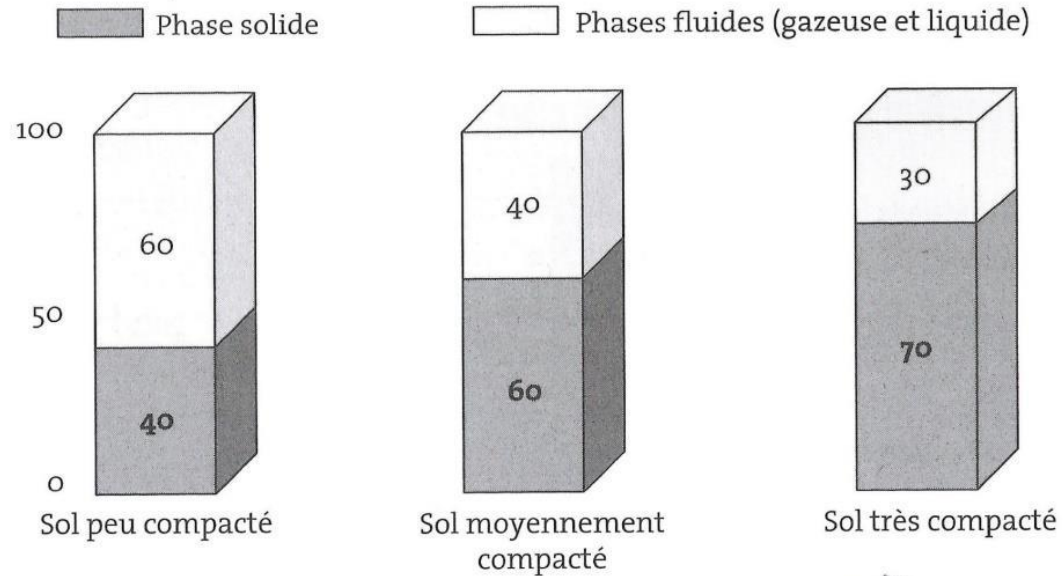




La porosité: le sol, du vide.



Proportion occupée
par les phases solide et fluide
(% du volume total de la couche de sol)



Masse volumique apparente croissante

Réactivité chimique

- Adsorption, fixation de divers polluants par les particules très fines de type matière organique, oxyde de fer et argiles.

Quantitativement (sols en place)

- Capacité épurative:
 - Boivin, Saade et al., 2008: une année de pollution autoroutière occupe le 0.3 % de la capacité d'adsorption d'un sol de faible teneur en MO et en argile, à pH >8.
 - Élément déterminant: texture, pH et couverture végétale.
 - Enjeux: conserver la MO et l'argile.

Quantitativement (sols en place)

- Capacité d'infiltration, perméabilité:
 - VSA recommande de considérer une perméabilité pour un sol enherbé 0.5 à de $2\text{l/min/m}^2 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$
 - Chiffres de la littérature pour talus autoroutiers (30 ans):
 - Boivin, Saade et al., 2008: $K_s = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$
 - K_{Sat} se mesure in situ. Attention: des matériaux déplacés voient leur K_{Sat} temporairement ou durablement modifiée.

Quantitativement (Sols en place)

Tableau 8.1 Capacité d'infiltration (mm/h) de quelques catégories de sols (Gray, 1972).

Catégorie de sol	Sol nu	Culture en rang	Pâturage pauvre	Céréales	Pâturage de qualité	Forêt
I	7,5	12	15	18	25	75
II	2,5	5	7,5	10	12	22
II	1,2	1,8	2,5	3,8	5	6
IV	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Catégorie I : Sols de texture grossière

Catégorie II : Sols de texture moyenne

Catégorie III : Sols de texture fine

Catégorie IV : Sols minces

Stabilité des propriétés importantes

- Minéralisation de la matière organique = perte de matière organique
- Gonflement/retrait des argiles en fonction de la quantité d'eau = modification de la porosité
- Erosion des particules fines = perte de capacité épurative

=> couvert végétal sur les installations
d'infiltration nécessaire

Limites

- Molécules dissoutes électriquement négatives ou neutres sont très peu immobilisées
 - MTBE
 - Molécules organiques (pesticides, produits d'entretien de surfaces)
- Place nécessaire étant donnée les faibles perméabilités
- Concurrence avec d'autres usages

Les sols en ville, quelles possibilités réelles?

Approches qualitatives:

- Peu de sols en pleine terre
- Beaucoup de sols remaniés
- => des capacité d'infiltration faible, des risques de pollution.

	Sol naturel	Sol urbain
Évapotranspiration	50%	15-30%
Infiltration dans le sol	35%	0-15%
Ruissellement	15%	55-75%

Source: Havlicek et Bullinger, 2019; inSols et Paysages

Les sols en ville, quelles possibilités réelles?

Approches qualitatives:

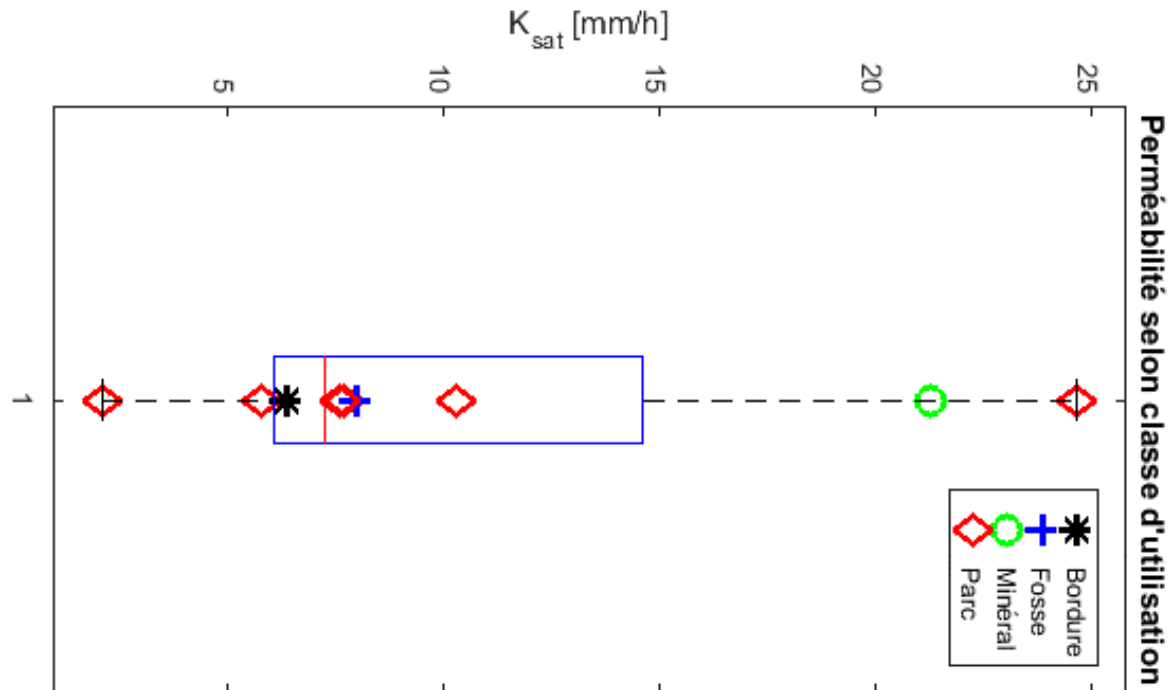
- Estimations selon l'usage du sol:
<https://iqs.heig-vd.ch/maps>
- Peu de surfaces perméables

Les sols en ville, quelles possibilités réelles?



Perméabilités mesurées

- ◇ Sols de parcs (ou cimetières): 2 à 24 mm/h
- * Bandes herbeuses et arborisées: 6 à 21 mm/h
- + Fosses de plantation des arbres: 6 à 8 mm/h



Source: SAGE, HES-SO, HEIA-Fr

Une très grande variabilité spatiale, de qualité et...peu d'espace, accès de l'eau?



Les sols en ville, limites

- Perméabilités faibles
- Faibles surfaces
- Sols reconstitués, pollués?

=> enjeux: multiusage des surfaces
fonctionnelles ou recréer des surfaces
fonctionnelles

Nouveaux types d'installations

- Avec substrats artificiels
- Multifonctionnalité
- Forte efficacité hydraulique et épurative

Systeme SMACC

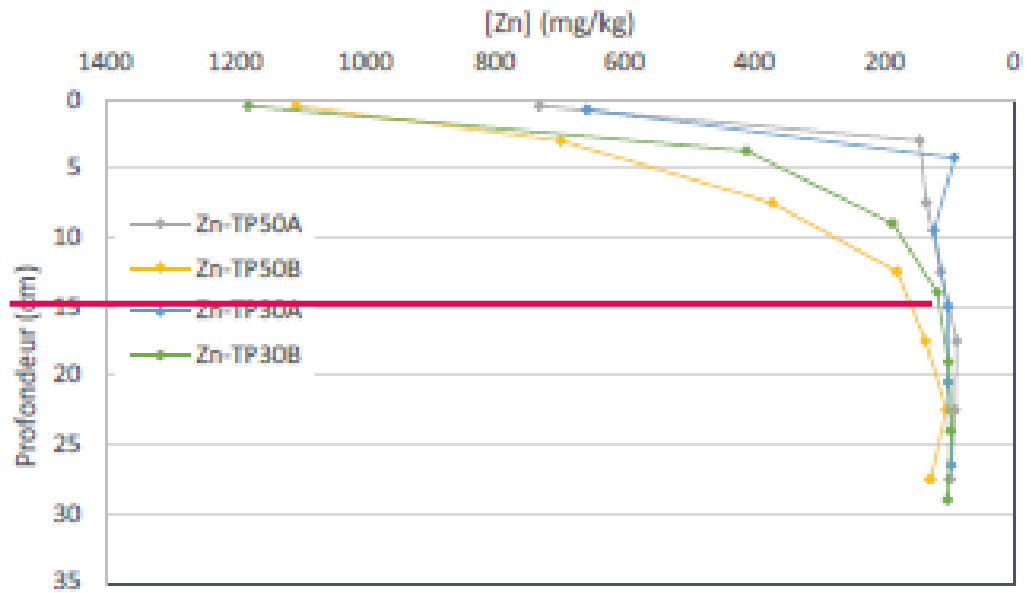
- Biochars compostés
- Multifonction: rétention, traitement, ornement.

Constituants des substrats	Terra Preta 30 Composition (%)	Terra Preta 50 Composition (%)
Biochars (déchets de bois pyrolysés)	30	50
Déchets verts variés et pré-compostés	30.8	22
Déchets verts frais	7.7	5.5
Compost immature d'un andain précédent (inoculum bactérien)	7.7	5.5
Fumier de vache	15.4	11
Déchets fins de gravière (structure minérale)	8.4	6

Substrat: propriétés

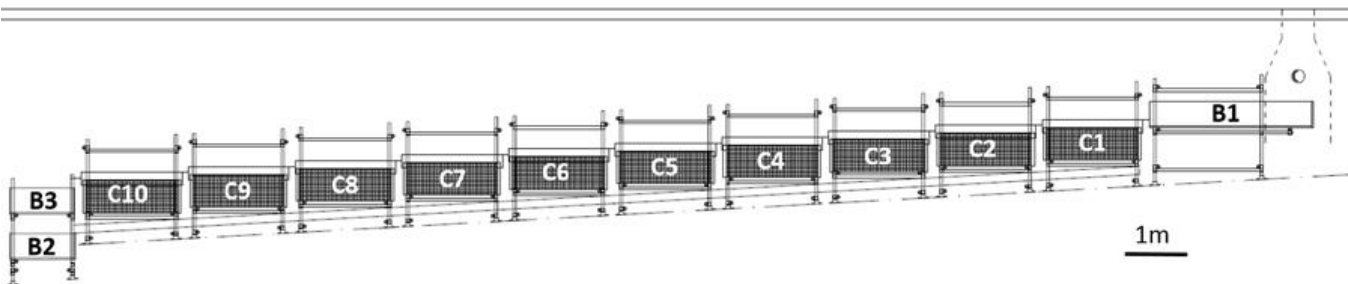
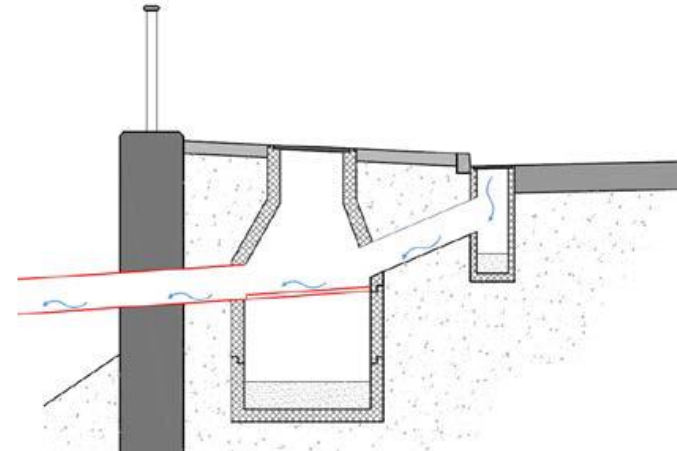
Qualités du substrat		
Perméabilité	Ksat mm/h: 1900	Ksat mm/h exposition à une année de pollution de route à fort trafic : 36
Compatibilité plantes	Teneurs en métaux inférieure à valeur indicative Osol	Nutriments présents

Position du colmatage:
en surface

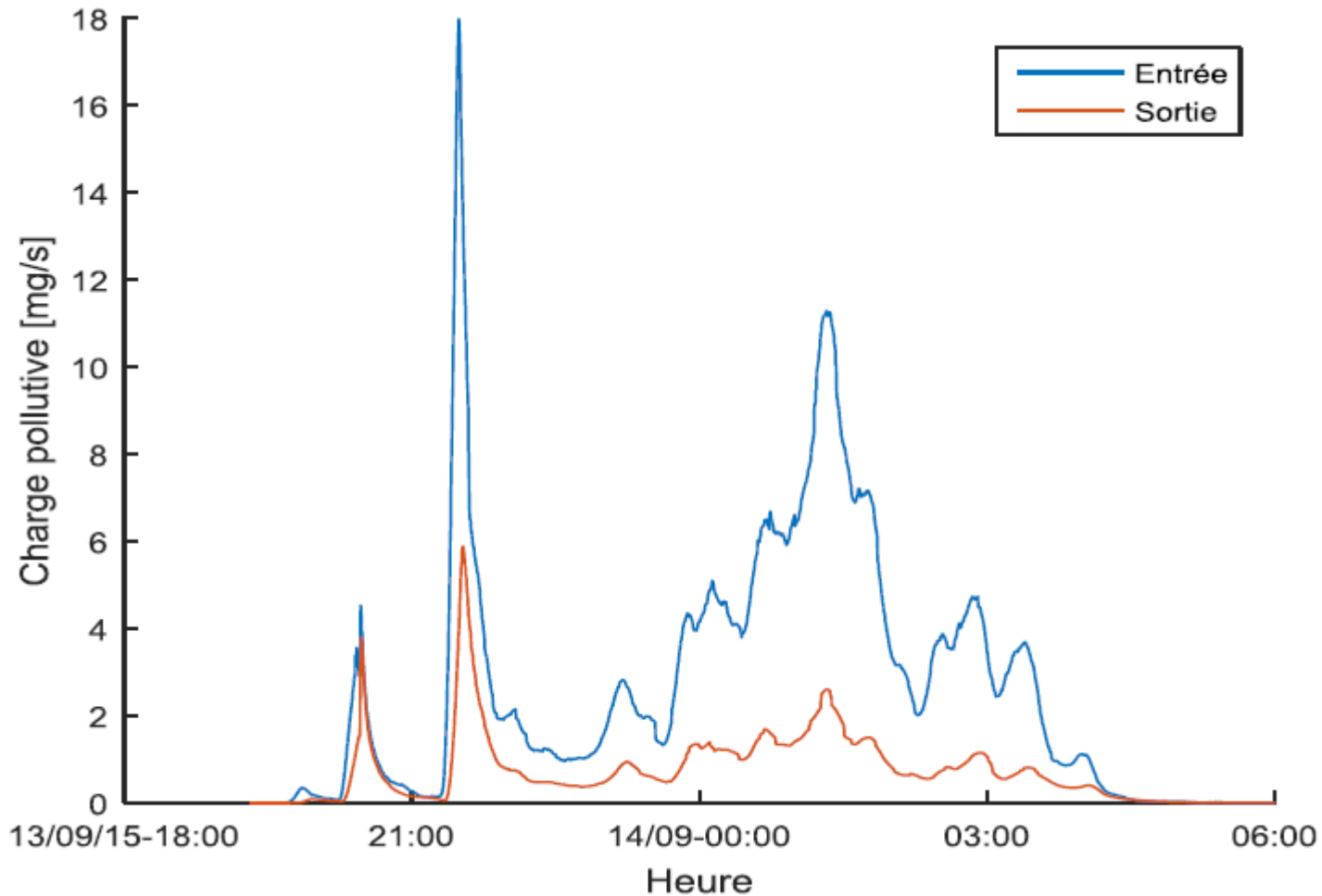


Source: SMACC, 2016.

Performance de traitement

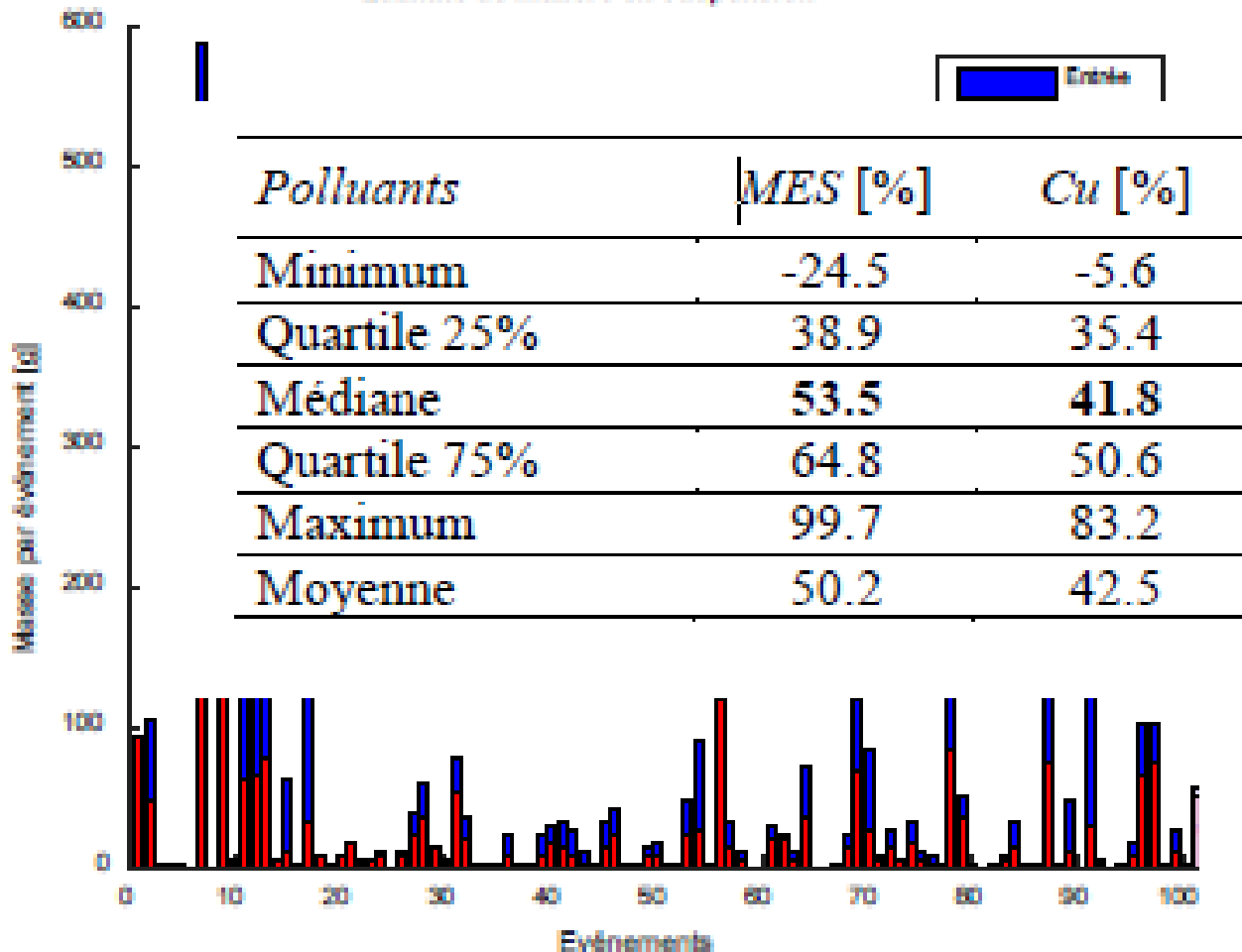


Suivi en continu des flux polluants



Performances de traitement

Quantité de matière en suspension

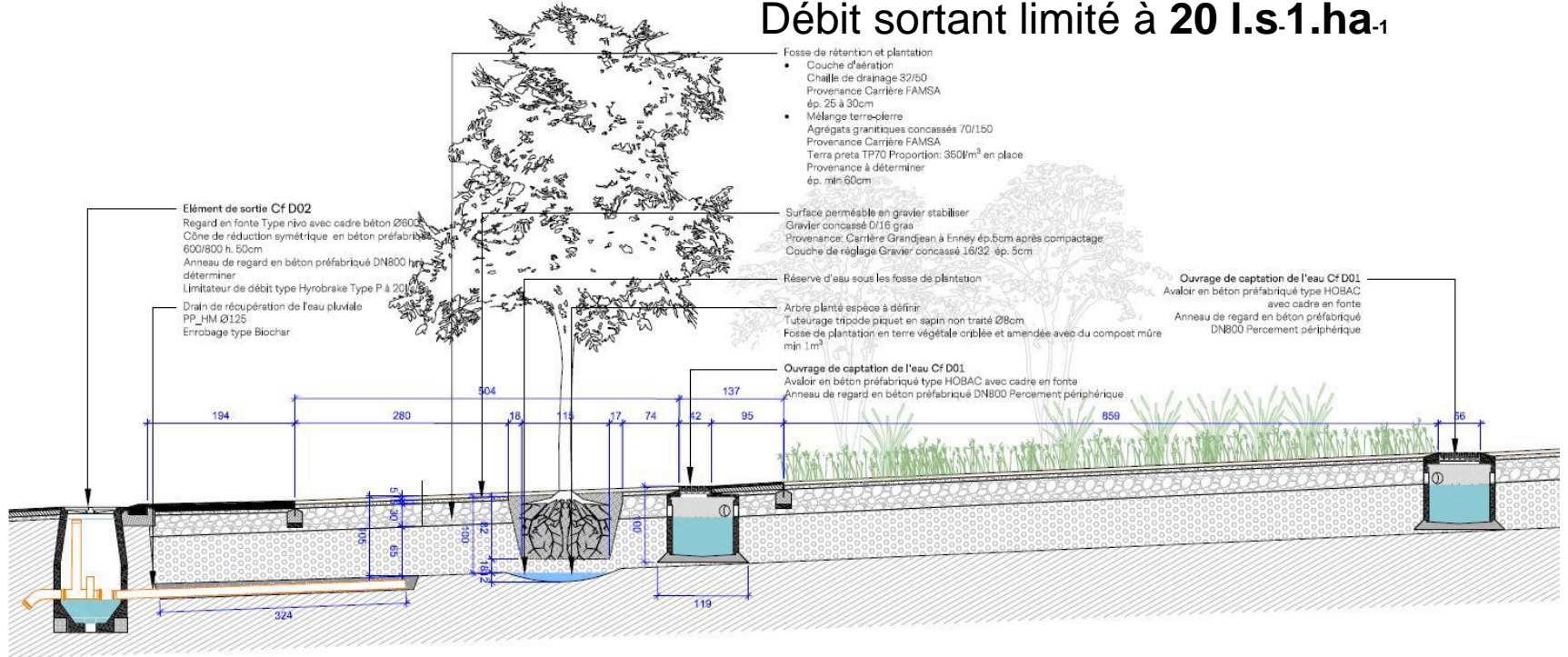


Fosses de plantation Lausanne, projet hepia

Contraintes:

Infiltrer **34 l.m⁻²** de surface imperméable

Débit sortant limité à **20 l.s.1.ha⁻¹**



Structure:

Boulets sur TP70 et pierres sur sous-sol en place

Fonctionnalité triple

- Rétention
 - Epuration
 - Réserve utile pour la végétation
-
- => matériaux à réactivité chimique et à large spectre de porosité (possibilité de drainage rapide et de réserve utile)

Composition

- Mélange biochar compostés (TP) et pierres
 - 1 volume de TP et 4 volumes de pierre
- Porosité drainage rapide 135l/m³
 - L'installation Permet le stockage et la gestion de la pluie décennale
- Porosité réserve utile 67 l/m³
 - L'installation permet de fournir l'eau nécessaire en période estivale à la plantation d'arbres

Conclusions

- Les sols en place doivent être soignés et protégés pour garder leur propriété de régulation des eaux
- Le design des infrastructures urbaine doit être repensé pour permettre l'accès de l'eau aux surfaces encore perméables.
- En l'absence de sols adéquats, des substrats peuvent être développés en fonction d'objectifs d'utilisation définis.