

SEMINAIRE OPUR 2023

Thématique 3 : Contrôle à la source des eaux de ruissellement urbain

Potentiel des arbres de pluie dans la gestion des eaux pluviales : Bilan hydrique d'un dispositif expérimental au sein de la mini ville Sense City

Hayath ZIME YERIMA

Programme de recherche:
OPUR5 2019-2023

Thème R3:
Gestion à la source des eaux
pluviales

Action R3.3 :
Evaluation de la performance
hydrologique des « Arbres de
pluie »

R3.3 – Evaluation de la performance hydrologique des « Arbres de pluie »

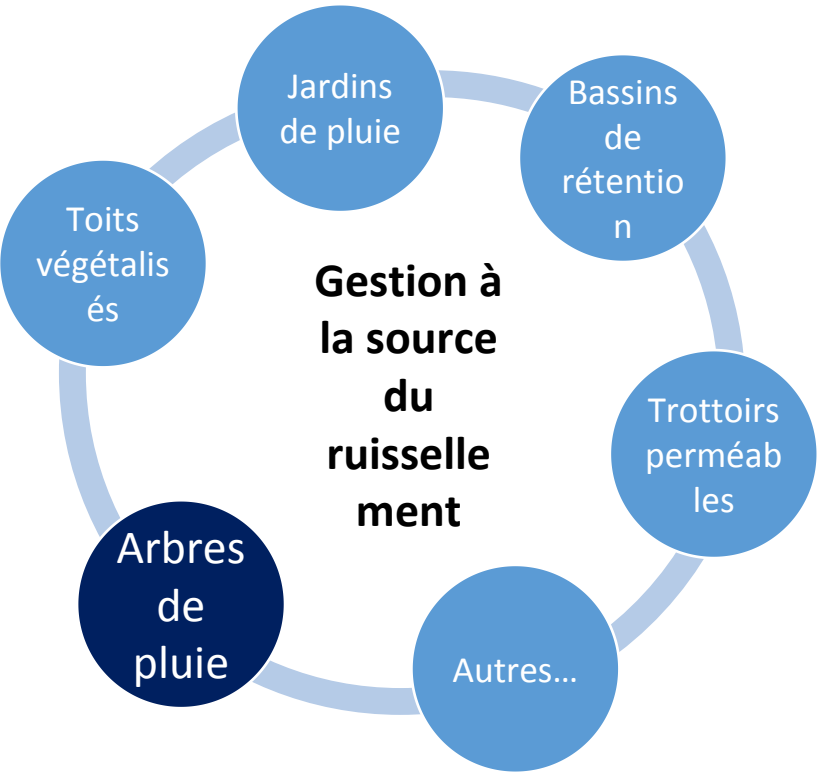
Thèse CIFRE: L'arbre d'alignement comme moyen innovant pour la maîtrise des eaux pluviales en ville : vers l'optimisation des services rendus

Mieux connaître le rôle des arbres de pluie afin d'optimiser leurs fonctions dans la gestion du ruissellement urbain

Direction et encadrement
Martin SEIDL,
Marie-Christine GROMAIRE,
Abdelkader BENSAOUD,
Emmanuel BERTHIER

Décrire le fonctionnement hydrologique d'un arbre de pluie

TECHNIQUES DE GESTION A LA SOURCE



- Limiter les débordements des réseaux
- Limiter la pollution rejetée lors des périodes de pluie

ARBRES de PLUIE

- Plusieurs type développées basées sur le stockage et l'infiltration

Limite des études

- Quantification de la capacité de rétention
- Impact sur le bilan hydrologique urbain

Contexte de l'étude	Expérimentation de Baignolet	Dispositif de Sense-City	Fonctionnement hydrologique	Perspectives
---------------------	------------------------------	--------------------------	-----------------------------	--------------

ARBRE DE PLUIE (TREE BOX PIT, STORMWATER TREE, TREE FILTER, TREE BOX FILTER...)

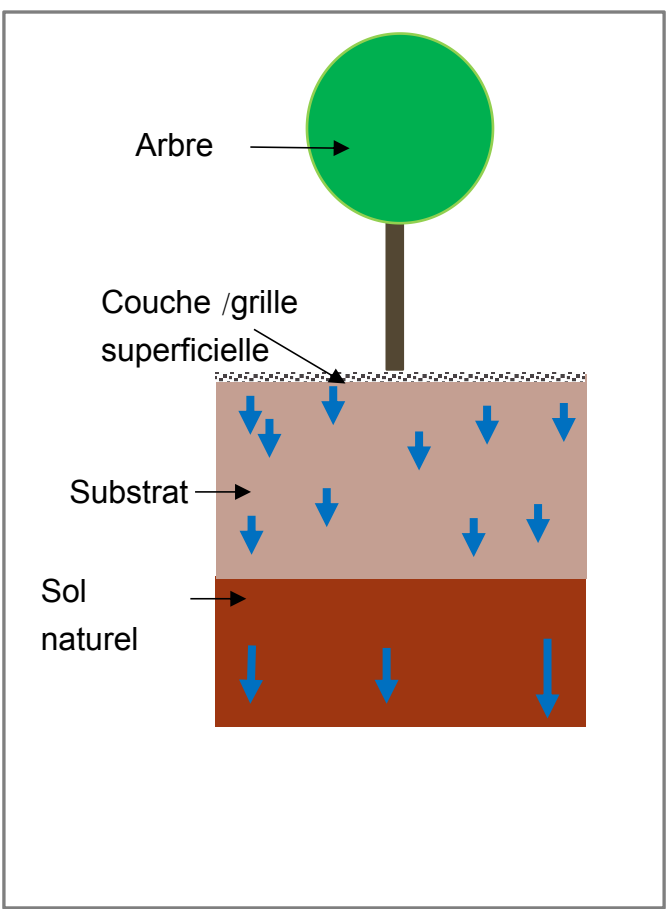
L'arbre de pluie est une technique alternative de stockage et d'infiltration des eaux pluviales, permettant de gérer la pluie au plus près de son point de chute, en amont des réseaux, diminuant ainsi les inondations et la pollution en aval.



Arbre de pluie

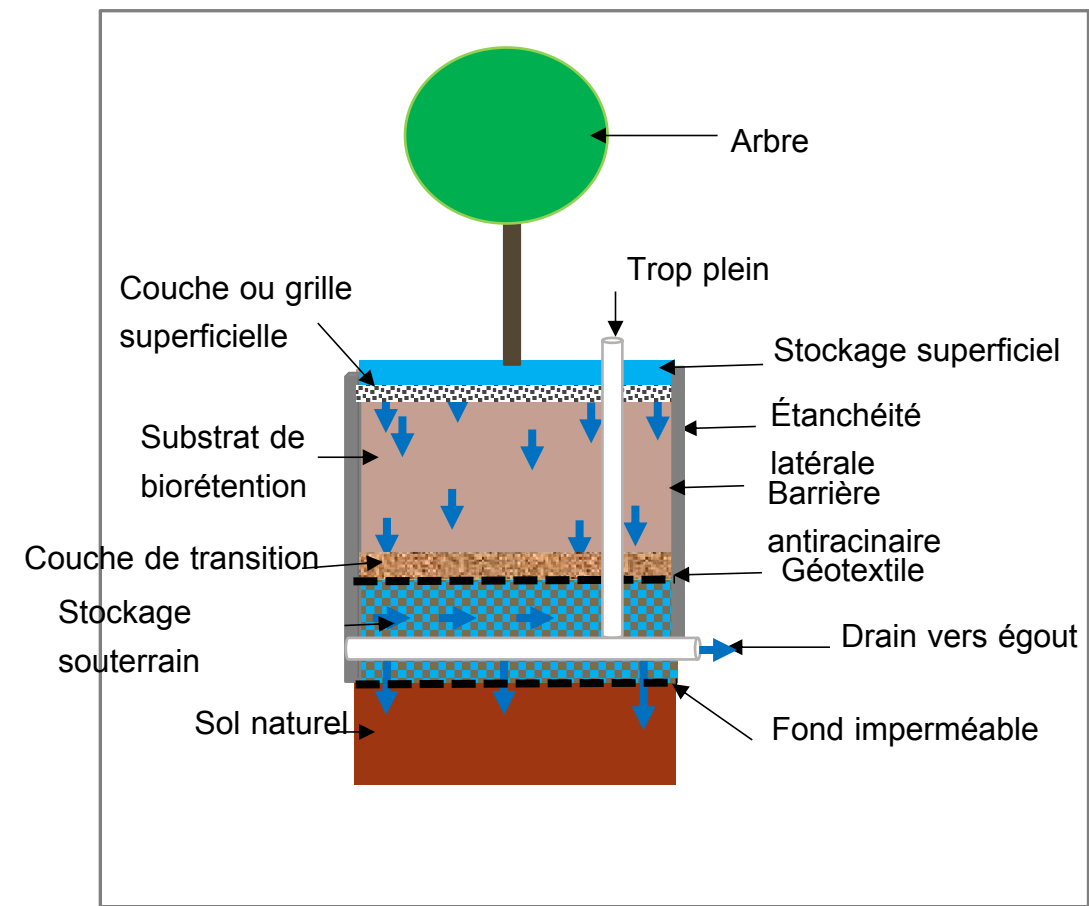
- Collecte des eaux de pluie**
Diminution des rejets dans le réseau de récupération
- Réduction du parcours de ruissellement**
Diminution de la pollution
- Stockage**
Réserve hydrique pour les arbres surtout en périodes sèches et caniculaires
- Infiltration**
Drainage vers le sous-sol ou vers un exutoire

Evolution d'un arbre d'alignement vers le concept « arbre de pluie »

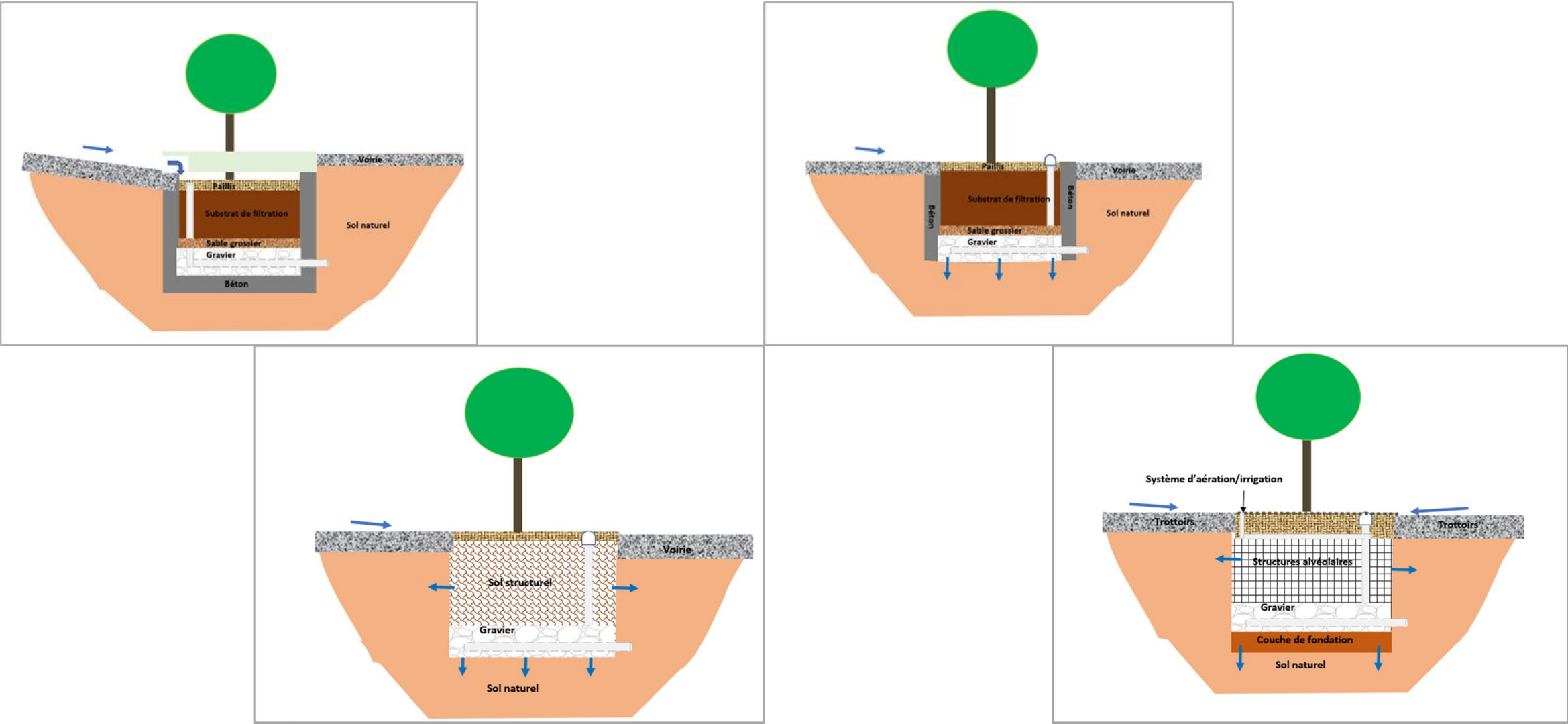


Principales fonctions

- Réduire les volumes ruisselés
- Écrêter débit de pointe
- Alimenter les nappes
- Traiter des polluants
- Favoriser le confort thermique
- ...

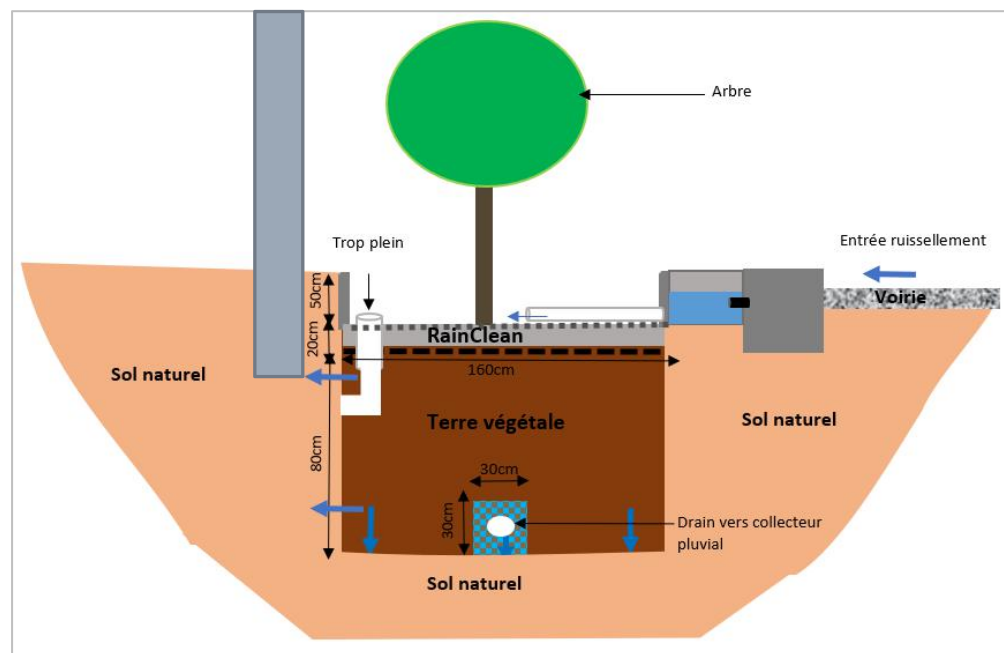


Evolution d'un arbre d'alignement vers le concept « arbre de pluie »



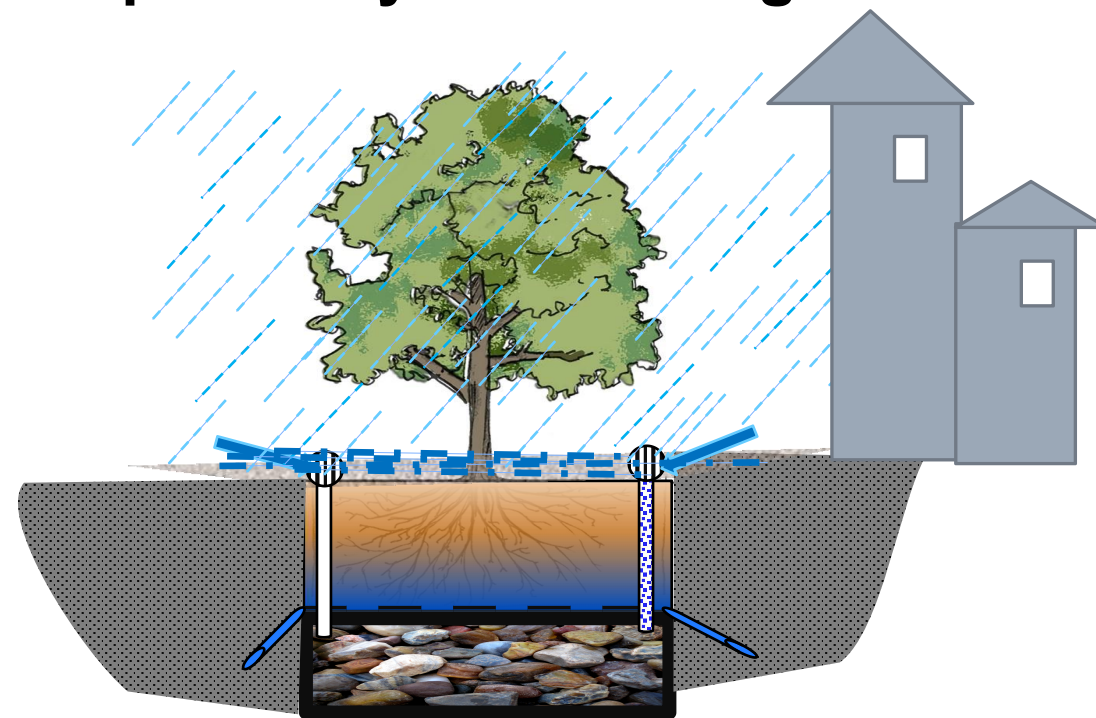
Typologie d'arbres de pluie étudiés

Dispositif de SenseCity



- **Gestion du ruissellement**
- Réduction du ruissellement
- Infiltration et exfiltration

Dispositif Hydrasol à Baignolet



- **Trame verte**
- Stockage du ruissellement
- Réalimentation de l'arbre

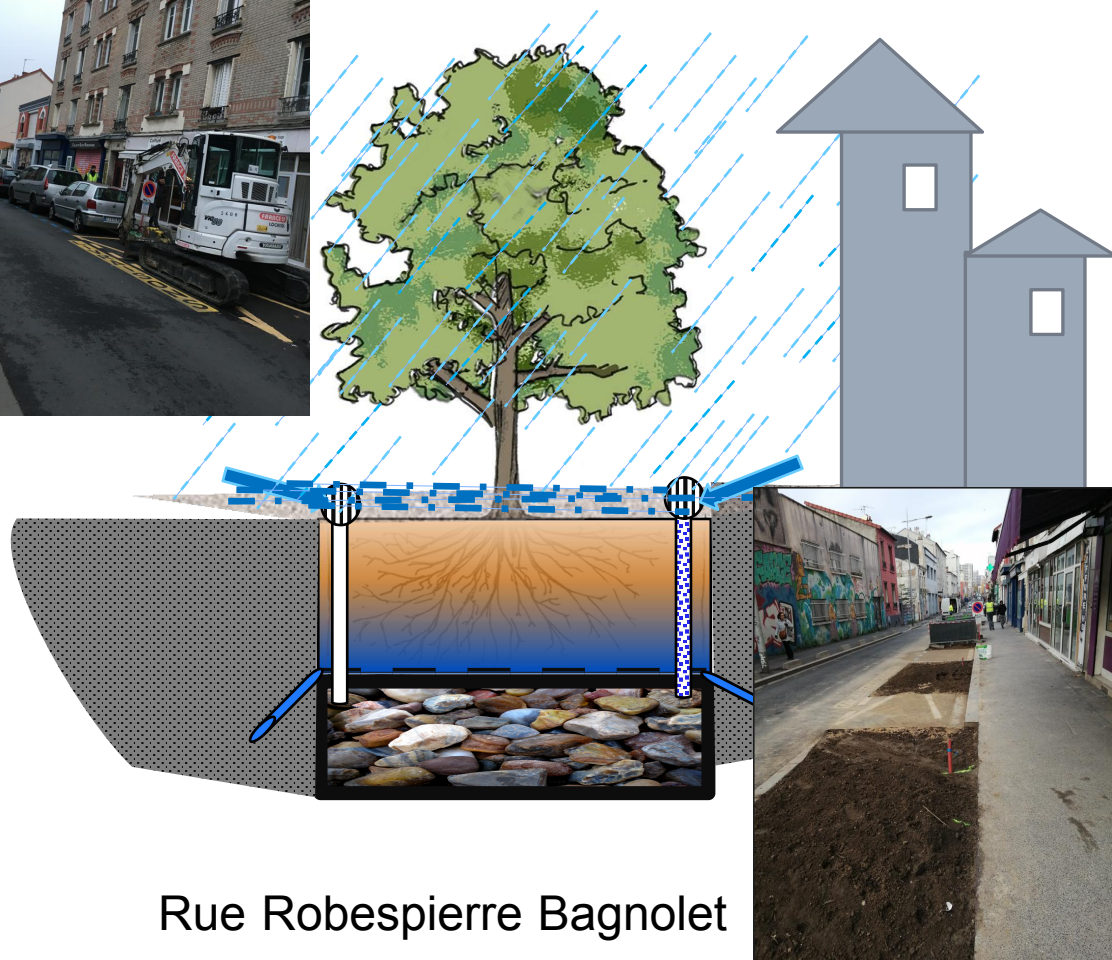
Partenariat Hydrasol avec le Plan Canopée du CD93

Objectifs: 1) *Amélioration de résilience des arbres en périodes estivales* et 2) *gestion de ruissellement*

Mise en place en cours...

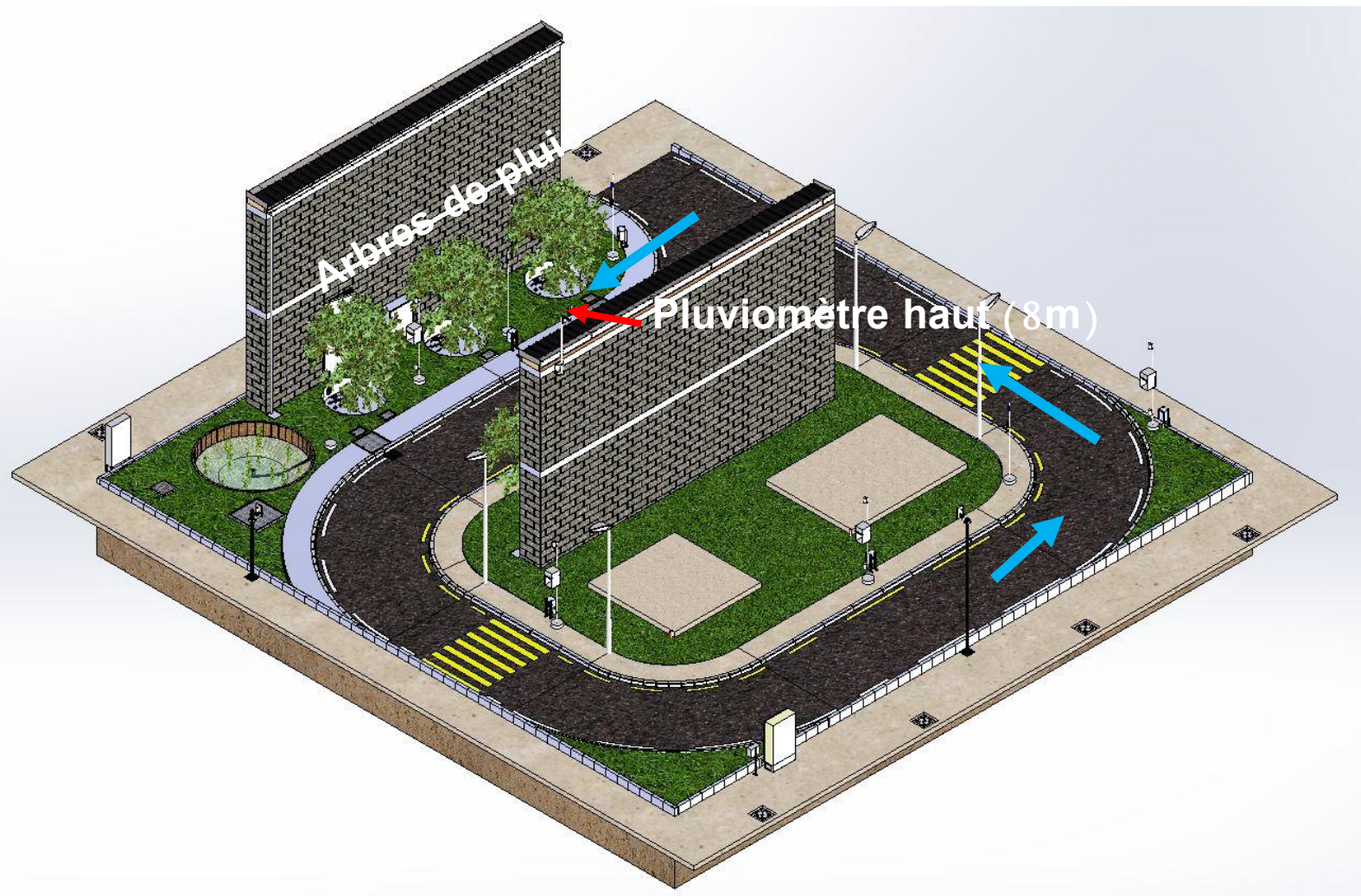
- Aménagements urbain standard combiné avec stockage partielle du ruissellement sous les places de stationnement adjacent
- Nouvelle configuration de fosse avec une couche de stockage sur un fond imperméable;
- Expérimentation de 3 arbres de pluie et 3 arbres témoins;
- Suivi de paramètres microdendrométriques , du potentiel hydrique du sol et taux de remplissage du

réservoir



Rue Robespierre Bagnolet

Sense-City



3 Arbres de pluie alimentés par le ruissellement de la chaussée

- ü Erables boules
- ü Hauteur 3.5 m
- ü Diamètre 7 cm

Description du fonctionnement hydrologique du dispositif

PARAMETRES MESURES.

- Précipitations (mm)
- Débits entrants (l/mn)
- Flux de sève (l/h)
- Humidités du sol (m^3/m^3)
- Débits sortants

Description des flux hydriques

Flux entrant = 2 Pluviomètres, débitmètres électromagnétique

Flux sortant = Capteur de flux de sève (dissipation thermique); auget basculant, Stock= Capteur de teneur en eau

Indicateurs de performances

Abattement du volume événementiel

$$Ev_{BV, ev} (mm) = H_{pluie_{ev}} - \frac{V_{sortant_{ev}}}{(Surface\ BV + Ouvrage)}$$

Temps de vidange

Temps de réaction

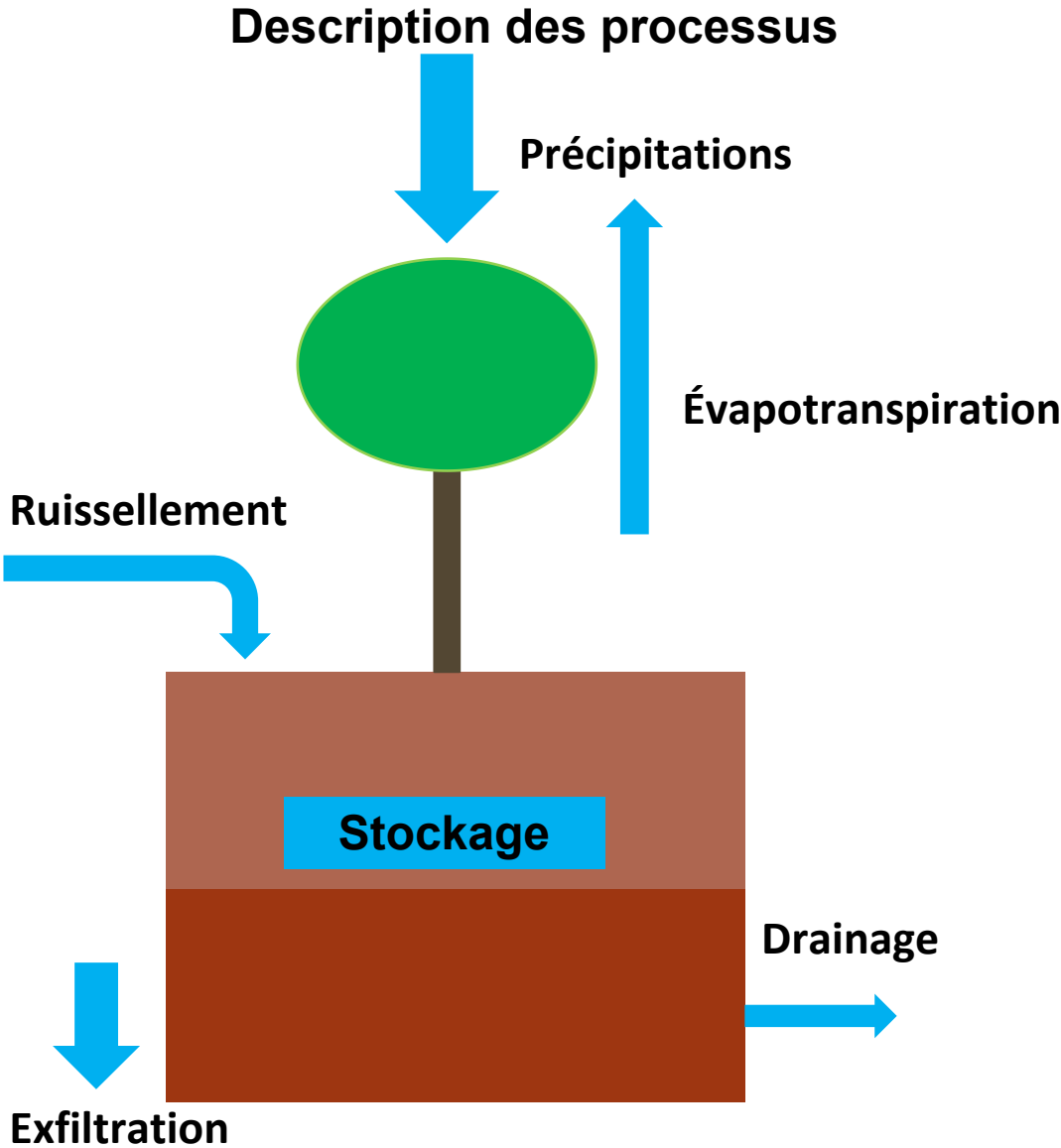
$$HTv = H_{fin\ drainage} - H_{fin\ ecoulement}$$

$$HTr = H_{début\ drainage} - H_{début\ ruissellement}$$

Bilan hydrique

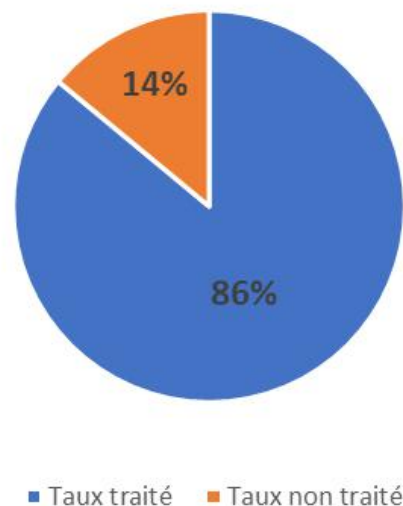
$$Flux\ entrants - Flux\ sortants = variation\ de\ stock$$

$$Stock\ initial + volume\ entrant =$$



Performance hydrologique et hydraulique

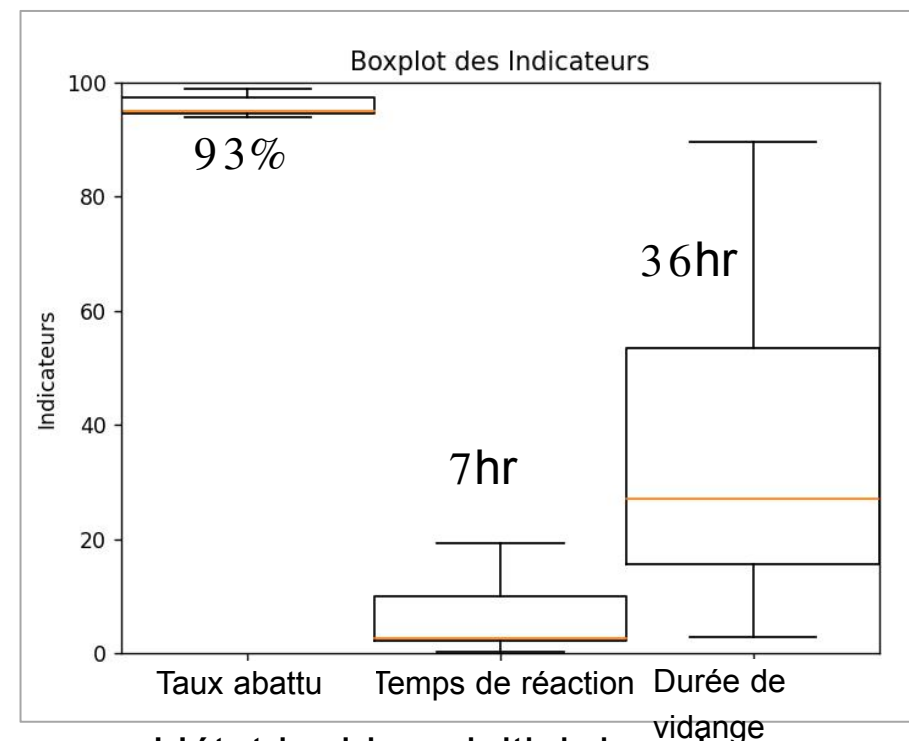
Abattement de volume



- Période annuelle (avril-décembre 2022)
- Abattement de 357mm sur une pluie de 414mm soit 86%;

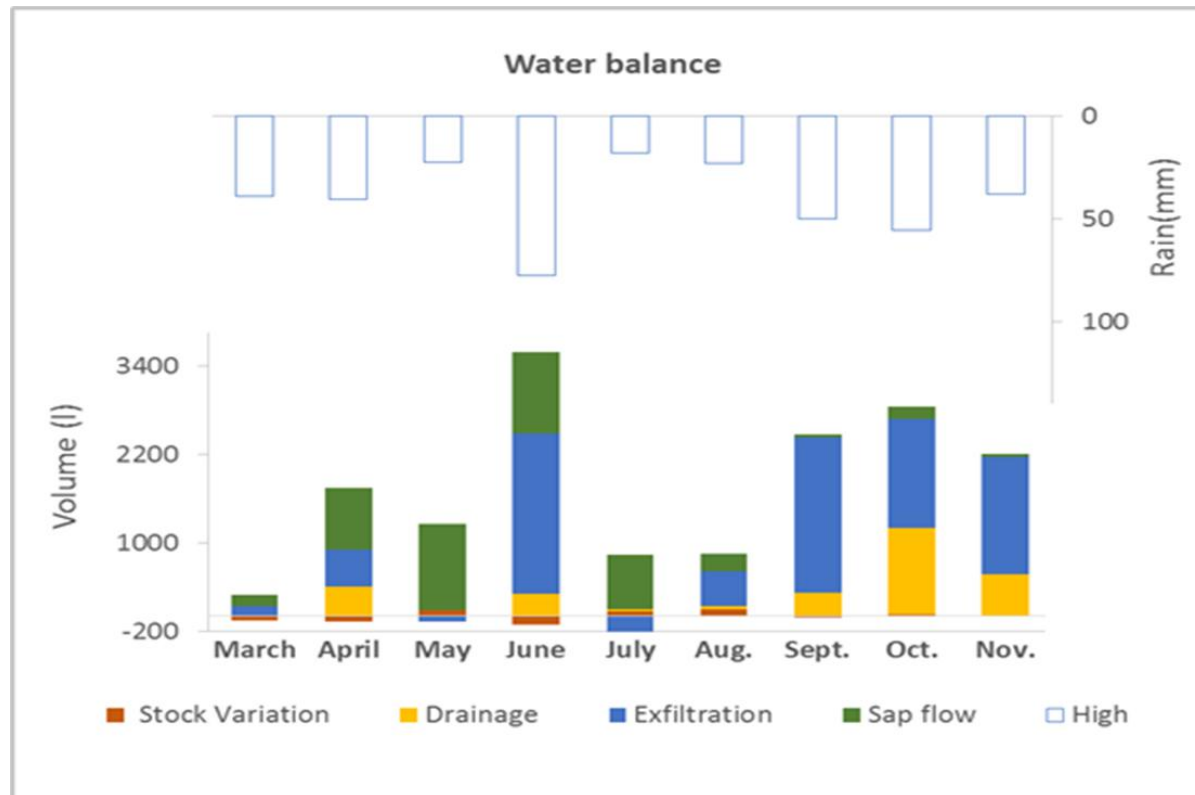
• Pas de débordement du système
Abattement toitures végétalisées 50-70% (Ramier et al 2018)

L'arbre de pluie peut capter intégralement le volume généré par une pluie



- L'état hydrique initial du sol
- Propriétés du substrat

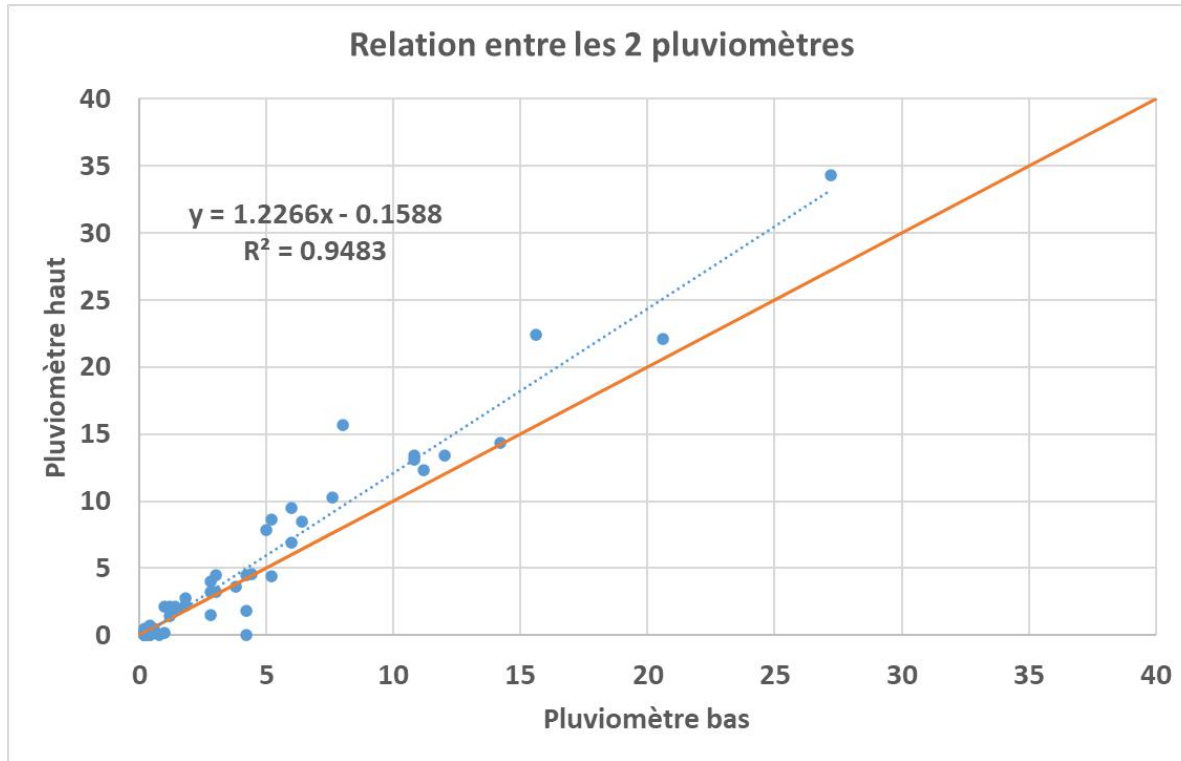
Bilan hydrique



- Rafraichissement du milieu local en été
- Recharge de la nappe

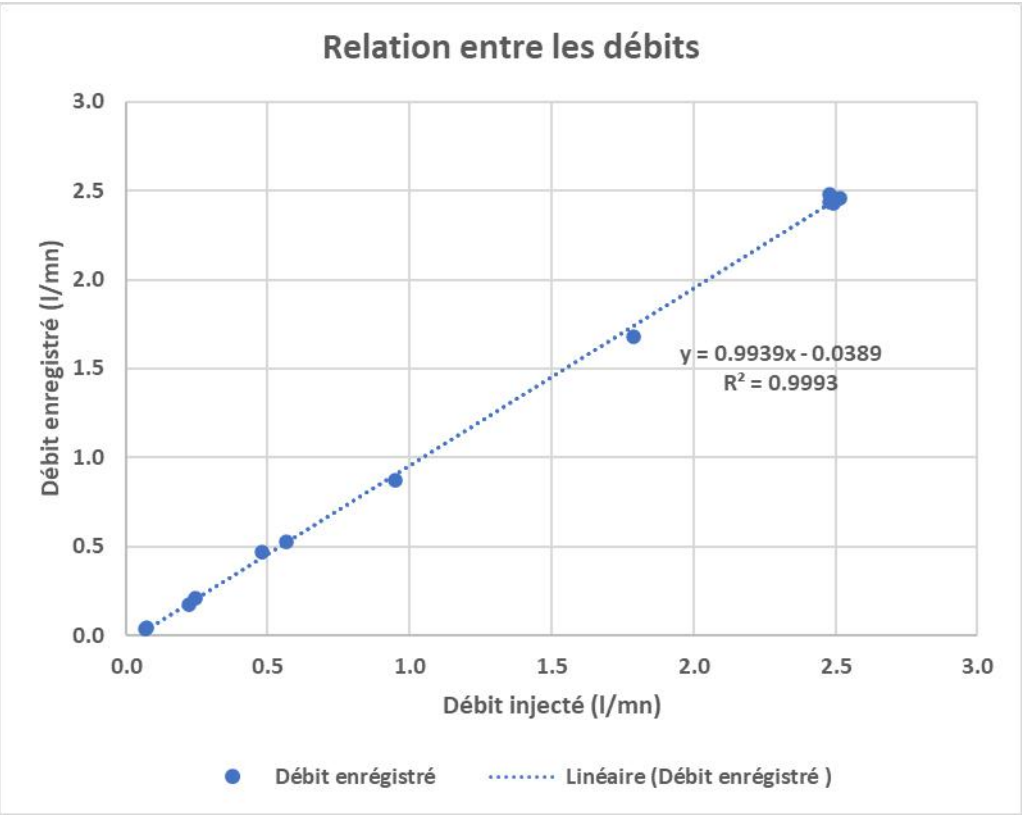
- ü Taux d'exfiltration plus important soit 53%, transpiration de 29 % et d'un drainage de 18 %;
- ü Transpiration faible en automne et en période hivernale, caractérisée par la perte des feuilles;
- ü Transpiration est plus élevée en été,

Incertitudes sur les précipitations



- ü **Sous estimation du pluviomètre bas avec écart de 20%;**
- ü **Impact du milieu environnant autour des pluviomètres(hauteur, murs..);**
- ü **Choix du pluviomètre bas représentant le mieux le positionnement des arbres**

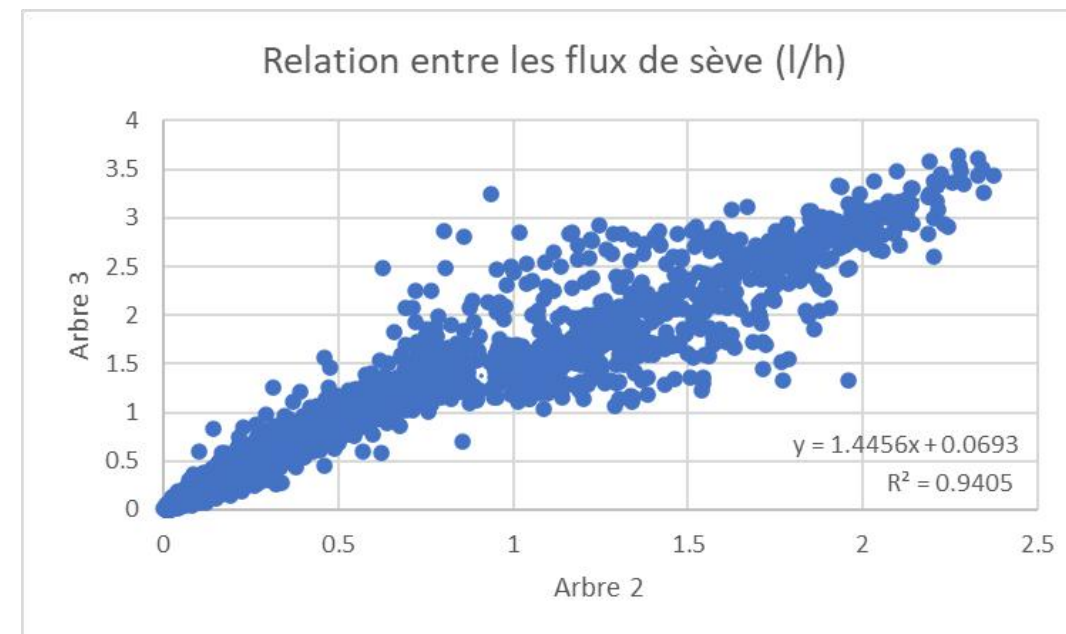
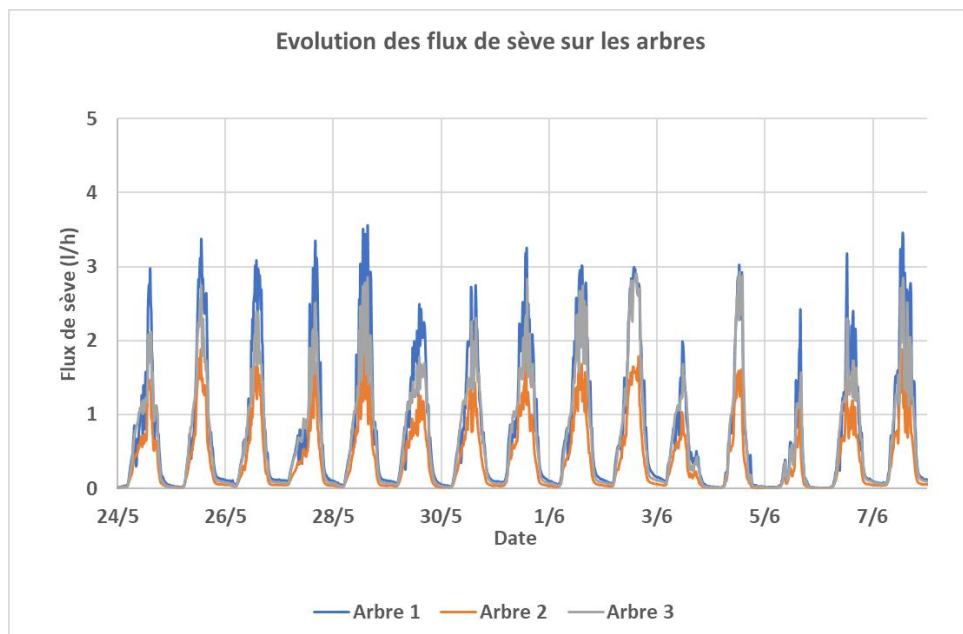
Incertitudes sur la mesure du volume entrant



- ü **Incertitudes 7% pour $Q = 0.5l/mn$**
- ü **Incertitudes 25% pour $Q = 0.5l/mn$**

- ü **Différents tests d'injections**
- ü **Sous estimation des débits enregistrés**
- ü **Refaire des test d'injections avec des gammes différentes de débits**
- ü **Quantifier le volume non enregistré**

Incertitudes sur la mesure du flux de sève



- ü Dynamique identique flux de sève –ensoleillement avec un décalage
- ü Incertitudes liées aux dimensions (densité, surface foliaire...)
- ü Quantifier par d'autres méthodes

***Ecart entre les capteurs 40%
Incertitudes 30% (Forster et al,
2019)***

Contexte de l'étude	Expérimentation de Bagnolet	Dispositif de Sense-City	Fonctionnement hydrologique	Perspectives
---------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	--------------

- ü **Arbre de pluie, technique prometteuse de gestion des eaux pluviales;**
- ü **Bilan annuel: infiltration prépondérante 53%, évapotranspiration 29 %;**
- ü **Suivi des dispositifs expérimentaux à SenseCity et Bagnolet;**
- ü **Modélisation hydrologique du dispositif de SenseCity;**
- ü **Essais écophysiologicals sur la résistance face à un excès d'eau.**

MERCI DE VOTRE ATTENTION

