

Caractérisation des transferts d'eau dans une bande enherbée faisant partie d'un ouvrage végétalisé de filtration/infiltration des eaux de ruissellement de voirie

Journées GFHN



K. Flanagan, T. Kanso, D. Ramier, P. Dubois, E. Thomas, G. Chebbo, P. Branchu, M.-C. Gromaire

Contexte

- **Les eaux de ruissellement de voirie sont fortement polluées**
 - Susceptibles de dégrader la qualité des milieux aquatiques
- **Directive Cadre sur l'Eau de l'Union Européenne**
 - Bon état chimique et écologique des milieux aquatique
 - Préconise une maîtrise à la source de polluants



+



=

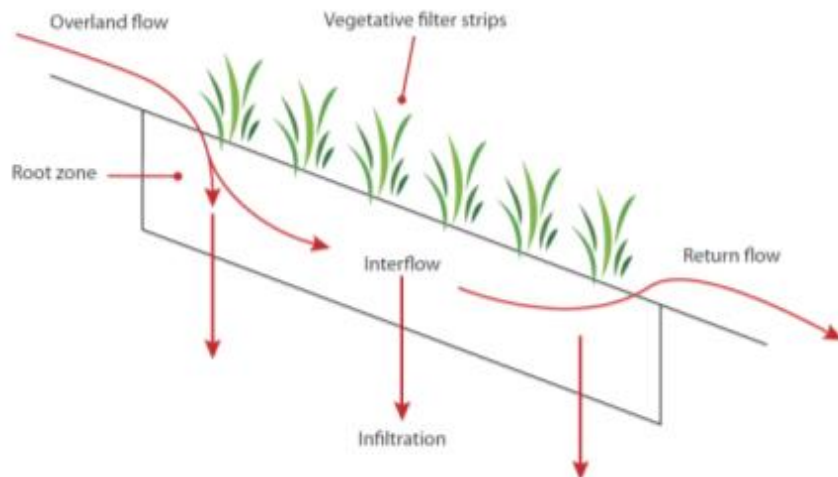


Contexte: Solutions techniques

- Maîtrise à la source de la pollution des eaux de voirie
- Ouvrages végétalisés de collecte/filtration/infiltration des eaux de voiries – Fonctions écosystémiques

Bandes enherbées

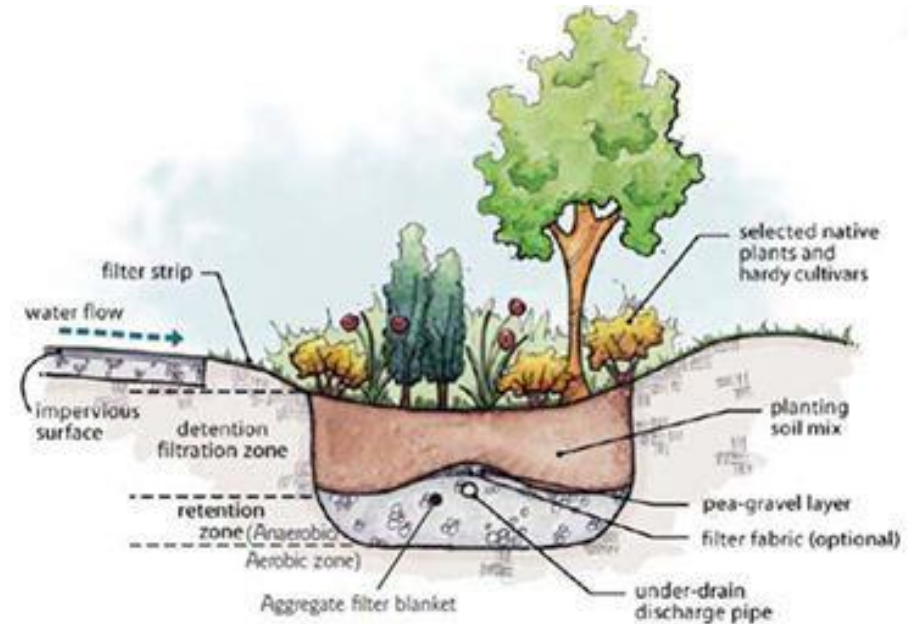
- Ruissellement d'eau à travers une surface de végétation dense
- Prétraitement de l'eau ruissellant



Grismer et al., 2006

Biofiltration

- Stockage d'eau dans une dépression végétalisée
- Filtration à travers un substrat filtrant
- Infiltration dans le sol naturel



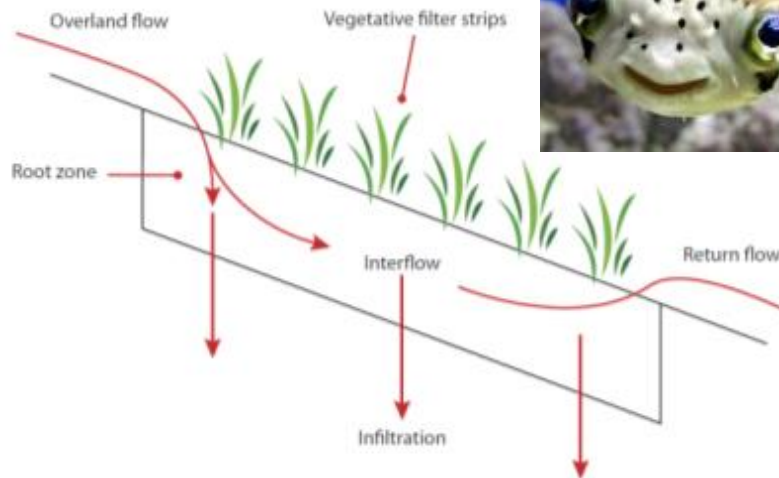
<http://www.betterground.org/rain-gardens/>

Contexte: Solutions techniques

- Maîtrise à la source de la pollution des eaux de voirie
- Ouvrages végétalisés de collecte/filtration/infiltration des eaux de voiries – Fonctions écosystémiques

Bandes enherbées

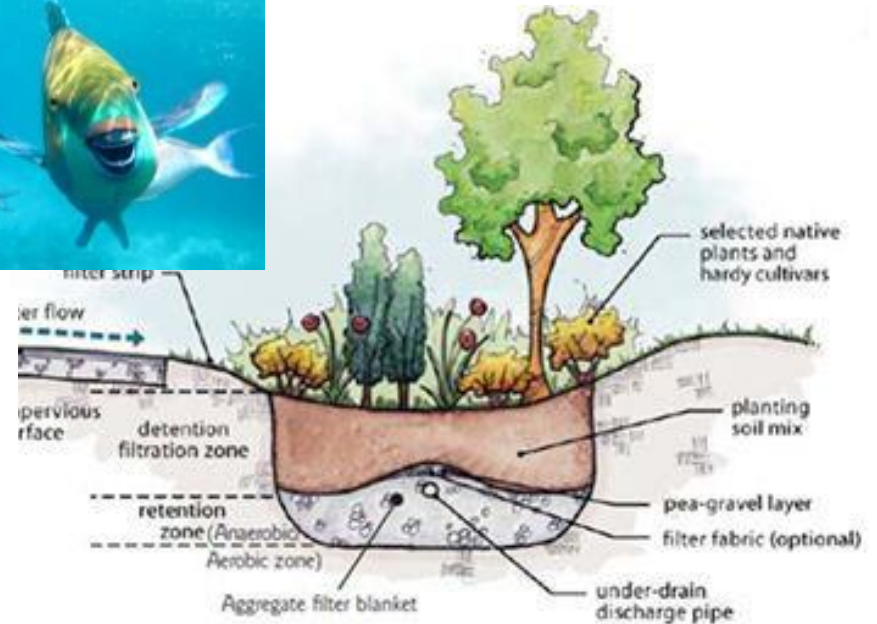
- Ruissellement d'eau à travers une surface de végétation dense
- Prétraitement de l'eau ruissellant



Grismer et al., 2006

Biofiltration

- Stockage d'eau dans une dépression végétalisée
- Filtration à travers un substrat filtrant
- Infiltration dans le sol naturel



<http://www.betterground.org/rain-gardens/>

Projet Roulépur



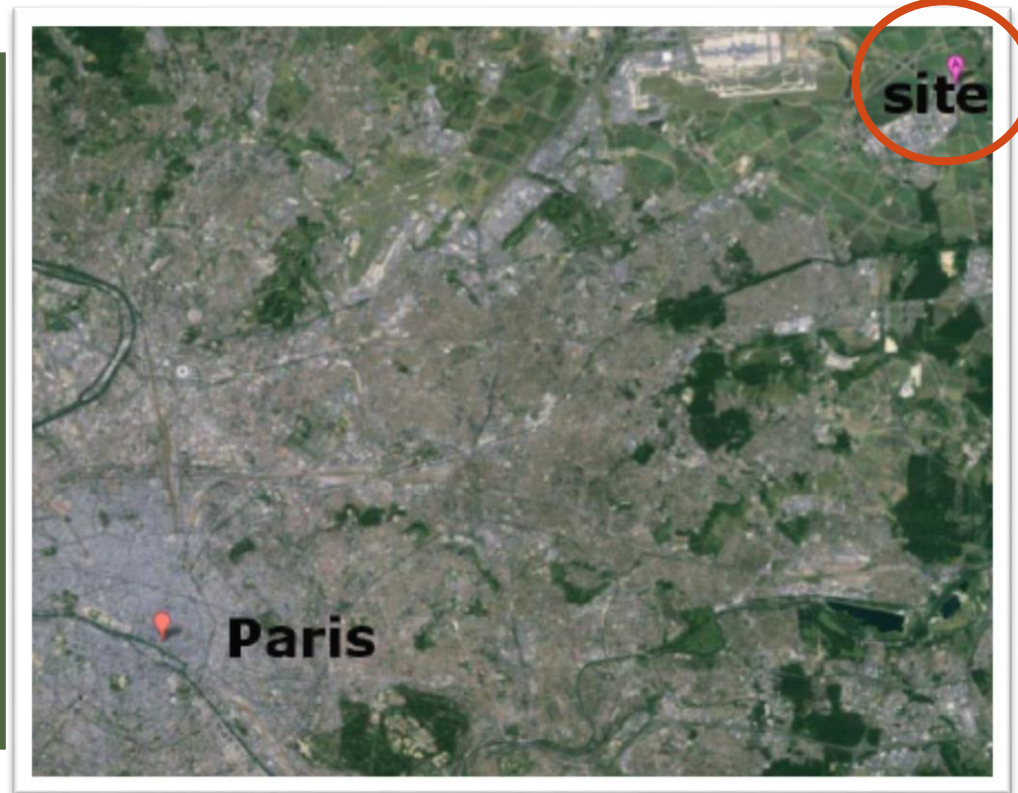
- Appel à projets de l'ONEMA sur les micropolluants
- Etude de l'efficacité épuratoire de systèmes de traitement en amont des eaux de ruissellement de voirie
 - Quatres dispositifs étudiés
 - Variété de contextes et de techniques

- Cas présenté
 - **Bande enherbée + fossé filtrant et infiltrant**

Site d'étude: Compans

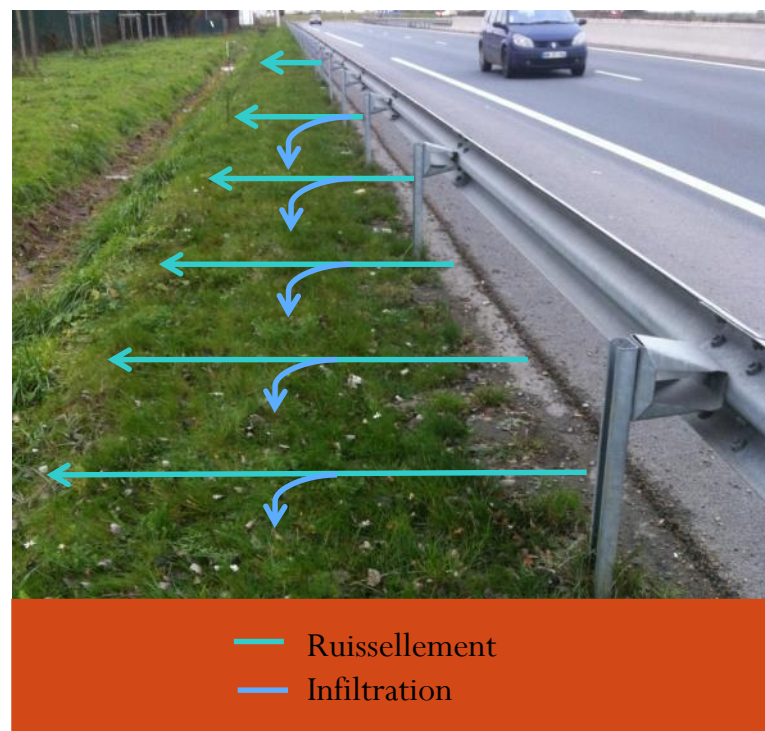
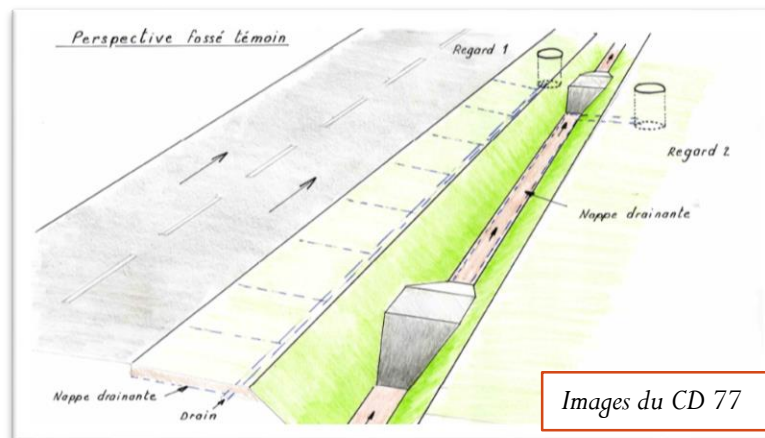
- Site localisé dans une zone plutôt polluée

- Voirie à forte circulation
 - 22 000 véhicules/jour
- Proche de l'aéroport Charles de Gaulle
- Environnement industriel



Site d'étude: ouvrage de traitement des eaux pluviales

- Dispositif mis en œuvre en 2012 par le CD77 (DPR)
- Infiltration de l'ensemble des eaux (100 ans)
- Ouvrages en série
 - Accotement végétalisé
 - Fossés filtrants et infiltrants
 - Bassins de stockage et d'infiltration



Site d'étude: processus en jeu

- Ouvrages simples à la conception mais avec **un fonctionnement complexe**

Processus hydrologiques

- Ruissellement superficiel
- Infiltration
- Evapotranspiration
- Ecoulement en milieu poreux non-saturé

Processus du devenir des polluants

- Décantation
- Filtration
- Adsorption
- Biodégradation
- Volatilisation/photolyse
- Phytoaccumulation

Site d'étude: processus en jeu

- Ouvrages simples à la conception mais avec **un fonctionnement complexe**

Processus hydrologiques

- Ruissellement superficiel
- Infiltration
- Evapotranspiration
- Ecoulement en milieu poreux non-saturé
- Ecoulements préférentiels?
- Hétérogénéité du milieu?
- Alimentation en eau non-homogène?

Processus du devenir des polluants

- Décantation
- Filtration
- Adsorption
- Biodégradation
- Volatilisation/photolyse
- Phytoaccumulation

Premiers travaux

- Caractérisation de la structure et du sol
- Caractérisation du fonctionnement hydrologique *in situ*
 - Observations sur le terrain
 - Tests d'infiltration
 - Cartographie de teneur en eau
 - Suivi en continu de la teneur en eau



Les travaux
présentés ici
concernent
**uniquement un
accotement
végétalisé**

Observations

- Non homogénéité sur la bande enherbée
 - Macropores, niveau de terrain irrégulier, présence de déchets, dépôt de sédiment



Observations

- Présence de la structure de la route sous l'accotement



- La géométrie de la **structure est mal connue** et serait variable sur la longueur de la route
- La présence de la structure aurait un **effet important sur l'écoulement** de l'eau sous l'accotement

Tests d'infiltration

- 3 méthodes *in situ* et fonctions de pédotransfert (Rosetta)

Double anneau



- Mesure en surface (sans déstructuration du sol)
- K_s

Méthode BEST



- Mesure en surface (sans déstructuration du sol)
- K_s et courbe de rétention

Guelph



- Mesure à 8 cm de profondeur
- K_s

Méthode	Double anneau	BEST	Guelph	Rosetta
K_s (m/s)	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$ $5,3 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$

Tests d'infiltration

- 3 méthodes *in situ* et fonctions de pédotransfert (Rosetta)

Double anneau



Méthode BEST



Guelph



➤ **Variabilité très importante** entre les mesures

➤ Pour le moment, impossible de conclure si cela est dû à une hétérogénéité du milieu ou à des différences entre les méthodes

➤ **Nécessité de répéter les mesures** par chaque méthode

➤ Mesure en surface (sans déstructuration du sol)

➤ K_s

➤ Mesure en surface (sans déstructuration du sol)

➤ K_s et courbe de rétention

➤ Mesure à 8 cm de profondeur

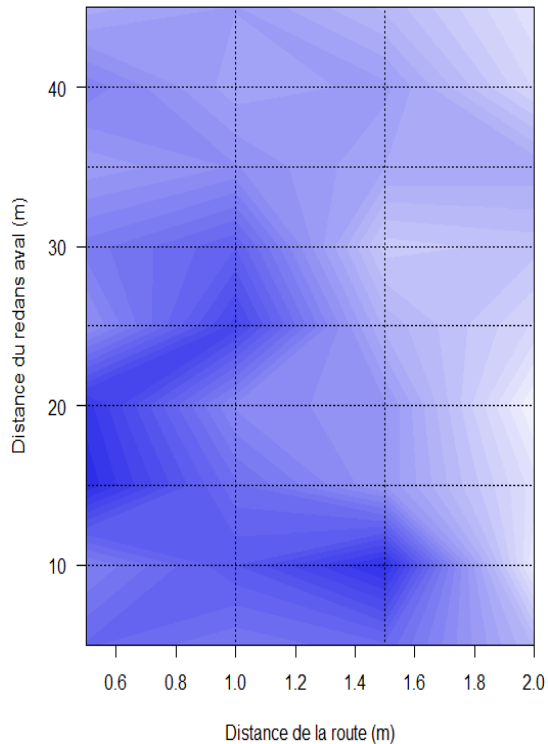
➤ K_s

Méthode	Double anneau	BEST	Guelph	Rosetta
K_s (m/s)	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$ $5,3 \cdot 10^{-6}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$

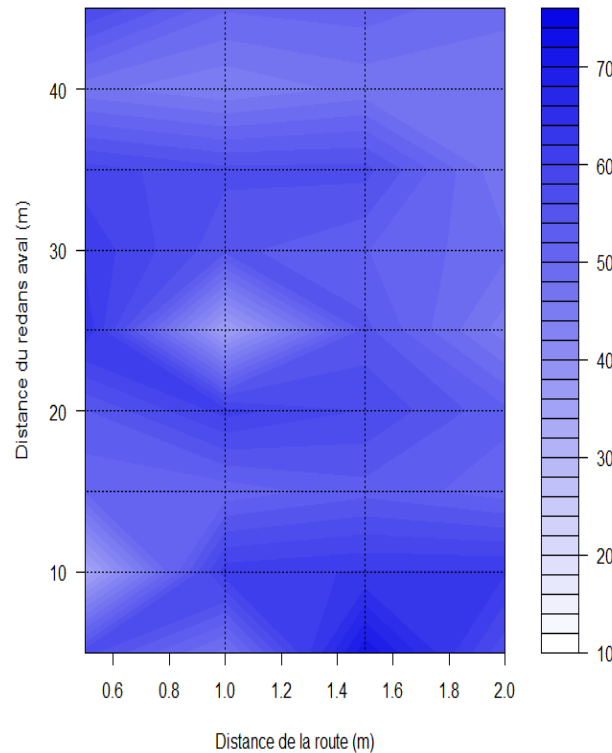
Cartographie de teneur en eau

- Variabilité de teneur en eau en surface de l'accotement

Teneur en eau sur l'Accotement 2:
Mai 2015



Teneur en eau sur l'Accotement 2:
Septembre 2015



- Mai: plus humide à proximité de la route
 - Arrivée d'eau de la route ou drainage plus rapide
- Alimentation non-homogène de l'accotement



Antécédents pluviex:

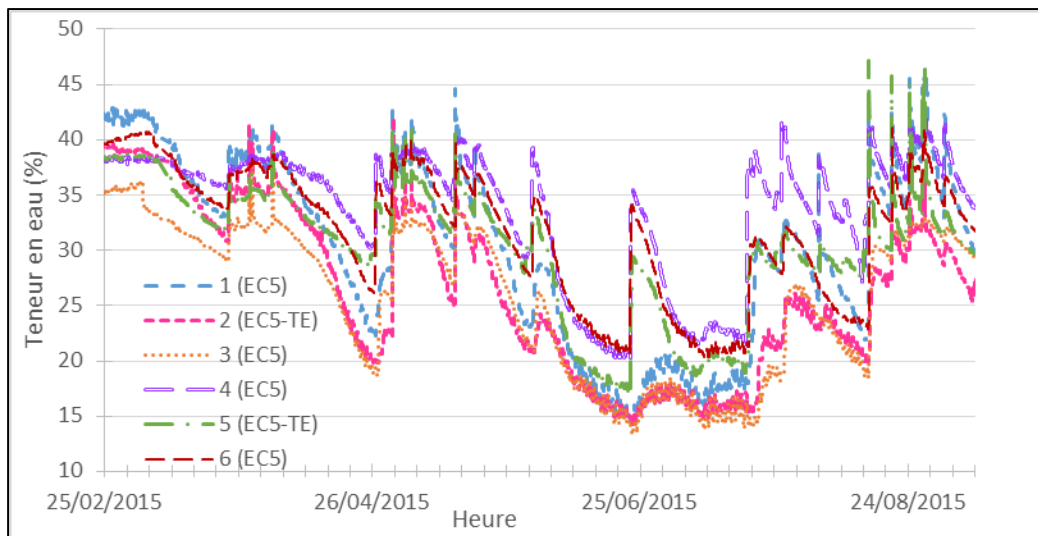
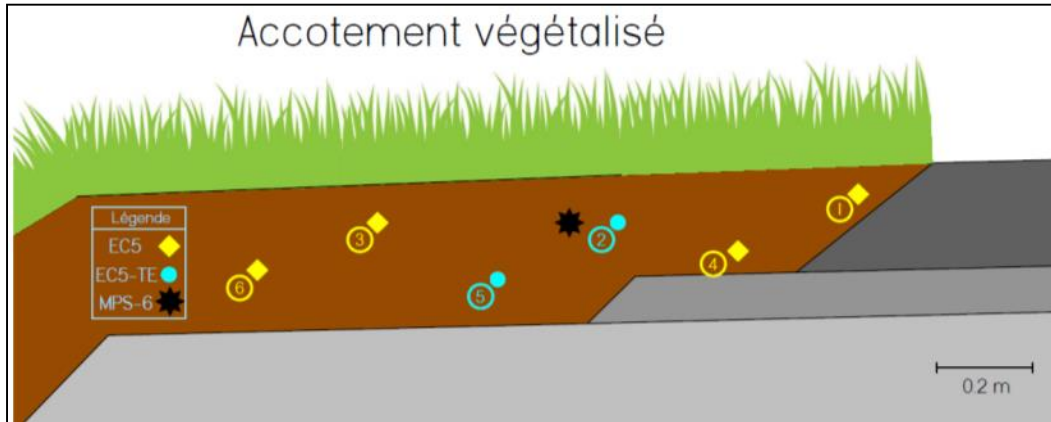
- Le jour même: 0 mm
- La veille: 1.2 mm
- La semaine précédente: 1,6 mm

Antécédents pluviex:

- Le jour-même: 6,8 mm
- La veille: 4,8 mm
- La semaine précédente: 31,6 mm

Capteurs hydrologiques

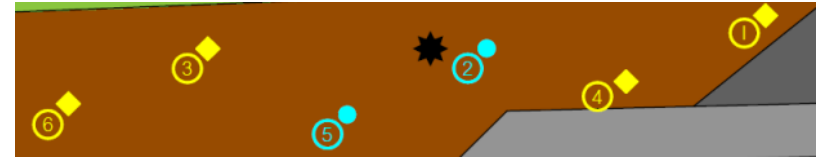
- Capteurs de teneur en eau et tension



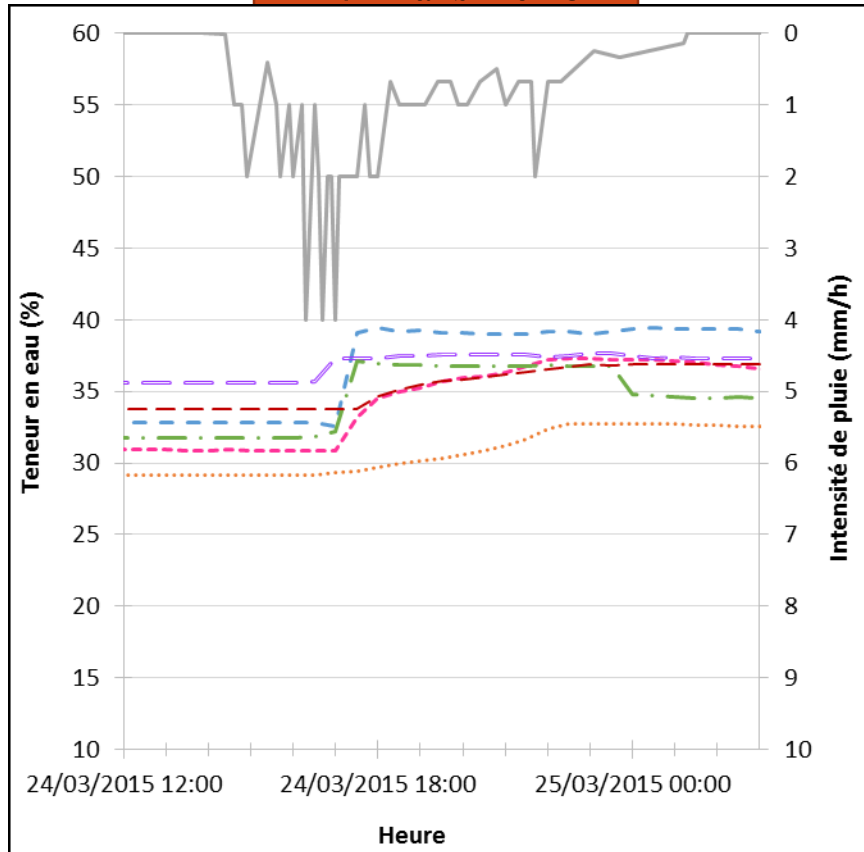
- Seront utilisés pour le calage du modèle hydrologique
- Pourront aussi apporter des informations sur la réponse de l'ouvrage lors d'une pluie suite à une période sèche

Capteurs hydrologiques

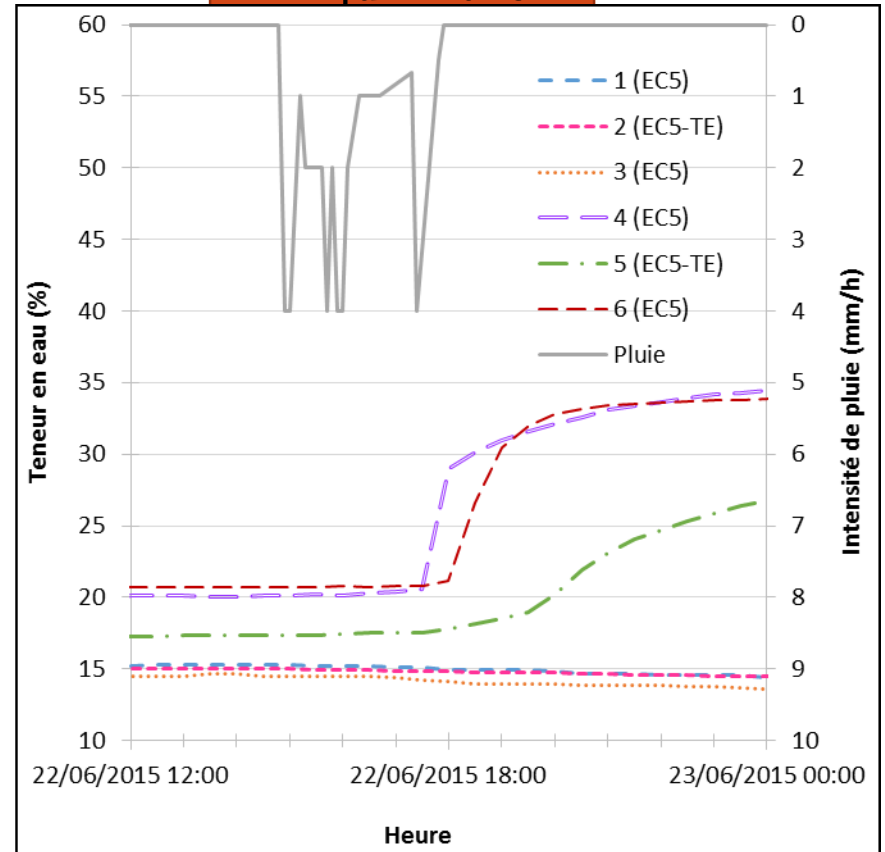
- Réponse réelle de l'ouvrage



24 Mars 2015

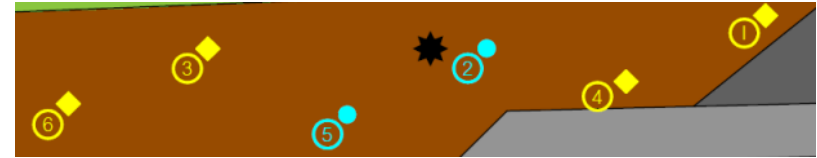


22 Juin 2015

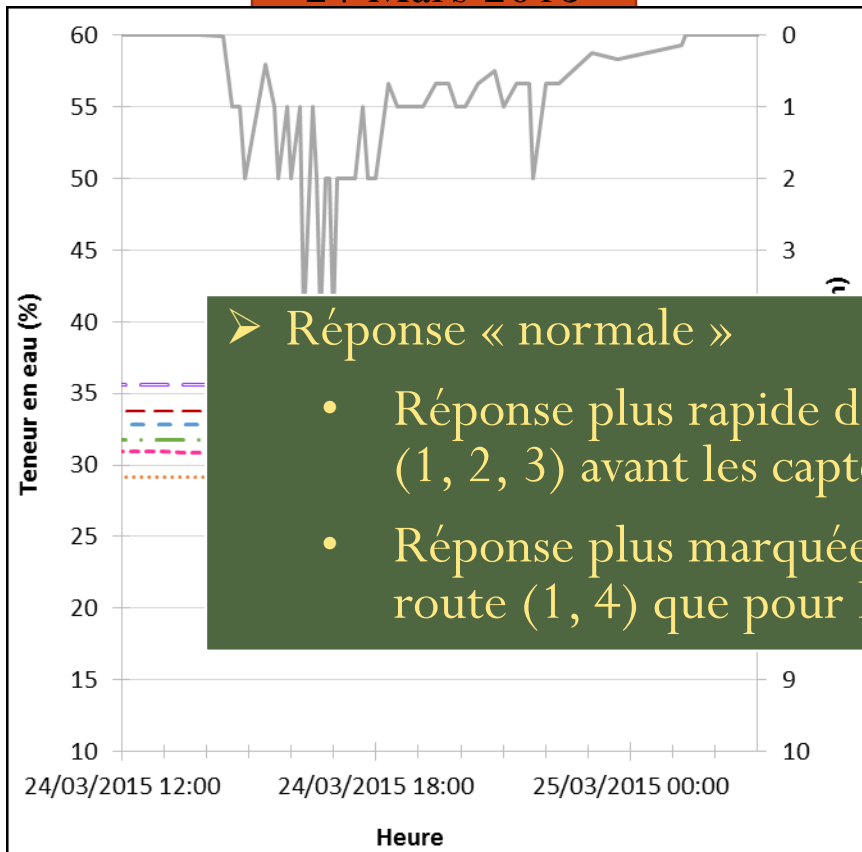


Capteurs hydrologiques

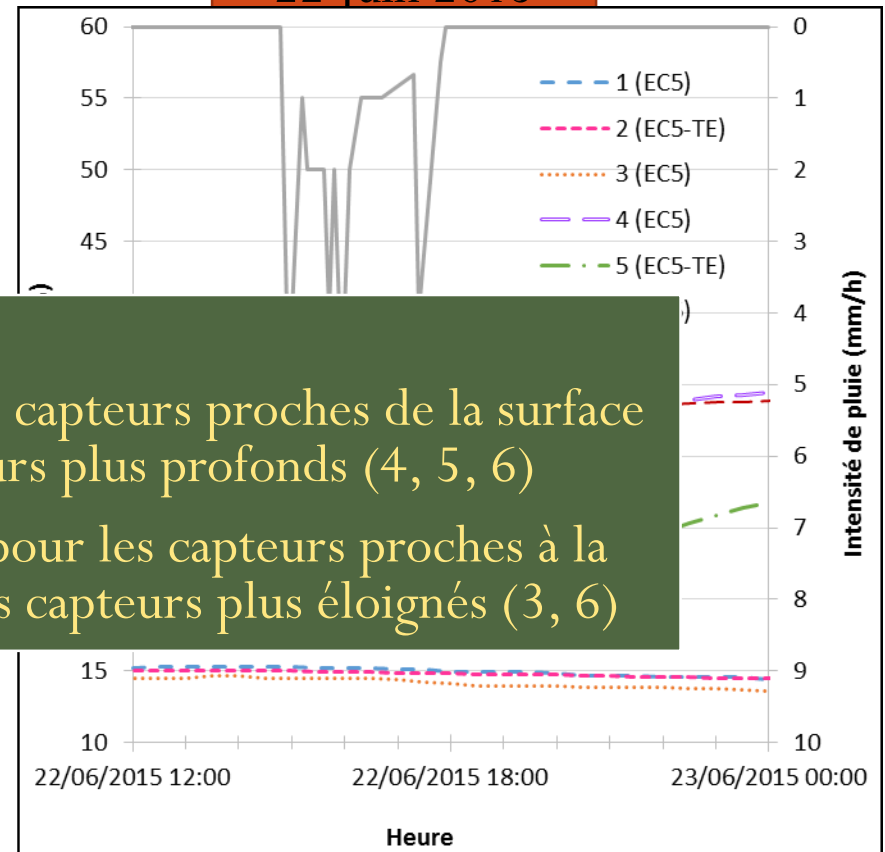
- Réponse réelle de l'ouvrage



24 Mars 2015



22 Juin 2015

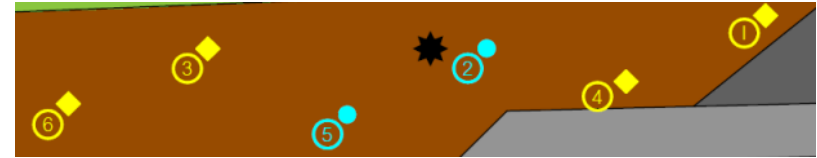


➤ Réponse « normale »

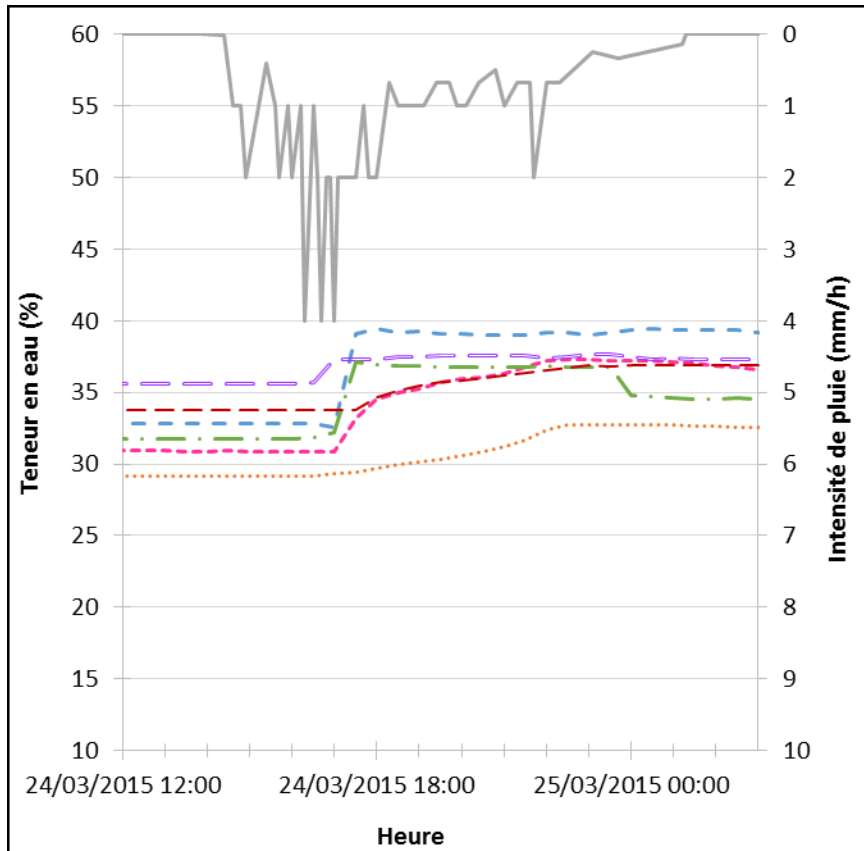
- Réponse plus rapide des capteurs proches de la surface (1, 2, 3) avant les capteurs plus profonds (4, 5, 6)
- Réponse plus marquée pour les capteurs proches à la route (1, 4) que pour les capteurs plus éloignés (3, 6)

Capteurs hydrologiques

- Réponse réelle de l'ouvrage

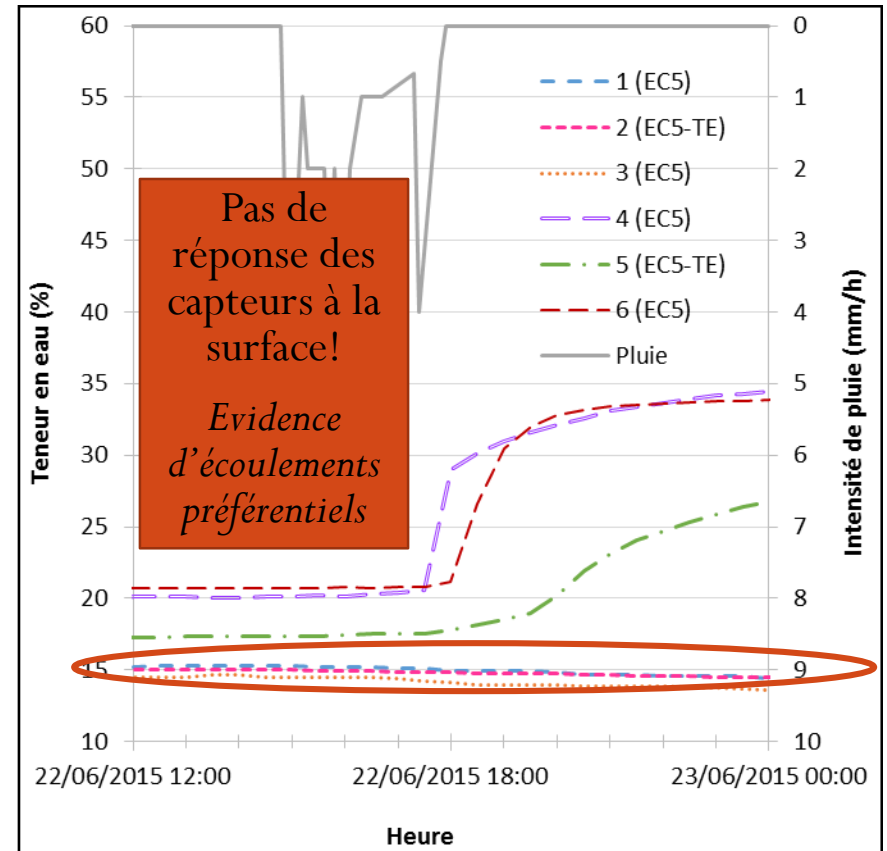


24 Mars 2015



Ordre de réponse: 4 puis 1, 2, 3, 5 puis 6

22 Juin 2015



Ordre de réponse: 4 et 5 puis 6

Conclusions

- Le comportement de l'ouvrage diverge de celui prévu lors de la phase de conception
- Hétérogénéité du milieu et de l'écoulement
 - Observation de macropores, d'irrégularités de terrain et d'obstacles sur site
 - Tests d'infiltration (hétérogénéité probable mais besoin de plus d'essais)
 - Cartographie de teneur en eau
- Evidence d'écoulements préférentiels
 - Capteurs hydrologiques
 - Observé après une période de forte sécheresse: formation de fissures dues au rétrécissement du sol?
- **Complexité du fonctionnement**

Suite de l'étude

- Identifier les processus dominants
- Evaluer l'efficacité du système
- Proposer un modèle d'aide à la conception

- Approche - couplage de:

- Mesures in situ

- Flux d'eau et de polluants

- Caractérisation du sol en laboratoire

- Hydrodynamique et capacité de rétention de polluants

- Modélisation

- Hydrologique à base physique, devenir de polluants conceptuel



Merci de votre attention

- Avez-vous des questions?

Introduction

- L'efficacité de ces ouvrages à retenir la pollution a été démontrée par plusieurs études

Bandes enherbées

- L'efficacité visée: la **réduction de flux polluant** dans les **eaux de surface**
- *Mais qu'est-ce qui se passe avec les eaux infiltrées?*
- Polluants étudiés:
 - **MES** – 😊 - 😞
 - **Métaux** – 😊 - 😞
 - **Nutriments** – 😊 - 😞
 - **Micropolluants organiques** – Pas étudiés en milieu urbain: ??? 😊

Attention à la densité de végétation!

Rémobilisation de polluants possible?

Attention à relargage par la matière organique!



NCSU

Biofiltration

- L'efficacité visée est la **réduction de flux** dans les **eaux infiltrées**
- Polluants étudiés:
 - **MES** – 😊
 - **Métaux** – 😊
 - **Nutriments** – 😊 - 😞
 - **Micropolluants organiques** – Peu d'études
 - Polluants très hydrophobes et particuliers (HAP): 😊
 - Polluants plus hydrophiles/dissous: ??? 😊

Attention au relargage de nutriments par la matière organique du sol!



California DOT

NCSU

Introduction

- L'efficacité de ces ouvrages à retenir la pollution a été démontrée par plusieurs études

Bandes enherbées

- L'efficacité visée: la **réduction de flux polluant** dans les **eaux de surface**

- Mais
 - **Le devenir des micropolluants organiques est une lacune**
- Polluants
 - **Systèmes naturels – de nombreux paramètres non-contrôlés**
 - Difficile de comparer les résultats entre différentes études
 - Difficile d'extrapoler les résultats à un contexte différent
 - **Nécessité de données de comportement dans le contexte Français**

Biofiltration

- L'efficacité visée est la **réduction de flux** dans les **eaux infiltrées**

HAP): 😊

Polluants plus hydrophobes/dissolus. ... 😊



NCSU



California DOT



NCSU

Observations

- Développement des plantes



Septembre 2013



Février 2015



Juin 2015



Aout 2015



Septembre 2015

Les plantes adaptées aux zones humides initialement semées dans le fossé se sont peu développées

Un drain installé sous le fossé n'a jamais collecté de l'eau

Est-ce que l'eau ruisselle jusqu'au fossé?