

# Performances de toitures végétalisées extensives.



David Ramier, Julie Larcher, Emmanuel Berthier - Cerema Île-de-France

Rémy Claverie, Julien Bouyer - Cerema Est

Bouzouidja Ryad – EPHor

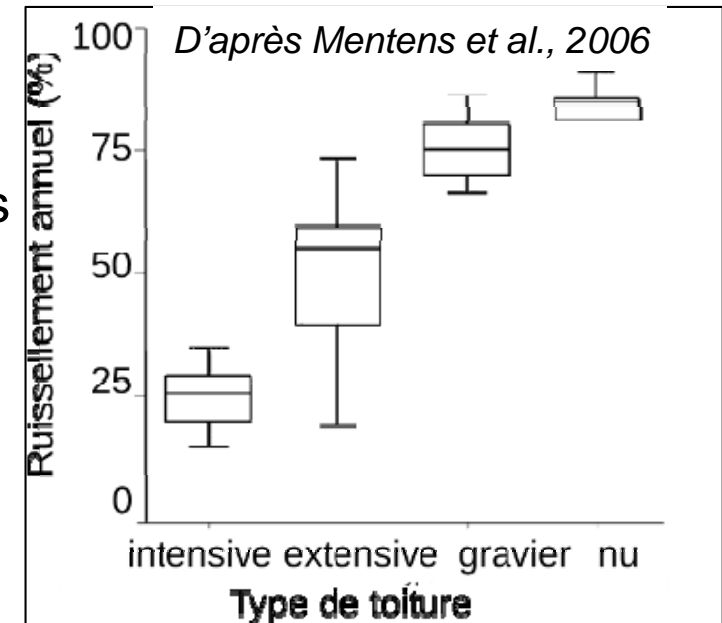
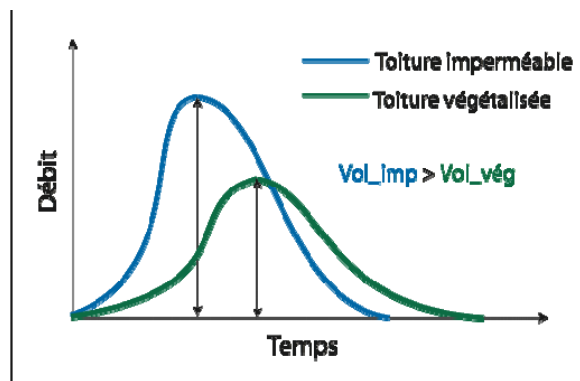
Maeva Sabre - CSTB

Bernard de Gouvello - CSTB, LEESU

# Introduction

Comportement hydrique des TVE connu

- Abattement et régulation des eaux pluviales



Besoin de nouvelles observations : projet TVGEP

- Concevoir et dimensionner
  - Rôle des composants (substrats, végétation) des TVE
  - Modèles simples : peu paramétrés, simulation sur de longues chroniques, climats différents => **Outil FAVEUR**
  - Effet d'une large diffusion des toitures végétalisées

Comportement à long terme ?

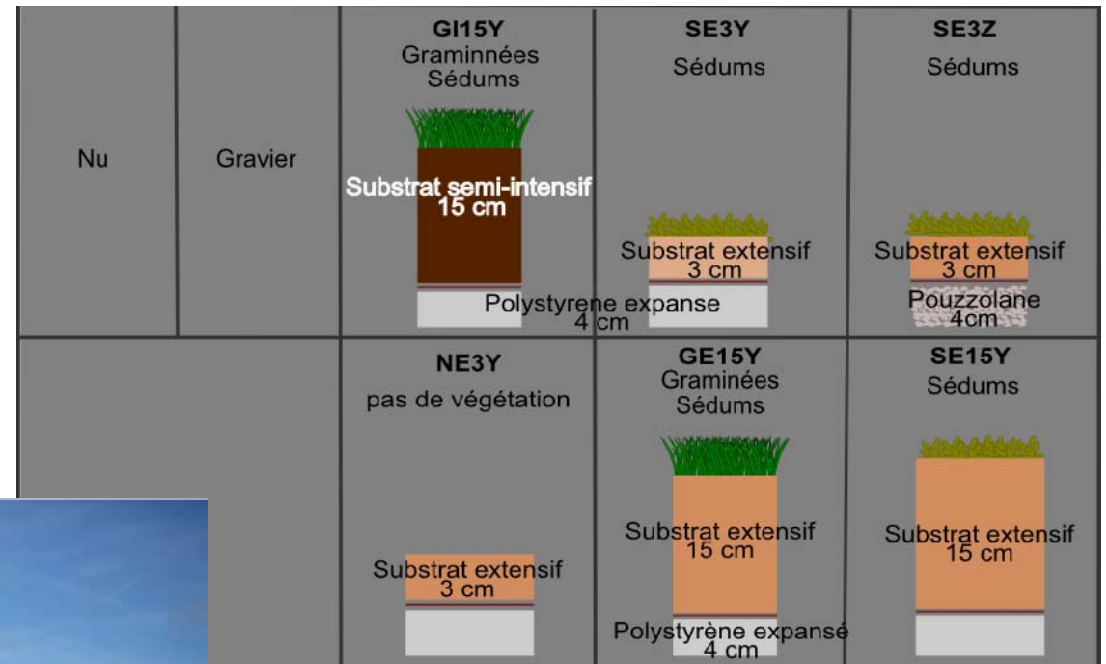
# Dispositif expérimental

6 compartiments végétalisés

(35 m<sup>2</sup>)

2 compartiments témoins

(21 m<sup>2</sup>)

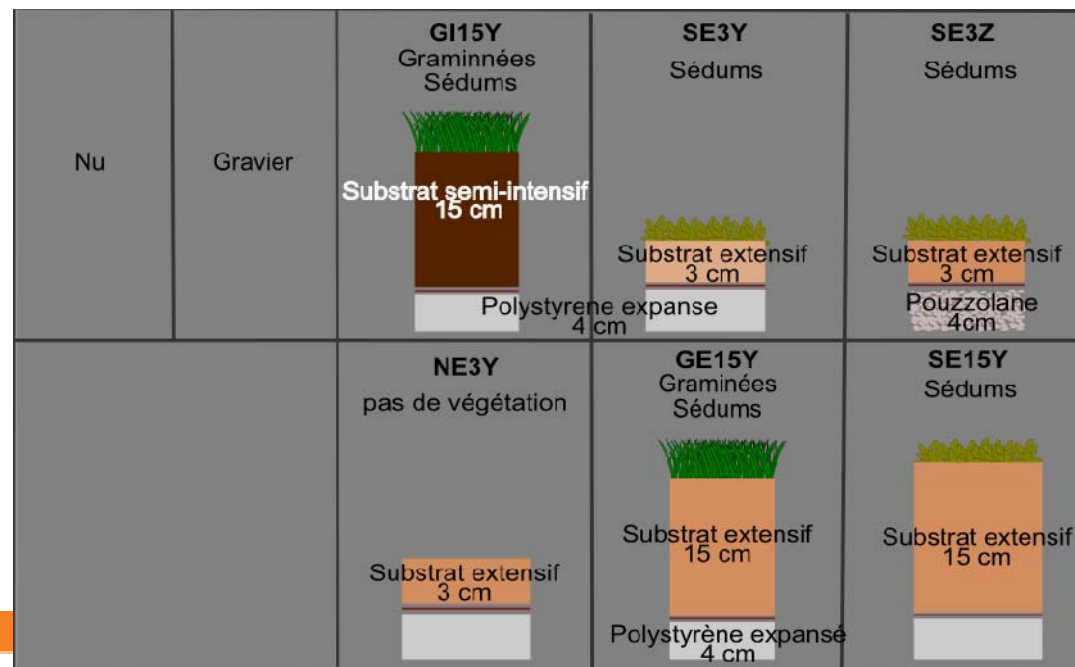


Mesure de tous les termes du bilan hydrique

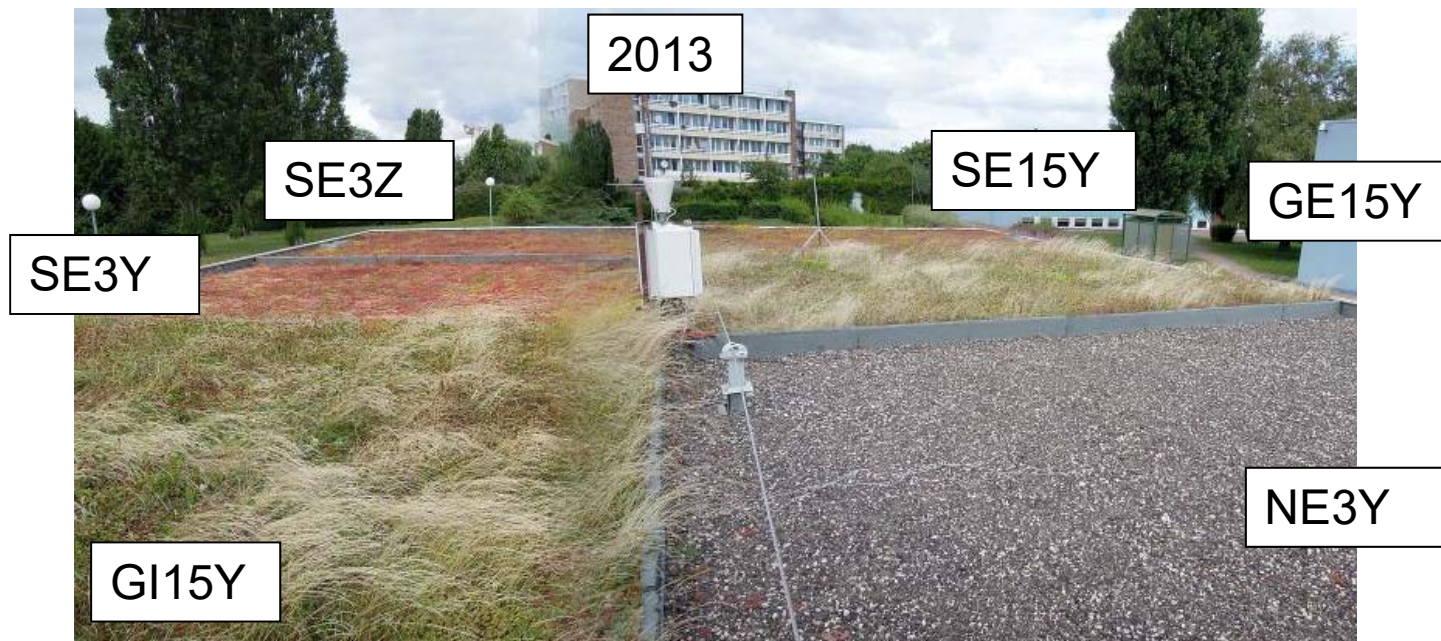
- Pluie
- Ruissellement
- Evapotranspiration
- Contenu en eau du substrat

# Dispositif expérimental

- Mesure de tous les termes du bilan hydrique en continu depuis juin 2011
- Pas d'entretien particulier ;
- Fertilisation pour SE3Y, SE3Z, SE15Y au mois de mars 2014 ;
- A partir de 2014 suivi de la végétation selon protocole Plantes & Cité.



# Suivi de la végétation

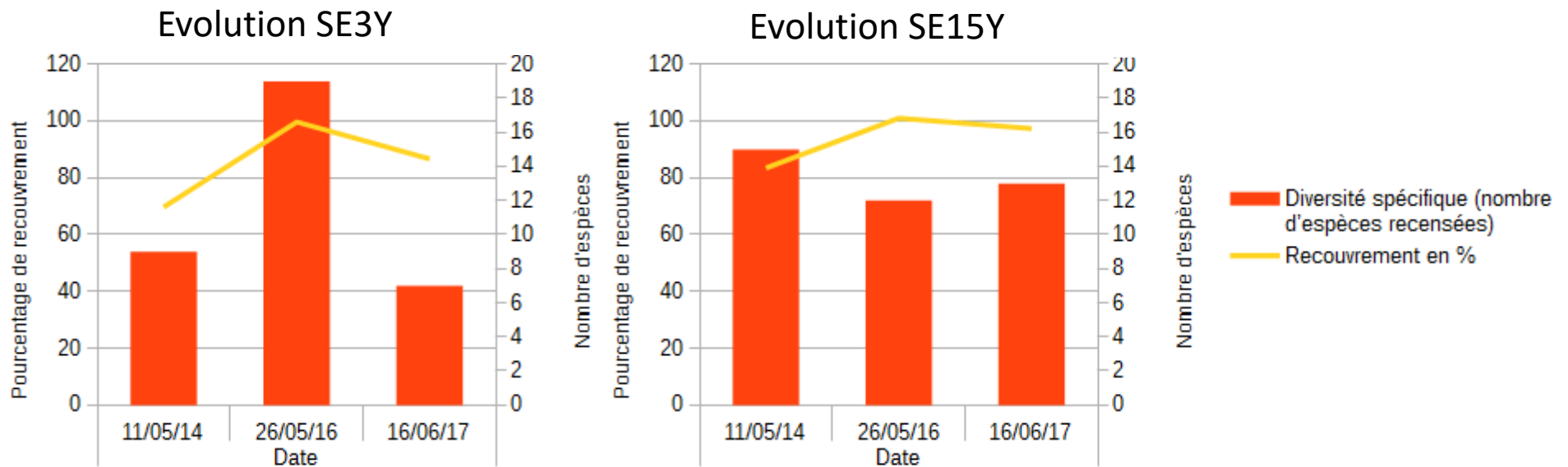


# Suivi de la végétation

Pas d'info sur le pourcentage de chaque espèce à l'installation

Trois relevés flore depuis 2014

- Nombre d'espèces
- Taux de recouvrement

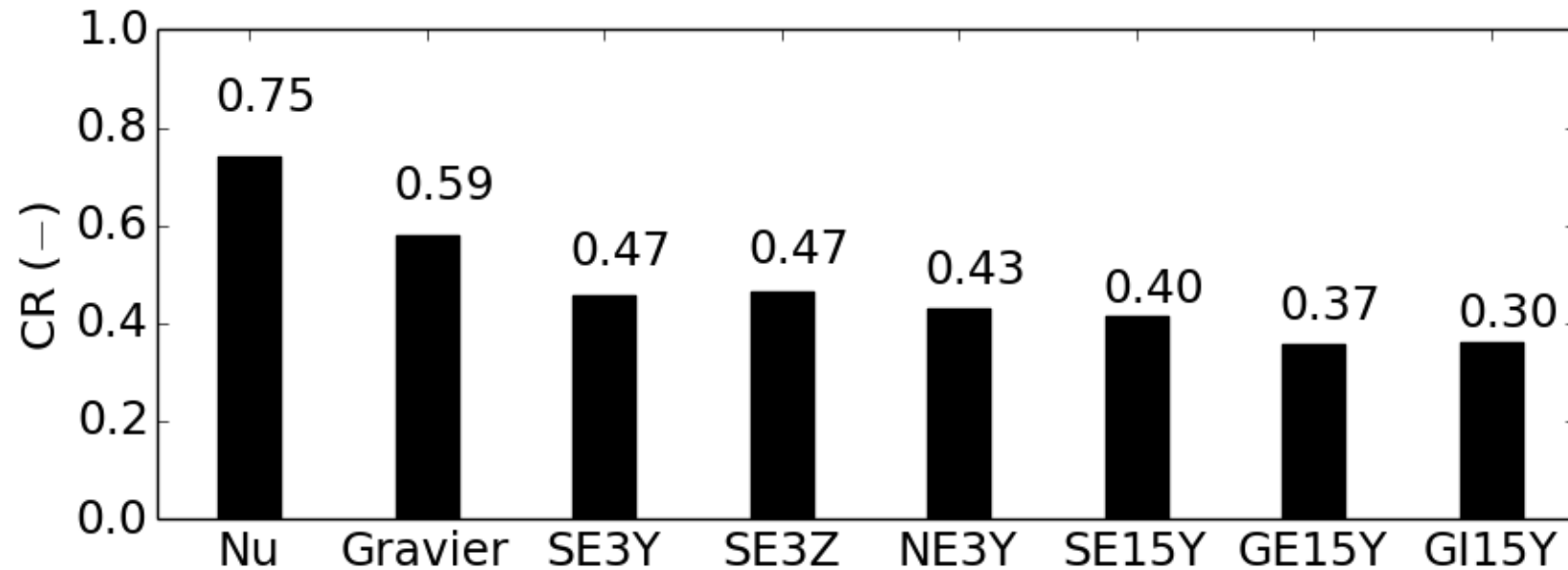


- Peu de données
- Colonisation par mousses et graminées
- Baisse générale de la diversité

# Régulation des eaux pluviales

Coefficients de ruissellement (CR) annuels pour événements > à 1mm

- Du 11/06/11 au 24/02/15 : Pluie = 2493 m, 263 événements



Pas d'évolution forte depuis 2011

Abattement de 50 à 70 % de la pluie mais ...

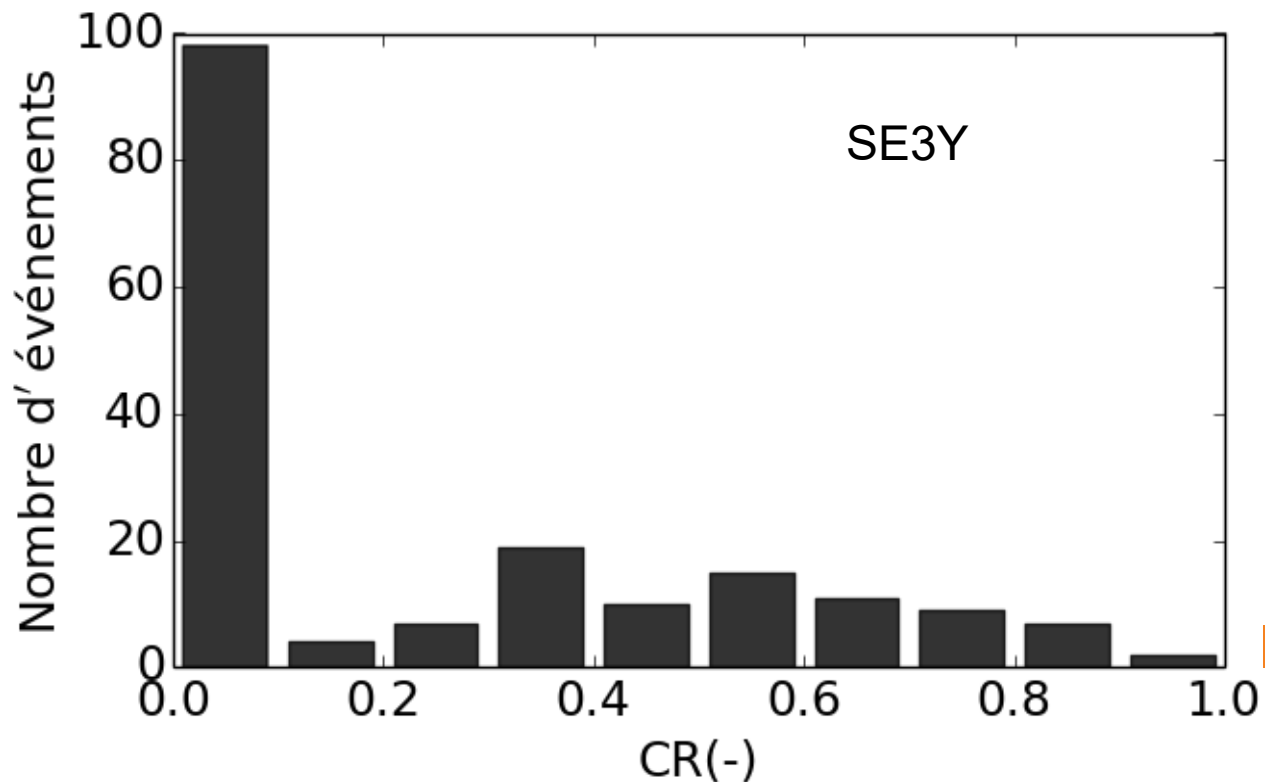


# Régulation des Eaux Pluviales

Coefficients de ruissellement (CR) annuels pour événements  $>$  à 1mm

- Du 11/06/11 au 24/02/15 : Pluie = 2493 m, 263 événements

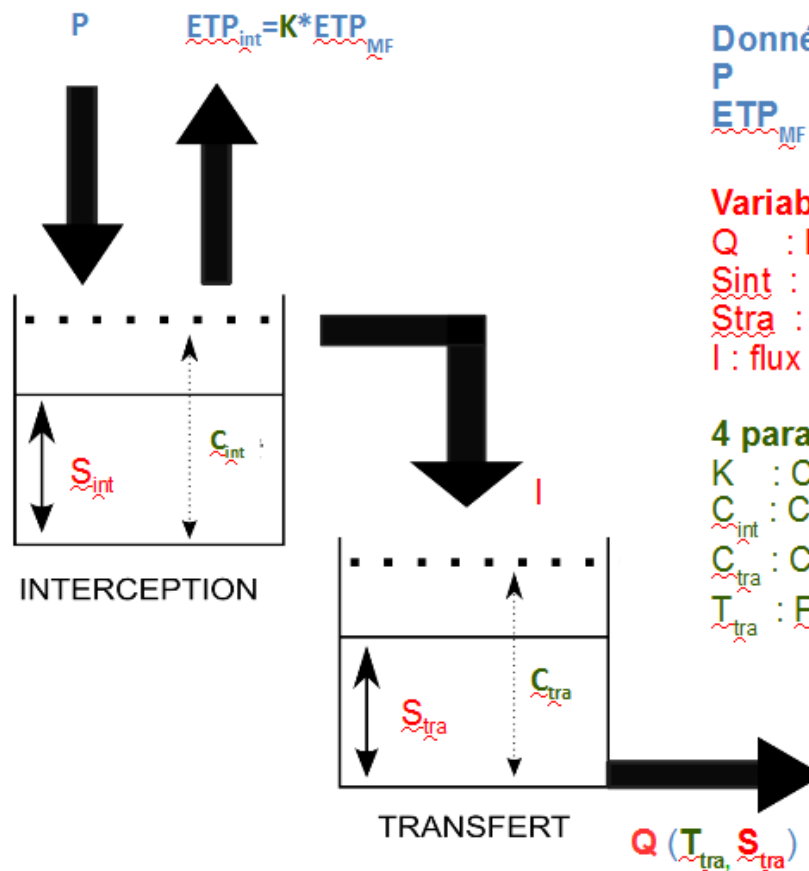
... forte variabilité inter-événements





# modèle FAVEUR

modèle **F**onctionnel pour l'estim**A**tion de l'impact des toitures **VE**gétalisées sur le ruissellement **UR**ban



## Données d'entrée

$P$  : Pluie

$ETP_{MF}$  : Évapotranspiration potentielle

## Variables de sorties

$Q$  : Débits de ruissellement

$S_{int}$  : Stockage réservoir interception

$S_{tra}$  : Stockage réservoir de transfert

$I$  : flux échangé entre interception et transfert

## 4 paramètres

$K$  : Coefficient d'évapotranspiration

$C_{int}$  : Capacité interception

$C_{tra}$  : Capacité transfert

$T_{tra}$  : Paramètre de transfert

# L'outil Faveur

<http://faveur.cerema.fr>

- Résultats sous forme de tableaux et figures
- Comparaison des performances avec des toitures traditionnelles

### Caractéristiques de la toiture

Capacité maximale en eau du substrat (entre 10 et 50, en %) \* : 35

Épaisseur du substrat (entre 4 et 30, en cm) \* : 20

Nature de la végétation : \*  
 Sedum  
 Graminées

Type de Climat : \*  
 Climat Océanique Dégradé

**CALCULER**

### Coef. Ruiss. (sans unité)

Type de toiture	Classe	Coef. Ruiss. annuel	Coef. Ruiss. événementiel
Toiture Végétalisée	Moyenne	0.4	0.4
Toiture Végétalisée	Minimum	0.2	0.0
Toiture Végétalisée	Maximum	0.5	1.0
Toiture Nue	Moyenne	0.9	0.9
Toiture Gravillonnée	Moyenne	0.7	0.7

Coef. Ruiss. (sans unité)

Coef. Ruiss. annuel

■ Coef. Ruiss. - Végétalisée    ● Coef. Ruiss. Moyen - Végétalisée  
 ◆ Coef. Ruiss. Moyen - Nue    ■ Coef. Ruiss. Moyen - Gravillonnée

Source - outil Faveur - CEREMA

Coef. Ruiss. (sans unité)

Coef. Ruiss. événementiel

■ Coef. Ruiss. - Végétalisée    ● Coef. Ruiss. Moyen - Végétalisée  
 ◆ Coef. Ruiss. Moyen - Nue    ■ Coef. Ruiss. Moyen - Gravillonnée

Source - outil Faveur - CEREMA

Événementiel : tous les événements dont la hauteur de pluie est supérieure à 5mm (cf. notice pour les détails)

### Abattement (en mm)

Type de toiture	Classe	Abattement annuel	Abattement événementiel
Toiture Végétalisée	Moyenne	400	18
Toiture Végétalisée	Minimum	184	0
Toiture Végétalisée	Maximum	514	42
Toiture Nue	Moyenne	140	1
Toiture Gravillonnée	Moyenne	190	2

Rencontre Toitures végétalisées et biodiv



# Evapotranspiration et Rafraichissement

Mesure d'humidité absolue

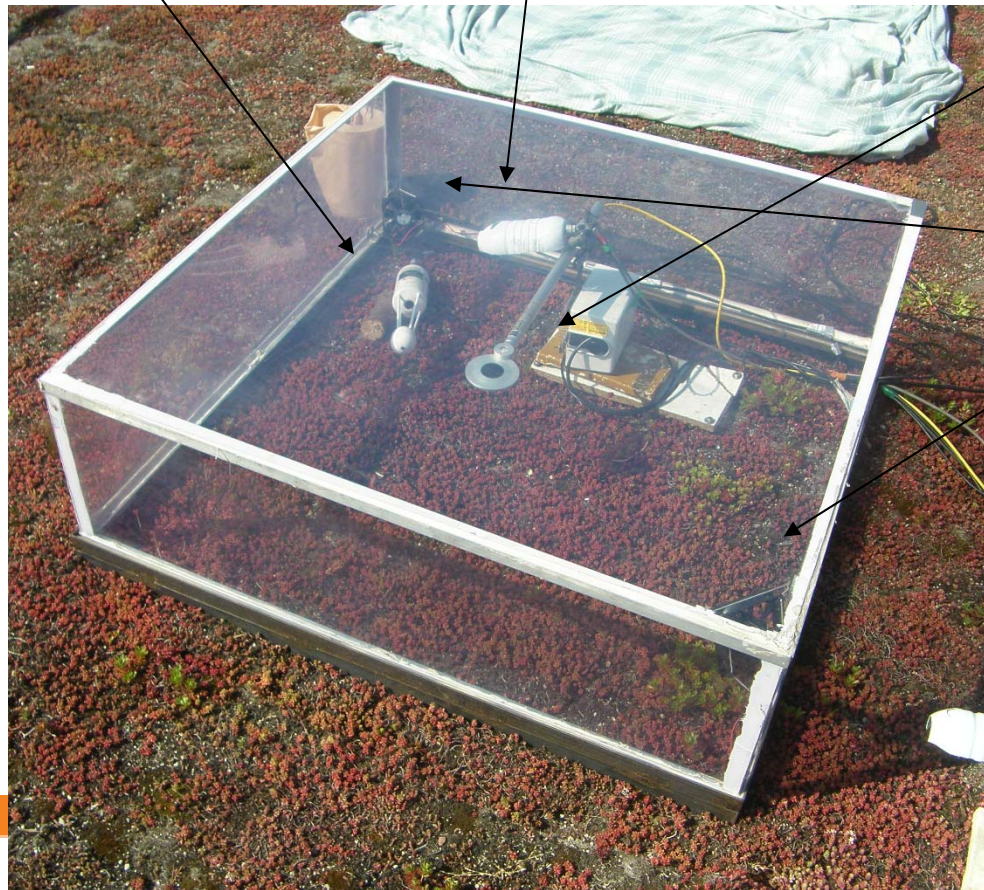
(Licor 7500)

Température intérieure

(PT 100)

Rayonnement net

(NR-Lite, Kipp & Zonen)



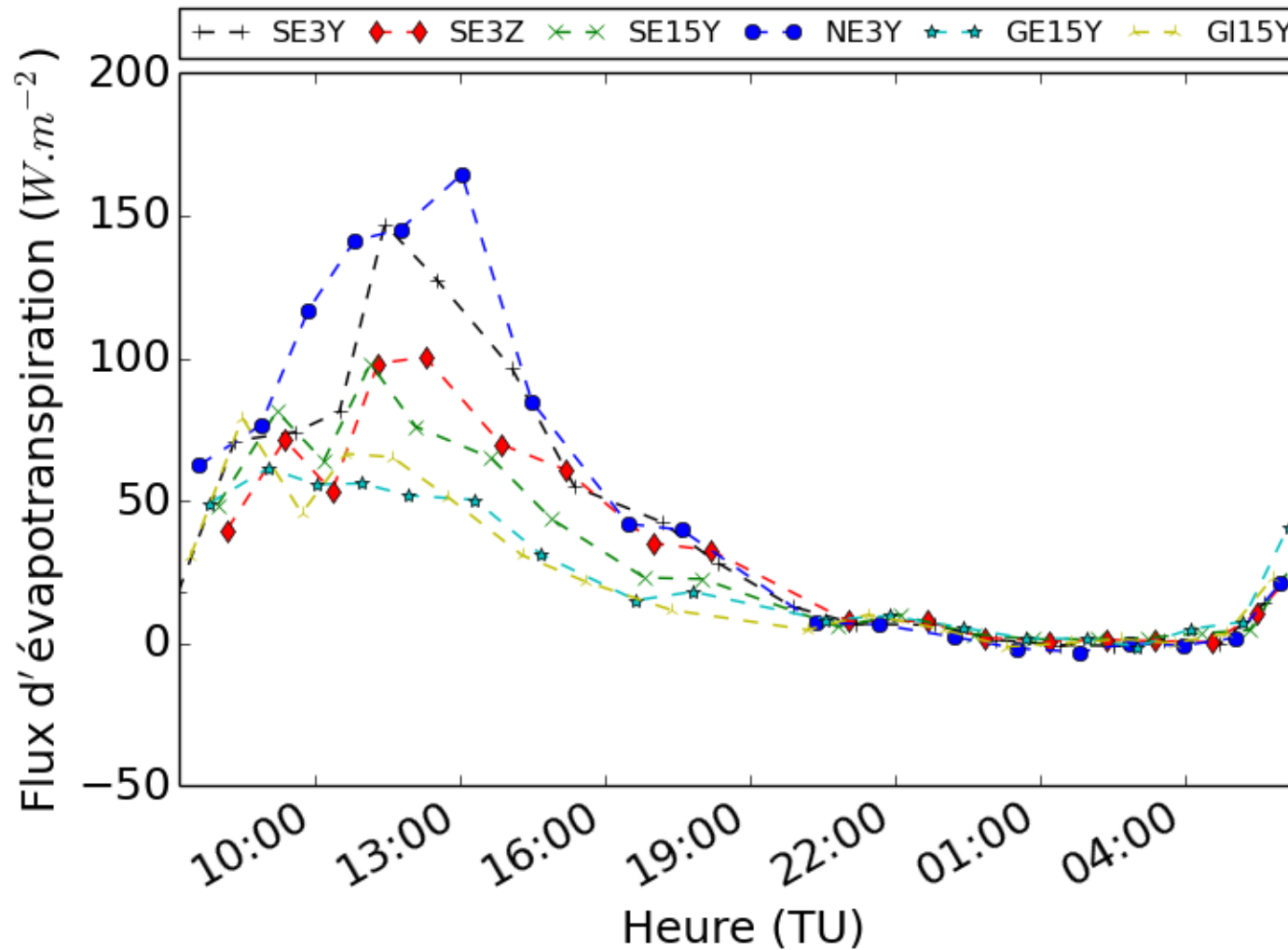
Ventilateurs

Température extérieure

(PT 100)

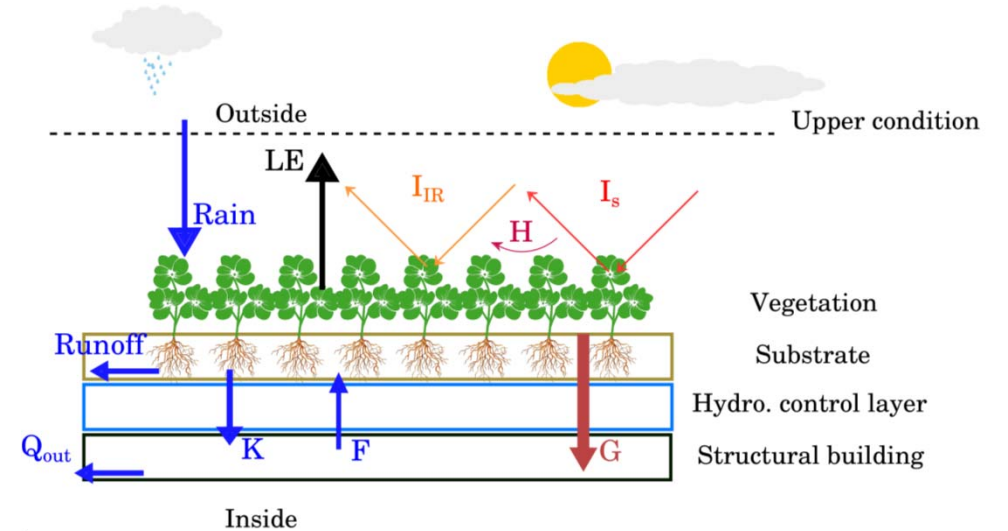
# Evapotranspiration et Rafraichissement

2013-07-24

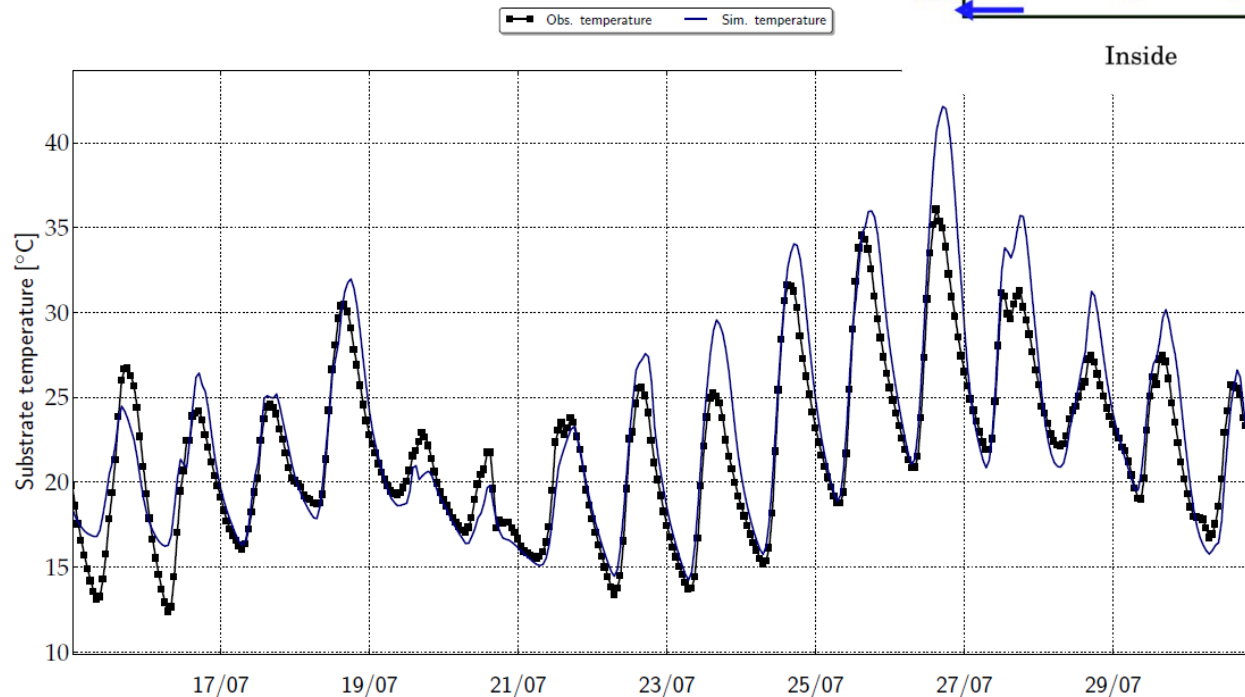


# Evapotranspiration et Rafraichissement

Utilisation du modèle TEB-GreenRoof (thèse de Munck, 2014)



Température dans le substrat en 2012 (9.6cm de profondeur)



# Evapotranspiration et Rafraichissement

Indice de rafraîchissement  
estimé pour la période du 01 mars au 30 septembre

	Nancy	Trappes	Nantes
Ic (TV)	13,67%	21,55%	25,20%
Ic (Tref)	35,58%	28,01%	29,57%
Ic (TV)/Ic (Tref)	2,60	1,30	1,17

# Conclusions - perspectives

- TVE efficaces pour la gestion des eaux pluviales même après plusieurs années et pour de faibles épaisseurs de substrats
- Influence prédominante de l'épaisseur sur la capacité de rétention
- 30 % de l'énergie solaire utilisée pour l'évapotranspiration (1,2 à 2,5 fois plus qu'une toiture minérale)

- Continuer le suivi (végétation, hydrologie, température) – observer l'évolution dans temps
- Comparer les propriétés physico-chimique actuelles des substrats avec celles au moment de l'installation