

DEVELOPPE

recommandations sur la prise en compte de
l'Environnement
dans les projets d'Aménagement



NBS dans l'aménagement urbain :
intérêts pour la gestion des eaux pluviales et
pour la climatologie urbaine

F Rodriguez, Laboratoire Eau et Environnement

webinaire du 26 mars 2021



Plan

Introduction / contexte NBS

Ouvrages de gestion des eaux pluviales / NBS : performances hydrologiques et épuratoires

Comportement d'une noue végétalisée vs ouvrages de rétention des eaux pluviales (Matriochkas 2019)

Rôle de la végétation sur l'évapotranspiration

=> Etude de la variabilité des flux de chaleur en fonction de l'occupation du sol (FluxSAP 2012)

=> Evapotranspiration de différents types de surfaces végétalisées urbaines (FluxSAP 2012)

Retours d'expérience et observations issus de projets de recherche

ANR Villes durables, VegDUD - 2009-2013

INSU EC2CO, FluxSAP - BIOEFFECT and LEFE 2010-2012

OFB/AELB Matriochkas 2016-2020

Introduction

- La gestion des eaux pluviales et les solutions fondées sur la nature (NBS)

Intérêt des ouvrages plurifonctionnels (gestion EP, climatologie, paysager...)

Gestion à la source des eaux pluviales (*au plus près de la production du ruissellement*)

Gestion à la parcelle / voirie

=> Différents types d'ouvrages, souvent végétalisés

Introduction

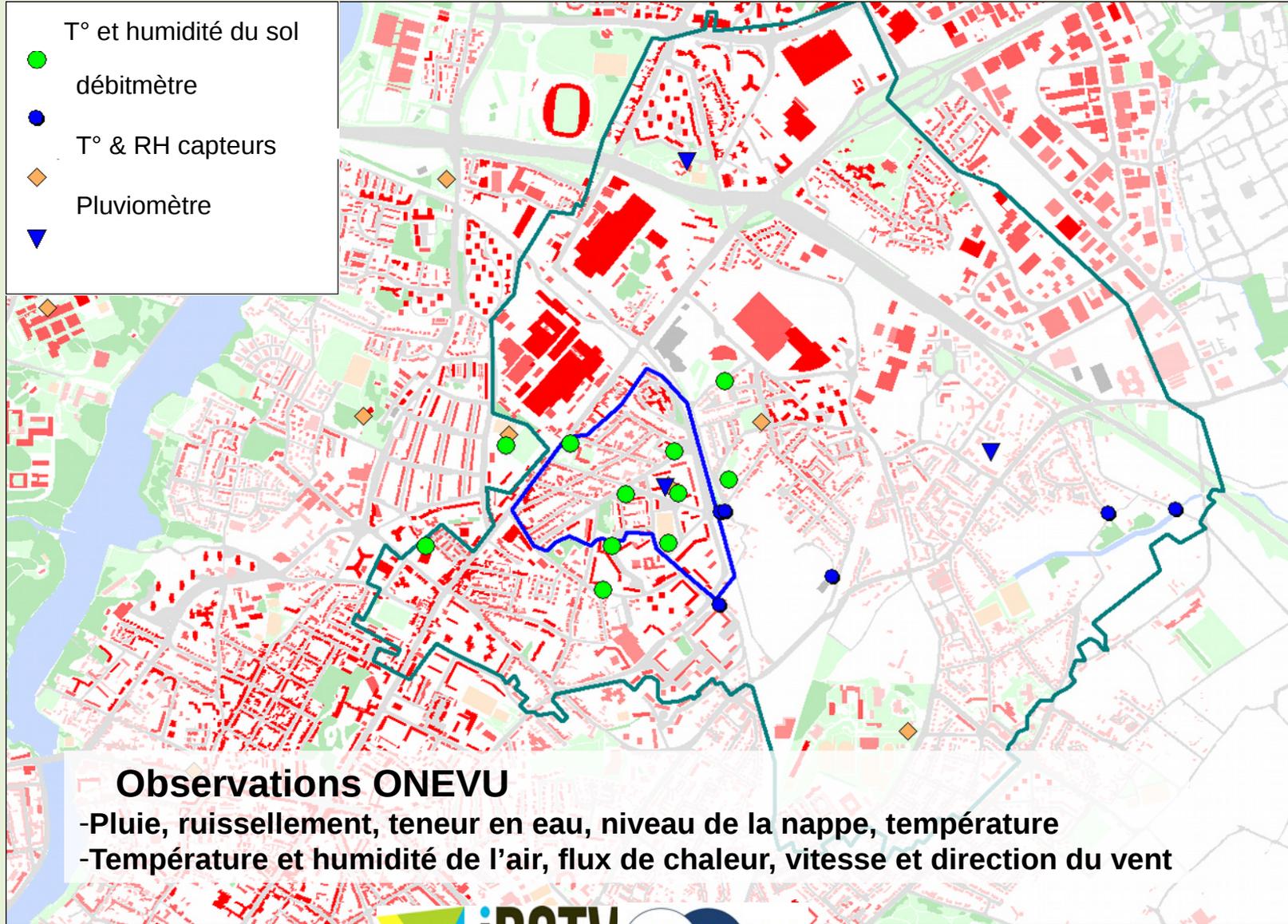
- La gestion des eaux pluviales et les NBS : illustrations



Des bénéfices supposés.... aux bénéfices avérés?

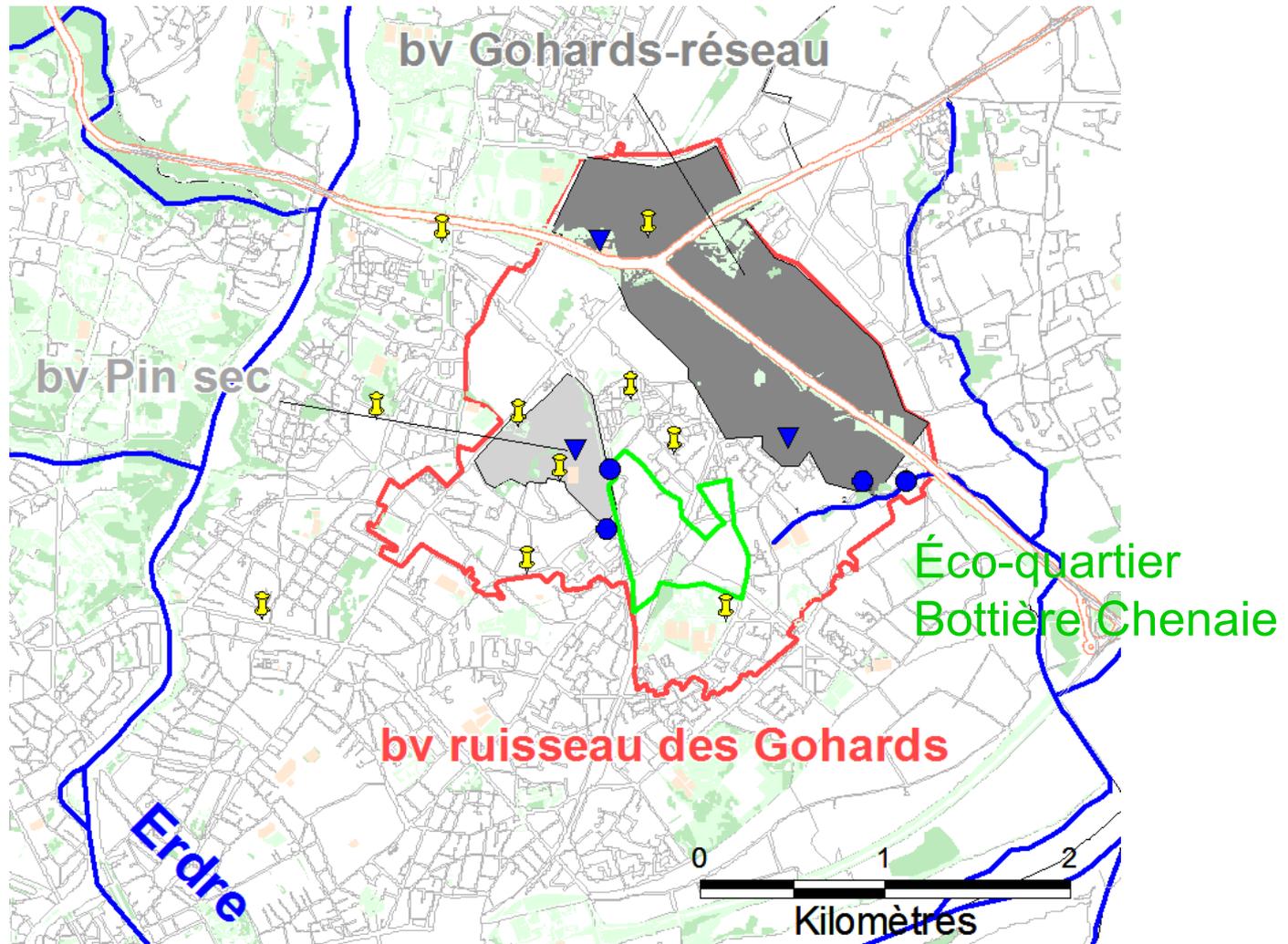
=> intérêt de l'observation

L'Observatoire Nantais des EnVironnements urbains



Performances hydrologiques / Noue végétalisée

ZAC Bottière Chénaie – Au cœur du dispositif d'observation (ONEVU)



Performances hydrologiques / Noue végétalisée

Techniques alternatives permettent de réguler et limiter les écoulements d'EP :

- Stockage
- Infiltration
- Réduction des surfaces imperméables



Aval du ruisseau des Gohards



Toiture végétalisée
du groupe scolaire



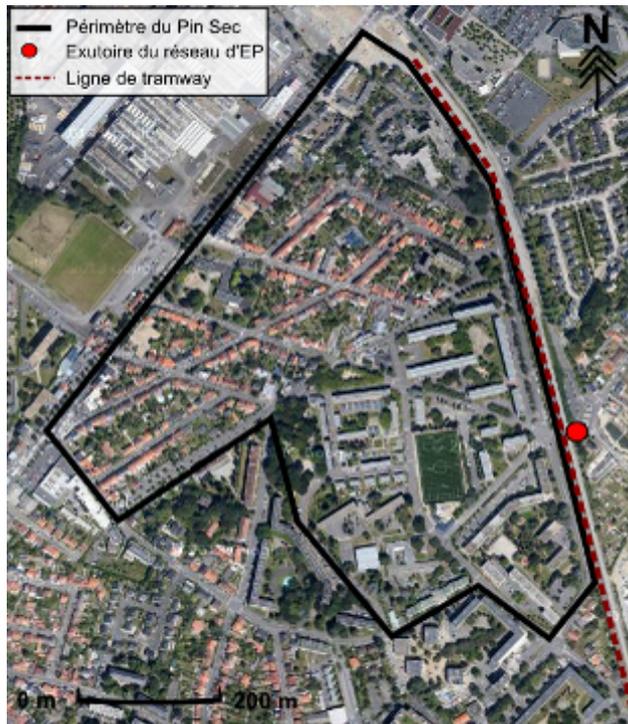
Canal de rétention



Noue

Performances hydrologiques / Noue végétalisée

Bassin versant du Pin Sec



Type: Résidentiel
Surface: 31 ha

Ecoquartier Bottière Chénaie

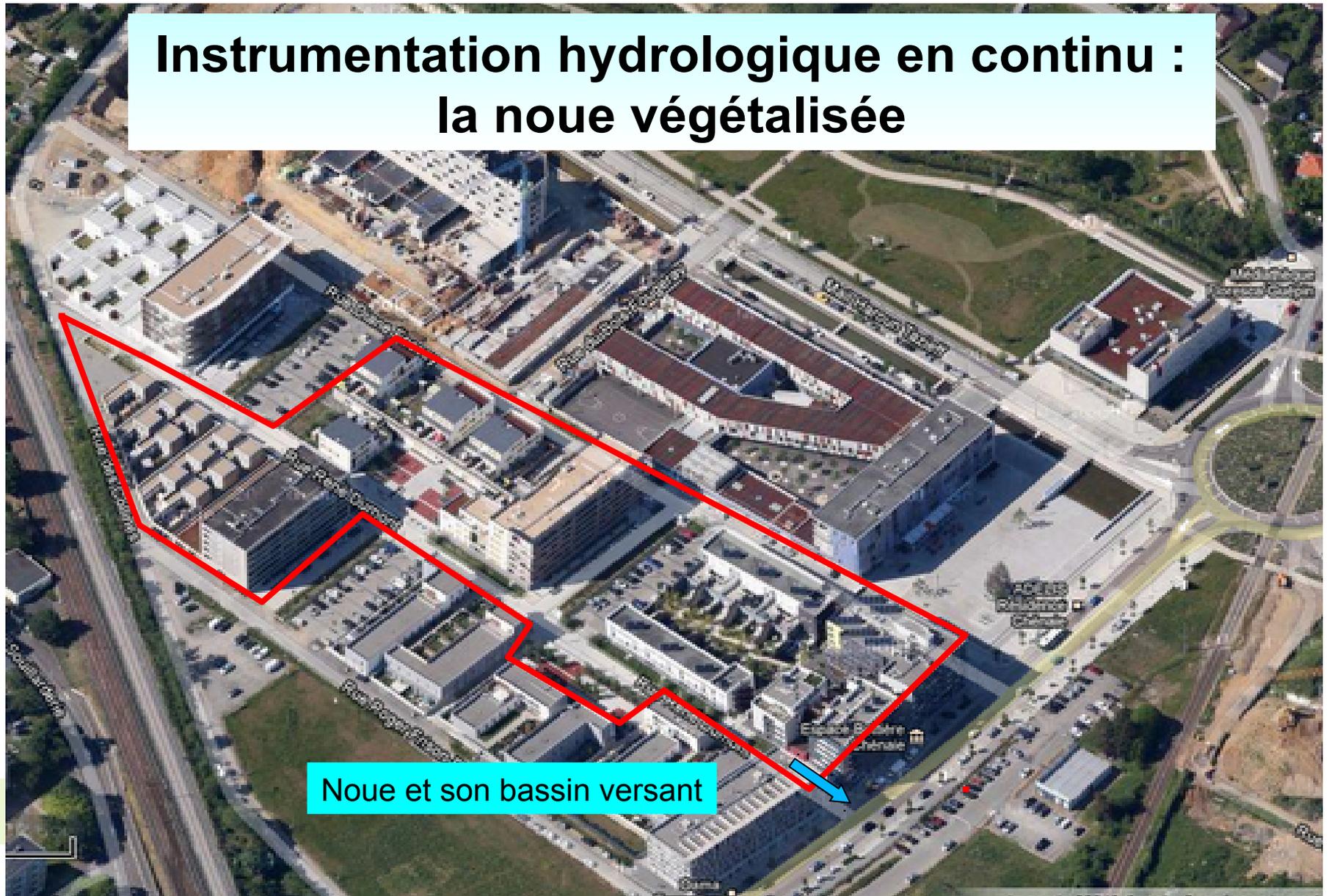


Type: Résidentiel
Surface: 35 ha

« Référence » - aménagement
traditionnel (1930-1960)

Performances hydrologiques / Noue végétalisée

Instrumentation hydrologique en continu :
la noue végétalisée



Noue et son bassin versant

Performances hydrologiques / Noue végétalisée

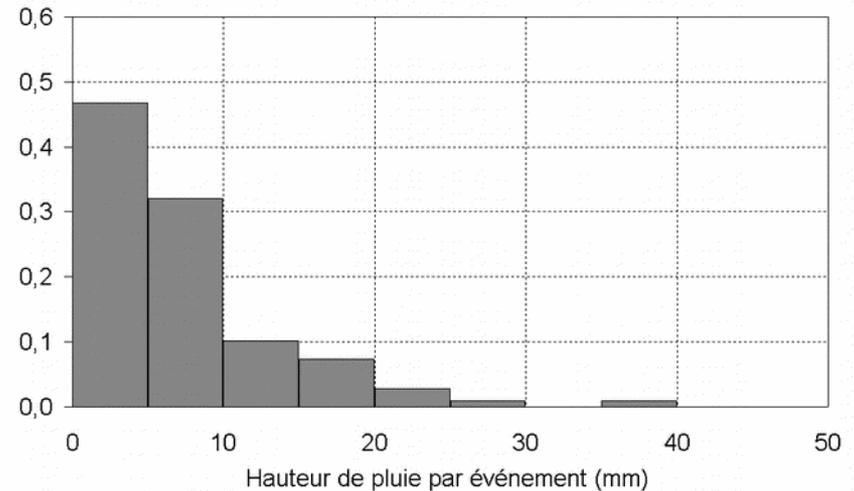
Bilan hydrologique annuel, Année 2014

Bassin Pin sec (31 ha, $C_{imp} = 45\%$) / Bassin Noue (1.7 ha, $C_{imp} = 74\%$)

Pluie annuelle 963 mm (moyenne annuelle 800 mm à Nantes)

113 événements pluvieux

Rendement $C_e = \frac{\text{Volume ruisselé}}{\text{Volume précipité}}$



Rendement moyen annuel:

Pin sec : $C_e = 0,35$

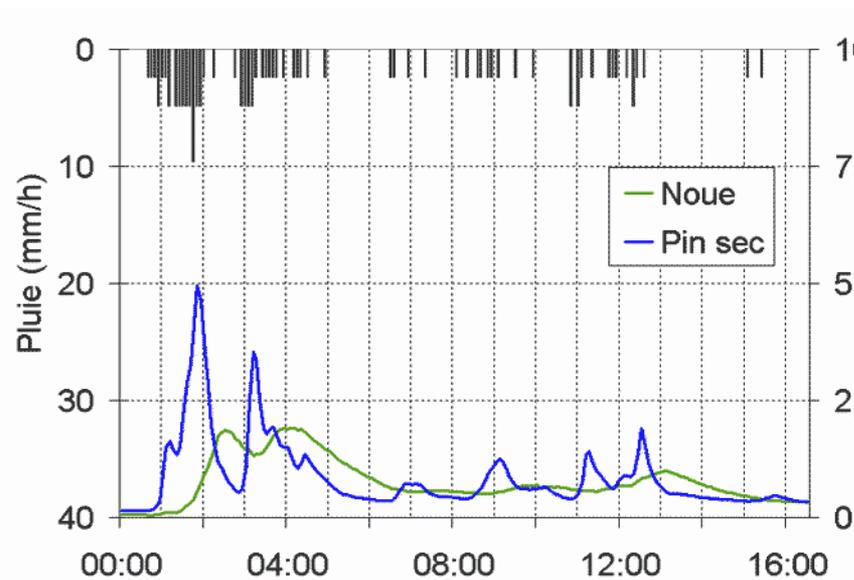
Noue : $C_e = 0,15$

⇒ Coefficient d'écoulement beaucoup plus faible sur la noue, dont l'imperméabilisation est plus forte

Performances hydrologiques / Noue végétalisée

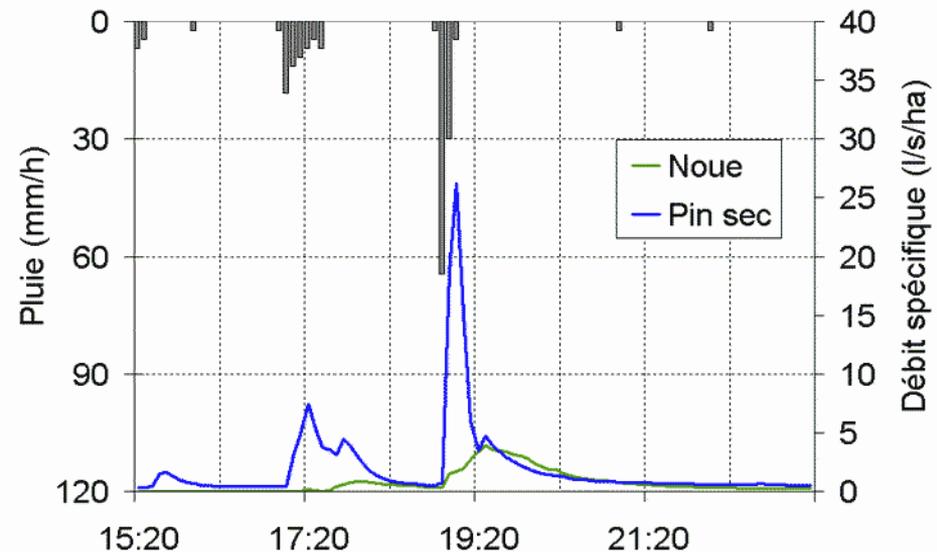
Fonctionnement hydrologique : réaction en fonction de la saison

Comparaison à l'aide du débit spécifique (l/s/ha) : (débit/Surface du bv)



Ev du 06 janvier - Hp= 15 mm

$Ce = 0,27$ / $Ce = 0,30$



Ev du 08 juillet - Hp= 15 mm

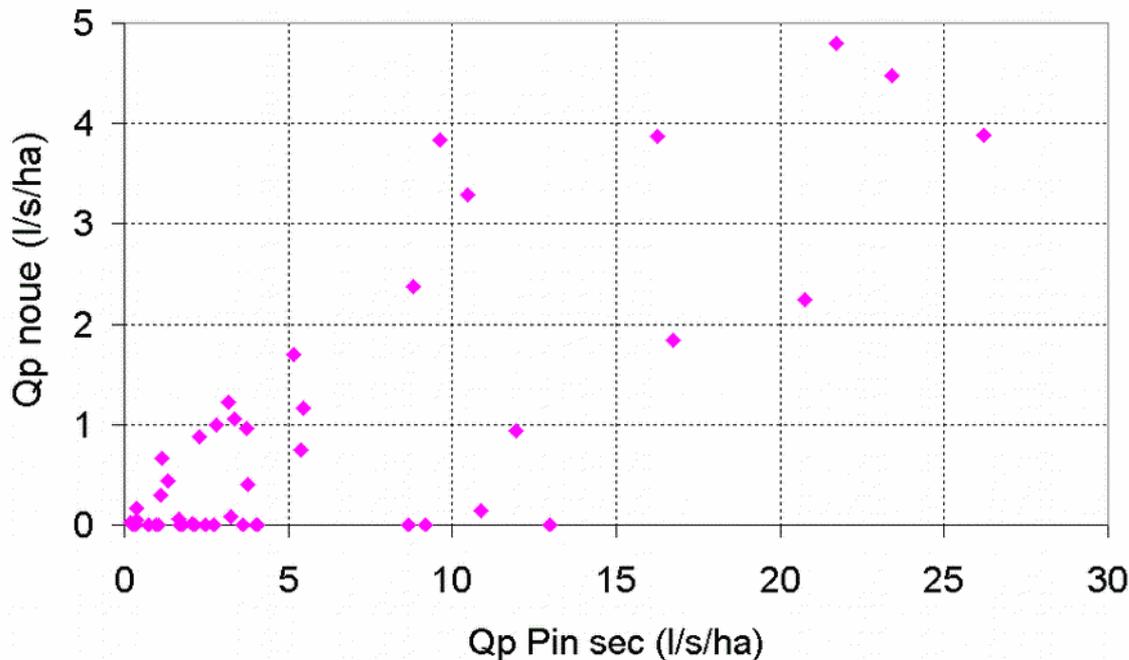
$Ce = 0,14$ / $Ce = 0,44$

- => En période humide, réaction de la noue retardée mais rendement « équivalent »
- => En période sèche, réaction très retardée et rendement plus faible

Performances hydrologiques / Noue végétalisée

Fonctionnement hydrologique : réaction en fonction de la saison

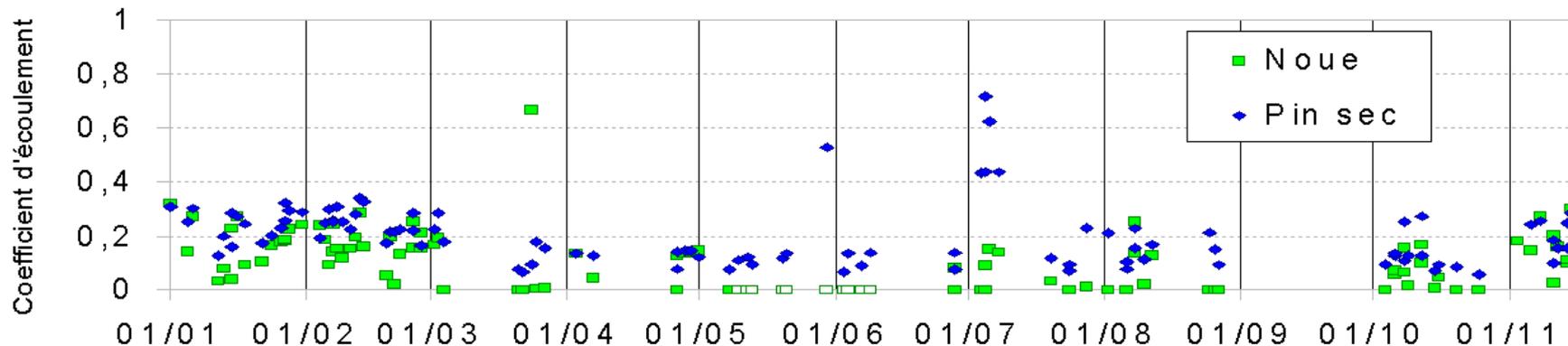
Comparaison à l'aide du débit spécifique (l/s/ha)



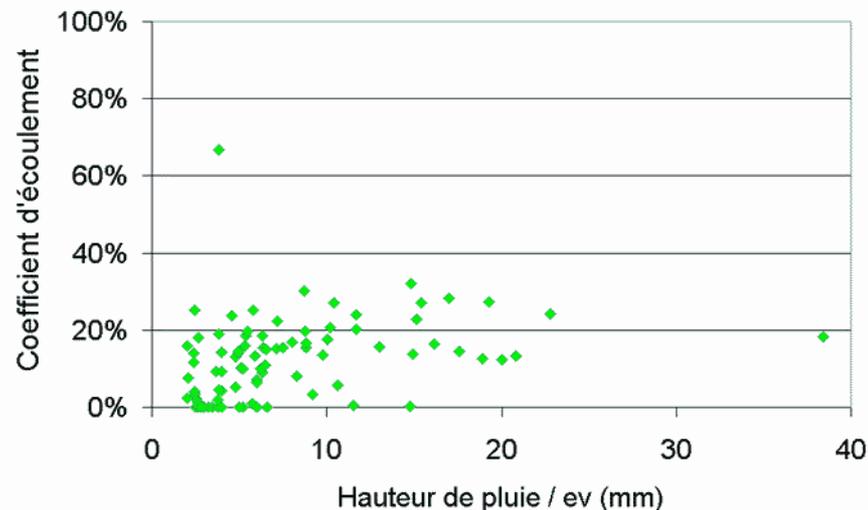
Les débits de pointe sont réduits par rapport à un bassin à l'assainissement traditionnel

Performances hydrologiques / Noue végétalisée

Fonctionnement hydrologique : réaction en fonction de la saison



- La noue a toujours un C_e plus faible que celui du bassin du Pin sec
- 23% des évènements ont un C_e nul, sur toutes les saisons
- C_e est plus fort pour les forts cumuls de pluie, mais reste limité



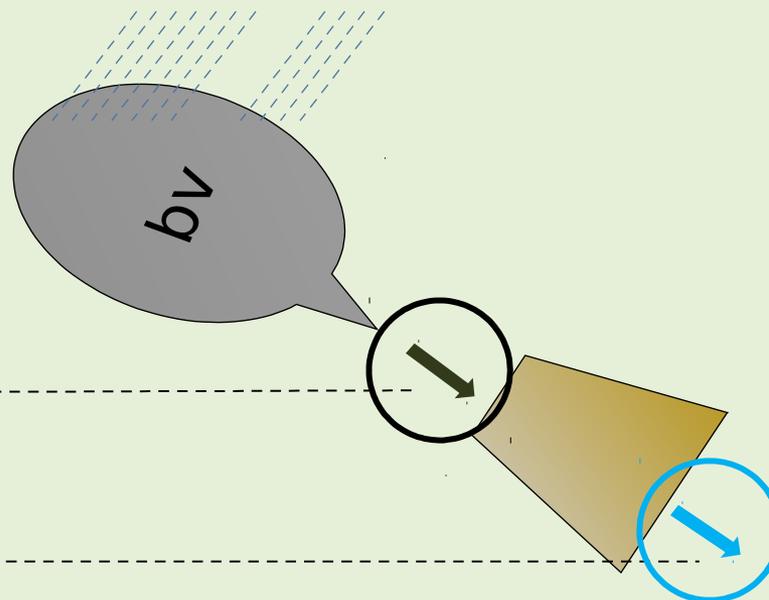
Performances hydrologiques sur un ensemble d'ouvrages

Site	Type	Surface ouvrage (m ²)	Surface bv (m ²)	Typologie bassin d'apport
Ecovegetal	Parking permeable Eco_mineral	13	13	Parking
Ecovegetal	Parking permeable Ecovegetal_green	13	13	Parking
Ecovegetal	Parking permeable Ecovegetal_mousses	13	13	Parking
Lyon	CSR béton poreux	94	94	Parking résidentiel universitaire
Lyon	Tranchée	26	260	Parking résidentiel universitaire
Lyon	Noue d'infiltration	31	302	Parking résidentiel universitaire
Compans	Accotement filtrant	15	327	Voirie fort trafic
Nantes	Noue	51	17 000	Résidentiel+ Rue urbaine
Coueron	Bassin sec	2175	50 000	Voirie fort trafic/accotements végétalisés
Vertou	Bassin en eau	650	300 000	Mixte: Résidentiel, zone d'entreprise, voirie
Chassieu	Bassin de décantation	8000	1 850 000	Périurbain et zone commerciale

Suivi en continu des ouvrages (2 ans)

Débits entrée/sortie

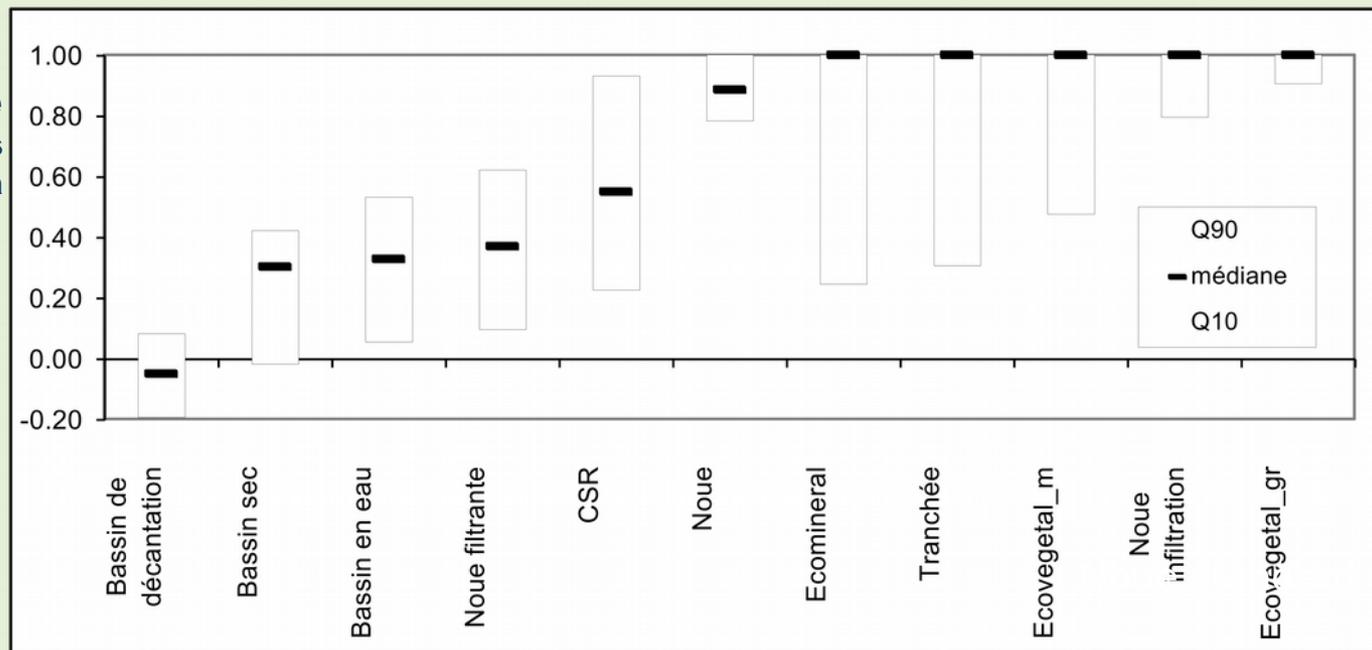
Qualité de l'eau entrée/sortie



Performances hydrologiques sur un ensemble d'ouvrages

Site	Type	Surface ouvrage (m²)	Surface bv (m²)	Typologie bassin d'apport
Ecovegetal	Parking permeable Eco_mineral	13	13	Parking
Ecovegetal	Parking permeable Ecovegetal_green	13	13	Parking
Ecovegetal	Parking permeable Ecovegetal_mousses	13	13	Parking
Lyon	CSR béton poreux	94	94	Parking résidentiel universitaire
Lyon	Tranchée	26	260	Parking résidentiel universitaire
Lyon	Noue d'infiltration	31	302	Parking résidentiel universitaire
Compans	Accotement filtrant	15	327	Voirie fort trafic
Nantes	Noue	51	17 000	Résidentiel+ Rue urbaine
Coueron	Bassin sec	2175	50 000	Voirie fort trafic/accotements végétalisés
Vertou	Bassin en eau	650	300 000	Mixte: Résidentiel, zone d'entreprise, voirie
Chassieu	Bassin de décantation	8000	1 850 000	Périurbain et zone commerciale

Abattement en volume
Intérêt des ouvrages
d'infiltration / gestion à la source



Performances épuratoires sur un ensemble d'ouvrages

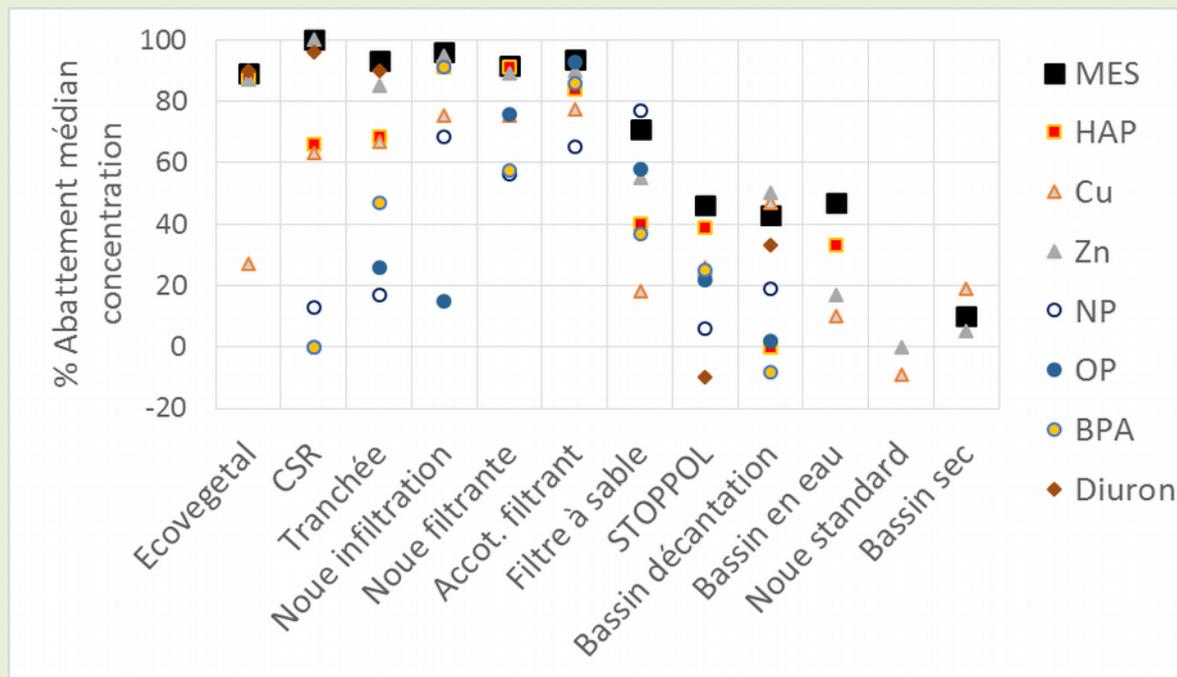


Site	Type	Surface ouvrage (m ²)	Surface bv (m ²)	Typologie bassin d'apport
Ecovegetal	Parking permeable Eco_mineral	13	13	Parking
Ecovegetal	Parking permeable Ecovegetal_green	13	13	Parking
Ecovegetal	Parking permeable Ecovegetal_mousses	13	13	Parking
Lyon	CSR béton poreux	94	94	Parking résidentiel universitaire
Lyon	Tranchée	26	260	Parking résidentiel universitaire
Lyon	Noue d'infiltration	31	302	Parking résidentiel universitaire
Compans	Accotement filtrant	15	327	Voirie fort trafic
Nantes	Noue	51	17 000	Résidentiel+ Rue urbaine
Coueron	Bassin sec	2175	50 000	Voirie fort trafic/accotements végétalisés
Vertou	Bassin en eau	650	300 000	Mixte: Résidentiel, zone d'entreprise, voirie
Chassieu	Bassin de décantation	8000	1 850 000	Périurbain et zone commerciale

Abattement en concentration
Abattements des micropolluants
généralement inférieurs aux MES

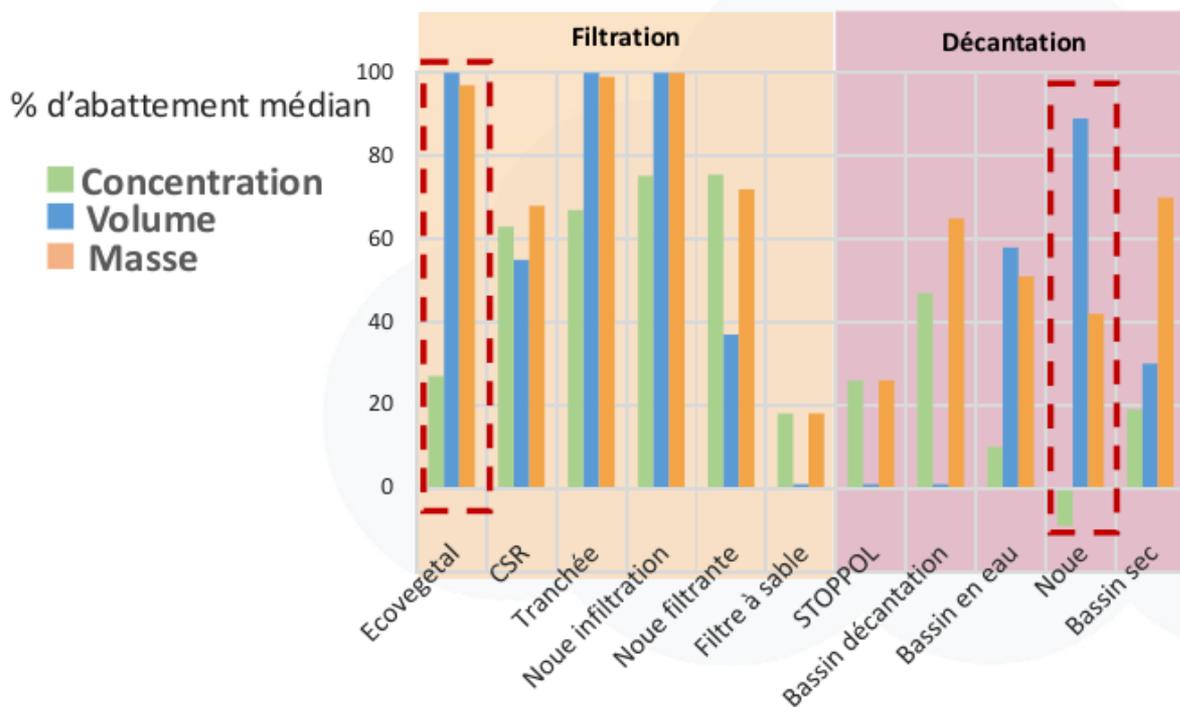
Variabilité :
D'un micropolluant à l'autre
(↗ affinité pour la phase solide)

D'un ouvrage à l'autre
(↗ adsorption sur les sols,
↘ relargages par matériaux de construction)



Performances épuratoires sur un ensemble d'ouvrages

Exemple : le cas du cuivre



■ Abattement en masse

→ Abattements plus élevés sur dispositifs

- basés sur la filtration
- végétalisés
- à la source

(liés autant à l'abattement des volumes que des concentrations)

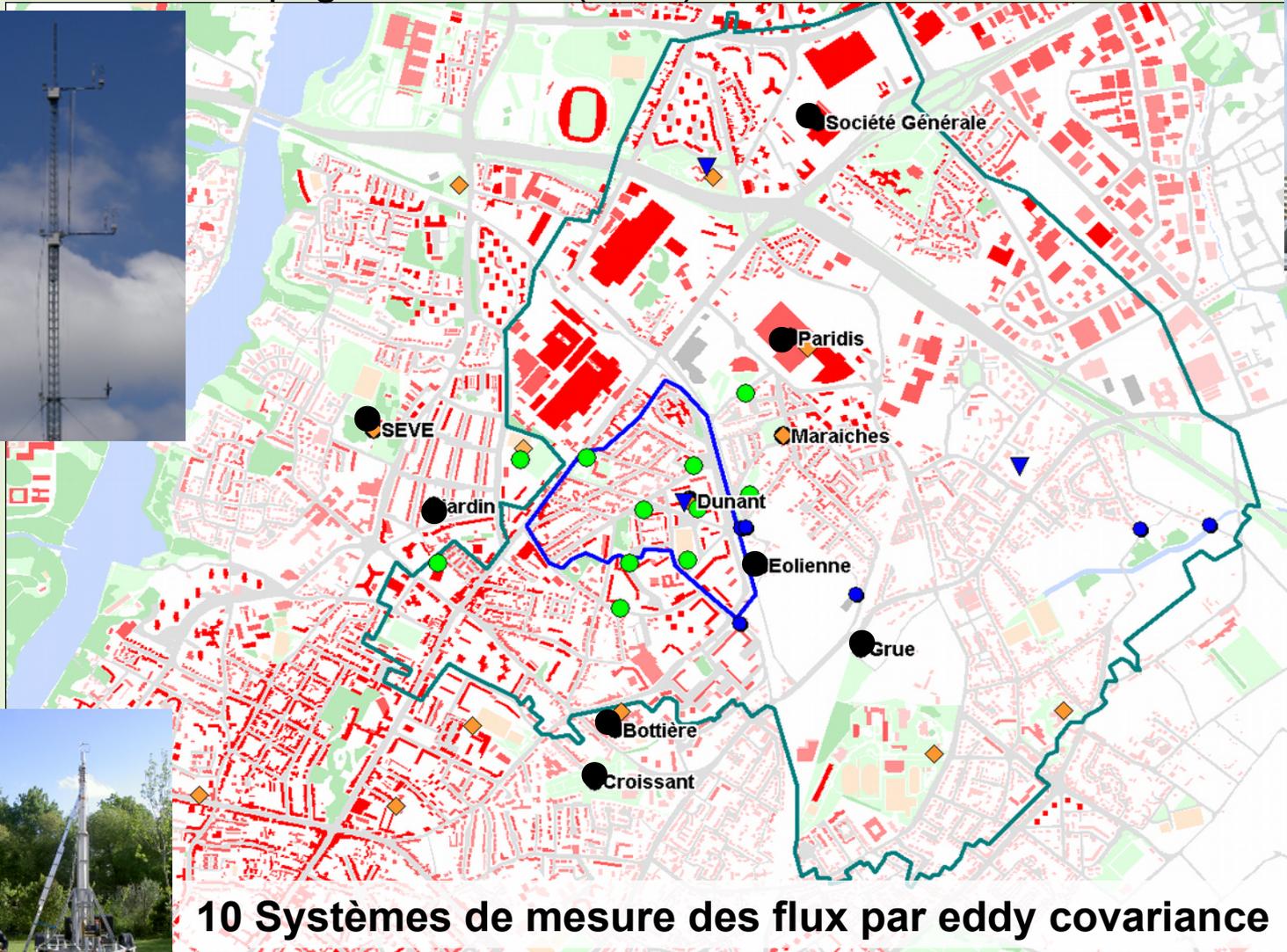
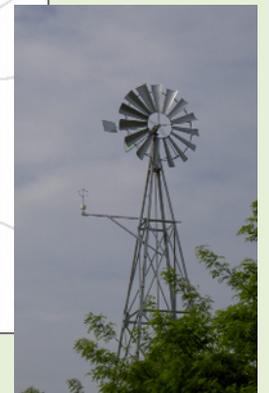
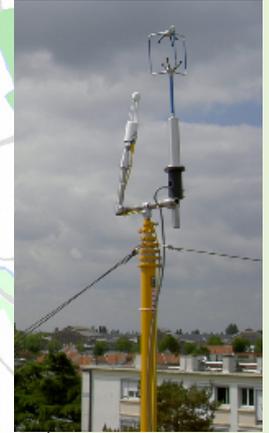
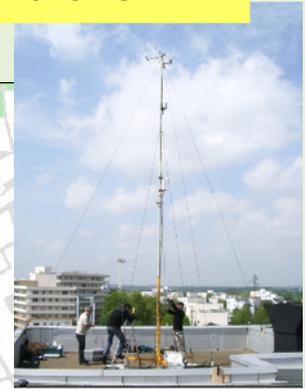
→ Ecovégétal et Noue Nantes « gagnent » par l'abattement des volumes d'eau

→ Abattements plus variables pour les dispositifs basés sur la décantation



Rôle de la végétation sur l'évapotranspiration

Campagne FluxSAP (2012)



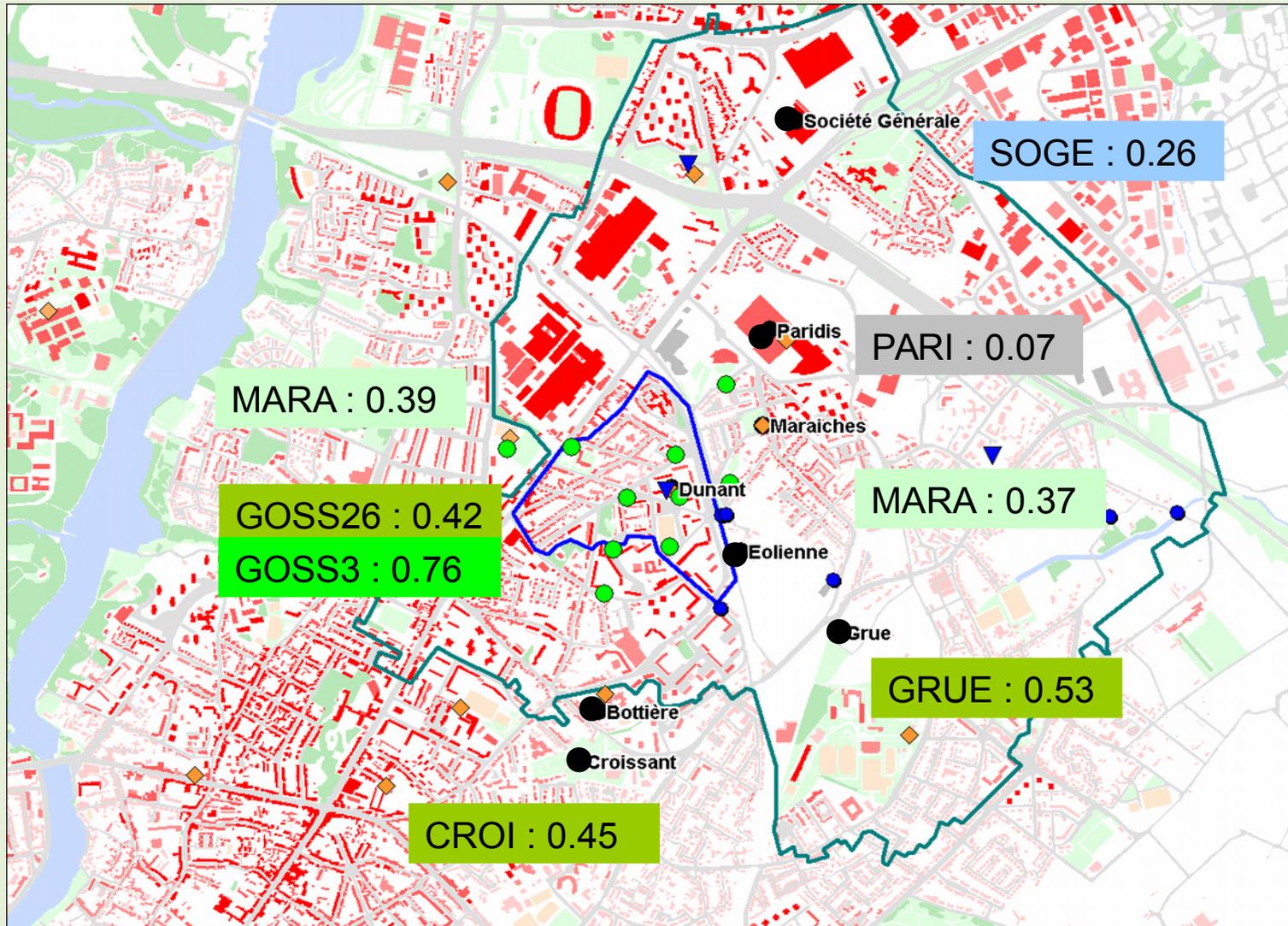
10 Systèmes de mesure des flux par eddy covariance

$$R_{\text{net}} = H + LE + G$$

Rôle de la végétation sur l'évapotranspiration

Lien entre les flux de chaleur et le taux de végétation ?

Estimation de la proportion de végétation autour du mat de mesure (200m)



Rôle de la végétation sur l'évapotranspiration

Méthodologie :

Détermination du flux moyen journalier

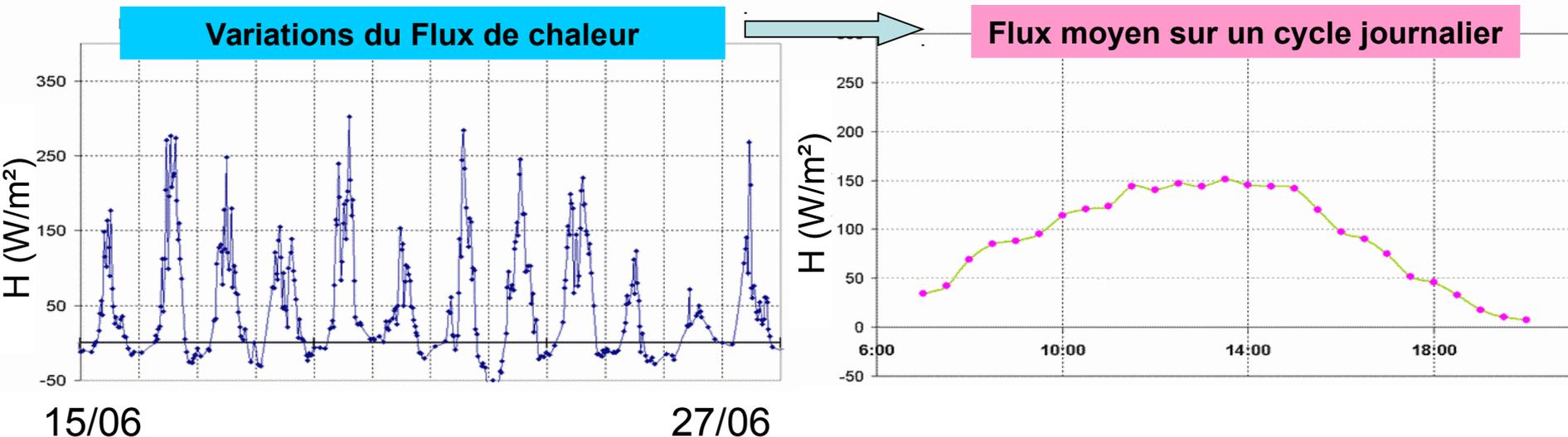
pas de temps : 1/2 h de 7 am à 8 pm

Période d'analyse : 01/06 au 27/06/2012

Variables :

- Flux de chaleur sensible H
- Flux de chaleur latente LE
- Fraction évaporative : $LE/(LE+H)$

Site	Period
PARI	31/05 - 27/06
SOGE	01/06 - 26/06
MARA	27/05 - 27/06
SEVE	24/05 - 27/06
GOSS26	29/05 - 27/06
CROI	24/05 - 27/06
GRUE	01/06 - 12/06
GOSS3	29/05 - 27/06

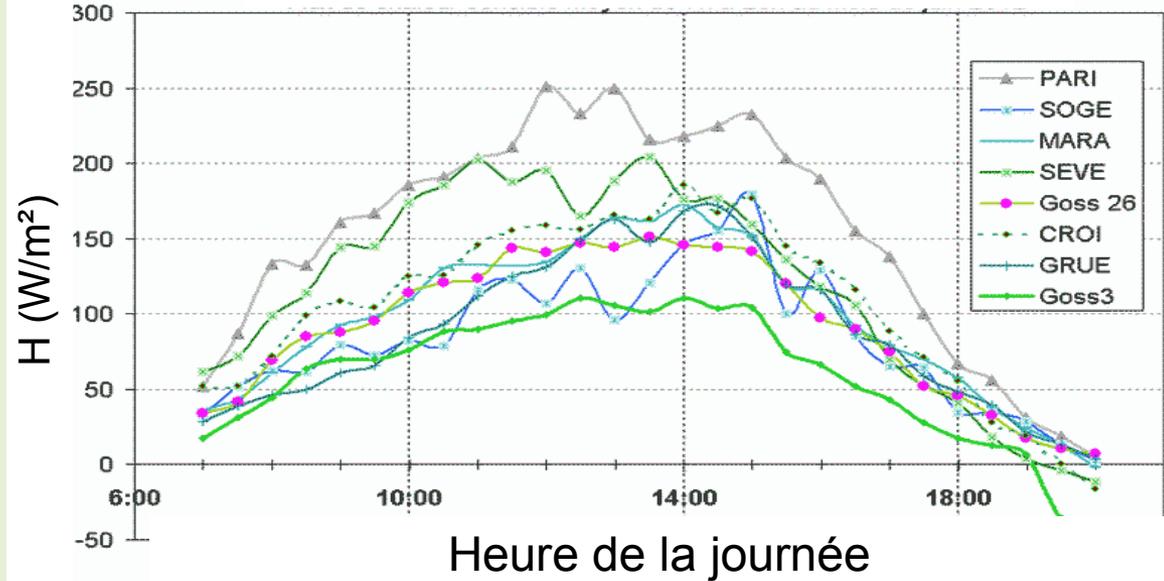


Rôle de la végétation sur l'évapotranspiration

Flux de chaleur sensible H

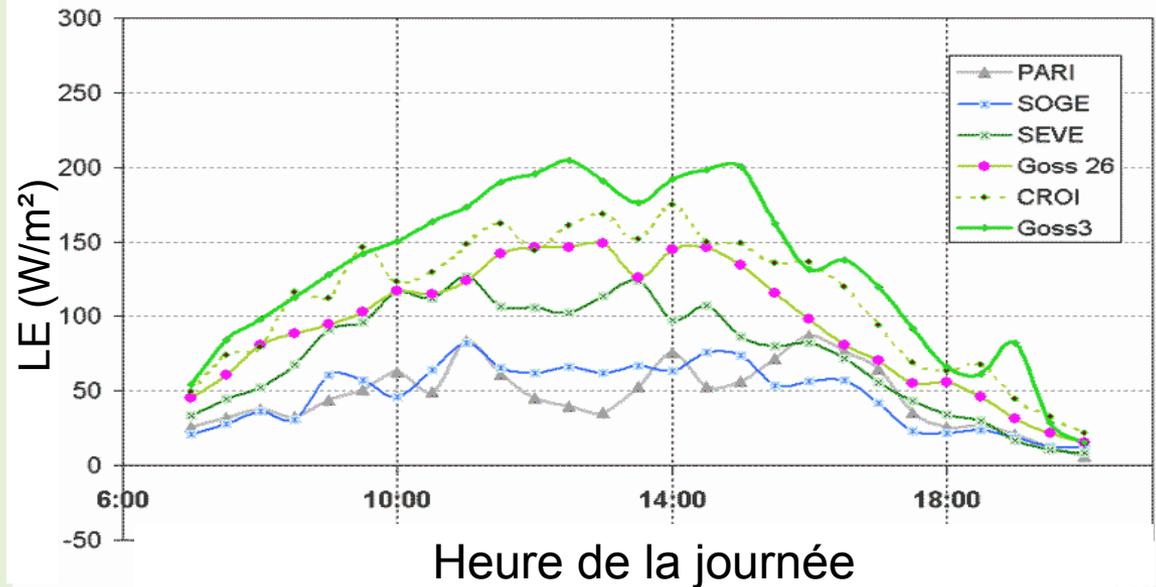
Végétation $\uparrow \Rightarrow H \downarrow$

Site	Fraction
PARI	0.07
SOGE	0.26
MARA	0.37
SEVE	0.39
GOSS26	0.42
CROI	0.45
GRUE	0.53
GOSS3	0.76



Flux de chaleur latente LE

Végétation $\uparrow \Rightarrow LE \uparrow$

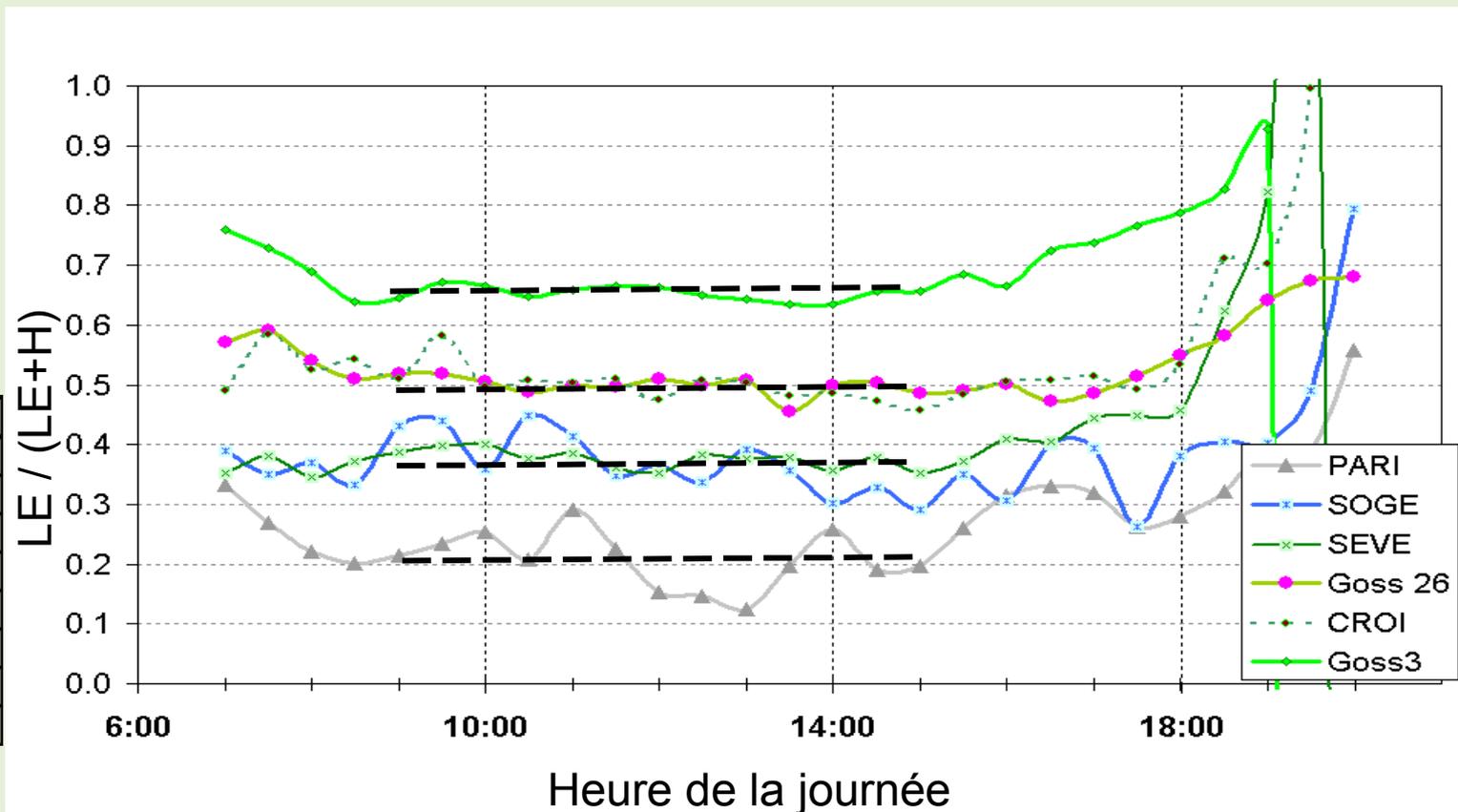


Rôle de la végétation sur l'évapotranspiration

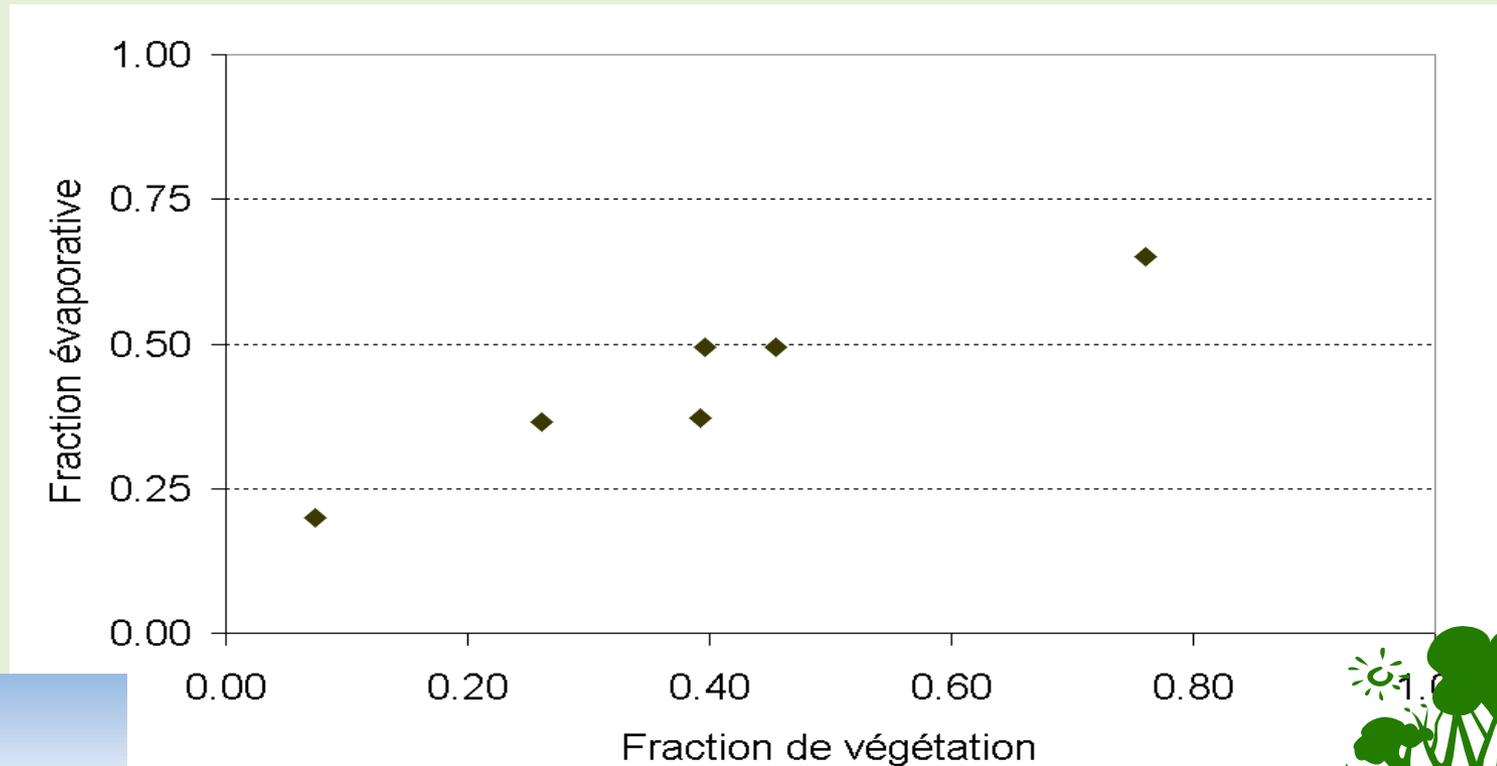
Fraction évaporative

- Proportion de rayonnement net consommé en évapotranspiration
- stable entre 10 am et 3 pm

Site	Fraction
PARI	0.07
SOGE	0.26
MARA	0.37
SEVE	0.39
GOSS26	0.42
CROI	0.45
GRUE	0.53
GOSS3	0.76



Rôle de la végétation sur l'évapotranspiration



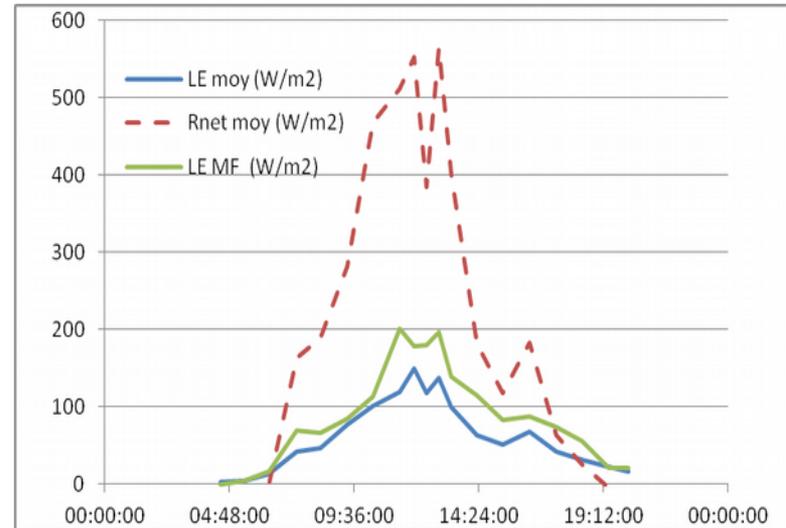
Modification des composantes du bilan d'énergie selon le taux de végétation pendant une période « estivale » à Nantes

Types de surfaces végétalisées et évapotranspiration

Déploiement des mesures d'évapotranspiration à l'aide de la chambre à transpiration durant la campagne FluxSAP 2012.



Dispositif de mesure – Chambre à transpiration (CEREMA Team)



Objectifs :

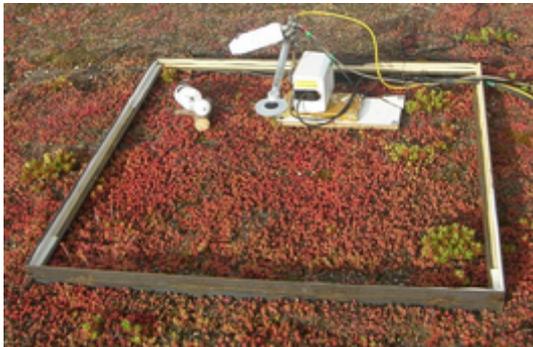
- réaliser une mesure d'évapotranspiration sur un cycle journalier
- investiguer différents types de surfaces végétalisées (jardin individuel, terrains de sports, espaces verts, végétation hors sol)

Types de surfaces végétalisées et évapotranspiration

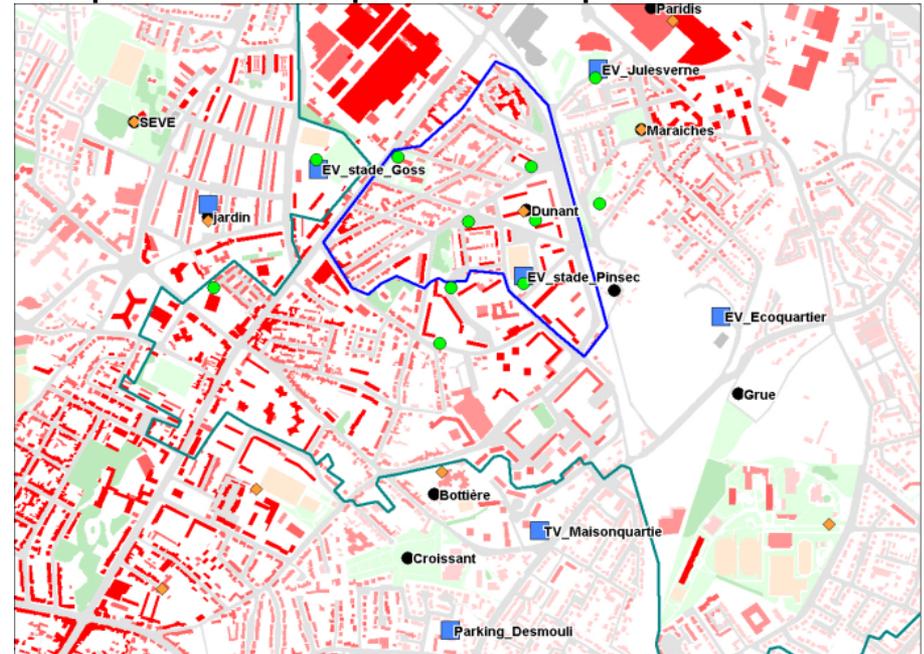
Déploiement des mesures d'évapotranspiration à l'aide de la chambre à transpiration durant la campagne FluxSAP 2012.



Dispositif de mesure – Chambre à transpiration (CEREMA Team)



Espaces verts publics ou privés



Types de surfaces végétalisées et évapotranspiration

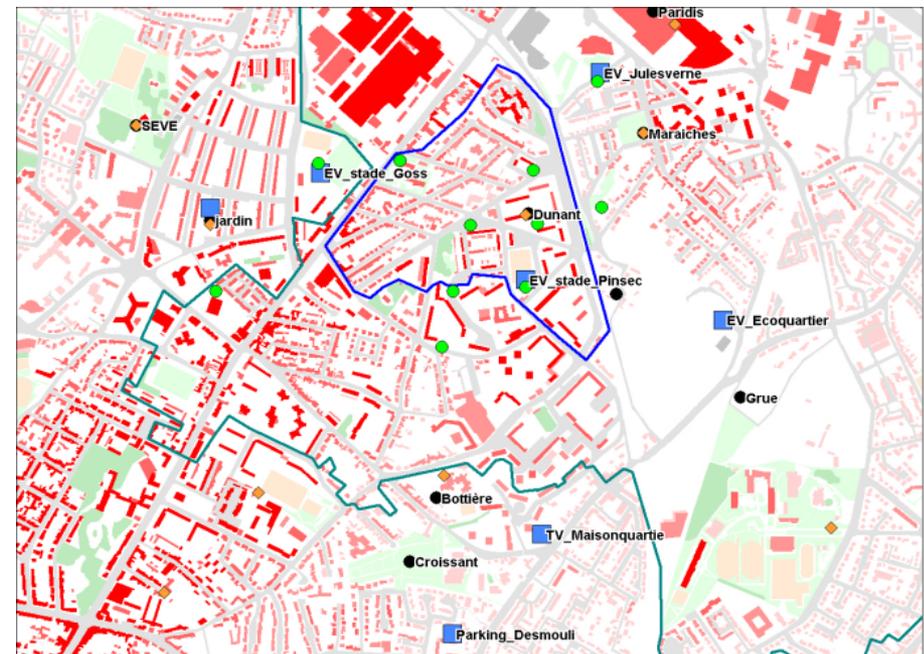
Déploiement des mesures d'évapotranspiration à l'aide de la chambre à transpiration durant la campagne FluxSAP 2012.

Date	Type d'espace végétalisé	Fraction évaporative 7h-17h
13/06	Jardin individuel - Gazon	0.29
14/06	Jardin individuel - Gazon	0.29
19/06	Toiture végétalisée (sedum)	0.18
27/06	Espace vert public – Gazon	0.29
05/07	Espace vert sur dalle – Gazon	0.20
17/07	Terrain de sport - Gazon	0.27
17/07	Espace vert en friche - Herbe	0.21

Fraction évaporative moyenne : LE/R_n

Rôle du type d'espace végétalisé...

En lien avec le sol / hors sol...



Conclusion

NBS : des performances supposées ??

Intérêt des ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales pour **réduire les volumes et débits de pointe... et les flux de polluants** (attention entretien des ouvrages)

Rôle de la végétation vis à vis de l'évapotranspiration

=> mesures réalisées sur des **quartiers** (eddy-covariance)

Mesures de l'évapotranspiration à **échelle locale**

=> végétation hors sol moins « évapotranspirante »

(en perspective : mesures + localisées...)

=> Des **performances avérées**