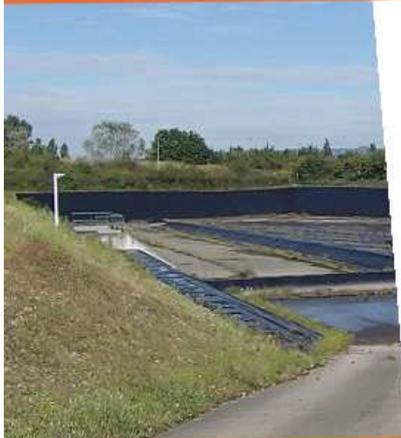


# Gestion des eaux pluviales à différentes échelles

*Connaissances, outils et efficacité des ouvrages*



## SUPPORTS D'INTERVENTIONS



OBSERVATOIRE  
DE TERRAIN  
EN HYDROLOGIE  
URBAINE

graie

GRANDLYON  
la métropole

Rhône-Alpes



Cerema



Jeudi 17 septembre 2015  
Lyon / Villeurbanne

# SOMMAIRE

• Objectifs de la journée	3
• Avant Propos : « Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité »	4
• Programme	5
• Supports d'interventions	6
– <b>La maîtrise des eaux pluviales : un enjeu central pour l'agence de l'eau RMC</b> <i>Fabien Abad, Agence de L'eau RMC</i>	7
– <b>OTHU : Un outil d'observation et de recherche au service des acteurs opérationnels</b> <i>Gislain Lipeme Kouyi, INSA Lyon LGCIE DEEP - Directeur scientifique et technique de l'OTHU</i>	16
– <b>Les rejets urbains de temps de pluie - Flux d'eau et de polluants – Rôle de la ville et évolution</b> <i>Sylvie Barraud, Céline Becouze-Lareure INSA Lyon LGCIE DEEP</i>	26
– <b>La restauration d'un cours d'eau grâce à la mise en place des techniques alternatives à multi-échelles : une idée folle ?</b> <i>Tim Fletcher, université de Melbourne (Australie)</i>	46
– <b>Impacts de l'urbanisation sur la réponse hydrologique des bassins péri-urbains : avancées sur les approches multi-échelles</b> <i>Isabelle Braud, Flora Branger, Pascal Breil IRSTEA Lyon HH</i>	58
– <b>Intégration, des systèmes à la source ,dans la gestion quantitative des eaux pluviales : toitures végétalisées et autres techniques alternatives</b> <i>Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon LGCIE DEEP</i>	70
– <b>Bassin de retenue/décantation: retour sur leur efficacité et le piégeage des micropolluants et des particules</b> <i>Christel Sébastian, Céline Becouze-Lareure INSA Lyon LGCIE DEEP</i>	92
– <b>Bassin de retenue/décantation : Pollution et contamination des sédiments d'un point de vue écotoxique et microbiologique et lien avec les activités</b> <i>Yves Perrodin, ENTPE LEHNA IPE - Benoit Cournoyer, UCBL et VetAgro Sup BPOE</i>	106
– <b>Ouvrages d'infiltration : indicateurs biologiques de leurs impacts sur les nappes</b> <i>Mermillod-Blondin F.<sup>1</sup>, Voisin J.1,2, Hervant F.<sup>1</sup>, Vienney A.<sup>1</sup>, Maazouzi C.<sup>1</sup>, Pigneret M.<sup>1</sup>, Cournoyer B.<sup>2</sup>, Marmonier P.<sup>1</sup> UCBL et VetAgro Sup BPOE <sup>-1</sup> UMR 5023 LEHNA E3S – <sup>2</sup> UMR 5557 LEM BPOE</i>	118
– <b>Ouvrages d'infiltration : Impacts sur le sol en place – connaissance et nouveaux outils</b> <i>Laurent Lassabatere, Thierry Winiarski, Rafael Angulo– ENTPE LEHNA IPE; Laurence Campan, La Métropole de Lyon</i>	130
– <b>Infiltration des eaux pluviales : une gestion à la carte ? focus lyonnais, panorama français.</b> <i>Emmanuel Dumont, Nathalie Le Nouveau, et al. Cerema</i>	140

## ▶ OBJECTIF

L'objectif de cette 6<sup>e</sup> journée technique est de diffuser les avancées et acquis de l'OTHU sur la connaissance et le suivi des eaux pluviales et leurs impacts potentiels au niveau des milieux récepteurs (eaux de surface et eaux souterraines) et de permettre aux acteurs opérationnels de bénéficier de ces connaissances le plus directement possible.

## ▶ PUBLIC

Cette journée s'adresse en premier lieu aux personnes chargées de la conception des systèmes d'assainissement, de leur réalisation, de leur gestion et notamment à celles qui sont impliquées dans le suivi des rejets et de leurs impacts. Elle intéressera donc particulièrement les collectivités territoriales, EPCI et bureaux d'études (VRD, paysage, environnement) les partenaires institutionnels (Services de l'État, Agences de l'Eau...), mais également les scientifiques travaillant dans le domaine de la gestion durable de l'eau.



## OTHU : OBSERVATOIRE DE TERRAIN EN HYDROLOGIE URBAINE

L'OTHU est un dispositif interdisciplinaire d'observation in situ des flux d'eau et de polluants/contaminants et de leurs impacts sur les milieux. Il repose sur un ensemble d'équipements de mesure installés sur le système d'assainissement de la Métropole de Lyon et sur les milieux récepteurs recevant les effluents issus de son système d'assainissement. L'OTHU est reconnu comme structure fédérative de recherche par le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur sous le numéro FED 4161 depuis mai 2011.

Deux types de milieux récepteurs, jugés particulièrement sensibles sont étudiés : les eaux souterraines et les petites rivières périurbaines.

L'OTHU constitue le support de travaux de recherche menés depuis 1999 par plus de 110 chercheurs, issus de 12 équipes de recherche lyonnaises (membres pour la plupart du laboratoire d'excellence IMU – Intelligences des Mondes Urbains), en étroite collaboration avec les acteurs de terrain.

L'OTHU est un des sites de la ZABR – Zone Atelier Bassin du Rhône – laquelle vise à structurer et valoriser la recherche dans le domaine de l'eau sur le bassin versant du Rhône. L'OTHU est également l'un des 16 observatoires du pôle Envirhonalp, qui structure, autour de grands équipements, la recherche régionale dans le domaine de l'environnement pour le développement durable.

# Avant Propos

## ▶ CONNAISSANCES, OUTILS ET EFFICACITÉ DES OUVRAGES

La gestion des eaux pluviales est aujourd'hui reconnue comme une composante majeure de la gestion des territoires. L'occupation de la ville impacte significativement notre environnement. En effet, l'imperméabilisation et la gestion centralisée des eaux pluviales par des réseaux modifient fortement les quantités à gérer (augmentation des volumes et débits de pointe, limitation de l'évapotranspiration, diminution de l'infiltration...) ; limitent la réalimentation des nappes souterraines ; concentrent les flux et dégradent la qualité des eaux par lessivage des polluants émis par la ville.

Les rejets urbains de temps de pluies (RUTP) constituent donc possiblement une menace pour les milieux aquatiques recevant ces eaux par l'apport potentiel de polluants tels que métaux lourds, hydrocarbures et autres composés organiques naturels ou de synthèse.

Grâce au développement des stratégies alternatives de gestion des eaux pluviales permettant de mettre à profit les espaces urbains et la végétation et, d'autre part, du fait de l'accroissement des exigences réglementaires (notamment l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau d'ici 2015), **les collectivités ont besoin de gérer leur système d'assainissement dans son ensemble et donc de connaître l'état des rejets et leurs conséquences pour les milieux.**

Cependant la compréhension des phénomènes liés à ces RUTP est complexe. C'est pourquoi l'OTHU a été créé, avec l'ambition de constituer un réseau pluridisciplinaire d'observations et de collecte de données intensives, pérennes et fiables ou du moins avec des incertitudes maîtrisées.

Les équipes de **l'OTHU travaillent ainsi depuis plus de 15 ans sur cette thématique**, en associant des compétences complémentaires : hydrologie, microbiologie, biologie, physico-chimie, géomorphologie, science du sol, climatologie, sciences sociales.

Ces travaux qui se poursuivent, ont d'ores et déjà de très nombreuses retombées opérationnelles. Cette journée sera l'occasion de présenter quelques-unes de ces avancées en particulier sur :

- **les connaissances sur la pollution et la contamination des eaux pluviales ;**
- **les outils et les pratiques permettant d'améliorer la gestion des eaux pluviales et de cerner leurs impacts ;**
- **le fonctionnement des ouvrages et les interactions entre eaux pluviales, sols / sédiments et nappes au sein des ouvrages.**



# PROGRAMME

09 h 00	<b>ACCUEIL</b>		
09 h 30	<b>OUVERTURE</b> Claude Presle, Directeur de l'eau de la Métropole de Lyon		
09 h 40	<b>La maîtrise des eaux pluviales : un enjeu pour les acteurs du bassin Rhone Méditerranée Corse</b> Fabien Abad, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse		
09 h 55	<b>OTHU : Un outil d'observation et de recherche au service des acteurs opérationnels</b> Gislain Lipeme Kouyi, INSA Lyon LGCIE DEEP – Directeur scientifique et technique de l'OTHU		
	<b>1 RETOUR SUR 15 ANS DE DONNÉES ET SUIVIS</b>		
10 h 10	<b>Les rejets urbains de temps de pluie – Flux d'eau et de polluants – Rôle de la ville et évolution</b> Sylvie Barraud, Céline Becouze-Lareure – INSA Lyon LGCIE DEEP		
	<b>2 VISION À GRANDE ÉCHELLE</b>		
10 h 45	<b>Impacts de l'urbanisation sur la réponse hydrologique des bassins péri-urbains : avancées sur les approches multi-échelles</b> Isabelle Braud, IRSTEA HH Témoignage : Ronan Philippe, La Métropole de Lyon		
11 h 20	 <b>La restauration d'un cours d'eau grâce à la mise en place des techniques alternatives à multi-échelles : une idée folle ?</b> Tim Fletcher, Université de Melbourne (Australie)		
11 h 50	<b>Intégration dans la gestion quantitative des eaux pluviales des systèmes à la source : toitures végétalisées et autres techniques alternatives</b> Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon LGCIE DEEP Témoignage : Elisabeth Sibeud, La Métropole de Lyon		
12 h 25	<b>DÉJEUNER</b>		
		<b>3 VISION À L'ÉCHELLE DES OUVRAGES</b>	
13 h 35	<b>Bassin de retenue / décantation : retour sur leur efficacité et le piégeage des micropolluants et des particules</b> Christel Sébastien, Céline Becouze-Lareure, INSA Lyon LGCIE DEEP		
14 h 05	<b>Bassin de retenue / décantation : Pollution et contamination des sédiments d'un point de vue écotoxique, microbiologique et lien avec les activités</b> Yves Perrodin, ENTPE LEHNA IPE – Benoit Cournoyer, UCBL et VetAgro Sup BPOE Témoignage : Claire Gibello, La Métropole de Lyon		
14 h 50	<b>PAUSE</b>		
15 h 10	<b>Ouvrages d'infiltration : Indicateurs biologiques de leurs impacts sur les nappes (qualité de la matière organique et organismes sentinelles)</b> Pierre Marmonier, Florian Mermillod Blondin, UCBL LEHNA E3S Témoignage : Nelly Maamir, La Métropole de Lyon		
15 h 40	<b>Ouvrages d'infiltration : Impacts sur le sol en place – connaissance et nouveaux outils</b> Thierry Winiarski, Laurent Lassabatère – ENTPE LEHNA IPE Témoignage : Laurence Campan, La Métropole de Lyon		
16 h 15	 <b>Infiltration des eaux pluviales : une gestion à la carte ? Focus lyonnais, panorama français</b> Emmanuel Dumont, Nathalie Le Nouveau, Cerema		
16 h 45	<b>Synthèse / Perspectives</b> Gislain Lipeme Kouyi, INSA Lyon LGCIE DEEP Laurence Campan, La Métropole de Lyon		
17 h 00	<b>FIN DE LA JOURNÉE</b>		

# Supports d'interventions

# La maîtrise des eaux pluviales : un enjeu central pour l'agence de l'eau RMC

*Fabien Abad, Agence de L'eau RMC*

PROGRAMME D'ACTION  
2013 - 2018



**SAUVONS  
L'EAU!**

## La maîtrise des eaux pluviales : un enjeu central pour l'agence de l'eau RMC

Fabien ABAD - Chef de Service PSP  
Pollutions (Agricole, Industrielle, Urbaine) et Services Publics d'eau  
et d'assainissement

17 septembre 2015

L'AGENCE DE L'EAU  
RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE



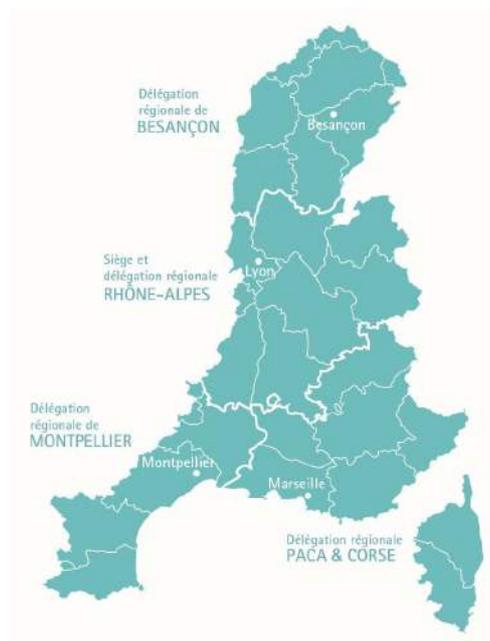
## Assurer une mission de service public

- **Un établissement de service public**, qui relève du Ministère du développement durable.
- Une mission inscrite dans le cadre de la Directive européenne sur l'eau, transposée en droit français afin d'atteindre **le bon état des eaux superficielles, souterraines et côtières en 2015**.
- Un système économique fondé sur **la perception de redevances**, qui permettent de **financer des actions (400 M€ par an)** participant d'une gestion durable des ressources en eau.
- Une intervention sur les bassins hydrographiques Rhône-Méditerranée et de Corse, géographie qui fonde une communauté de l'eau autour d'intérêts communs et **d'un défi partagé : sauver l'eau !**



## L'agence Rhône Méditerranée Corse

- Deux bassins hydrographiques : Rhône Méditerranée et Corse
- 14 millions d'habitants
- 25 % du territoire français
- 20 % de l'activité agricole et industrielle nationale
- 13 000 km de cours d'eau
- 360 collaborateurs
- 4 délégations régionales



## Contexte

Une gestion globale de l'eau impactée par le changement climatique, une ville qui doit se repenser pour s'adapter, une gestion des systèmes d'assainissement qui doit muter :

- **après les ouvrages on passe au système** : après la mise aux normes du parc épuratoire, la mise en place de l'autosurveillance des réseaux d'assainissement, la réhabilitation des réseaux d'assainissement, il est temps de se pencher sur :
  - **la gestion durable des services publics** de l'eau et d'assainissement,
  - **la gestion du temps de pluie** (présentation d'aujourd'hui),
  - **la valorisation de la station d'épuration** = usine de valorisation => la station du futur (énergie, récupération de matière, réutilisation d'eau traitée, amélioration des performances (bio indicateurs, nouveaux procédés) journée 2016

FILM

**SAUVONS  
L'EAU!**

## Pourquoi l'agence de l'eau promeut l'infiltration de l'eau de pluie

Objectif initial : **réduire le volume d'eaux pluviales dans les réseaux unitaires**

Mais d'autres avantages :

- **Économiques** : sur le fonctionnement des stations, sur les volumes des bassins d'orage...
- **Préparent les villes au changement climatique** : recharge des nappes, réduction de la température des îlots de chaleur...
- **Améliore la qualité de vie** : espaces verts végétalisés, maintient de la biodiversité...

agence  
de l'eau  
région Île-de-France  
de la  
CORSE  
établissement public de l'Etat

**SAUVONS  
L'EAU!**

## Un politique reprise dans 2 documents stratégiques : le PBAC et le SDAGE

### Plan de Bassin d'Adaptation au Changement Climatique :

- Favoriser la rétention d'eau en privilégiant la réinfiltration
- Retenir l'eau dans le territoire en **désimperméabilisant**
  - **Compenser à hauteur de 150% l'imperméabilisation** en zone urbaine, par la création de dispositifs d'infiltration et de réduction du ruissellement



## Un politique reprise dans 2 documents stratégiques : le PBAC et le SDAGE

### Projet de Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux :

#### 3 objectifs généraux :

- **Eviter l'imperméabilisation nouvelle des sols** – documents d'urbanisme en amont de l'ouverture de zones à l'urbanisation
- **Réduire l'impact des nouveaux aménagements** – transparence hydraulique en favorisant l'infiltration et/ou la rétention à la source
- **Désimperméabiliser l'existant** – compenser à hauteur de 150% les surfaces nouvellement ouvertes à urbanisation



## Des financements pour promouvoir cette politique

→ En 2013 (10M€) puis 2014 (20M€) sous forme d'appels à projets (~180 projets)

### Financement à 50% des projets d'infiltration ou de réutilisation

→ Proposition d'intégration au programme d'intervention -  
financement à 50% des travaux de :

- **désimperméabilisation** de surface imperméabilisée existante permettant la déconnexion des eaux de pluie du réseau unitaire pour infiltration ou réutilisation.
- **déconnexion** des eaux de pluie du réseau unitaire pour infiltration ou réutilisation.
- **déconnexion pour infiltration ou traitement des eaux pluviales strictes** rejetées dans un milieu sensible (enjeu sanitaire, eutrophisation...).



**SAUVONS  
L'EAU!**

## Exemples de projets financés

### Zéro rejet d'eaux pluviales dans le réseau d'assainissement pour 700 logements supplémentaires

→ **QUI ?**

La ville de Besançon (25),  
120 000 habitants.

→ **COÛT DES OPÉRATIONS ?**

350 000 €, dont 50% financés  
par l'agence de l'eau, soit une  
aide financière de 175 000 €.



Avec la mise en place de chaussées réservoirs, d'une noue centrale, d'un espace vert creux ainsi que de massifs drainants lors de la rénovation de la caserne Vauban en 700 logements d'habitation, la ville de Besançon vise « zéro rejet » d'eau de pluie dans le réseau unitaire. Ces solutions de stockage et d'infiltration permettront de contenir la pluie centennale et l'imperméabilisation du site sera réduite de 70 à 55%.



**SAUVONS  
L'EAU!**

## Exemples de projets financés

### Désimperméabilisation et infiltration pour le parking Raynouard

#### → QUI ?

La ville de St-Maximin-la-Ste-Baume (83), 2 000 habitants.

#### → COÛT DES OPÉRATIONS ?

350 000 €, dont 36,46% financés par l'agence de l'eau, soit une aide financière de 127 600 €.



Le fractionnement du parking Raynouard par des noues enherbées avec de la prairie méditerranéenne facilite l'infiltration des eaux pluviales. L'utilisation de matériaux spécifiques pour les voies piétonnières et les stationnements permet de réduire l'imperméabilisation aux seules voies de circulation.

## Exemples de projets financés

### Désimperméabilisation des berges du Rhône

#### → QUI ?

La ville de Laveyron (26),  
2 000 habitants.

#### → COÛT DES OPÉRATIONS ?

242 210 €, dont 50% financés par l'agence de l'eau, soit une aide financière de 121 105 €.



Le remplacement d'un terrain de basket et d'un parking en enrobé par un amphithéâtre de verdure perméable et d'un parking herbagé permet d'infiltrer l'eau de pluie là où elle tombe.

La mise en place d'une esplanade récupérant les eaux de pluie et de noues permettant leur infiltration est également prévue. Ces aménagements entraînent la désimperméabilisation d'une surface de 900 m<sup>2</sup>.

## Exemples de projets financés

### Toiture végétalisée, infiltration et réutilisation des eaux pluviales de bâtiments publics

#### → QUI ?

La ville de Charbonnières-les-Bains (69), 5 000 habitants.

#### → COÛT DES OPÉRATIONS ?

**Ecole** : 90 000 €, dont 50% financés par l'agence de l'eau, soit une aide financière de 45 000 €.

**Centre technique** : 70 000 €, dont 50% financés par l'agence de l'eau, soit une aide financière de 35 000 €.



Charbonnières-les-Bains a réalisé des travaux permettant de déconnecter les eaux de pluie du réseau d'assainissement mais aussi de réaliser des économies d'eau.

La toiture de l'extension de l'école élémentaire a été végétalisée. Une cuve de stockage de 6 000 l a également été installée pour récupérer les eaux pluviales des toitures existantes. L'eau de pluie ainsi récupérée sera utilisée pour l'arrosage. 450 m<sup>3</sup> d'eau potable par an sont ainsi économisés.

Une noue permet l'infiltration de l'eau de pluie des voiries au niveau du futur centre technique. L'installation d'une cuve de 10 000 l permet également de récupérer les eaux de pluie des toitures et de la réutiliser pour le lavage du matériel et des véhicules des services techniques.



**SAUVONS  
L'EAU!**

## Mais aussi au niveau national

### Une mission d'expertise du CGEDD

#### Objectifs :

- ✓ Dresser un état des lieux
- ✓ Formuler des propositions pour créer les conditions d'une politique plus intégrée
- L'arrêté du 21 juillet 2015 (remplace l'arrêté du 22 juin 2007) et l'instruction technique associée (signée le 07/09/2015 en attente de publication au BO) qui traduisent la conformité ERU par temps de pluie



**SAUVONS  
L'EAU!**

## Mais aussi au niveau local

Partenariat privilégié et actif avec les équipes de l'**OTHU** pour une politique opérationnelle :

- subvention en lien avec le GL
- participation au comité de gestion
- participation au comité scientifique
- participation au séminaire pour élaboration du programme de recherche
- suivi de chantier ... chronothu
- stage en cours sur 15 ans de recherche quelle valorisation ?



**SAUVONS  
L'EAU!**

# **OTHU : Un outil d'observation et de recherche au service des acteurs opérationnels**

*Gislain Lipeme Kouyi, INSA Lyon LGCIE DEEP  
Directeur scientifique et technique de l'OTHU*

## Gestion des eaux pluviales à différentes échelles

*Connaissances, outils et efficacité des ouvrages*

### OTHU: Observation et recherche au service des opérationnels

Gislain LIPEME KOUYI – INSA Lyon - DEEP



**graie**  
**GRANDLYON**  
la métropole



17 septembre 2015  
Lyon/ Villeurbanne - Espace Tête D'or



OBSERVATOIRE  
DE TERRAIN  
EN HYDROLOGIE  
URBAINE

17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

## Systèmes de gestion des eaux pluviales



Source: ANR RIVES

## Systèmes de gestion des eaux pluviales



Système centralisé



Gestion des sédiments



Perception des ouvrages et comportements



Impacts milieux

3

## De nouvelles ou d'autres solutions de gestion





## Fédération d'équipes de recherche depuis 1999 - Label SFR 4161

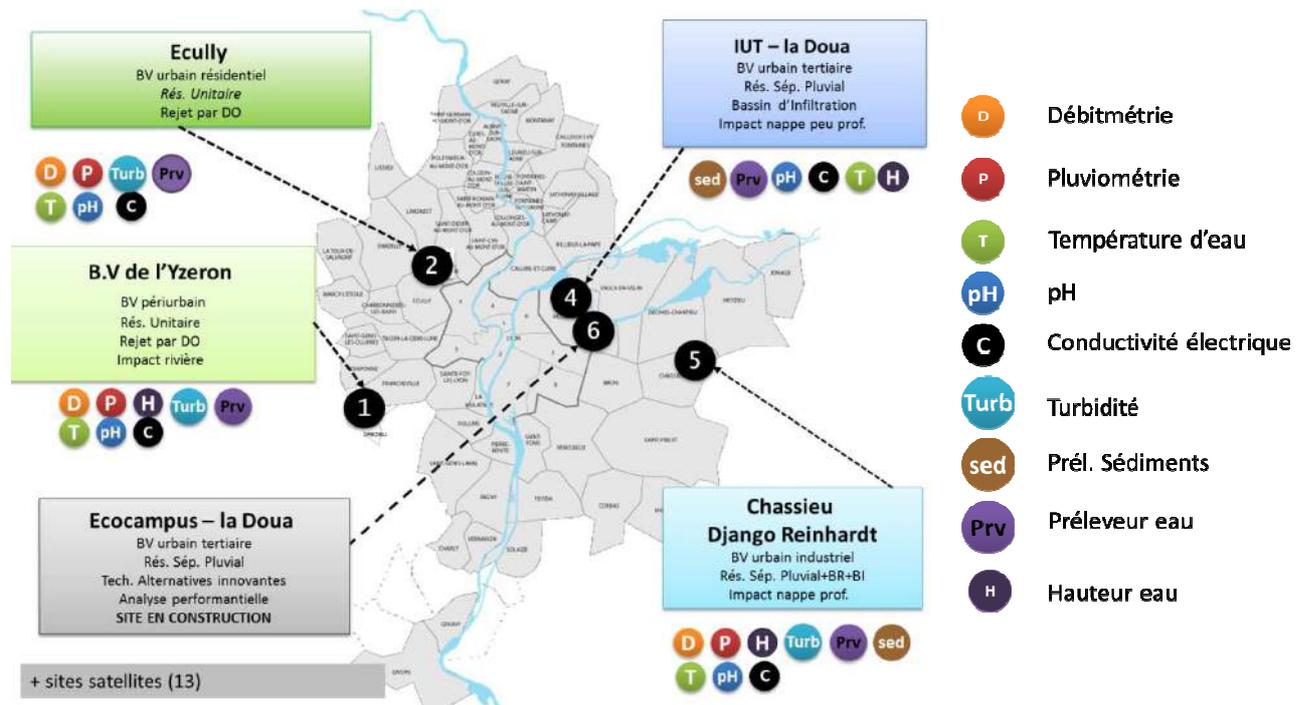


## Objectif: Mieux comprendre le cycle urbain de l'eau

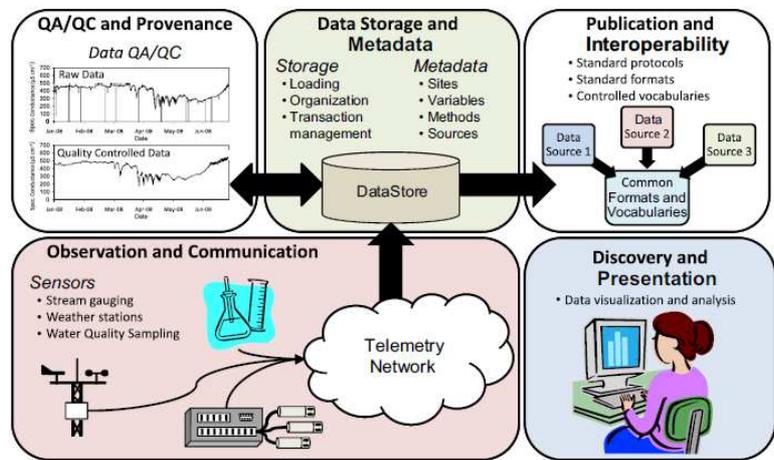
- Produire des connaissances et fournir des outils opérationnels
  - Mesurer et modéliser les flux d'eau et de polluants
    - Dynamique, variabilité, évolution
  - Mesurer et modéliser les performances des ouvrages
    - Comportement, efficacité, vieillissement
  - Analyser le fonctionnement global des systèmes
  - Améliorer les pratiques et procédures
  - Outils d'aide à la décision en matière de gestion



# Sites OTHU

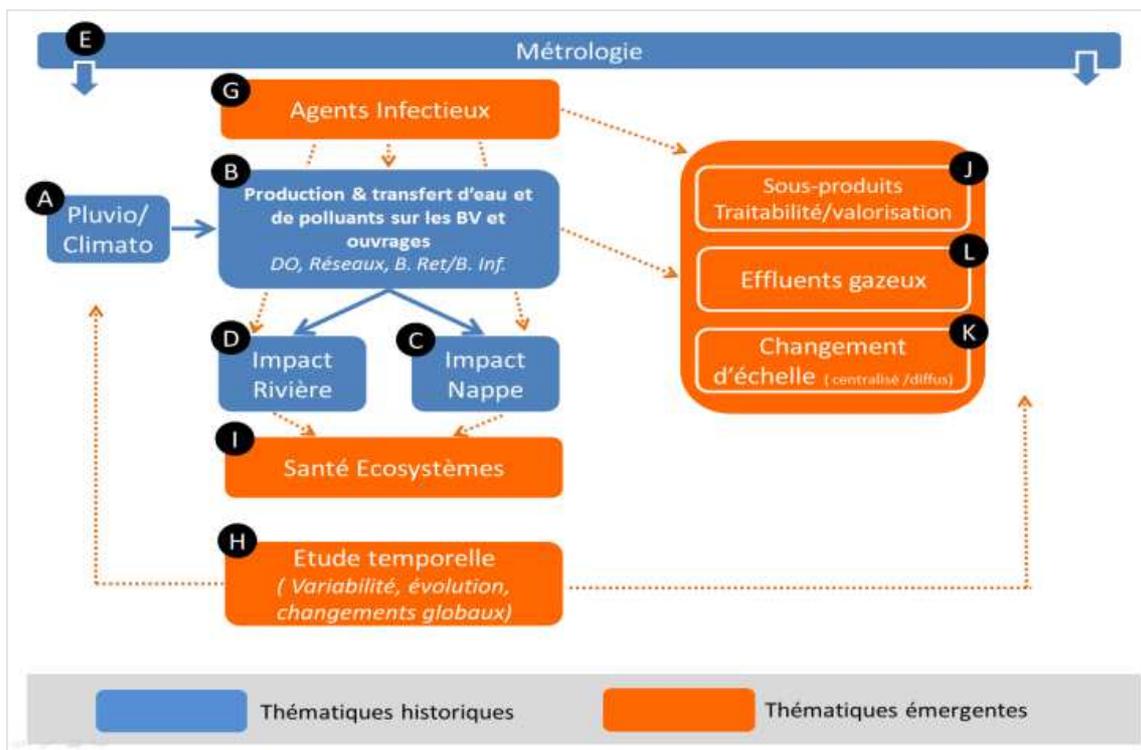


# Données sur le long terme, en continu, avec incertitudes



Horsburgh et al. (2011)

# Programme d'action



9

## Quelques aspects clés et originaux...

- **Pluri/inter-disciplinarité: Recherche collaborative**
  - Favorisée aussi grâce au Labex IMU
- **Construction concertée du programme d'action**
- **Contexte local/national favorable:**
  - Confiance Grand Lyon/Agence RMC
  - GRAIE (interactions avec plusieurs groupes de travail),
  - ZABR
  - SOERE URBIS (OTHU+OPUR+ONEVU)
  - Soutiens Région et Ministères (CPER, Label SFR 4161)
  - Novatech tous les 3 ans à Lyon



## Résultats scientifiques et opérationnels

- Analyse de l'influence des bassins d'infiltration sur la nappe
- Fonctionnement et performances des ouvrages d'infiltration
- Plateforme de simulation numérique – bassin peri-urbain
- Evaluation impacts rejets DO sur petit cours d'eau
- Innovation métrologique (*Evohe*, *DSM*, bungalow prototype, micro-capteurs, etc.)



## Résultats opérationnels : Quelques exemples de valorisation industrielle

- Brevet Grand Lyon/INSA - *DSM*



GRANDLYON  
la métropole

INSA  
INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
APPLIQUÉES  
LYON

Université Claude Bernard  
UCLM Lyon 1

- Logiciel *Evohé*
- Création Start-up
- ...





# Valorisation par le GRAIE

- Site internet – [www.othu.org](http://www.othu.org)
- Journées techniques
- Fiches techniques ↔ Cerema
- Guides techniques
- Rapports
- Formations
- Séminaires

Programme ECOPLUIES  
Techniques innovantes de traitement des eaux pluviales et de leur contribution vers le maître d'ouvrage des ouvrages d'infrastructures urbaines

**L'infiltration en questions**  
Recommandations pour la faisabilité de la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales

Fiche Technique n° 3:  
Message de la pluie par des plantes

Le message de la pluie consiste à valoriser le rôle des infrastructures écopluisantes en tant que lieu de vie pour les habitants et de favoriser le développement de la végétation urbaine. Cette dernière permet de limiter l'impact des eaux pluviales sur le réseau d'assainissement et de favoriser la recharge des nappes phréatiques.

**PRINCIPES DE CONCEPTION**

La pluie est un message de la pluie qui doit être compris et traité de manière adaptée. La pluie est un message de la pluie qui doit être compris et traité de manière adaptée. La pluie est un message de la pluie qui doit être compris et traité de manière adaptée.

**INTERET DES OUVRES**

Pluies	Pluies	Pluies
Pluies	Pluies	Pluies
Pluies	Pluies	Pluies
Pluies	Pluies	Pluies

FICHE TECHNIQUE OTHU N°10  
Amélioration des procédés de gestion des réseaux de canalisations  
Prétraitement des rejets des canalisations des bassins de rétention et d'infiltration

Le traitement des rejets des canalisations est un enjeu majeur de la gestion des réseaux de canalisations. Ce traitement permet de limiter l'impact des rejets sur le réseau d'assainissement et de favoriser la recharge des nappes phréatiques.

**Cadre Général :**

Le traitement des rejets des canalisations est un enjeu majeur de la gestion des réseaux de canalisations. Ce traitement permet de limiter l'impact des rejets sur le réseau d'assainissement et de favoriser la recharge des nappes phréatiques.

**Constat :**

Le traitement des rejets des canalisations est un enjeu majeur de la gestion des réseaux de canalisations. Ce traitement permet de limiter l'impact des rejets sur le réseau d'assainissement et de favoriser la recharge des nappes phréatiques.



# Objectifs de la journée

- Prendre connaissances des avancées de l'observatoire
- Apporter des éléments de réponses à vos questions opérationnelles
- Échanger pour enrichir les réflexions sur les thèmes de recherche à développer en appui sur l'OTHU (perspectives).

## La 6<sup>e</sup> Journée thématique de l'OTHU - Structure – Gestion des eaux pluviales

10h15	<b>Retours sur 15 ans de données et suivis</b> – Flux d'eau, de polluants –rôle de la ville, évolution
10h45	<b>Vision à grande échelle</b> – Urbanisation, réponse hydrologique, système à la source et gestion quantitative  <i>Restauration des cours d'eau et TA</i>
13h35	<b>Vision à l'échelle des ouvrages</b> – Bassin de retenue/décantation, ouvrages d'infiltration : sol et nappe
16h15	 <i>Infiltration des eaux pluviales: gestion à la carte ?</i> <b>Synthèse /perspectives</b>



Très bonne journée à toutes et à tous!



## Perspectives

- Généralisation des résultats (masses annuelles de polluants, éléments pour comparaison, etc.)
- Substances à surveiller
  - Rôle des matériaux
  - Activités
  - développements analytiques associés
- Innovation métrologique (bio-indicateurs/capteurs d'alerte, etc.)
- Gestion globale des eaux urbaines
  - Eau/Climat
  - Eau/Biodiversité
  - Gestion patrimoniale des techniques à la source



## Perspectives/Valorisation

- Actions de formation
- Documents pratiques avec exemples d'application
- Outils de modélisation ouvrages à la source/vision globale
- Diffusion de bonnes pratiques par les instances décisionnelles (Agences de l'eau/ Ministère...)
- Coordination au niveau national  
GRAIE/ASTEE/ARCEAU...

# Les rejets urbains de temps de pluie - Flux d'eau et de polluants – Rôle de la ville et évolution

*Sylvie Barraud, Céline Becouze-Lareure  
INSA Lyon LGCIE DEEP*

# Gestion des eaux pluviales à différentes échelles

Connaissances, outils et efficacité des ouvrages

## Les rejets urbains de temps de pluie – Flux d'eau et de polluants Rôle de la ville et évolution

Sylvie Barraud et Céline Becouze-Lareure  
INSA de Lyon - LGCIE DEEP

OTHU  
OBSERVATOIRE  
DE TERRAIN  
EN HYDROLOGIE  
URBAINE

graie  
GRANDLYON  
la métropole



17 septembre 2015  
Lyon/ Villeurbanne - Espace Tête D'or  
1

OTHU  
OBSERVATOIRE  
DE TERRAIN  
EN HYDROLOGIE  
URBAINE

17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

## Contexte

- Evolution des données à partir de longues séries continues
- Point sur les campagnes ponctuelles de mesure liées aux polluants

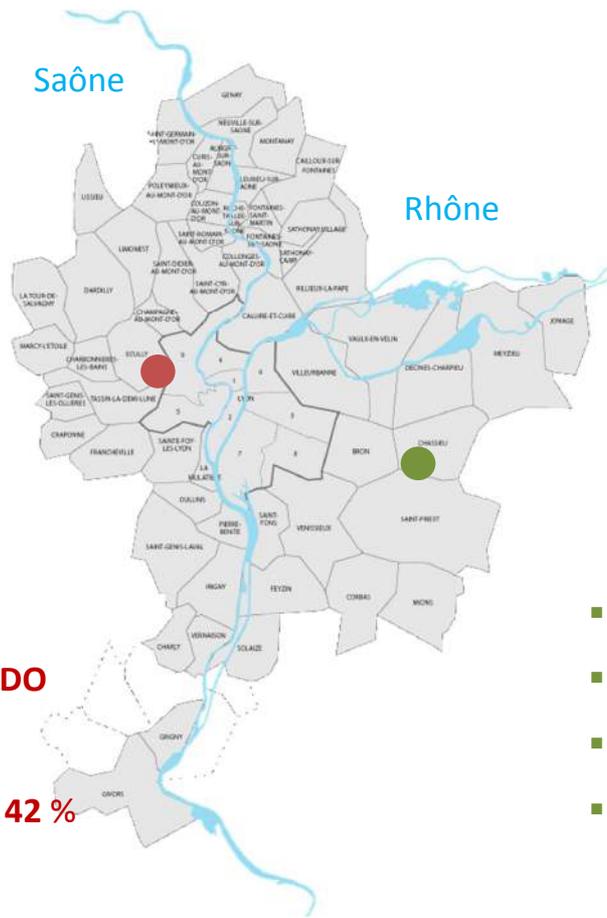


# Sites

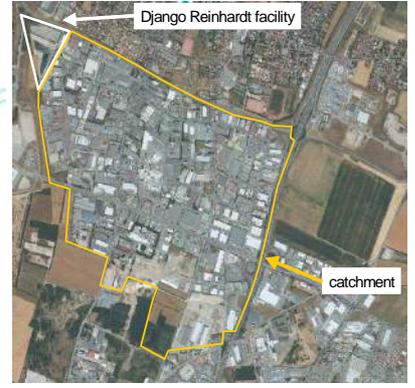
## Ecully



- Résidentiel
- Réseau unitaire +DO
- 245 ha
- Imperméabilisé à 42 %



## Chassieu



- Industriel
- Réseau séparatif +BR+BI
- 185 ha
- Imperméabilisé à 75 %



**EVOLUTION DES DONNÉES À PARTIR DE LONGUES SÉRIES CONTINUES**

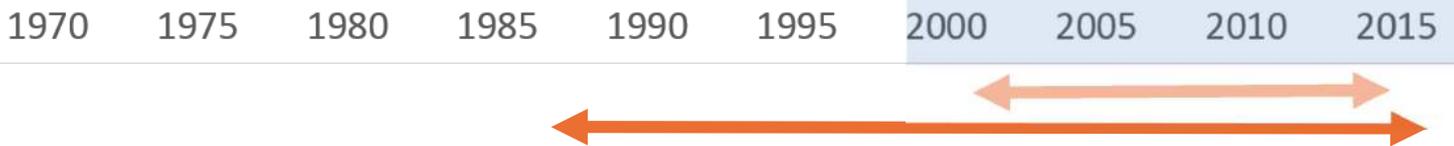
## GRANDEURS ÉTUDIÉES

5



### Pluie

(Chassieu / Ecully)



**Périodes** : 1986-2014 (29 ans) / 2003-2013 (11 ans)

**Données** : Station Bron (Chassieu) / Stations OTHU / Stations Gr. Lyon [base  $\Delta t=6\text{min}$ ]

#### Annuelles / mensuelles

- Hauteur totale précipitée
- Période de temps sec (en nombre de jours et heures)
- Hauteur maximale précipitée en 30 min, 1h, 2h, 4h, 8h, 12h et 24 h

#### Sur les évènements

- Hauteur totale de l'évènement
- Intensité moy-max en 6 min, Intensité moyenne sur l'évènement
- Durée totale, Durée de temps sec

6

# T°C d'air (Chassieu)



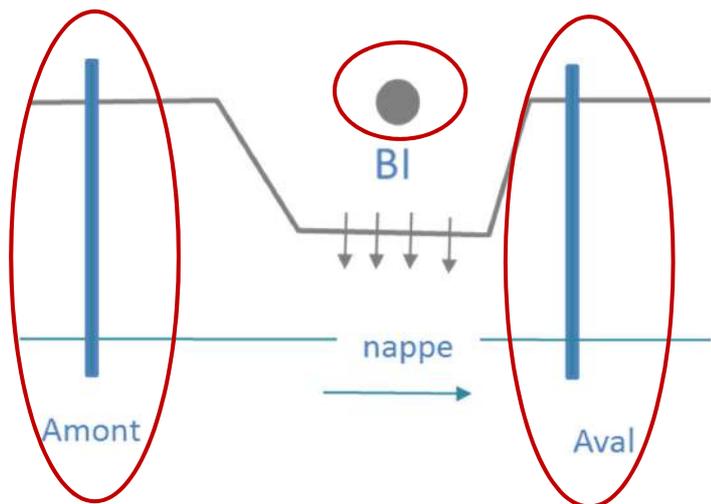
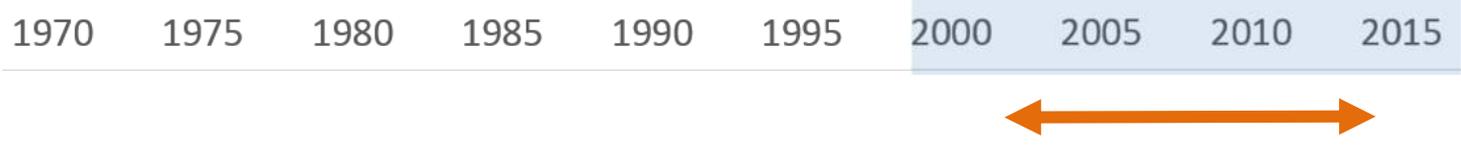
**Période** : 1970-2014 (45 ans) / 1986-2014 (29 ans) / 2003-2013 (11 ans)

**Données** : Station Météo Bron / stations OTHU [base  $\Delta t=1h$  à  $3h$ ]

### Données Annuelles et Mensuelles

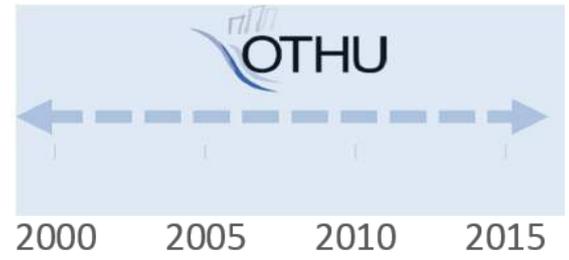
- Température maximale
- Température minimale
- Température moyenne
- Température médiane

# T°C d'eau (chassieu)



# T°C d'eau nappe amont (Chassieu)

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

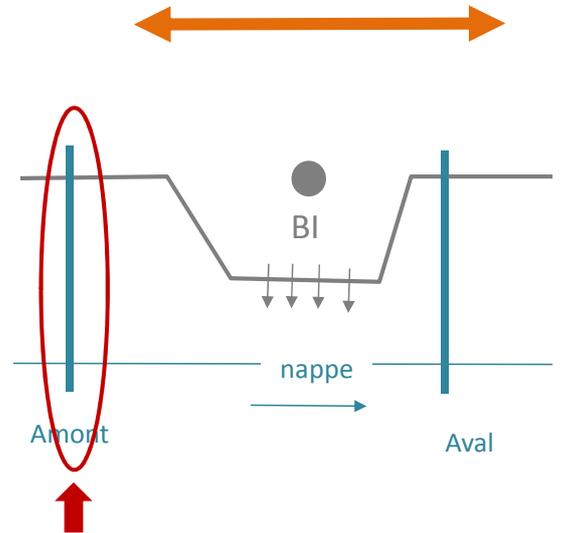


**Période : 2003-2013 (11 ans)**

**Données :** stations OTHU Chassieu  
(piézomètres amont SC5 et SC6) [base  $\Delta t=1h$ ]

**Annuellement et Mensuellement**

- Température maximale
- Température minimale
- Température moyenne
- Température médiane
- Amplitude Min Max



# T°C d'eau nappe aval (Chassieu)

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

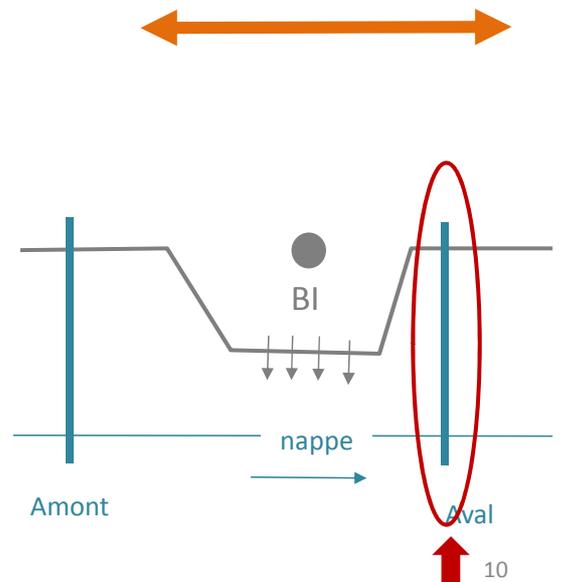


**Période : 2003-2013 (11 ans)**

**Données :** stations OTHU Chassieu  
(piézomètres amont SC11 et SC26) [base  $\Delta t=1h$ ]

**Annuellement et Mensuellement**

- Température maximale
- Température minimale
- Température moyenne
- Température médiane
- Amplitude



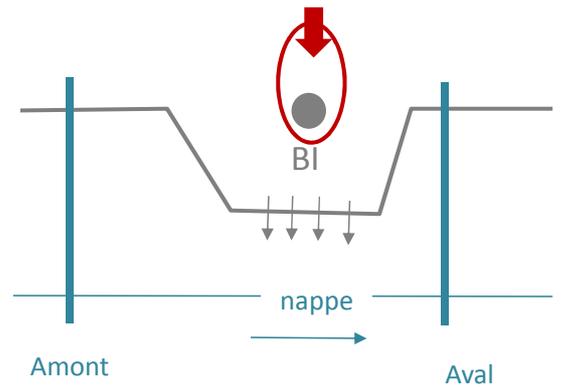
# T°C d'eau en entrée BI (Chassieu)



**Période : 2003-2013 (11 ans)**  
**Sources données :** stations OTHU Chassieu  
[base  $\Delta t=2\text{min} / 1\text{h}$ ]

**Annuellement et Mensuellement**

- Température maximale
- Température minimale
- Température moyenne
- Température médiane
- Amplitude



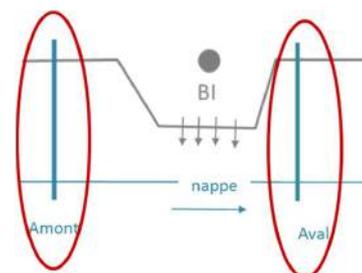
# Hauteur de nappe amont / aval (Chassieu)



**Période :** 2003-2013 (11 ans)  
**Données :** stations OTHU Chassieu (canalisation d'entrée BI) [ $\Delta t=2\text{min} / 1\text{h}$ ]

**Annuellement et Mensuellement**

- Hauteur maximale
- Hauteur minimale
- Hauteur moyenne
- Hauteur médiane



# Flux d'eau produits par BV (Chassieu / Ecully)



1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015



**Période** : 2004-2011 (8 ans)  
**Données** : stations OTHU Chassieu (CH2) [base  $\Delta t=2$  min]  
**Mensuellement** Q moyen, médian sur le mois

- Q25% (25% des valeurs y sont inférieures sur le mois) (Ecully)
- Q75% percentile Q90%, Q95%, Q99%, Q99,5%, Q99,9%

**Evènements pluvieux**

- Volume
- Débit moyen évènementiel
- Débit max
- Débit min
- Coefficient de ruissellement volumétrique moyen

# MES (Chassieu / Ecully)



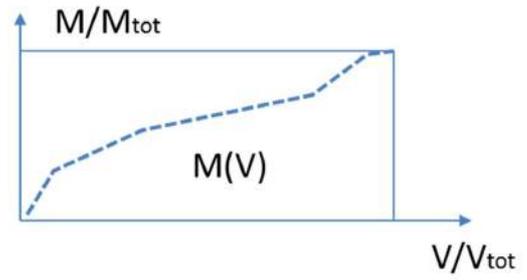
1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015



**Période** : 2004-2011 (8 ans)  
**Données** : stations OTHU Chassieu (CH2),  
 Ecully [base  $\Delta t=2$  min]

**Evènements pluvieux**

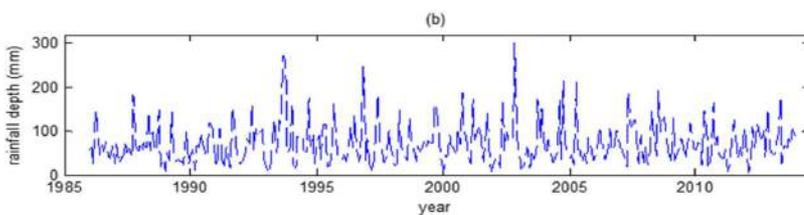
- Masse évènementielle
- Concentration moyenne évènementielle
- Courbe M(V) – 1er Flot ?



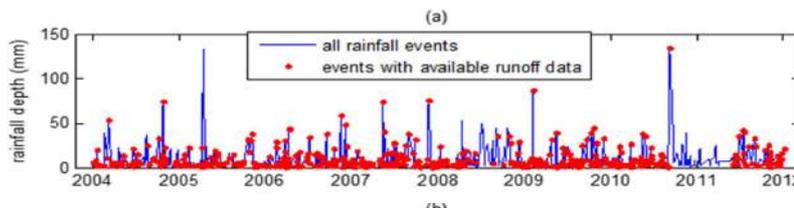
# MÉTHODE D'EXPLOITATION

15

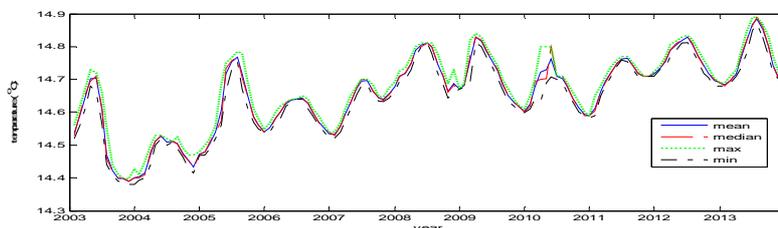
## Types de données analysées



Données continues  
(Pas de temps,  
lacunes, incertitudes)



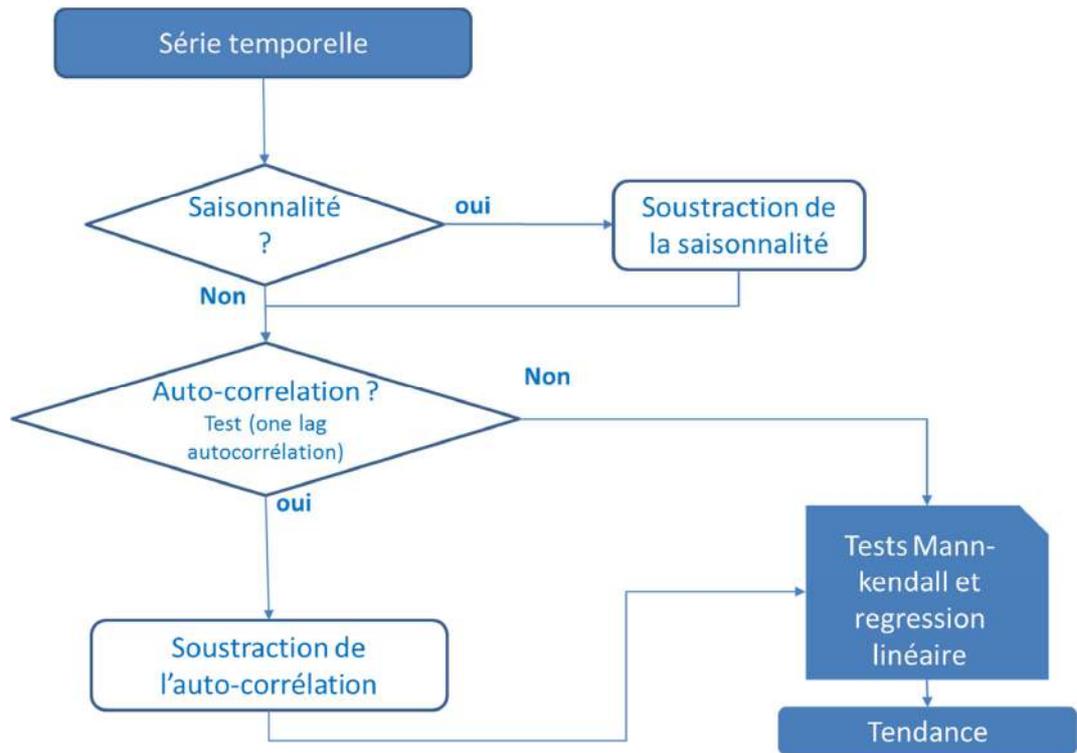
Données discrètes  
(évènementielles)



Données  
potentiellement  
périodiques  
(saisonniers)

Données continues  
potentiellement auto-  
corrélées

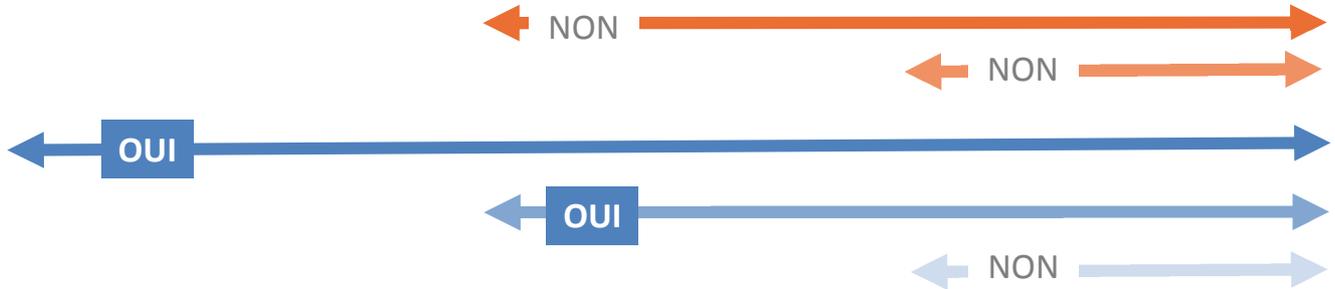
# Méthode de détection de tendances



## RÉSULTATS

# Pluie / T°C air

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015



### Pluie :

- Aucune tendance détectée sur 30 ans comme sur 11 ans

### T°C air :

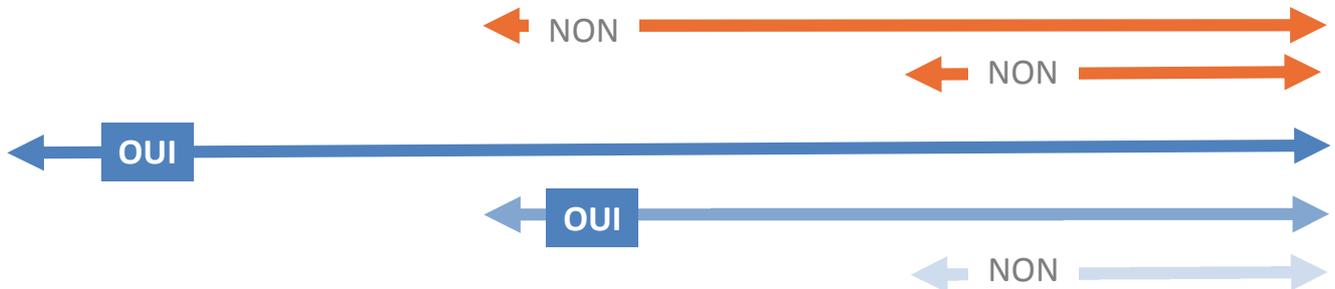
- pas de tendance sur de courtes périodes (11 ans)
- ↗ de la T°C air mais sur 30 ans / 45 ans (moyenne médiane et max pas sur les min) sensible (~0.05°C/an)

Sur les périodes étudiées

→ Evolution sensible sur les températures (Changement climatique ? Changements anthropiques ?) pas sur la pluie (en 30 ans)

# Pluie / T°C air

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015



### Pluie :

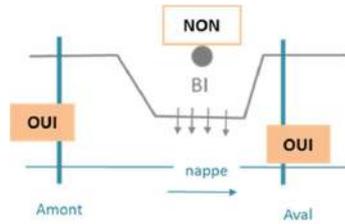
- Aucune tendance détectée sur 30 ans comme sur 11 ans

### T°C air :

- pas de tendance sur de courtes périodes (11 ans)
- ↗ de la T°C air mais sur 30 ans / 45 ans (moyenne médiane et max pas sur les min) sensible (~0.05°C/an)

# T°C eau

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015



- Température amont / nappe urbaine ← OUI →
- Température aval / BI ← OUI →
- Température BI ← NON →

## T°C eau (sur 11 ans)

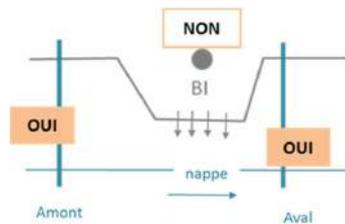
- ↗ T°C amont (sauf amplitude) 0.02°C /an
- ↗ T°C aval (sauf amplitude et max sur la base annuelle ) 0.02°C /an
- Pas de tendance sur les eaux d'arrivée venant de la surface

# T°C eau

→ L'infiltration des EP a une influence sur la T°C de nappe (A. Foulquier) mais pas à long terme

→ Evolutions des températures de nappe liées aux changements anthropiques ?  
Au changement de températures (climat)?

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015



- Température amont / nappe urbaine ← OUI →
- Température aval / BI ← OUI →
- Température BI ← NON →

## T°C eau (sur 11 ans)

- ↗ T°C amont (sauf amplitude) 0.02°C /an
- ↗ T°C aval (sauf amplitude et max sur la base annuelle ) 0.02°C /an
- Pas de tendance sur les eaux d'arrivée venant de la surface

# Pluie / Flux d'eau produits

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

Flux d'eau produits (Chassieu)



Flux d'eau produits (Ecully)



## Quantités d'eau (sur 8 ans):

- Pas de détection de tendance de la pluie
- Sur Chassieu ↗ des flux d'eau (BV se densifie probablement)  
(Cr : 0.018 / an)
- Sur Ecully pas de détection de tendances (BV plus stable)

→ Influence prépondérante de la densification du BV Chassieu sur l'augmentation des flux d'eau (stationnarité de la pluie)



# Pluie / Flux d'eau produits

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

Flux d'eau produits (Chassieu)



Flux d'eau produits (Ecully)



## Quantités d'eau (sur 8 ans):

- Rappel : Pas de détection de tendance de la pluie
- Sur Chassieu ↗ des flux d'eau (BV se densifie probablement)  
(0.018 / an)
- Sur Ecully pas de détection de tendances (BV plus stable)

# MES / Flux produits

1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

MES (Chassieu)



MES (Ecully)



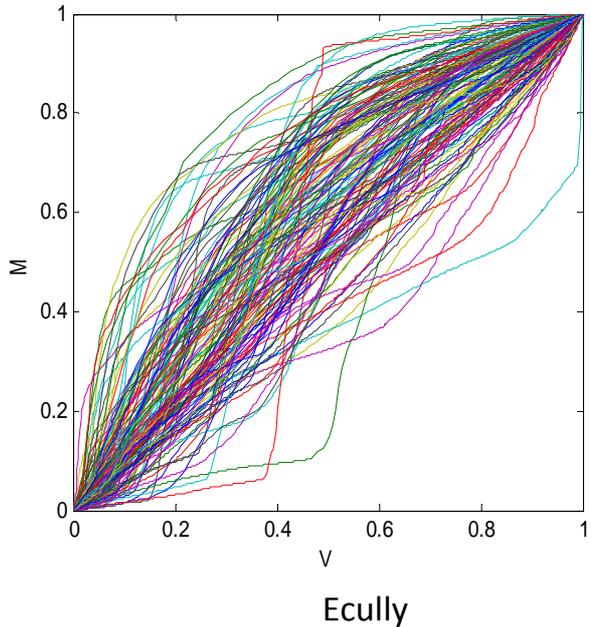
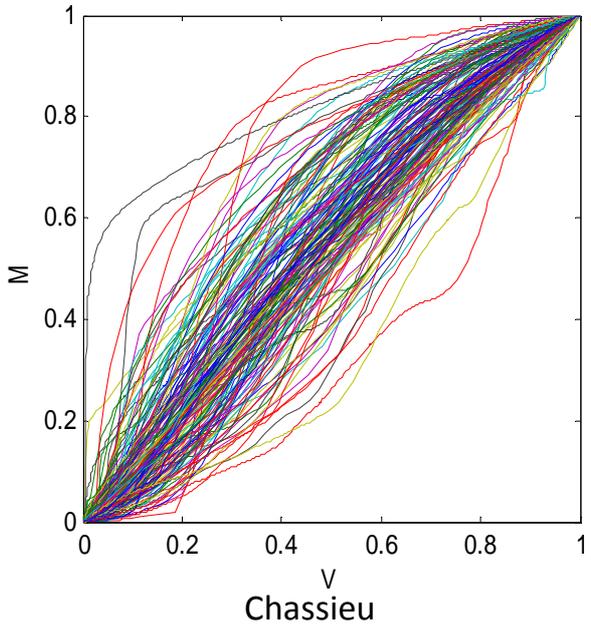
## MES Chassieu (sur 8 ans)

- ↗ des quantités d'eau
- ~ des concentrations de MES
- ↗ des masses de MES rejetées

## MES Ecully (sur 8 ans)

- Stabilité des grandeurs et du BV

# MES / Courbes M(V)



Pas de tendance sur les 8 ans

# Conclusion

## Sur les périodes étudiées et sur les sites

- Globalement une grande variabilité des grandeurs
- Evolution avérée des températures pas des pluies  
(Changement climatique, anthropique → Changement Global)
- Evolution des flux d'eau liés à l'urbanisation pas à la pluie
- Evolution des masses mais pas des concentrations de MES  
liée davantage à l'évolution des flux d'eau → importance  
du contrôle des flux d'eau sur BV qui évoluent

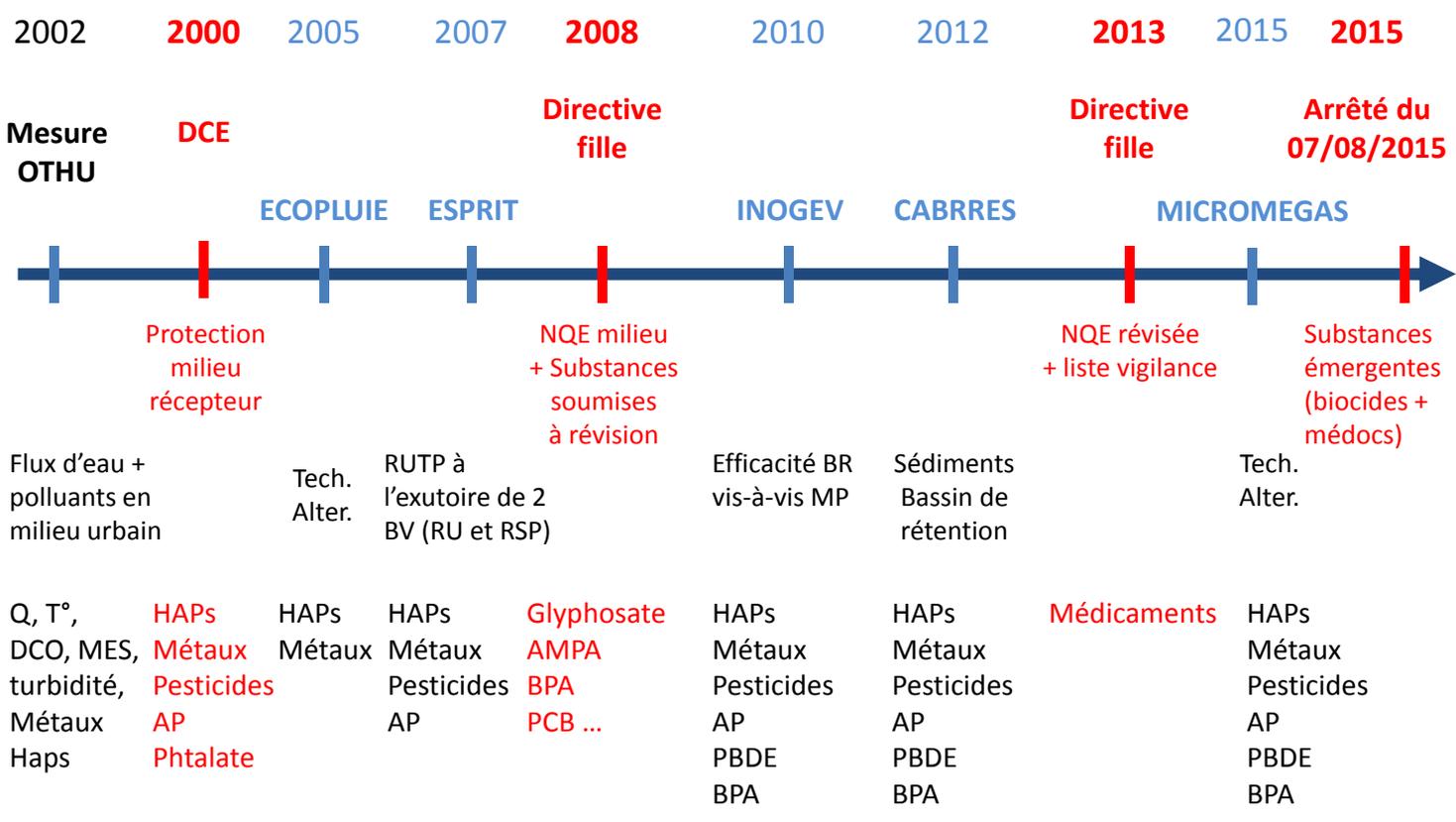


**POINT SUR LES CAMPAGNES  
PONCTUELLES DE MESURE LIÉES AUX  
POLLUANTS**



# HISTORIQUE DE LA MESURE DES MICROPOLLUANTS AU SEIN DE L'OTHU

29



# Micropolluants suivis au sein de l'OTHU

## Métaux



- Trafic automobile
- Usines d'incinération
- Chauffage domestique

## HAPs



- Incinération, chauffage
- Combustion de carburant
- Fuites d'huiles de moteur, perte d'essence
- Gaz d'échappement
- Sous-produits de combustion

## Pesticides



- Usage urbain
- Usage agricole
- Biocide dans les façades

## PDBE



- Ignifuges
- Matériaux synthétiques (plastiques, mousses)
- Pièces auto.
- Produits d'imitation du bois

## BPA/APnEO



- Détergents
- Revêtements cannettes
- Certaines matières plastiques (résines époxy)
- plastiques rigides et transparents (emballage alimentaire, les pare-chocs automobiles)

# Micropolluants suivis au sein de l'OTHU

## Métaux

As, Cd, Cr,  
Cu, Ni, Pb,  
Zn, Co, Sr,  
V, Ba, Ti,  
Pt, Mo

## HAPs

Nap, Acy,  
Ace, Flu,  
Phe, A, Flh,  
Pyr, BaA, Chr,  
BbF, BkF  
BaP, IP, Bper

## Pesticides

Atrazine  
Diuron  
Isoproturon  
Simazine  
AMPA  
Glyphospate  
2,4-MCPA  
Chlorpyrifos  
Carbendazime

## PDBE

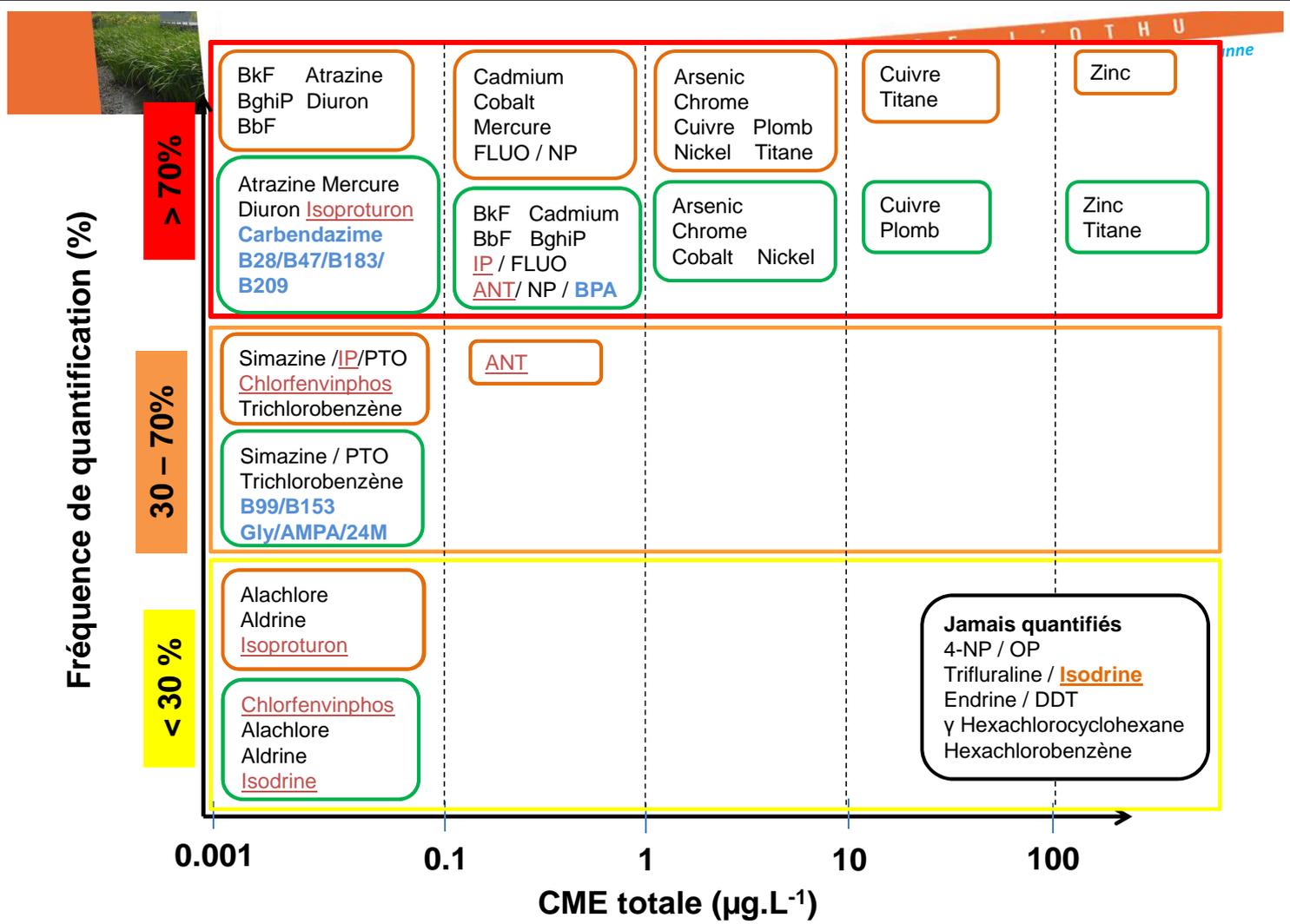
B28, B47, B99,  
B100, B153,  
B183, B209

## BPA/APnEO

4-NP, OP, BPA,  
OP1EO, OP2EO,  
NP1EO, NP2EO,  
NPEC1

# LES MICROPOLLUANTS DANS LES RUTP

33



# PROBLÉMATIQUES - PERSPECTIVES

35

## PROBLEMES

- Quels polluants suivre?
- Evaluation de l'impact sur le milieu récepteur ?
- Comment diminuer les impacts?

## REPONSES - PERSPECTIVES

- Liste réglementaire
- Améliorer les méthodes analytiques (LOQ < PNEC)
- Screening non ciblé
- Outils écotoxicologiques sur le BRUT (Systèmes d'alerte → Gammares/algues)
- Favoriser la gestion à la source (mise en place de TA : noue / tranchée / chaussée à structure réservoir/toiture végétalisée)

36

# Merci de votre Attention



**La restauration d'un cours d'eau grâce à la mise  
en place des techniques alternatives  
à multi-échelle ; une idée folle ?**

*Tim Fletcher et quelques collaborateurs...*

# Les politiques de systématisation des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur un bassin versant et impacts sur le cours d'eau

ou

## La restauration d'un cours d'eau grâce à la mise en place des techniques alternatives à multi-échelle ; une idée folle ?

Tim Fletcher, Chris Walsh *et quelques collaborateurs...*

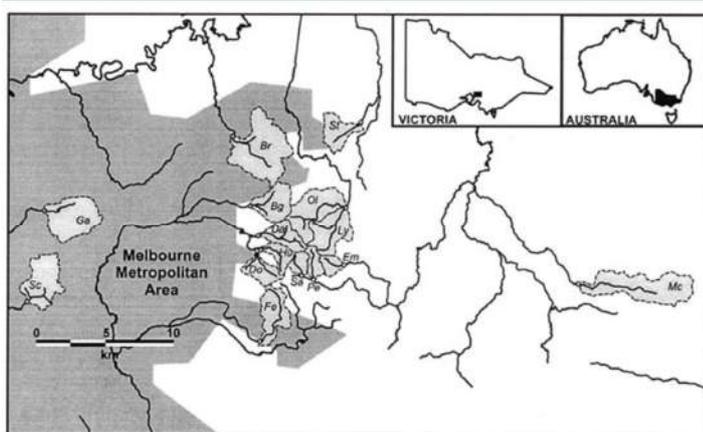
Darren Bos, Matt Burns, Helen Brown, Peter Poelsma, Sam Imberger, Rhiannon Birch, Belinda Hatt, **Jérémie Bonneau**, Toby Prosser, Sharyn Rosrakesh, Marion Urrutiaguer, Perrine Hamel, Julia White, Jemima Milkens, Helena Woollums, Jamie Tainton, Tommy Plahcinski, Hugh Duncan, Sarah Watkins, Mike Sammonds, Vjeko Matic, Beth Wallis, Rob James, Marit Larson, **Sophie Hestín**, **Sarah Roubach**, **Vincent Schmitt**

Melbourne Waterway Research Practice Partnership

www.mwrpp.org



WATERWAY ECOSYSTEM  
RESEARCH GROUP



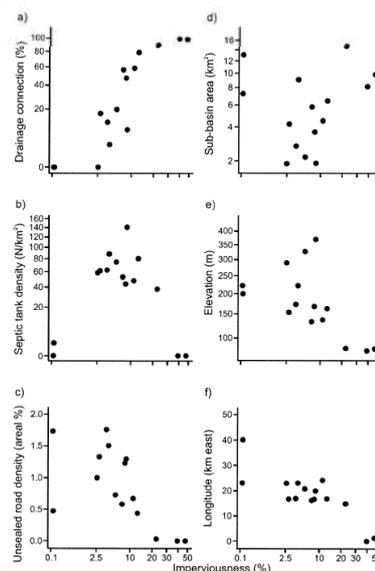
## L'origine de l'idée

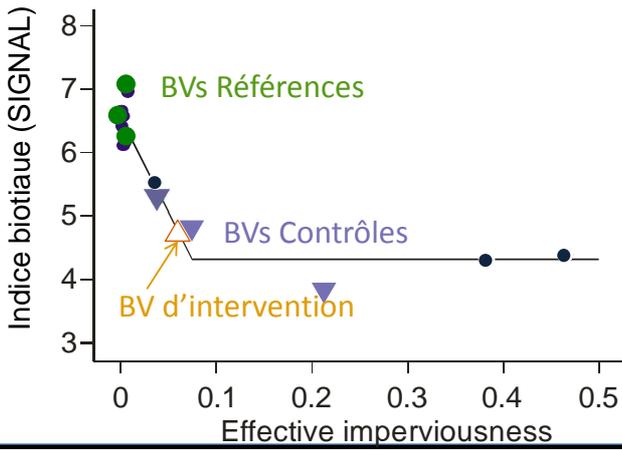
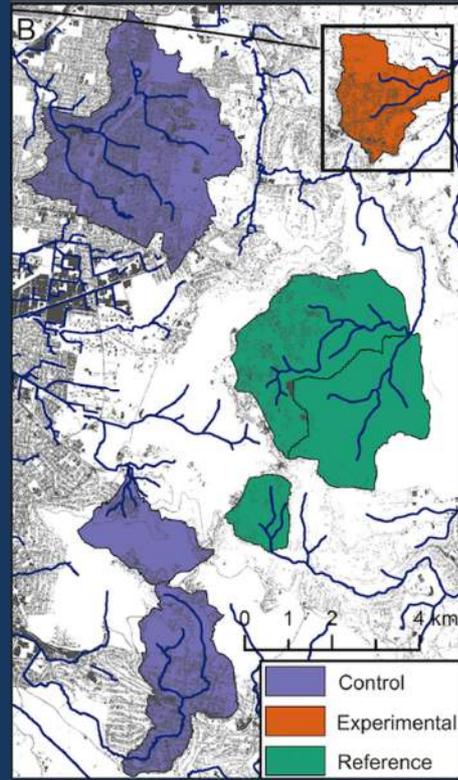
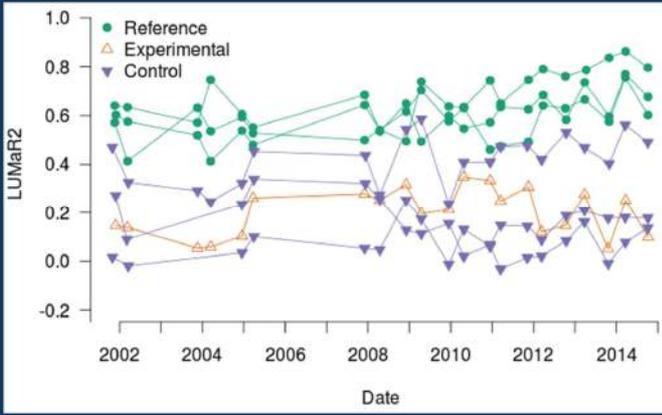
**L'idée folle...** Qui se passerait-il si on mettait en place des ouvrages pour retenir, traiter, infiltrer et utiliser les eaux pluviales, afin d'imiter le comportement des surfaces perméables? Comment répondrait-il le cours d'eau?

Une étude de 16 bassins versants à Melbourne sur un gradient d'urbanisation.

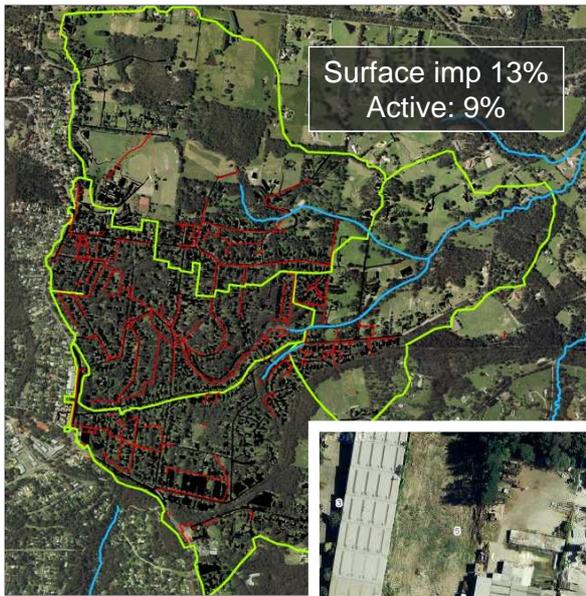
On a trouvé que la surface imperméabilisée active était un bon indicateur de l'état du milieu récepteur:

- **Qualité; P, N, DCO et conductivité** (Hatt *et al.* 2005)
- **Biomasse des algues** (Taylor *et al.* 2004)
- **La diversité des macroinvertébrés** (Walsh 2004) et des diatomées (Newall & Walsh 2005)
- La décomposition de matière organique (feuilles)(Imberger *et al.* 2008)
- **La dénitrification** (Perryman *et al.* 2011)





## Little Stringybark Creek – l'utilisation du sol



On suppose que la protection ou la restauration d'un cours d'eau requiert une gestion des eaux pluviales qui imite (autant que possible) l'état naturel:

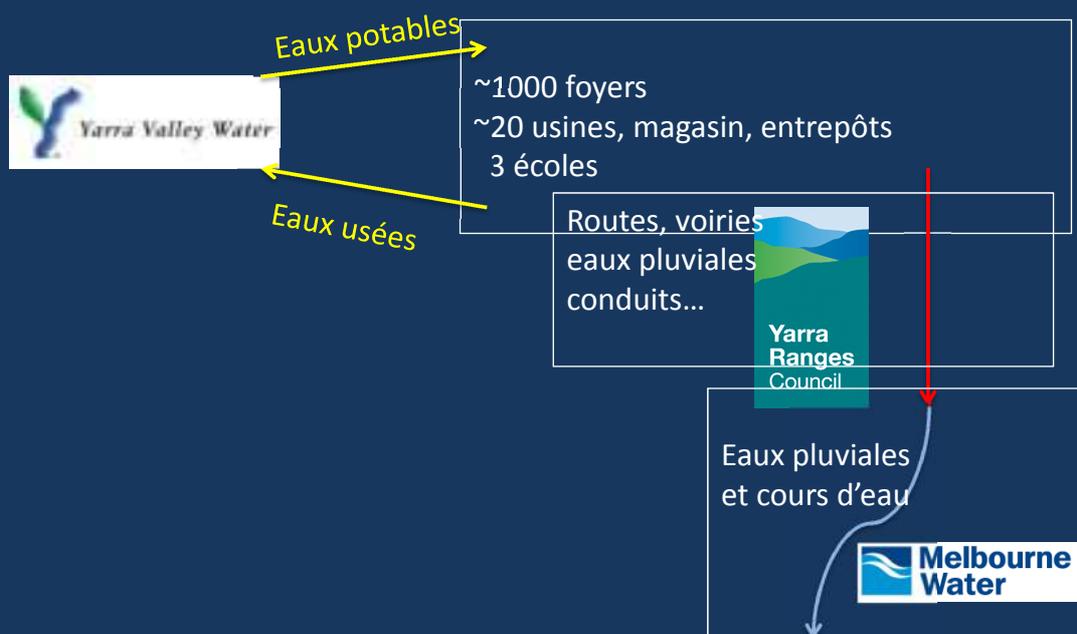
1. La fréquence et ampleur du ruissellement
2. Le débit d'étiage (ampleur, périodicité...)
3. Qualité
4. Volume total ruisselé (*condition préalable pour les objectifs précédents*)



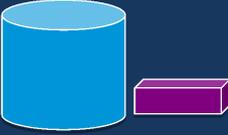
Atteindre des tels buts exige la mise en place des TAs à toutes échelles, répandues « partout » dans le bassin versant



## Travailler avec la communauté du BV



## Inciter la participation des foyers via un appel à propositions (commencé en 2010)

Ouvrage proposé	Coût	Unités de bénéfice environnementale (BE)	\$/BE
	\$1,870	1.4	\$1,335 / BE
	\$1,050	0.8	\$1,312 / BE
	\$1,936	1.1	\$1,760 / BE
	\$3,100	2.4	\$1,291 / BE



## Une fois la relation établie



## Les ouvrages; bassins d'infiltration; jardins de pluie, récupération des eau pluviales...



~300 Ouvrages (Techniques Alternatives) construits depuis 2010 (fin de la mise en place programmée début 2016)

Surfaces imperméables

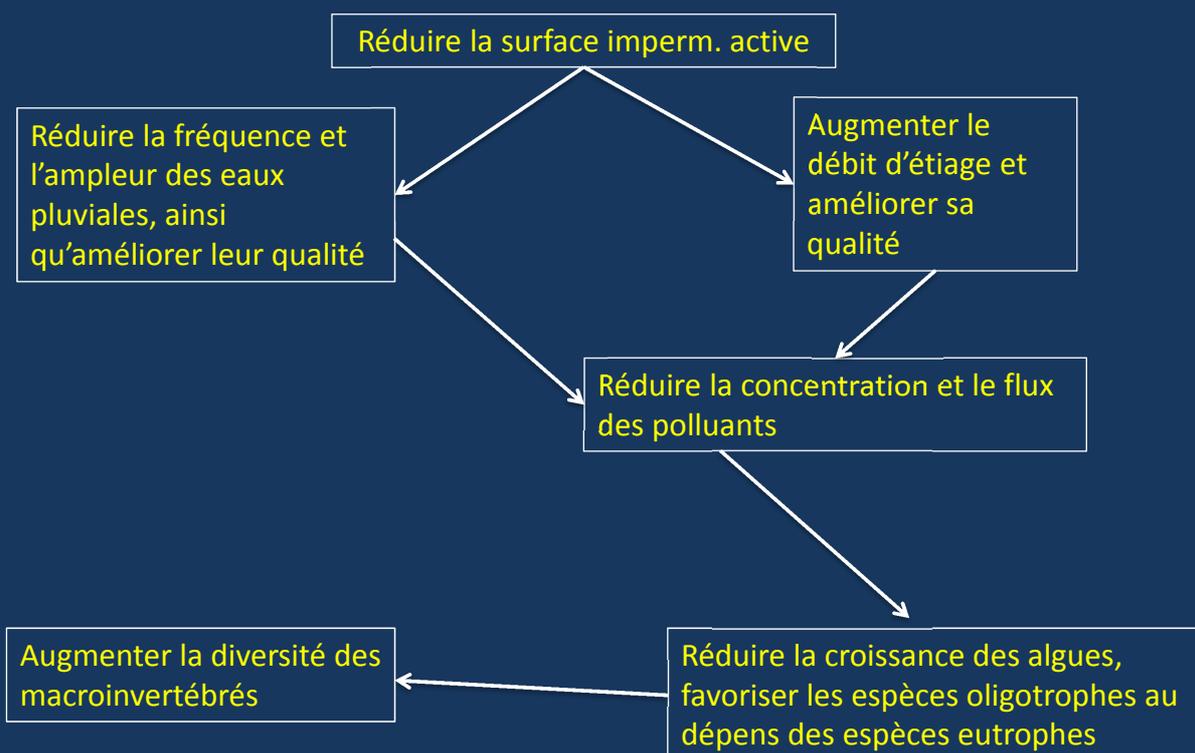
100-1000 m<sup>2</sup>

1000-5000 m<sup>2</sup>

10000-20000 m<sup>2</sup>



## Mécanismes de réponse supposés



# Programme de surveillance

## Mensuel:

- Qualité d'eau: 11 sites
- Débit: 11 sites/14 capteurs
- Pluviomètres: 7 sites
- Ouvrages: 8 sites/47 capteurs



## Pour chaque pluie:

- Qualité (à la main): 11 sites
- Préleveur-automatique: 9 sites

## Saisonniers: 11 sites

- Décomposition de feuilles
- Biomasse et composition d'algues
- Composition de macroinvertébrés

## Gestion des données

- 4,5 millions de données chaque mois... protocoles de vérification avant d'être mis en disposition pour l'exploitation

# Résultats

# L'évolution de la mise en place des TAs



## Mécanismes de réponse supposés

Réduire la surface imperm. active

Réduire la fréquence et l'ampleur des eaux pluviales, ainsi qu'améliorer leur qualité

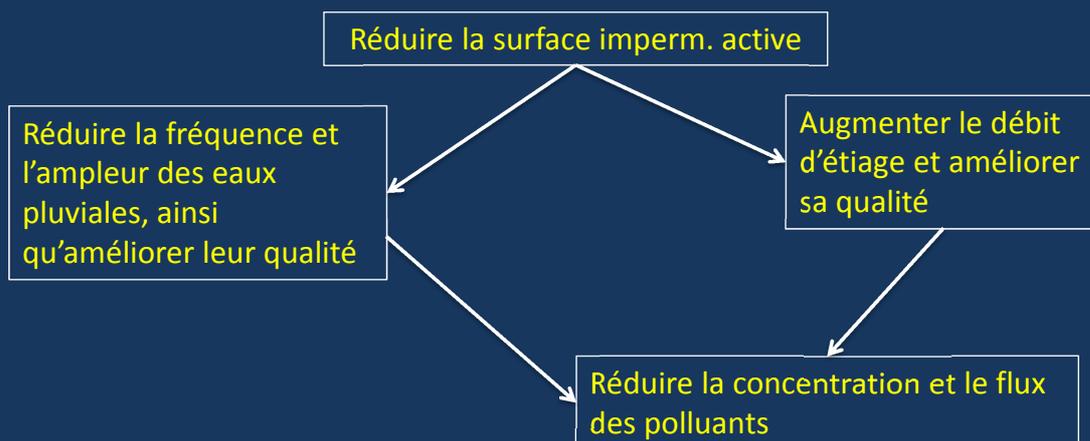
Augmenter le débit d'étiage et améliorer sa qualité

## Diminution du coefficient de ruissellement

- Surface imperméable diminuée de  $>6.5\%$  à  $\sim 4\%$
- Coefficient de ruissellement moyen diminué significativement au cours du temps

Travail de Vincent Schmitt

## Mécanismes de réponse supposés



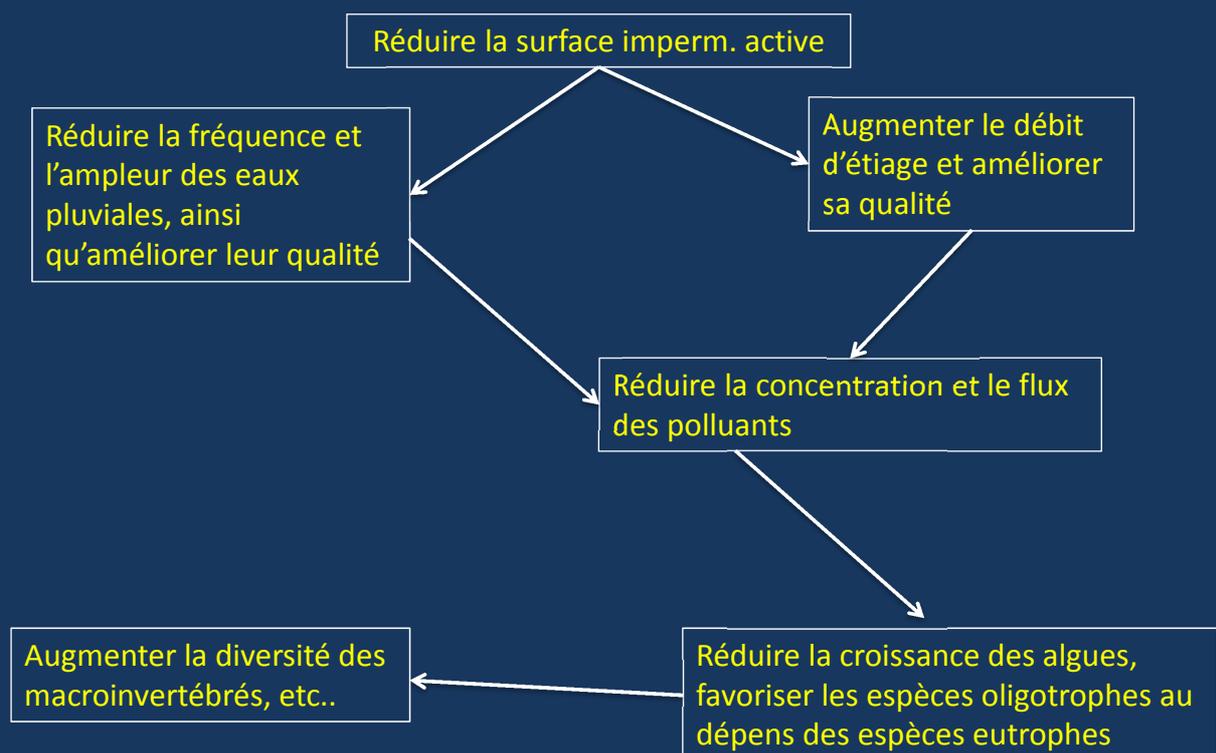
## Réduction de concentration et masse de polluants

- Matières en Suspension
- Phosphore
- Azote

Indicador (all mg/L)	Normes régionales		Little Stringybark Creek	
	Objective (Forests, maximum)	Objective (Rural eastern, maximum)	LSC before completion of treatment (2004-2012)	LSC 18 months post-treatment (2014-2015)
Total Phosphorus, TP (baseflow [~50th %ile])	0.03	0.05	0.07	0.035
Total Nitrogen, TN (baseflow [~50th %ile])	0.2*	0.6	1	0.5
Total Suspended Solids, TSS (50th %ile)	5	20	6.2	7.5
Total Suspended Solids, TSS (90th %ile)	10	40	105	54

- D'autres paramètres n'ont pas changés (e.g. conductivité hydraulique)

## Mécanismes de réponse supposés



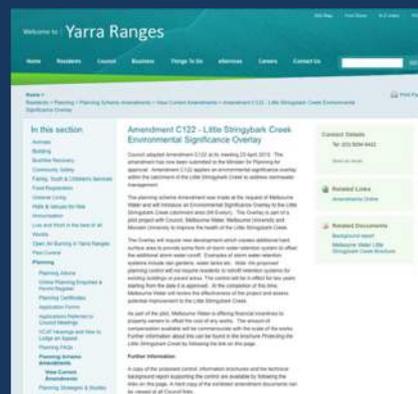
# Les indicateurs écologiques n'ont pas encore répondu à l'intervention

## Pourquoi?

- Temps de réponse?
- Effet de seuil?... d'autres facteurs (dégradation du lit du cours d'eau, perte d'habitat)?

## La suite...

- Finir la mise en place d'ouvrages
- Continuer la surveillance
  - hydrologie
  - qualité
  - écologie
  - *et géomorphologie*
- Pour mieux comprendre
  - la trajectoire des réponses
  - s'il existe des plafonds à la restauration (modifications géomorphologiques, etc...)
- *Travailler avec nos collaborateurs afin de faire évoluer la gestion des EP (normes, guides, réglementation)*



Stream experime  
the challenges an  
with community  
to push policy bo

RRH: Volume 34

Restoring a stream th  
scale experiment in a

Christopher J. Walsh  
Imberger<sup>1,5</sup>

Barriers to community p

Overcoming barriers to  
building trust and chang

Darren G. Bos<sup>1,3</sup> and Hel

## Freshwater Science BRIDGES

Volume 34 • Issue 3 • Pages 1159–1194  
September 2015 Fact Sheet



### Stream Experiments at the Catchment Scale

Five papers in this BRIDGES cluster report on a catchment-scale stream restoration experiment in Melbourne, Australia, testing if multi-scale dispersed stormwater control measures can restore a stream ecosystem degraded by urban stormwater runoff. The papers describe experiences and offer lessons learned from researchers, natural resource managers, and the human community who represent the diverse range of actors in socioecological systems. Key points include:

- Catchment-scale experiments can help transform policy and practice, but their success requires substantial effort and time to build trust among the numerous, diverse stakeholders of human-dominated urban ecosystems (Walsh and Fletcher 2015, Walsh et al. 2015).
- Researchers need to be prepared to adopt an adaptive approach in implementing catchment-scale experiments and to play the lead role in seeking funds for the implementation of the on-ground works (Walsh et al. 2015).
- Community participants need time to become familiar with and trusting of programs. Projects requiring behavior-change should have realistic expectations about community participation and expect that some of the population will remain unengaged (Bos and Brown 2015).
- The partnership with researchers increased the willingness and capacity of the local municipality to trial new approaches to stormwater management, leading to long-term commitment, trust, and a culture of learning (Burns et al. 2015).
- Critical to the success of this project was building institutional commitment through long-term relationships between researchers and practitioners, and risk sharing made possible by co-investment (Prosser et al. 2015).



Examples of stormwater control measures installed as part of the research (clockwise from top left: residential rainwater harvesting tanks; roadside infiltration basin; large scale infiltration basin; and residential rain garden).

#### ABOUT THE AUTHORS:

The authors represent a range of disciplines and organizations involved in the research project.

Christopher J. Walsh, Tim D. Fletcher, Darren G. Bos, Samantha J. Imberger and Matthew J. Burns are all researchers in the Waterways Ecosystem Research Group (WERG) ([thewerg.org](http://thewerg.org)), in the School of Ecosystem and Forest Sciences at The University of Melbourne. The WERG is a multi-disciplinary group studying interactions between landscapes and running waters.

Elizabeth Wallis is, and M.J. Burns and Vjekoslav Matic were, employees of the Yarra Ranges Council, ([yarraranges.vic.gov.au](http://yarraranges.vic.gov.au)) the local municipality responsible for the management of stormwater drainage infrastructure.

Toby Prosser, Peter J. Morison and Rhys A. Coleman are employees of Melbourne Water ([melbournewater.com.au](http://melbournewater.com.au)), the state government corporation charged with management and protection of waterways in the Melbourne's catchment.

Helen L. Brown ([h1b1980@hotmail.com](mailto:h1b1980@hotmail.com)) is a social scientist, with an interest in community participation in water management projects.

gh research collaboration

am: perspectives

# Impacts de l'urbanisation sur la réponse hydrologique des bassins péri-urbains : avancées sur les approches multi-échelles

*Isabelle Braud, Flora Branger, Pascal Breil  
IRSTEA Lyon HH*

## Gestion des eaux pluviales à différentes échelles

*Connaissances, outils et efficacité des ouvrages*

# Impacts de l'urbanisation sur la réponse hydrologique des bassins périurbains: avancées sur les approches multi-échelles

Isabelle BRAUD, Flora BRANGER, Pascal Breil - Irstea



**graie**  
GRANDLYON  
la métropole



17 septembre 2015  
Lyon/ Villeurbanne - Espace Tête D'or



17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

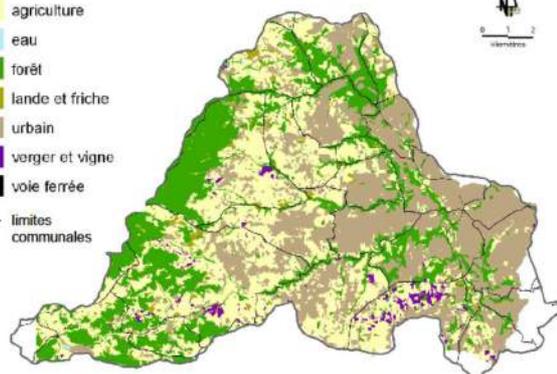
## Qu'est ce qui caractérise un bassin périurbain?

- Forte hétérogénéité des surfaces: rural (agriculture, forêt), urbain plus ou moins dense
- Temps de réponse contrastés entre rural et urbain
- Modifications des chemins naturels de l'eau par les réseaux
- Modes de gestion des eaux pluviales contrastés (unitaires, séparatifs, à la source)
- Evolutions rapides des milieux



2008

- agriculture
- eau
- forêt
- lande et friche
- urbain
- verger et vigne
- voie ferrée
- limites communales





## Problématiques des eaux pluviales en contexte périurbain?

- Quelle part de ruissellement d'origine rurale et urbaine et quel impact sur la qualité de l'eau ruisselée?
- Réseaux unitaires et déversoirs d'orage: peut-on quantifier les rejets de temps de pluie et leur impact sur des petits cours d'eau, parfois intermittents?
- Quelles sont les capacités auto-épuratoires des petits cours d'eau et leur variabilité le long du cours d'eau?
- Quelles évolutions en contexte de changement global?
- Quelle politique efficace de gestion des eaux pluviales dans ces milieux?
- Comment identifier les zones à risque de ruissellement intense pluvial?



## Objectifs scientifiques

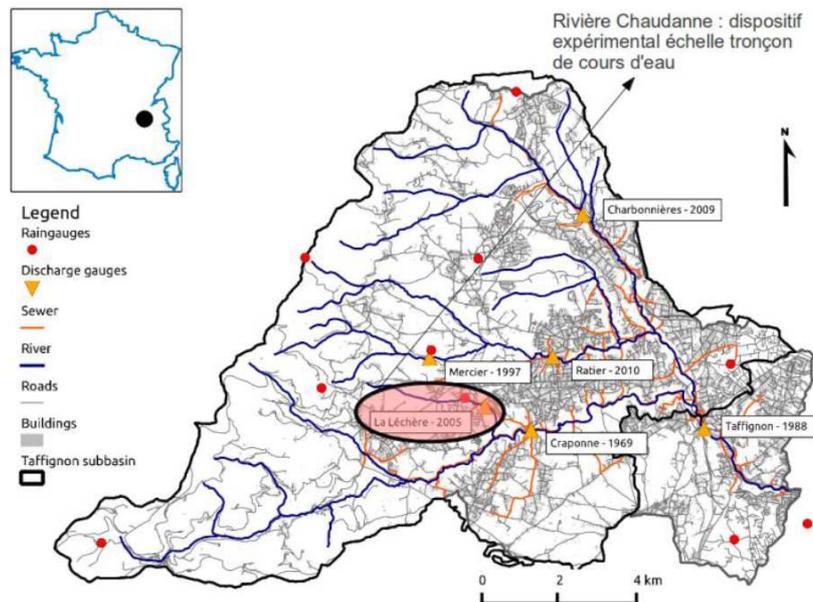
- Quantifier les différentes composantes des bilans hydrologiques dans les bassins périurbains (ruissellement, évapotranspiration, stockage dans le sol, composantes des écoulements: surface, sub-surface, souterrain)
  - Comprendre et hiérarchiser le rôle des différents objets du bassin versant: parcelles urbaines, rurales, réseaux, bassins, voirie, mais aussi structure du substrat des cours d'eau dans la production et le transfert des flux d'eau (et de matière)
  - Evaluer/comparer différents scénarios d'évolution de l'occupation du sol et/ou de gestion des eaux pluviales
  - Proposer et valider une méthode permettant d'identifier les zones à risque de ruissellement pluvial intense
- ⇒ A différentes échelles d'espace (tronçon de cours d'eau, bassins de qq km<sup>2</sup> à bassins de 100-200 km<sup>2</sup>) et temporelles (épisode au pluri-annuel)
- ⇒ Besoin de suivis de long terme à différentes échelles (exploitation des données du site Yzeron de l'OTHU)



## Quelle instrumentation dans l'OTHU: l'échelle de l'Yzeron?

- Stations pluviométriques (Irstea, Grand Lyon, Météo France)
- Stations hydrométriques (Irstea, DREAL) dans le réseau hydrographique, en réseau d'assainissement et un DO
- Une station météo (Irstea)

=> Calcul des bilans hydrologiques, comparaison de scénarii d'usage du sol ou de gestion des eaux pluviales



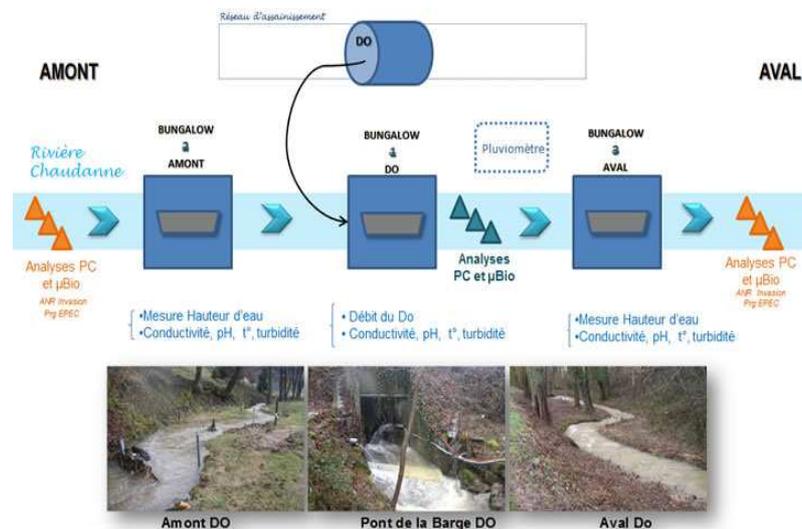
Instrumentation complétée par des observations recherche, différentes couches SIG pour documenter la topographie, la géologie, la pédologie, l'occupation et l'usage du sol, les réseaux d'assainissement, etc..



## Quelle instrumentation dans l'OTHU: « super-site » de la Chaudanne à Grézieu?

- 3 bungalows (amont DO, DO, aval DO) pour prélever des échantillons et mesurer les paramètres physico-chimiques et microbiologiques

=> Impact des RUTP sur un cours d'eau à faible capacité de dilution, étude des flux dans la zone hyporhéique

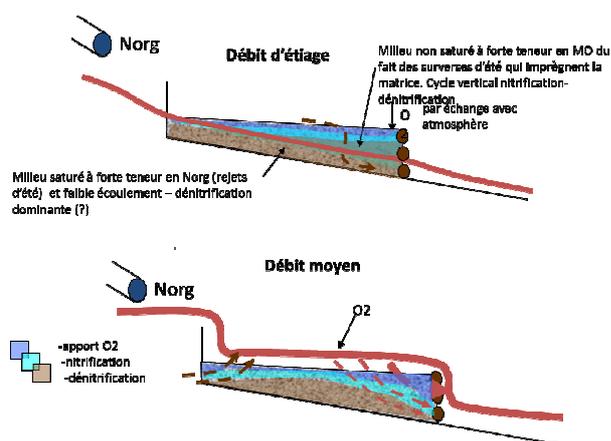


Légendes  
- Suivis OTHU  
- Suivis Programme de recherche en appui sur l'OTHU

\*Analyses PC = MES, Co part., Co dissous, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, Nt, Pt, DCO +/- métaux (cd, Pb, Zn, Cu tot et dissous)

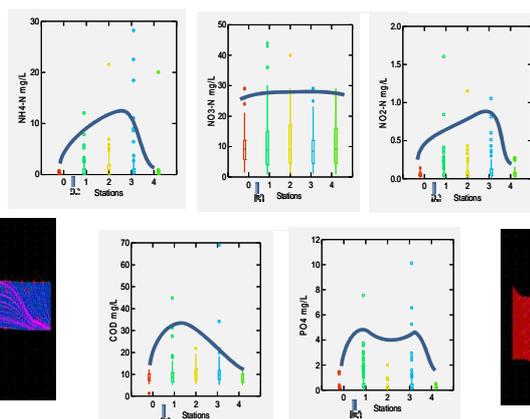
## Capacité auto-épuratoire des petits cours d'eau périurbains?

- Un service qui peut être stimulé, amplifié naturellement
- (projet ANR EPEC 2012-2015)
- – les massifs de sédiment poreux servent de trappe
- - de lieux de minéralisation anaérobie / aérobie selon les débits

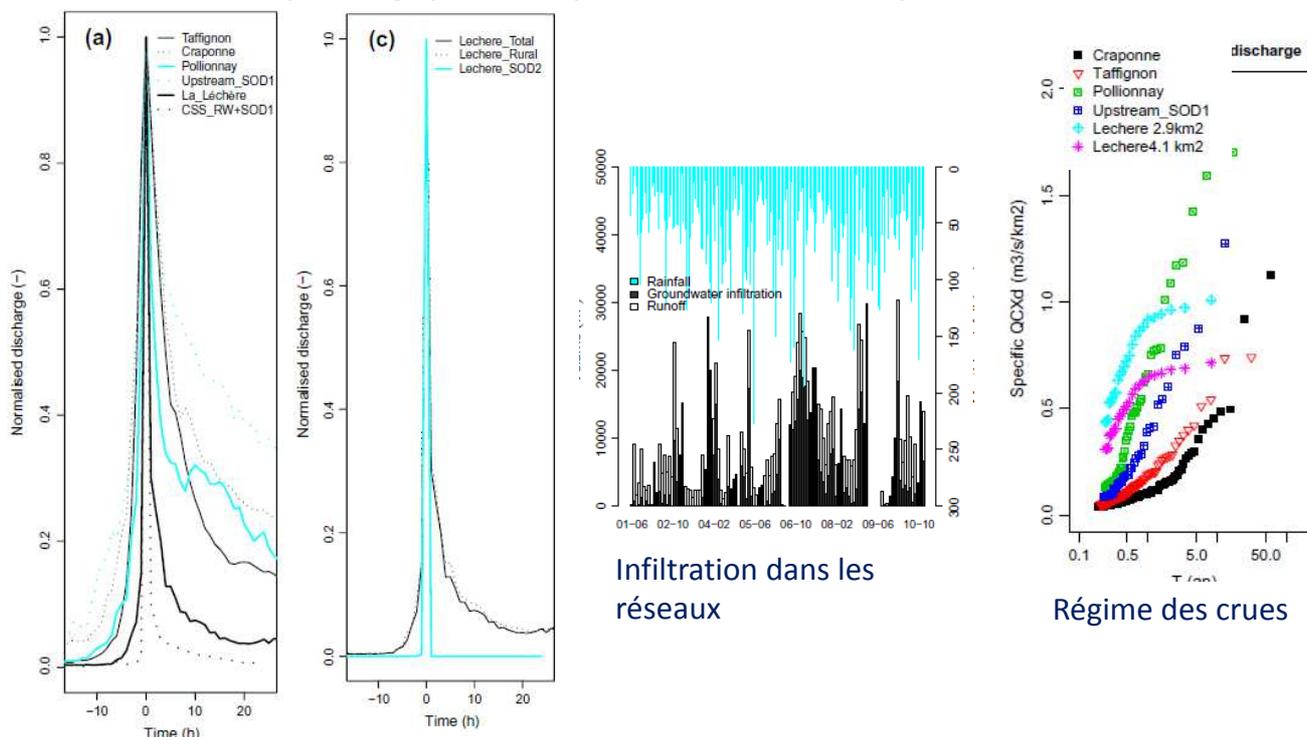


## Capacité auto-épuratoire des petits cours d'eau périurbains?

- Les capacités de rétention et les processus de biodégradation sont en cours de modélisation avec le LRPG (Nancy)
- objectif: dimensionner des seuils poreux à même de traiter les RUTP juste en aval des DO sur les petits cours d'eau – solution faible coût.



## Quels indicateurs pour quantifier l'impact de l'urbanisation sur le régime hydrologique: analyse des données disponibles?




Forme des hydrogrammes

Braud et al., J. Hydrology, 2013

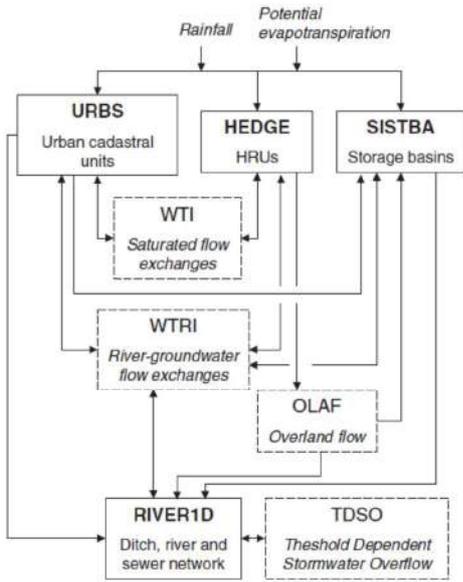
## Pourquoi modéliser à différentes échelles d'espace et de temps?

- Comprendre les processus et hiérarchiser leur importance
    - Modélisation distribuée de petits bassins de quelques km<sup>2</sup>
    - Représentation explicite des éléments du paysage
  - Développer des outils utiles aux gestionnaires pour tester différents scénarios (changement d'usage du sol, de gestion des eaux pluviales, de climat..)
    - Modélisation distribuée à moyenne échelle (100-200 km<sup>2</sup>)
    - Représentation physique simplifiée des processus
    - Analyse de sensibilité aux paramètres et à la formulation des processus
- ⇒ Mise en place de modèles représentant l'hétérogénéité des surfaces et les connexions entre objets
- ⇒ Utilisation des modèles sans calage pour tester des hypothèses de fonctionnement et faire le lien entre physique et paramètres du modèle
- ⇒ Mise en place de simulations continues longues (quelques années, mais à pas de temps fin) pour représenter l'ensemble du cycle hydrologique

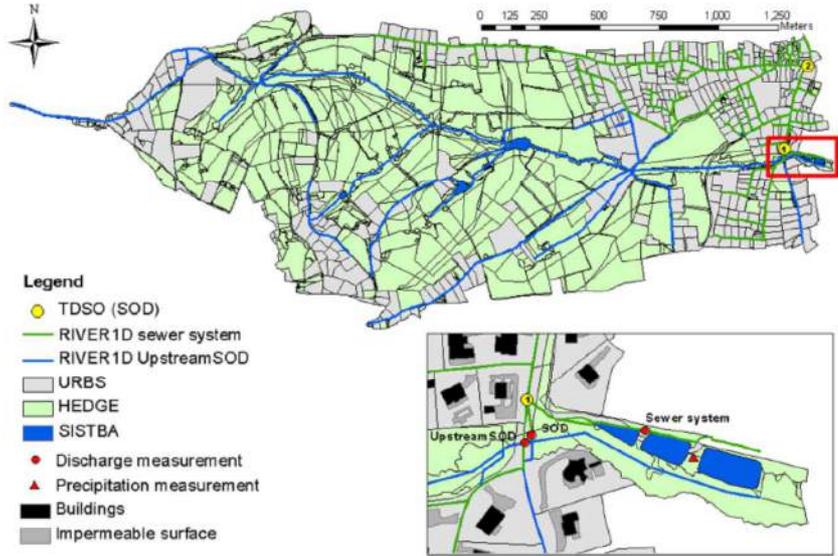


# Comment modéliser les flux d'eau à petite échelle?

Schéma du modèle PUMMA



Discretisation du bassin amont de la Chaudanne



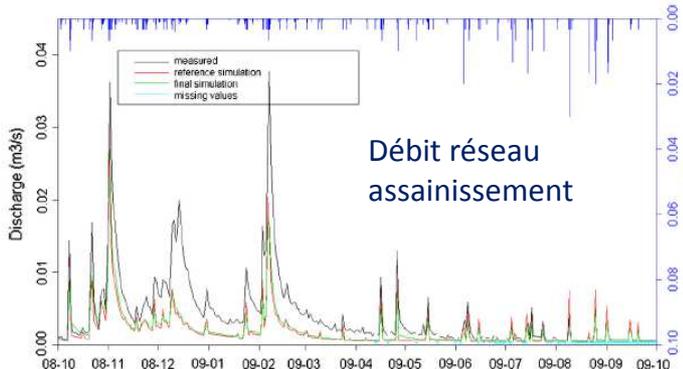
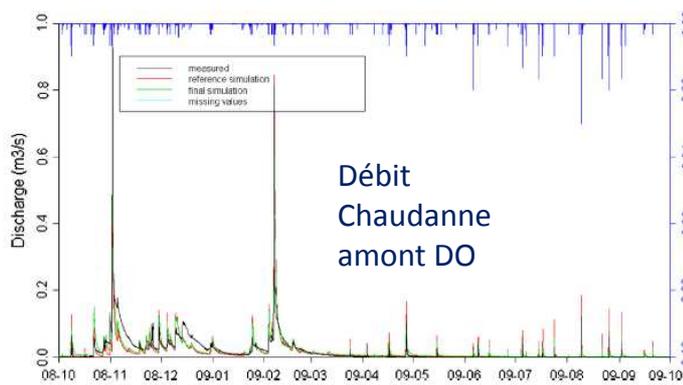
Modèle PUMMA : représente explicitement les objets des paysages périurbains: parcelles cadastrales, parcelles agricoles ou en forêt, bassins de rétention, DO, réseaux naturels (y compris réseaux séparatifs et fossés) et unitaires



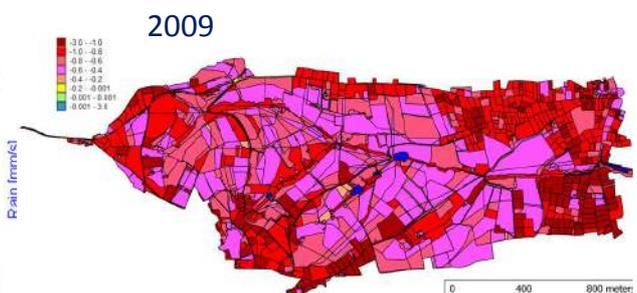
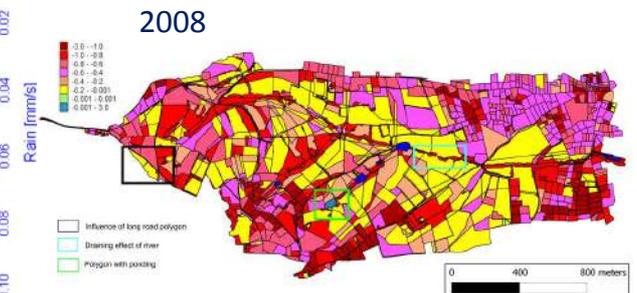
Jankowsky et al., J. Hydrology, 2014



# Comment modéliser les flux d'eau à petite échelle?



Niveau de nappe

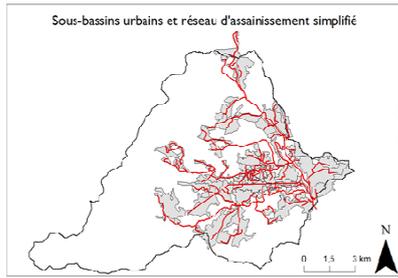


Jankowsky et al., J. Hydrology, 2014

Jankowsky, 2011



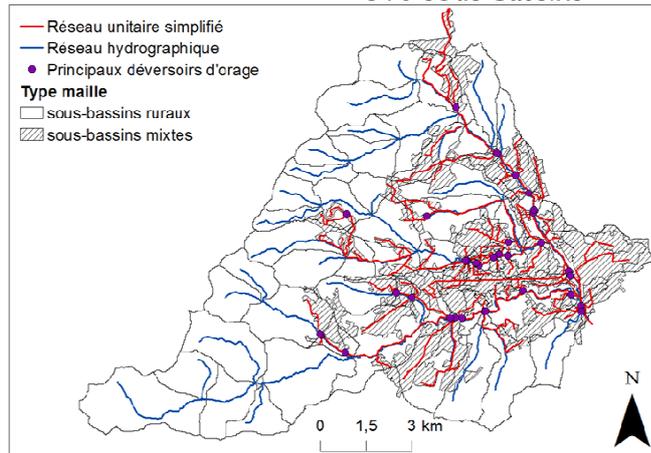
# Comment modéliser les flux d'eau à méso-échelle échelle: J2000P?



85 sous-bassins urbains      63 sous-bassins ruraux



Réseaux  
Sens écoulement  
Zone de drainage  
expertise gestionnaires



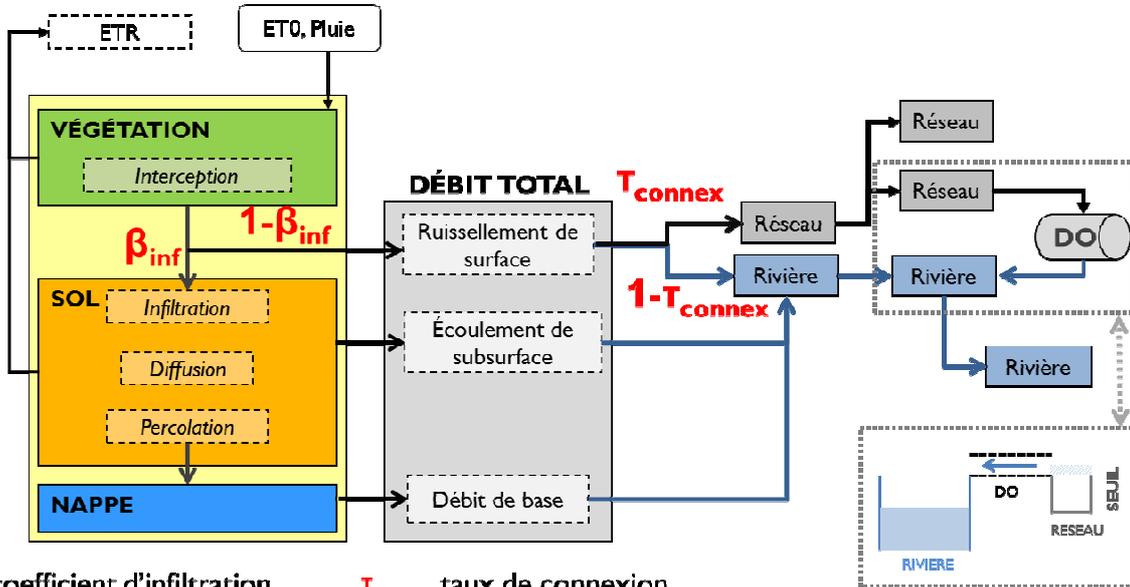
MNT (25m)  
Réseau hydrographique (BD Carthage + terrain)

Labbas, 2015



# Comment modéliser les flux d'eau à méso-échelle échelle: J200P?

1. Hétérogénéité occupation du sol
2. Description explicite de la gestion des eaux pluviales
3. Pas de temps horaire



$\beta_{inf}$  coefficient d'infiltration  
paramètre distribué

$T_{connex}$  taux de connexion  
paramètre distribué

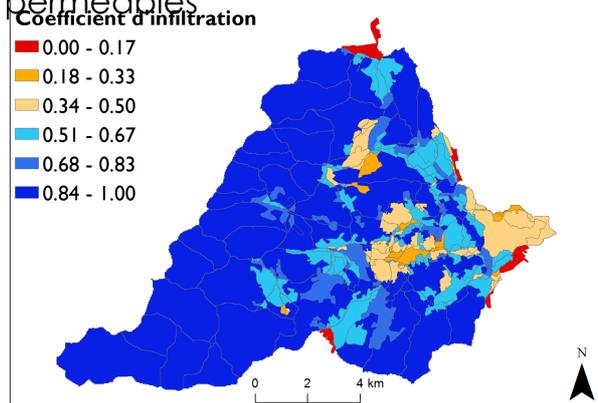
$H_{DO}$  : hauteur seuil



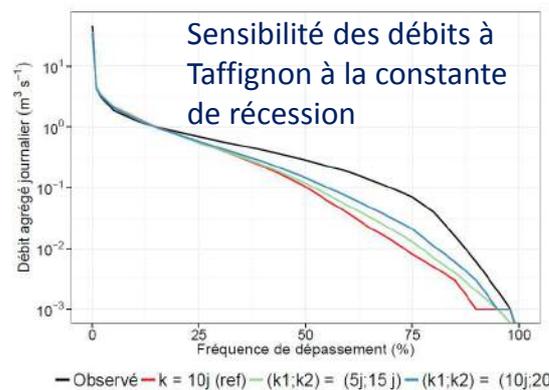
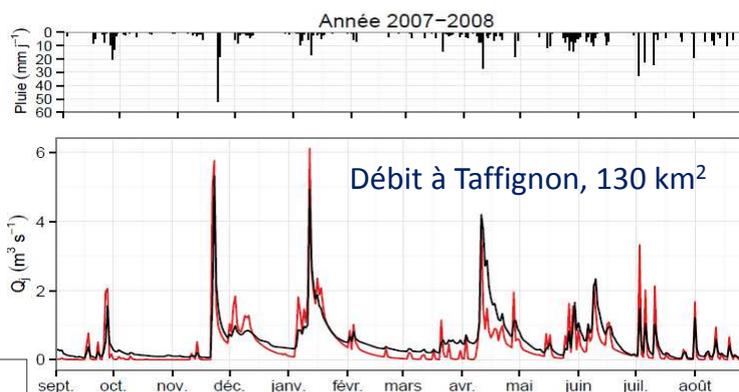
## Comment modéliser les flux d'eau à méso-échelle échelle: J200P?

Exemple de spécification des paramètres à partir de la carte d'occupation du sol

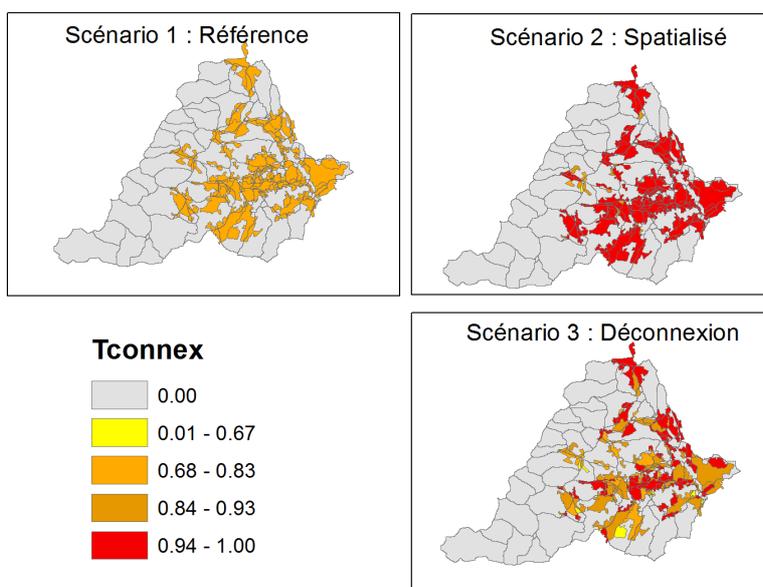
$\beta_{inf}$  = coefficient d'infiltration  
≈ pourcentage de surfaces perméables



graie GRANDLYON  
Labbas, 2015



## Comparaison de scénarii de gestion des eaux pluviales en 2030



- Un scénario d'usage du sol en 2030: densification
- Trois scénarios de gestion des eaux pluviales
  - Référence = taux de connexion au réseau de 70%
  - Spatialisé = taux de connexion spatialisé selon le taux d'urbanisation
  - Déconnexion = taux de connexion spatialisé selon le taux d'urbain ancien seulement (on fait l'hypothèse que l'urbain récent est en rétention à la source)

→ L'évolution du mode de gestion des eaux pluviales a plus d'impact sur le régime hydrologique que l'évolution de l'urbanisation entre 2008 et 2030

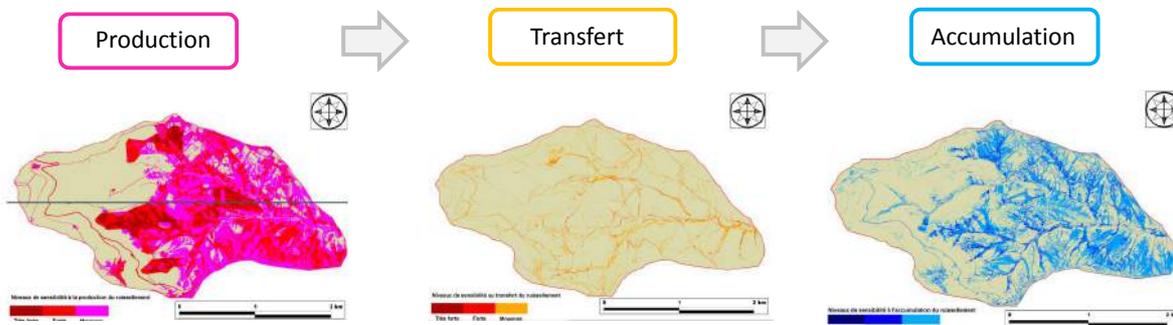
→ Mais encore de très fortes incertitudes sur ces résultats qui restent à consolider



# IRIP ou comment cartographier le risque de ruissellement intense à l'échelle d'un territoire?

**IRIP = Indicateur de Ruissellement Intense Pluvial**  
Méthode de cartographie par croisement d'indicateurs

3 cartes de prédisposition au ruissellement :



Prise en compte des dépendances amont-aval dans la cartographie  
Permet d'adapter les techniques des gestions des risques en fonction de la zone

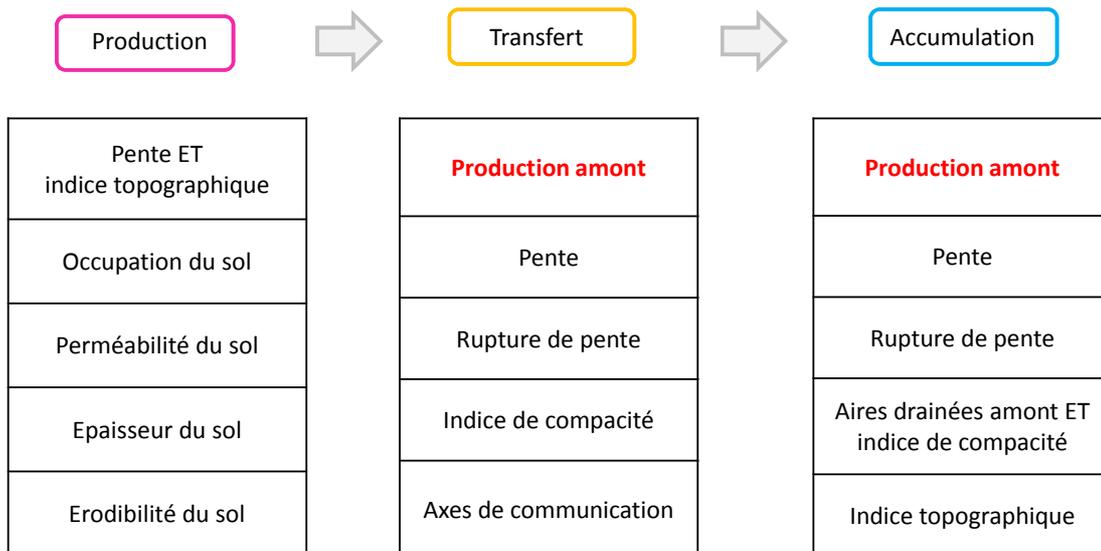


LR LAGADEC

Dehotin et Breil, 2011



# 5 indicateurs par cartes



Méthode développée sous l'impulsion du groupe « eaux pluviales » du GRAIE, actuellement en cours d'évaluation par comparaison avec des observations de terrain (Mercier), mais aussi des observations indirectes (désordres sur les réseaux routiers et ferroviaires, cartographie de l'érosion, etc.) Thèse Lilly-Rose Lagadec en cours





## Synthèse

- Des outils et méthodes pour caractériser l'impact de l'urbanisation sur le cycle hydrologique
- Modèle J200P disponible en open source
- Méthode IRIP publiée et déjà diffusée
- Outils complémentaires: possibilité de mettre en place une modélisation détaillée là où IRIP a identifié une zone à risque



## Perspectives

- Compléter les observations par un suivi de l'évolution de l'usage des sols, mais aussi des réseaux
- Compléter les travaux sur les composantes des flux en utilisant la géochimie
- Mieux caractériser la connexion entre surfaces ruisselantes et réseaux
- Poursuivre l'évaluation et la validation de la méthode IRIP
- Diffuser les outils et méthodes auprès des opérationnels



# MERCI DE VOTRE ATTENTION DES QUESTIONS?

- **Remerciements**

- Pour les données: OTHU, SAGYRC, Grand Lyon, Dréal Rhône-Alpes, IGN, Météo-France, SIAPHY, CCVL
- Pour les financements: ANR AVuPUR, INVASION, EPEC; ANSES PYO-EAU

**Intégration, des systèmes à la source ,dans la gestion  
quantitative des eaux pluviales :  
toitures végétalisées et autres techniques alternatives**

*Jean-Luc Bertrand-Krajewski,  
INSA Lyon LGCIE DEEP*



6° Journée Technique de l'OTHU, Lyon, 17 septembre 2015

# Intégration dans la gestion quantitative des eaux pluviales des systèmes à la source : toitures végétalisées et autres techniques alternatives

Jean-Luc BERTRAND-KRAJEWSKI



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## AU MENU

- Etude de cas : comparaison de 3 scenarios de gestion des eaux pluviales à l'échelle d'une ZA
- Premiers résultats du projet GEPETO
- Le projet MICROMEGAS



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## 3 SCENARIOS EAUX PLUVIALES

ZA aménagée en 2006  
Communauté de Communes  
de la Plaine de l'Ain

- Surface  $\approx$  6.5 ha
- Entreprises artisanales, commerciales et industrielles



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## CONTEXTE

- Topographie : cotes 215.7 m à 217.4 m NGF
- Hydrographie : l'Ain 4 km à l'est du projet
- Géologie : alluvions fluvio-glaciaires
- Sols : graves sableuses,  $K = 0.6 \times 10^{-3}$  m/s
- Hydrogéologie : nappe de la Basse Plaine de l'Ain (NPHE estimé à 210 m NGF)

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## ETUDE DE CAS

- Support d'étude : ZA de la Bassette

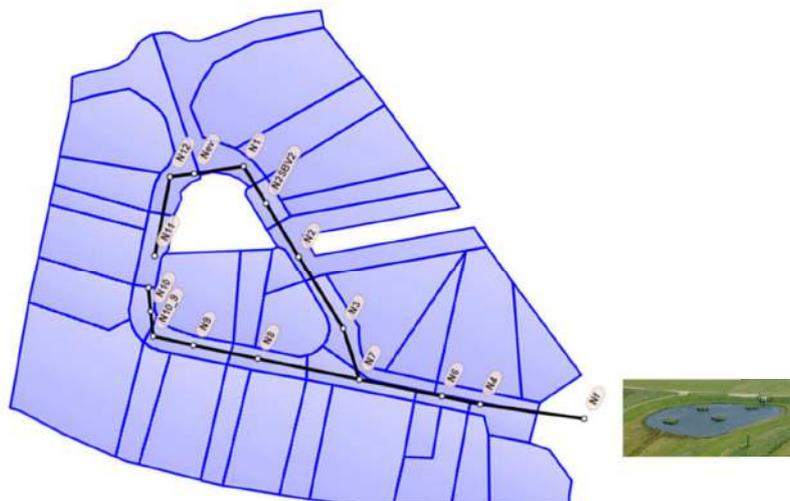


- Comparaison de 3 scenarios
  - Scenario 1 : tout tuyau
  - Scenario 2 : noues de stockage / infiltration
  - Scenario 3 : toitures végétalisées + noues

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## APPROCHE GENERALE

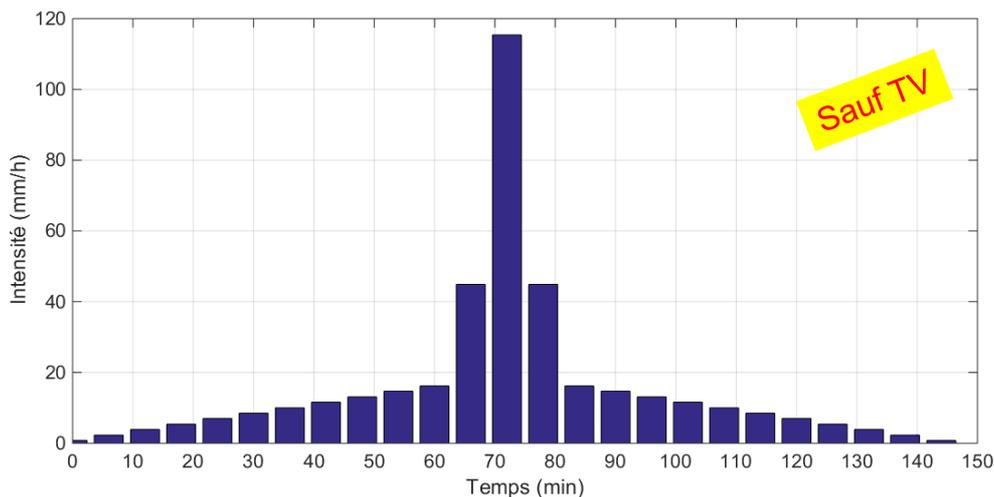
- Bassin à l'aval de la zone



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## APPROCHE GENERALE

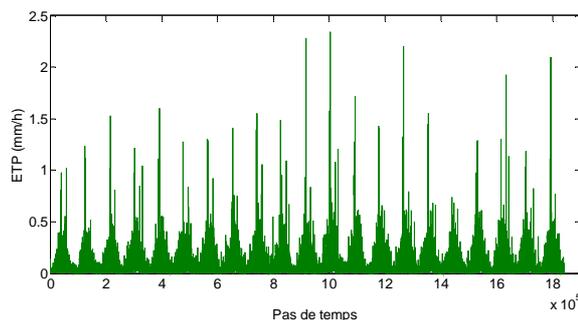
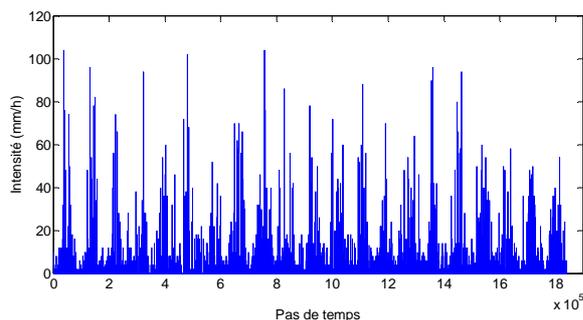
- Dimensionnement réseau et noues : pluie de projet SEDic
  - double triangle symétrique
  - durée 2h30, hauteur 39.2 mm,  $T \approx 8-10$  ans sur Lyon



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

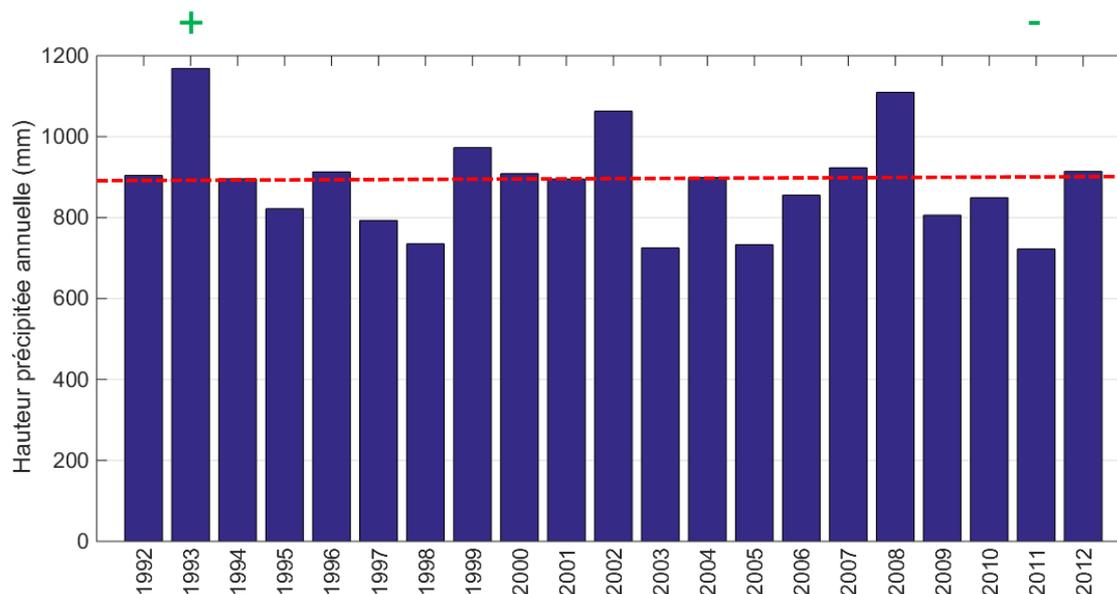
## APPROCHE GENERALE

- Simulations du fonctionnement du système en continu
- Séries chronologiques 1992-2012
  - Pluie (mesurées à Lyon Bron)
  - ETP (mesurées à Lyon Bron + reconstituées par profil journalier)
  - Pas de temps de 6 minutes, pas de seuil événementiel



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

# PLUVIOMETRIE

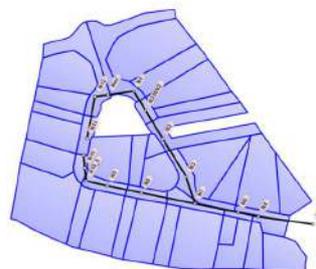


min = 722 mm, moyenne = 886 mm, max = 1168 mm

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## SCENARIO 1

- Collecteurs : dimensionnement initial SEDic
- 13 sous-bassins pour la ZA
  - toitures
  - chaussées
  - parkings et autres surfaces
- Simulations : Canoé v4, Muskingum



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## SCENARIO 2

- Noues : dimensionnées pour la pluie de projet
- Stockage : 1.25 m<sup>3</sup>/m
- Infiltration :  $K = 0.6 \times 10^{-3}$  m/s (données terrain)
- Simulations : Matlab, code INSA



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## SCENARIO 3

- Toitures : type Hydropack<sup>®</sup> (substrat + stockage alvéole)
- Stockage potentiel : 38 mm = 38 L/m<sup>2</sup> Sauf TV
- Simulations : Matlab, code Hydropack INSA + Le Prieuré
- Modèle calé sur toiture test standard à Moisy (41)

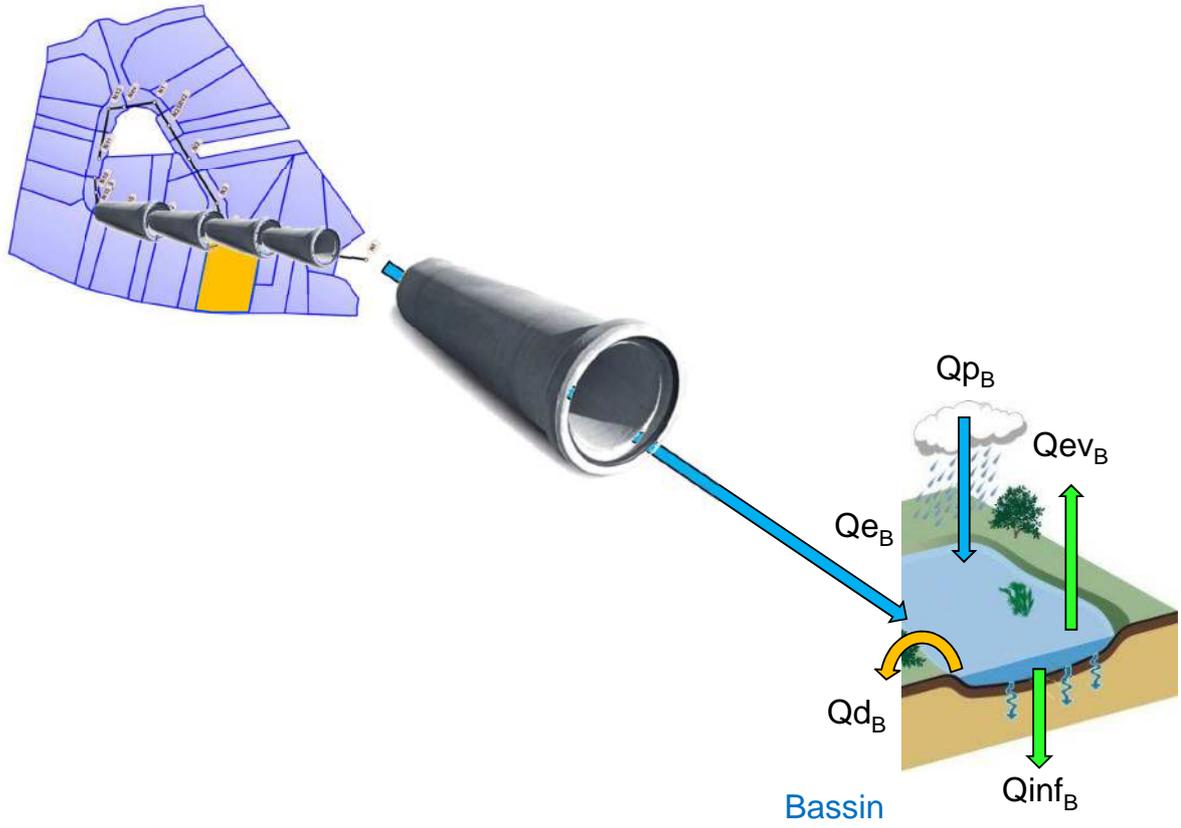


Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

Sous-BV i

# SCENARIO 1

<http://www.ipae.fr/var/images/images-ipae/noue.jpg>  
<http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be>

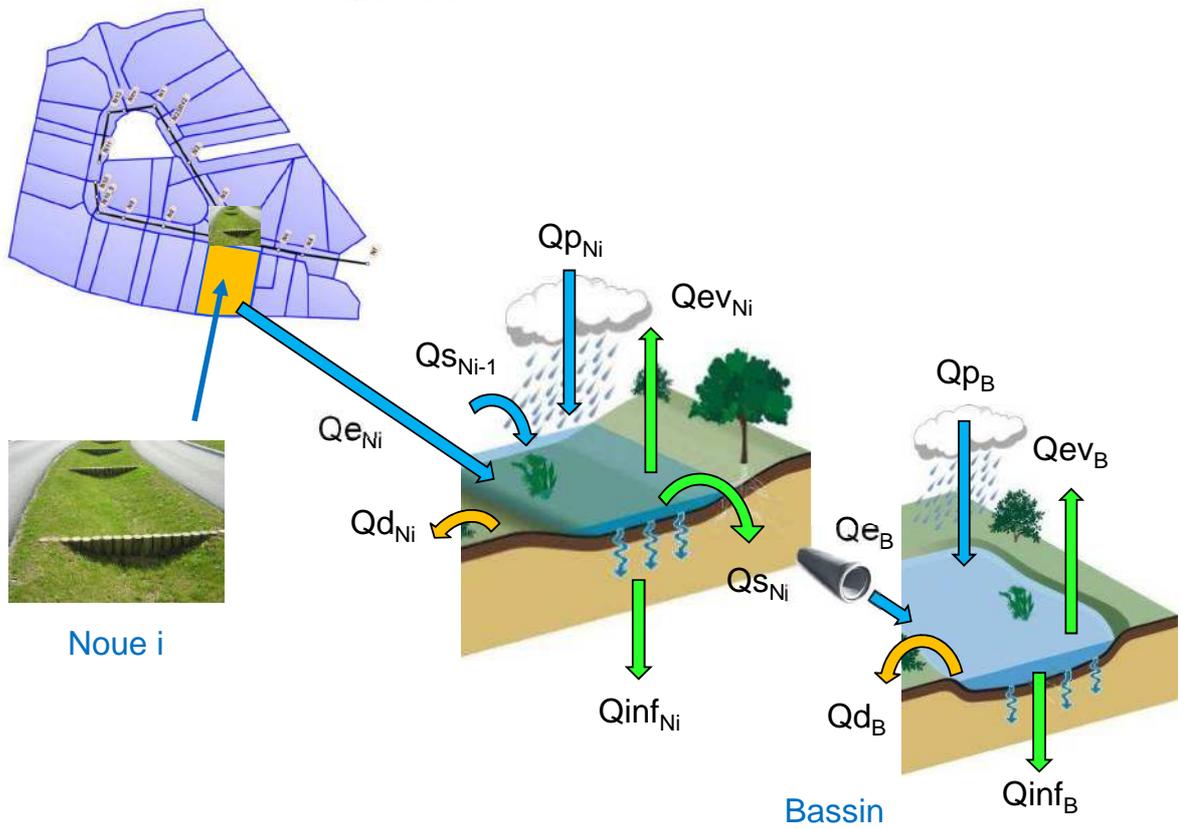


Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

Sous-BV i

# SCENARIO 2

<http://www.ipae.fr/var/images/images-ipae/noue.jpg>  
<http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be>

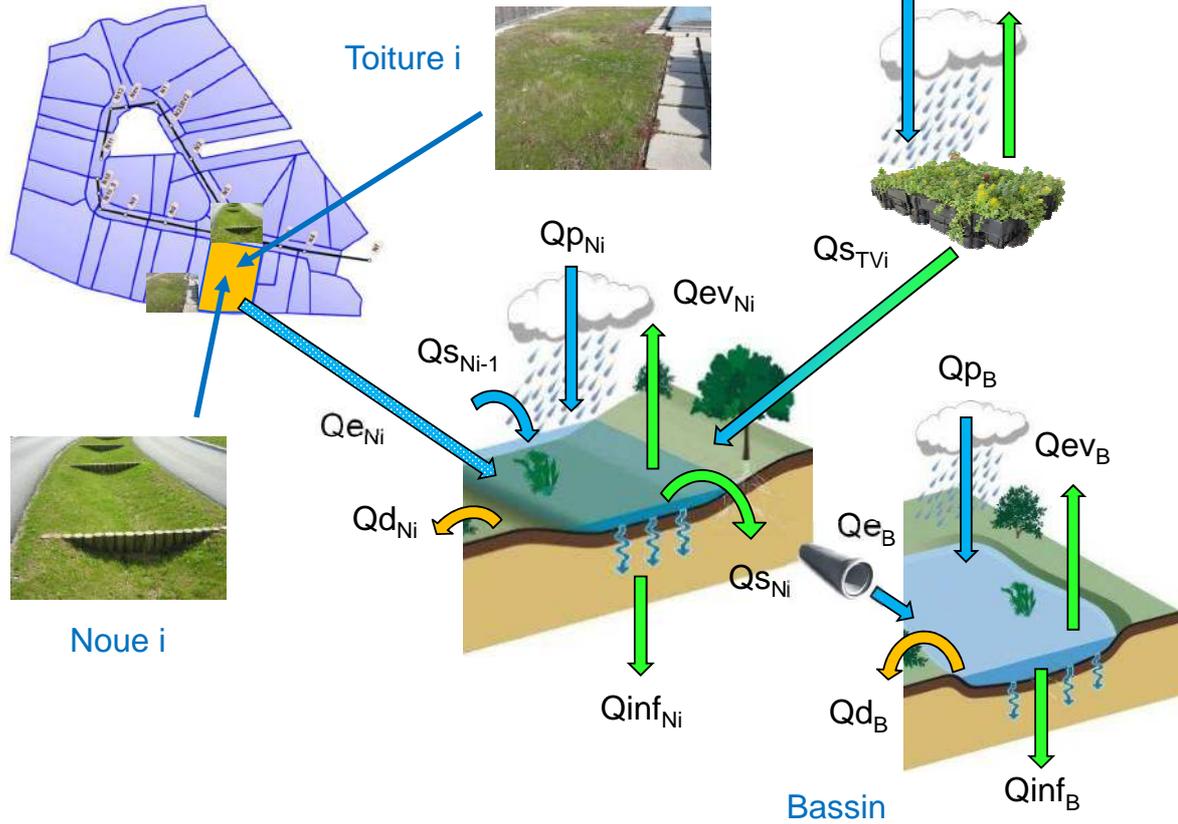


Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

Sous-BV i

# SCENARIO 3

<http://www.ipae.fr/var/images/images-ipae/noue.jpg>  
<http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be>



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## RESULTATS GLOBAUX

	Scénario 1 Tout tuyau	Scénario 1 Noues	Scénario 1 TV + noues
Tuyaux	 535 m	∅	∅

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

<http://www.codah.fr/page-projet/quelques-r-alisations>  
<http://www.estiondifferenciee.org/spip.php?article796>  
[http://www.alberdibeton.fr/alberdi\\_fr/dm/tuyaux-en-beacuteton.asp?nombre=2717&hoja=0&sesion=1348](http://www.alberdibeton.fr/alberdi_fr/dm/tuyaux-en-beacuteton.asp?nombre=2717&hoja=0&sesion=1348)  
<http://www.maison-deco.com/conseils-pratiques/maison-ecologique/Je-veux-une-toiture-vegetale>

## RESULTATS GLOBAUX

	Scénario 1 Tout tuyau	Scénario 1 Noues	Scénario 1 TV + noues
Tuyaux	 535 m	∅	∅
Noues	∅	 408 m	 203 m

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

<http://www.codah.fr/page-projet/quelques-r-alisations>  
<http://www.gestiondifferenciee.org/spip.php?article796>  
[http://www.alberdibeton.fr/alberdi\\_fr/dm/tuyaux-en-beacuteton.asp?nombre=2717&hoja=0&sesion=1348](http://www.alberdibeton.fr/alberdi_fr/dm/tuyaux-en-beacuteton.asp?nombre=2717&hoja=0&sesion=1348)  
<http://www.maison-deco.com/conseils-pratiques/maison-ecologique/Je-veux-une-toiture-vegetale>

## RESULTATS GLOBAUX

	Scénario 1 Tout tuyau	Scénario 1 Noues	Scénario 1 TV + noues
Tuyaux	 535 m	∅	∅
Noues	∅	 408 m	 203 m
Toits végétalisés	∅	∅	 3.2 ha

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

<http://www.codah.fr/page-projet/quelques-r-alisations>  
<http://www.gestiondifferenciee.org/spip.php?article796>  
[http://www.alberdibeton.fr/alberdi\\_fr/dm/tuyaux-en-beacuteton.asp?nombre=2717&hoja=0&sesion=1348](http://www.alberdibeton.fr/alberdi_fr/dm/tuyaux-en-beacuteton.asp?nombre=2717&hoja=0&sesion=1348)  
<http://www.maison-deco.com/conseils-pratiques/maison-ecologique/Je-veux-une-toiture-vegetale>

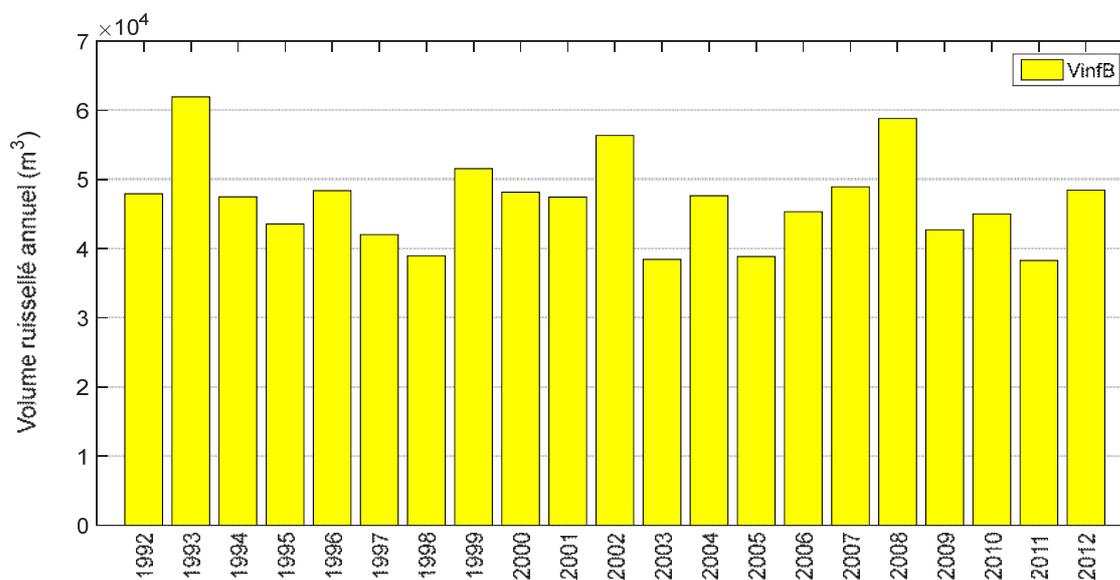
# RESULTATS GLOBAUX

	Scénario 1 Tout tuyau	Scénario 1 Noues	Scénario 1 TV + noues
Tuyaux	 535 m	∅	∅
Noues	∅	 408 m	 203 m
Toits végétalisés	∅	∅	 3.2 ha
Bassin	 1600 m <sup>3</sup>	 30 m <sup>3</sup>	 20 m <sup>3</sup>

<http://www.codah.fr/page-projet/quelques-r-alisations>  
<http://www.gestiondifferenciee.org/scjp.php?article796>  
[http://www.alberdibeton.fr/alberdi\\_fr/dm/tuyaux-en-beacuteton.asp?nombre=2717&hoja=0&sesion=1348](http://www.alberdibeton.fr/alberdi_fr/dm/tuyaux-en-beacuteton.asp?nombre=2717&hoja=0&sesion=1348)  
<http://www.maison-deco.com/conseils-pratiques/maison-ecologique/Je-veux-une-toiture-vegetale>

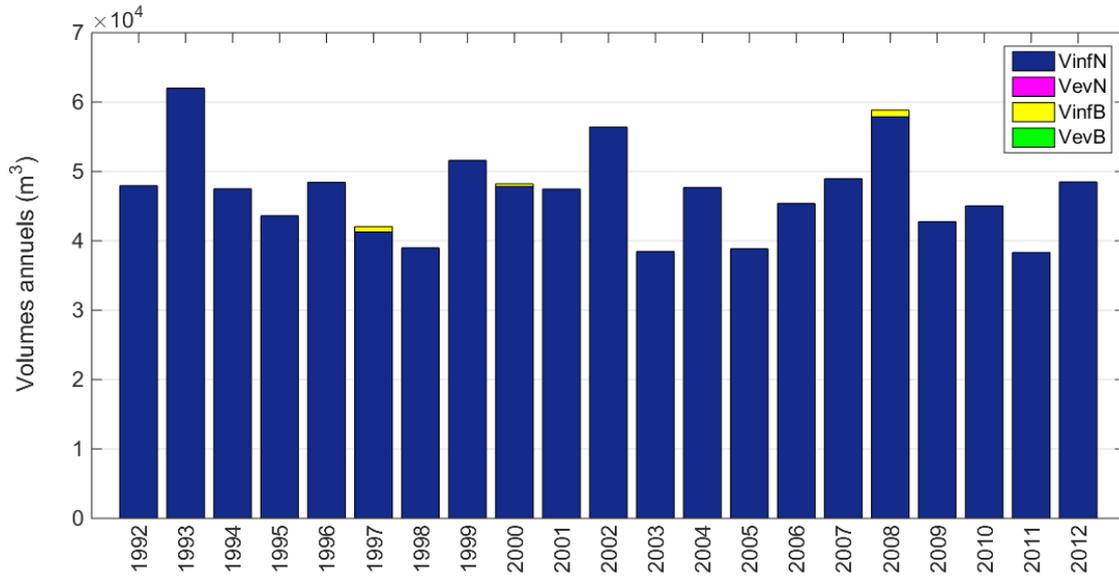
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## SCENARIO 1



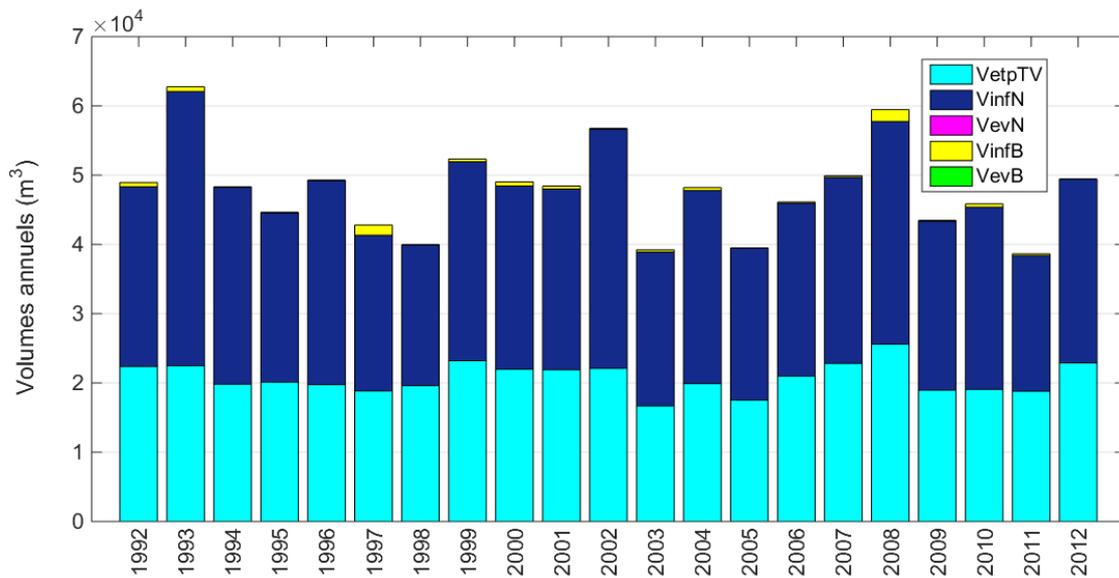
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## SCENARIO 2



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## SCENARIO 3



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## CONCLUSIONS 1

- Cas d'étude : ZA avec très forte imperméabilisation + toitures de grande superficie par rapport aux parcelles
- Différences marquées entre scénarios
- Dimensionnement vs. fonctionnement
- Efficacité hydrologique / hydraulique des TA
- Transferts :
  - eau, coûts (investissement, maintenance), bénéfice, responsabilité...

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## CONCLUSIONS 2

- Utilisation de séries chronologiques
  - variabilités des conditions
  - analyse approfondie du fonctionnement pour différents dimensionnements possibles
- Modèles existants ou faciles à développer
  - Canoé, codes Matlab ...
  - temps de calcul courts (1 min / an ou moins)
- Besoin de modèles intégrés

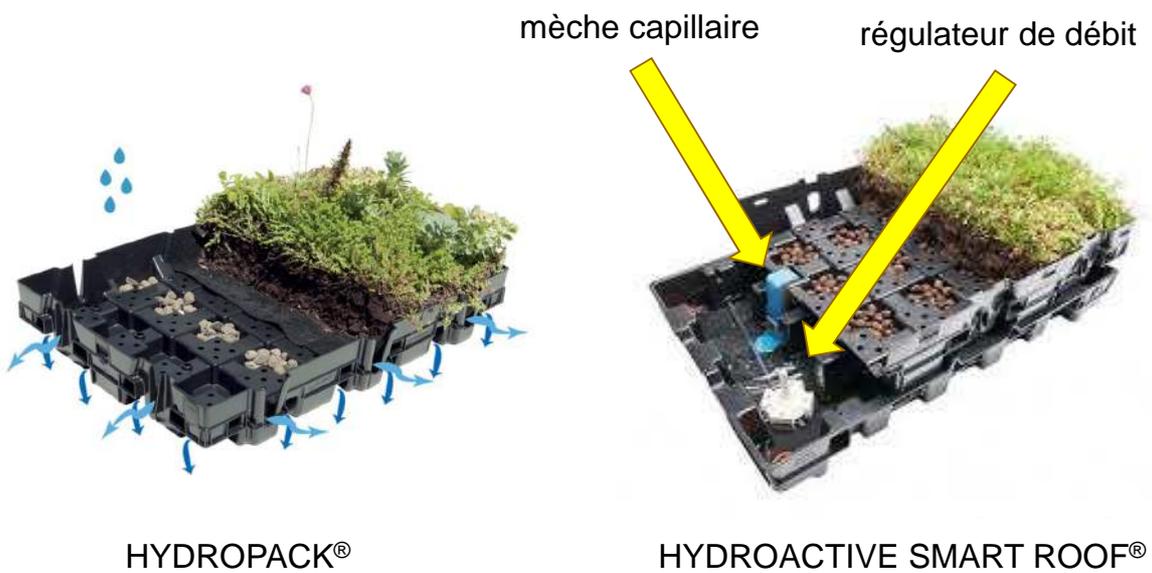
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

# PROJET GEPETO 2014-2017



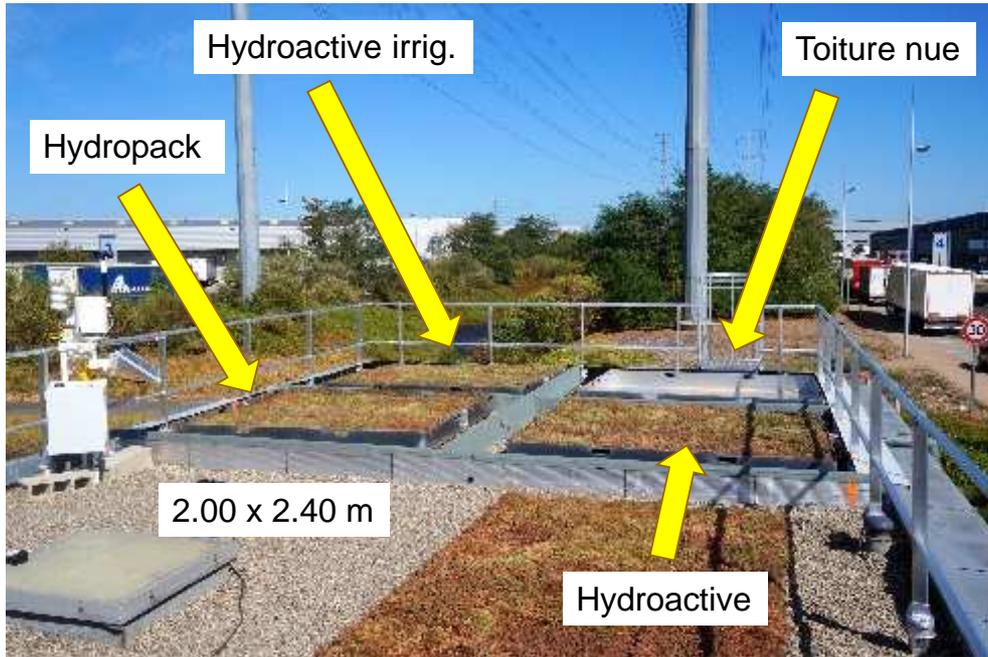
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## Projet GEPETO



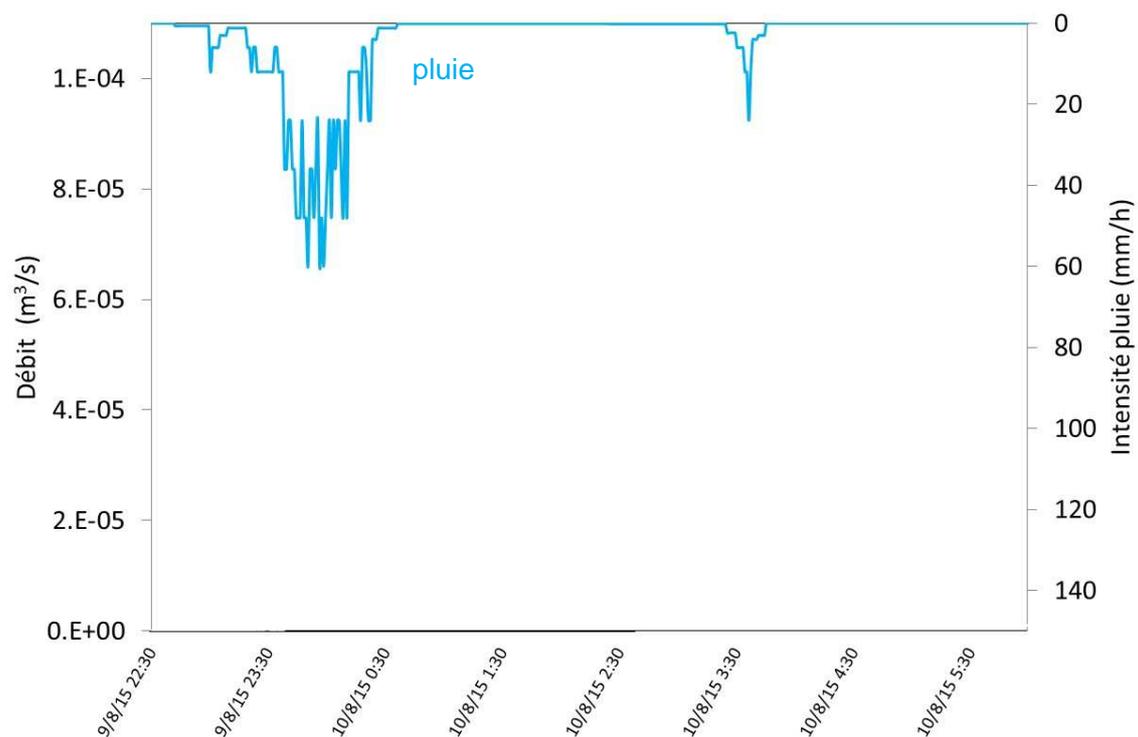
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

# PROJET GEPETO



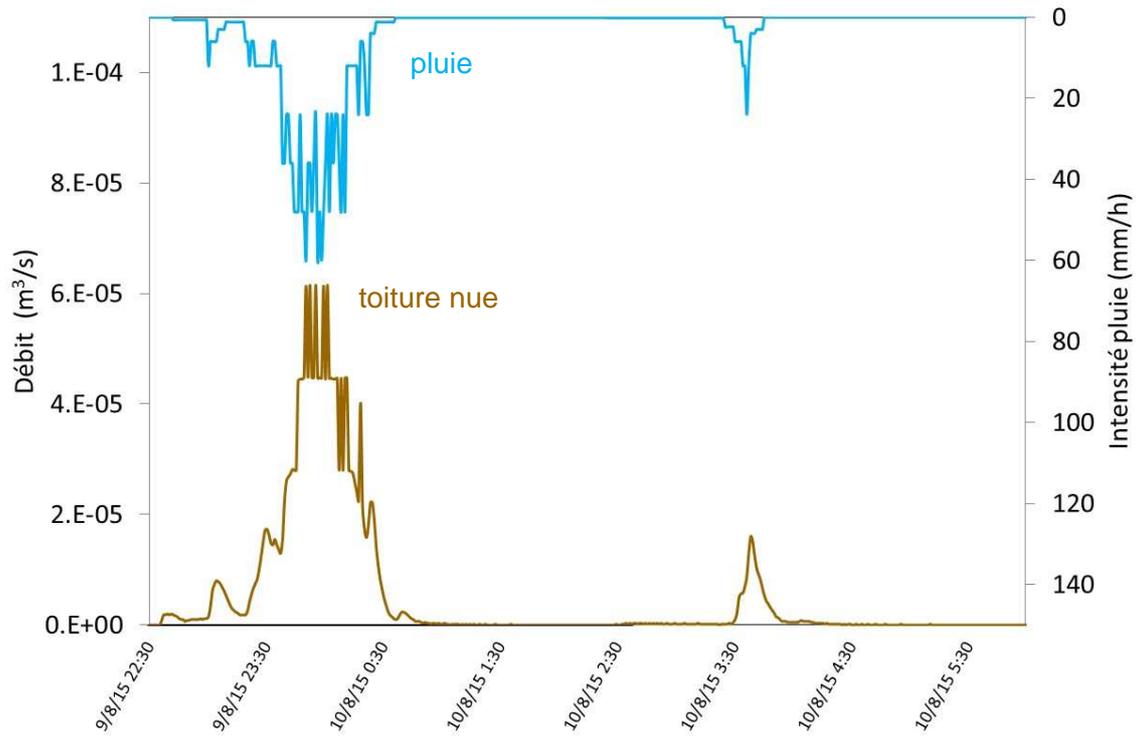
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## GEPETO : événement du 9 août 2015



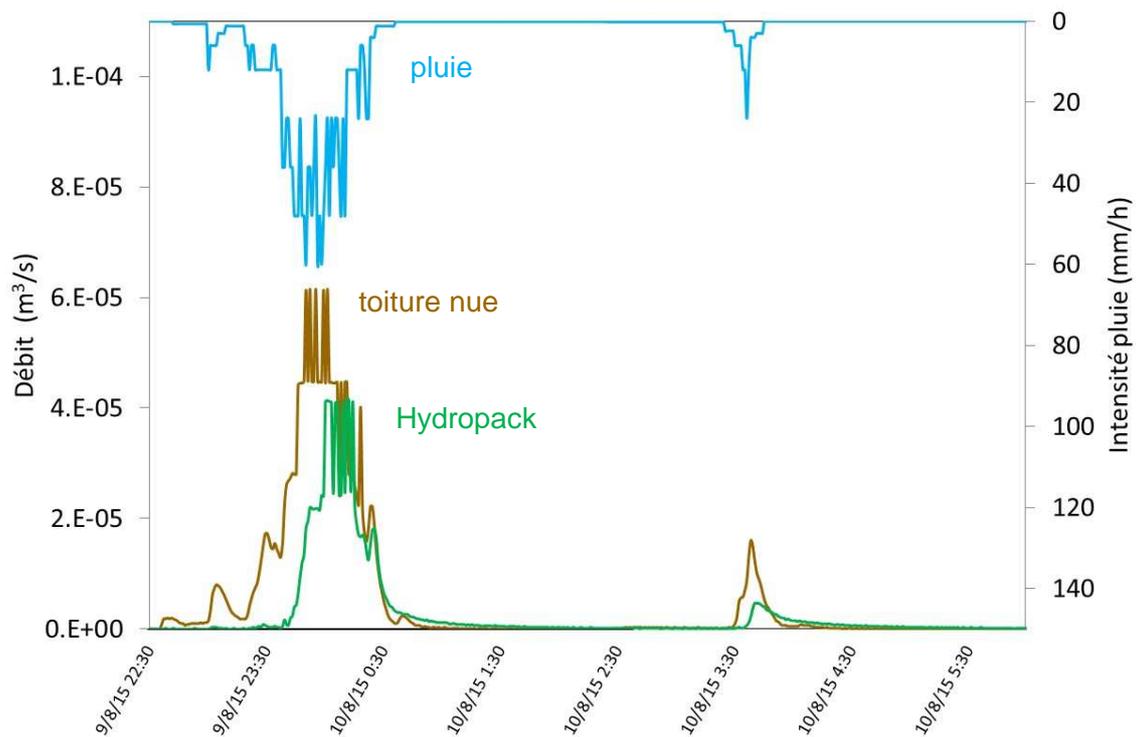
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

# GEPETO : événement du 9 août 2015



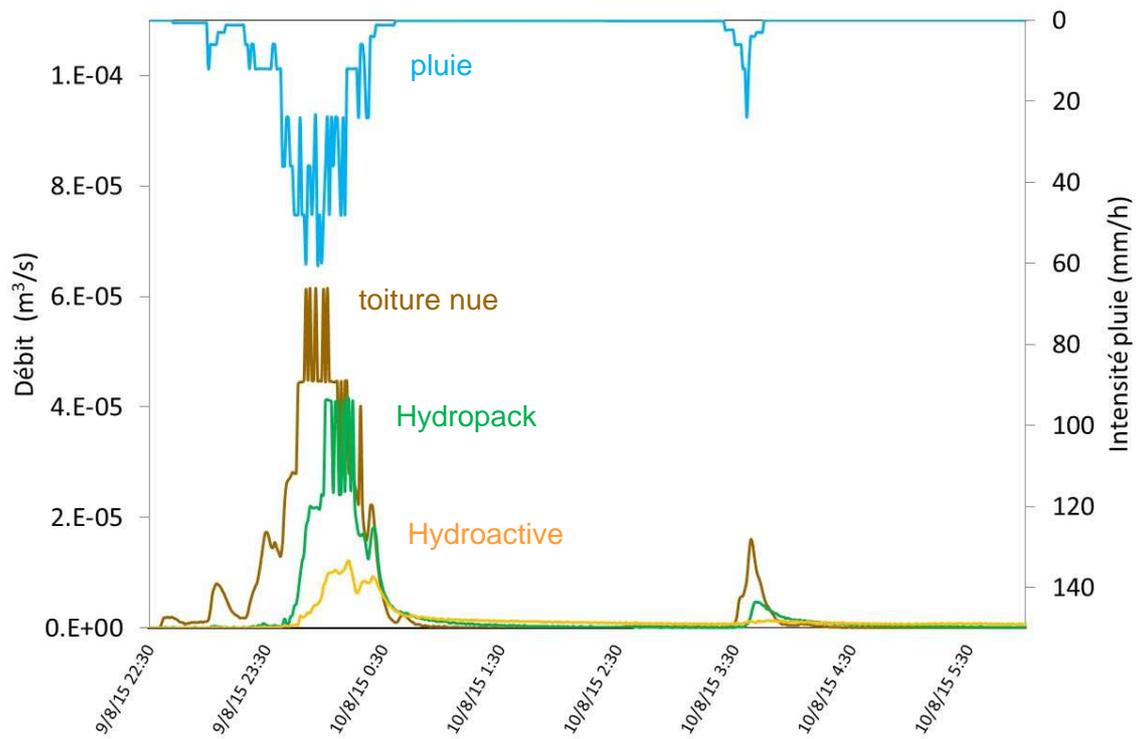
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

# GEPETO : événement du 9 août 2015



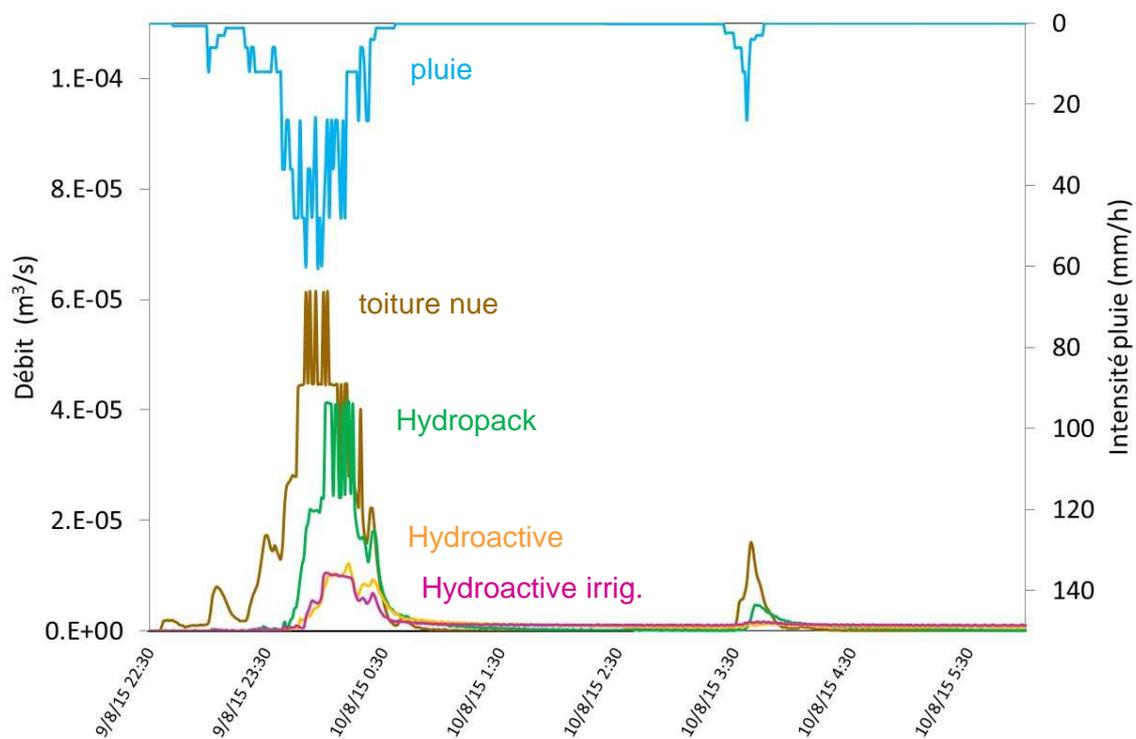
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## GEPETO : événement du 9 août 2015



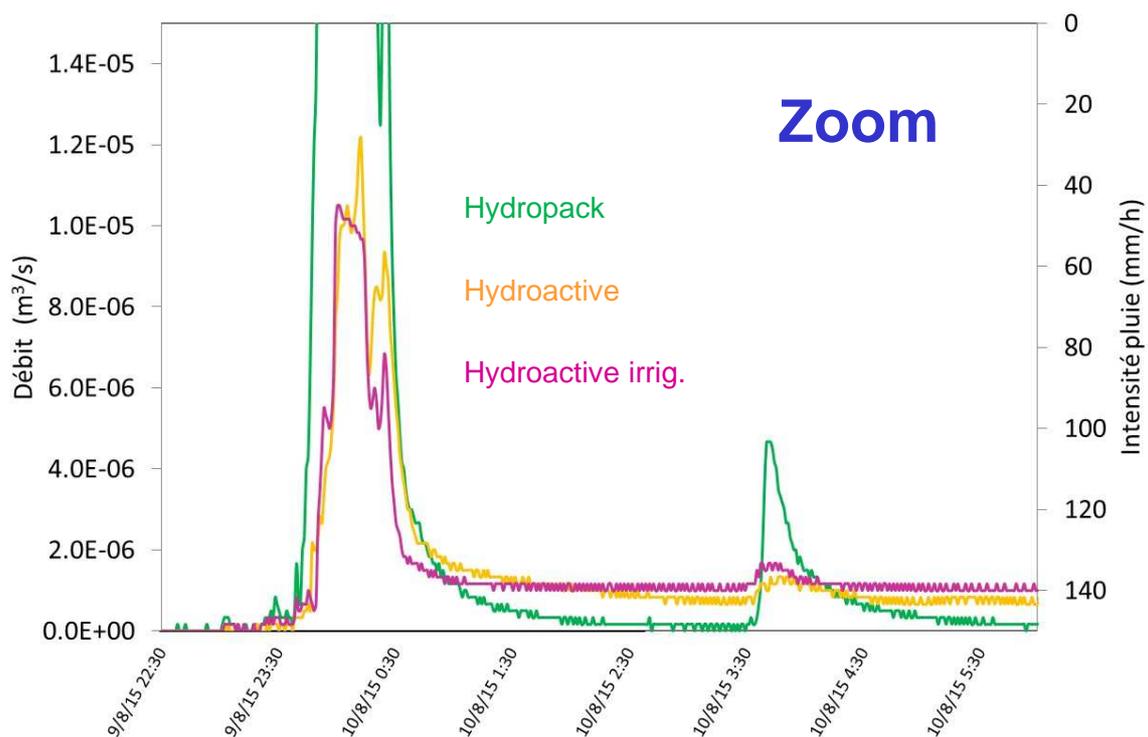
Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## GEPETO : événement du 9 août 2015



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## GEPETO : événement du 9 août 2015



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## GEPETO : événement du 9 août 2015

- Précipitation : 31.6 mm du 09/08 22:30 au 10/08 06:00  
dont 29.2 mm en 2 heures :  $T \approx 2.5$  ans
- Interception volumique de la pluie (mm et %)
  - Toiture nue 2.4 mm 7 %
  - Hydropack 15.3 mm 48 %
  - Hydroactive 23.0 mm 73 %
- Amortissement pic de débit par rapport pluie (%)
  - Toiture nue\* 23
  - Hydropack 48
  - Hydroactive 85

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

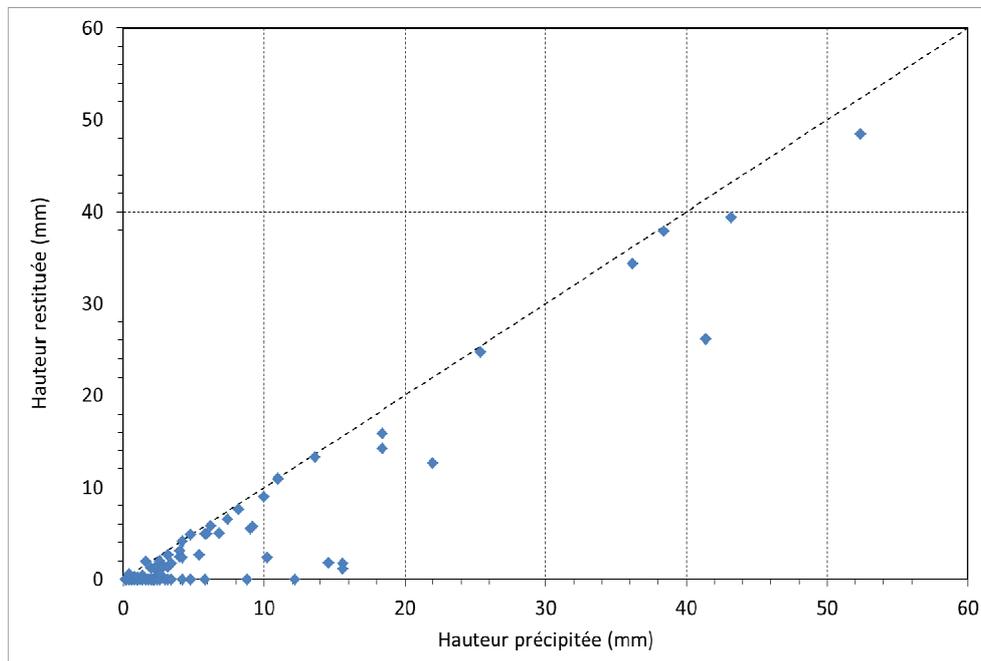
# Projet ECCLAIRA 2009-2014



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## Projet ECCLAIRA

146 événements



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## Projet ECCLAIRA

### ○ Interception volumique de la pluie (%)

- moyenne                    40
- mensuel                    17 – 91
- événementiel            0 – 100

toiture sans objectif hydrologique !

### ○ Analyse statistique

hauteur précipitée (mm)	probabilité d'interception intégrale (%)
[0, 2[	94
[2, 4[	45
[4, 8[	21
[8, 14[	22
14 et plus	0

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## CONCLUSIONS 3

- Variabilité inter-événementielle :  
fonction état initial toiture en début d'événement
- Réponse hydrologique : dépend de la chronologie  
des événements (pluies & périodes sèches)
  - pas de valeur unique
  - approche par séries chronologiques (modélisation ou mesure)
- Toitures végétalisées
  - conception hydrologique préférable
  - fonctionnement spécifique

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

# Micro Megas



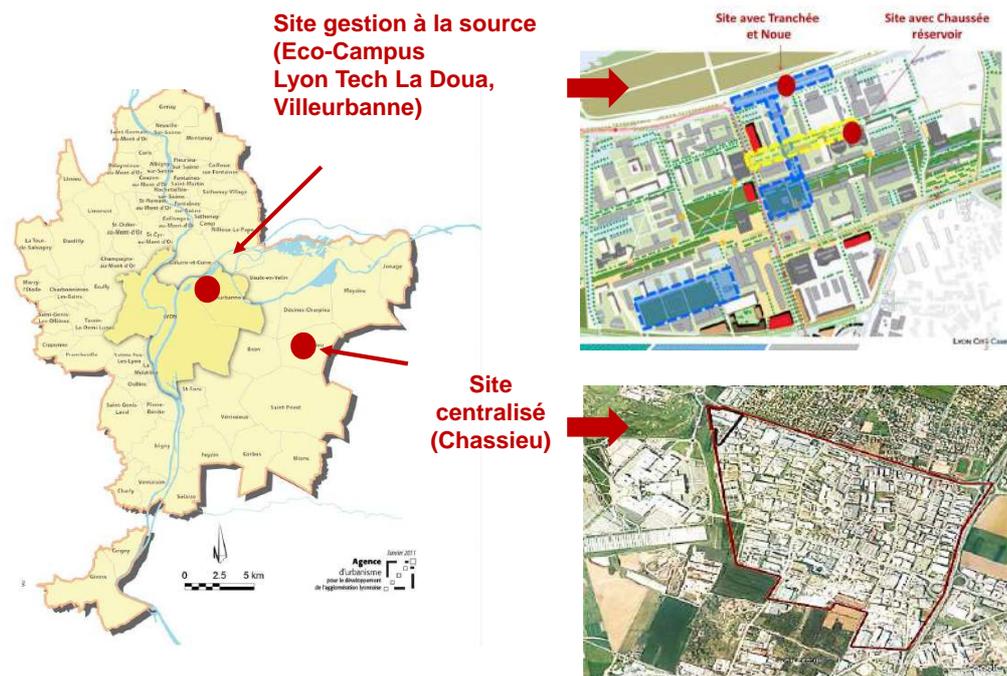
- 2015 - 2018
- Objectif : rôle des techniques alternatives sur la gestion des micropolluants dans les RUTP - Comparaison système centralisé / système à la source (notamment sur le site expérimental OTHU de Chassieu Django Reinhardt et l'EcoCampus Lyontech La Doua « nouveau site pérenne pour l'observatoire » ). 53 micropolluants seront suivis
- Mêler étroitement compétences de recherche et compétences opérationnelles (LGCIE-DEEP (INSA Lyon), EVS (ENS Lyon), Grand Lyon la métropole, GRAIE, Campus Lyon Tech La Doua, OTHU et URBIS)
- Nombreux livrables, dont « Guide méthodologique pour l'évaluation a posteriori de la performance des ouvrages de maîtrise à la source du ruissellement »

Plus d'infos : [www.micromegas-lyon.org](http://www.micromegas-lyon.org)



Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

## SITES Micro & MEGAS



OTHU

Jean-Luc Bertrand-Krajewski, INSA Lyon, 17 sept 2015

# MICROME GAS

...  
**MEGAS**

Dispositif centralisé



Que peut-on attendre du rôle de différentes techniques alternatives de gestion des eaux pluviales à la source ?

- réduction des flux d'eau ?
- de micropolluants ?
- facilité d'entretien ? pérennité ?
- coûts ? par rapport à des techniques centralisées ?

Quelles perceptions et représentations ont de ces dispositifs et des micropolluants les usagers et les gestionnaires des ouvrages ?

- perceptions de nature à impacter le fonctionnement des systèmes eux-mêmes ou à permettre une inflexion des pratiques liées aux dispositifs ?

Quels outils prescriptifs mettre en place pour un MO ? (planification, conception, gestion)



Dispositifs décentralisés (re-perméabilisation du campus)

“Les urbanistes du futur ne seront pas distinguables des jardiniers.”

Matthias Henning, *eVolo*, 2013, 03, p. 66



Source: <http://vincent.callebaut.org/page1-img-geneve.html>

Vincent Callebaut architect, 2005

# **Bassin de retenue/décantation: retour sur leur efficacité et le piégeage des micropolluants et des particules**

**Christel Sébastian et Céline Becouze-Lareure  
INSA Lyon LGCIE DEEP**

## Gestion des eaux pluviales à différentes échelles

*Connaissances, outils et efficacité des ouvrages*

### Bassin de retenue/décantation: retour sur son efficacité et le piégeage des micropolluants et des particules

Céline BECOUZE-LAREURE – INSA de Lyon

Christel SEBASTIAN – INSA de Lyon



**graie**  
GRANDLYON  
la métropole



17 septembre 2015

Lyon/ Villeurbanne - Espace Tête D'or



17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

## Problématique

- **Bassin de retenue/décantation**
  - Ouvrage de gestion des eaux pluviales en milieu urbain
  - Différentes configurations et usages

Est-on en mesure d'estimer l'impact d'un bassin de retenue des eaux pluviales sur les micropolluants ?



## Méthode

- Observations *in-situ* sur un bassin de retenue en service
  - Rejets Urbains par Temps de Pluie (RUTP)
  - Sédiments
- Large gamme de micropolluants
- Etude à l'échelle événementielle



## Site d'étude

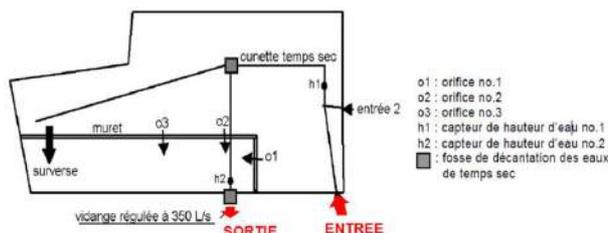
- Bassin Django Reinhardt, CHASSIEU (69)
  - Bassin versant industriel (185 ha)
  - Réseau séparatif pluvial
  - Eaux de refroidissement par temps sec
  - $V_{BR} = 32\ 000\ m^3$  et  $S_{BR} = 11\ 302\ m^2$





## Site d'étude - Instrumentation

- Mesures en continu
  - Turbidité, conductivité, pH, température
  - Hauteurs d'eau et vitesse (réseau)
  - Hauteurs d'eau (bassin)
  - Hauteur précipitée



## Site d'étude - Instrumentation

- Mesures en continu
  - Turbidité, conductivité, pH, température
  - Hauteurs d'eau et vitesse (réseau)
  - Hauteurs d'eau (bassin)
  - Hauteur précipitée
- Mesures ponctuelles
  - RUTP : Campagnes évènementielles
  - Sédiments accumulés : Campagnes par temps sec



# Echantillonnage sédiments accumulés

## Quartage



1. Zone de mélange

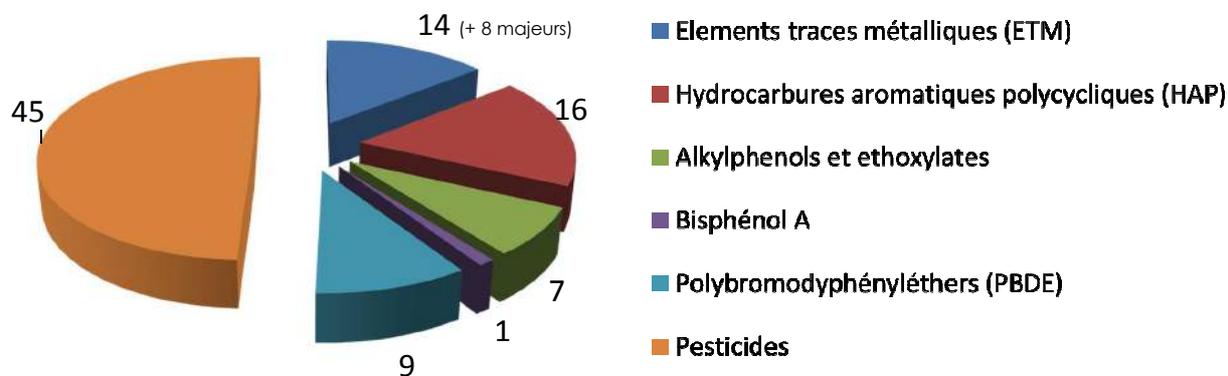


2. Division en 4 du tas



3. Mélange des 2 quarts opposés

# Micropolluants étudiés



- Objectifs de qualité des milieux (DCE)
- Risques sanitaires et environnementaux
- Etudes antérieures (e.g. SOERE URBIS)



## Etude de l'efficacité du bassin

- **Nombre de campagnes**
  - Métaux: 4-7
  - HAP: 6
  - Alkylphénols: 5
  - Pesticides: 3-6
  - AP éthoxylés, BPA, PBDE: 2
- **Comparaison des masses entrée-sortie**
- **Prise en compte des incertitudes**
  - Echantillonnage
  - Analyse chimique



## Occurrence dans les Rejets Urbains de Temps de pluie (RUTP)

### Métaux

As, Cd, Cr,  
Cu, Ni, Pb,  
Zn, Co, Sr,  
V, Ba, Ti,  
Pt, Mo

### HAPs

*Hydrocarbures  
aromatiques polycycliques*

Nap, Acy,  
Ace, Flu,  
Phe, A, Flh,  
Pyr, BaA, Chr,  
BbF, BkF  
BaP, IP, Bper

D(a,h)A

### Pesticides

Atrazine  
Diuron  
Isoproturon  
Simazine  
AMPA  
Glyphosate  
2,4-MCPA  
Chlorpyrifos  
Carbendazime  
Alpha hexa  
DDDpp  
Mecoprop  
Aldrine  
Chlorfenvinphos  
Glufosinate

### PBDEs

*Polybromodiphényléthers*

B28, B47, B99,  
B100, B153,  
B183, B209

B154  
B205

### BPA/APnEO

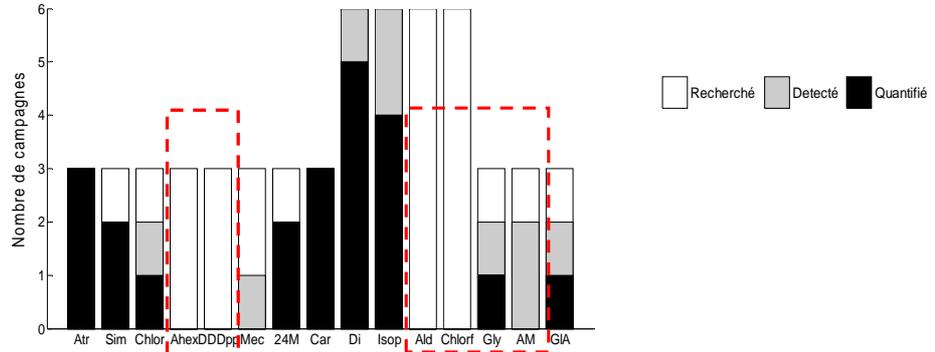
*bisphénol A/ Alkylphénols  
éthoxylés*

4-NP, 4-Tert-OP,  
BPA,  
OP1EO, OP2EO,  
NP1EO, NP2EO,  
NPEC1

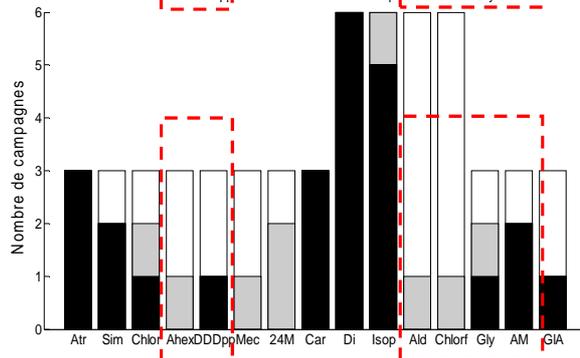


# Occurrence dans les RUTP

Entrée

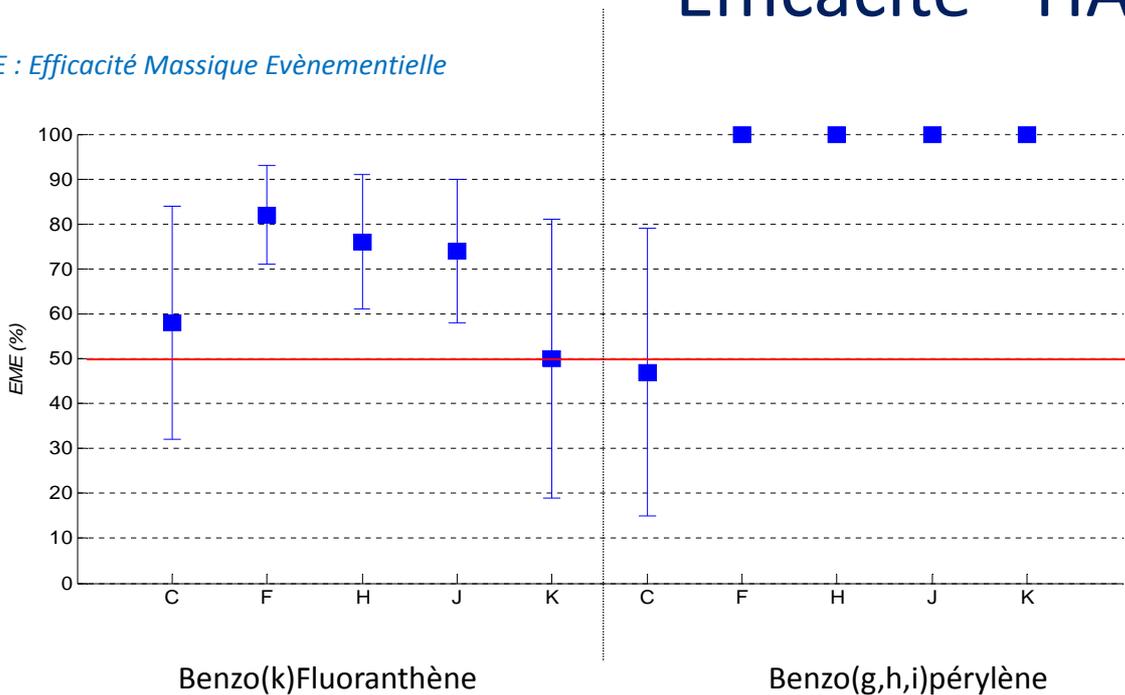


Sortie



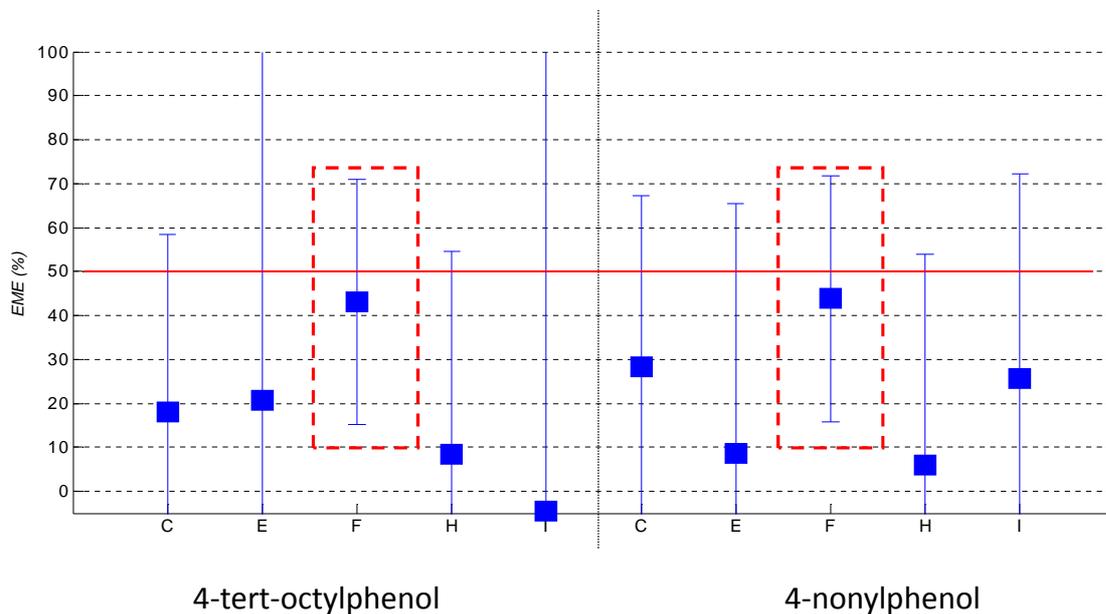
# Efficacité - HAP

EME : Efficacité Massique Évènementielle

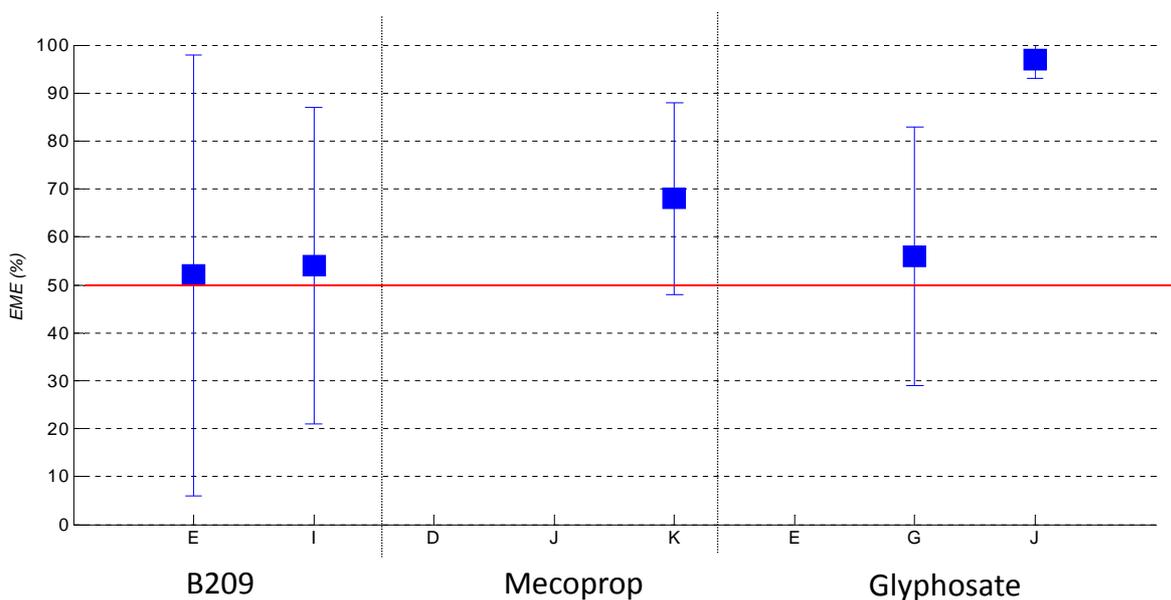


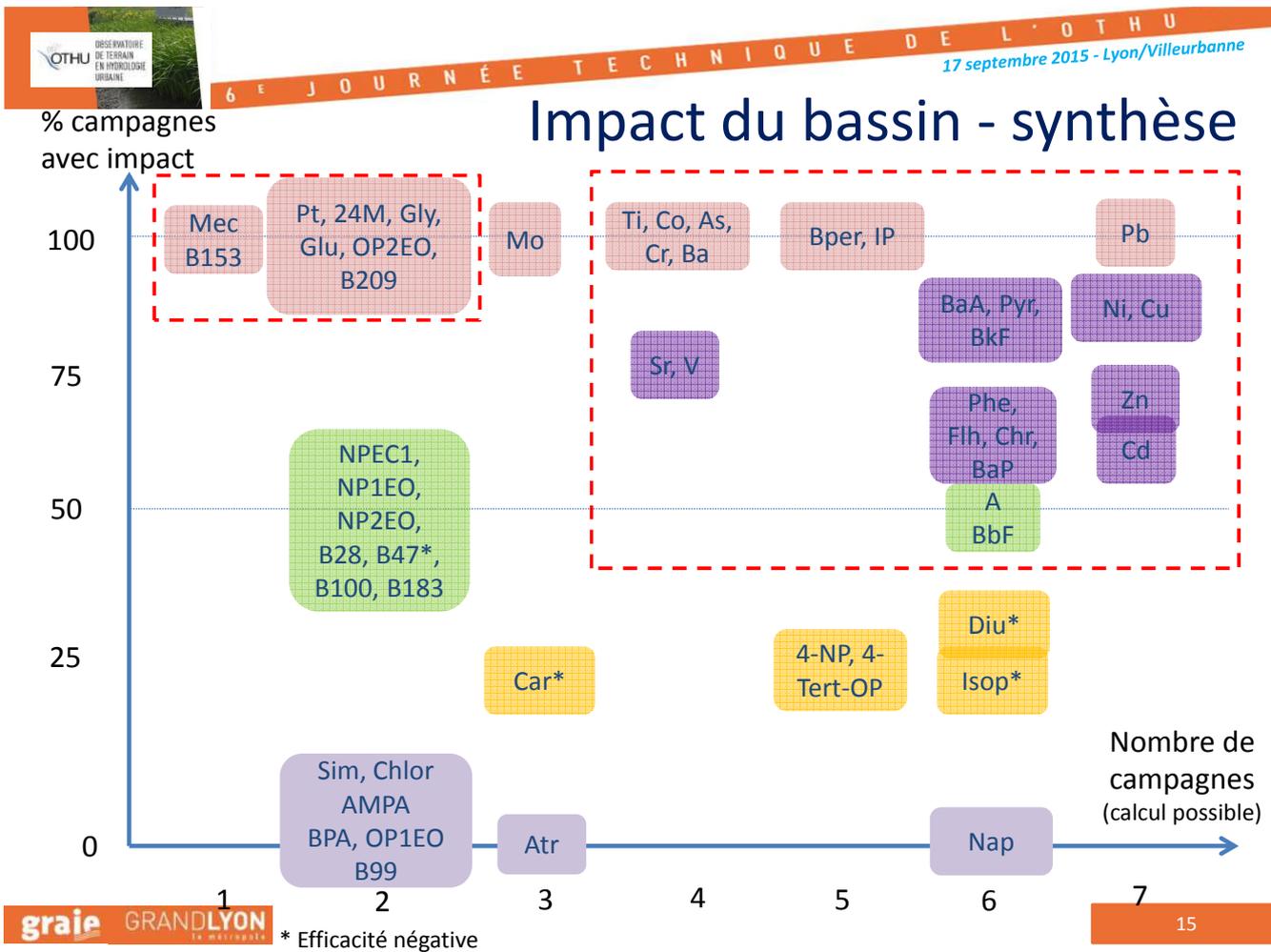


# Efficacité - Alkylphénols



# Efficacité – B209, Mecoprop, Glyphosate





**6<sup>E</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DE L'OTHU**  
17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

**Caractérisation chimique, microbiologique, écotoxicologique, spatio-temporelle des contaminants des Bassins de Retenue des eaux pluviales urbaines**

**GABRRRES**

Caractérisation chimique, microbiologique, écotoxicologique, spatio-temporelle des contaminants des Bassins de Retenue des eaux pluviales urbaines : évolution et gestion des Risques Environnementaux et Sanitaires associés

ANR

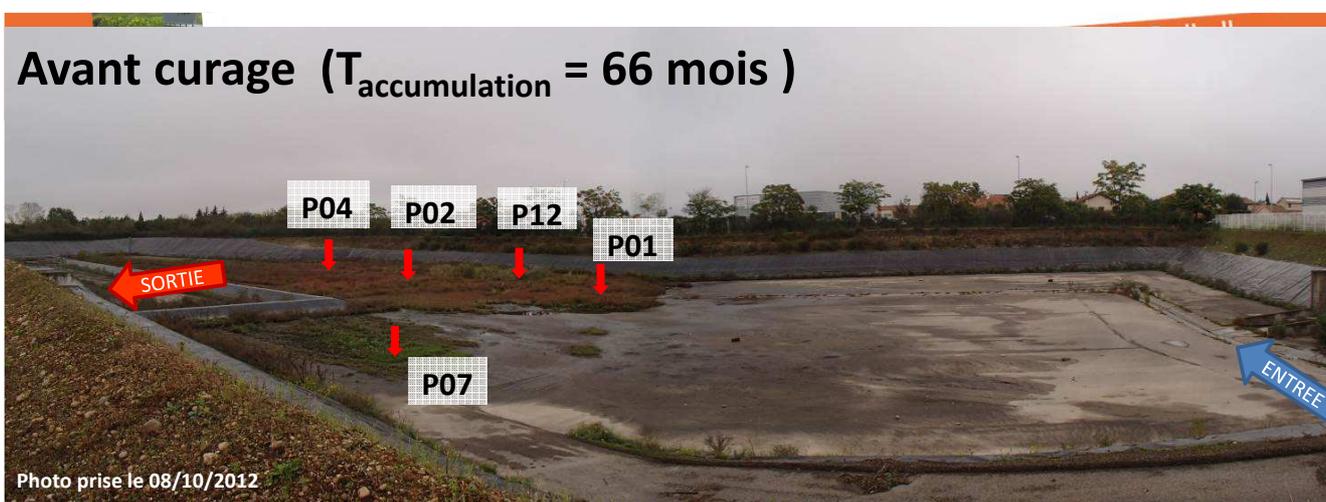


## Objectifs

- Caractérisation physico-chimique des sédiments
- Étude de la toxicité des sédiments

➔ Apporter des éléments de réponse afin d'orienter :

- i) la définition des fréquences de curage de ces bassins
- ii) le choix des filières de traitement ou de valorisation les plus adaptées
- (iii) la définition de caractéristiques permettant de tester et vérifier les modèles hydrodynamiques



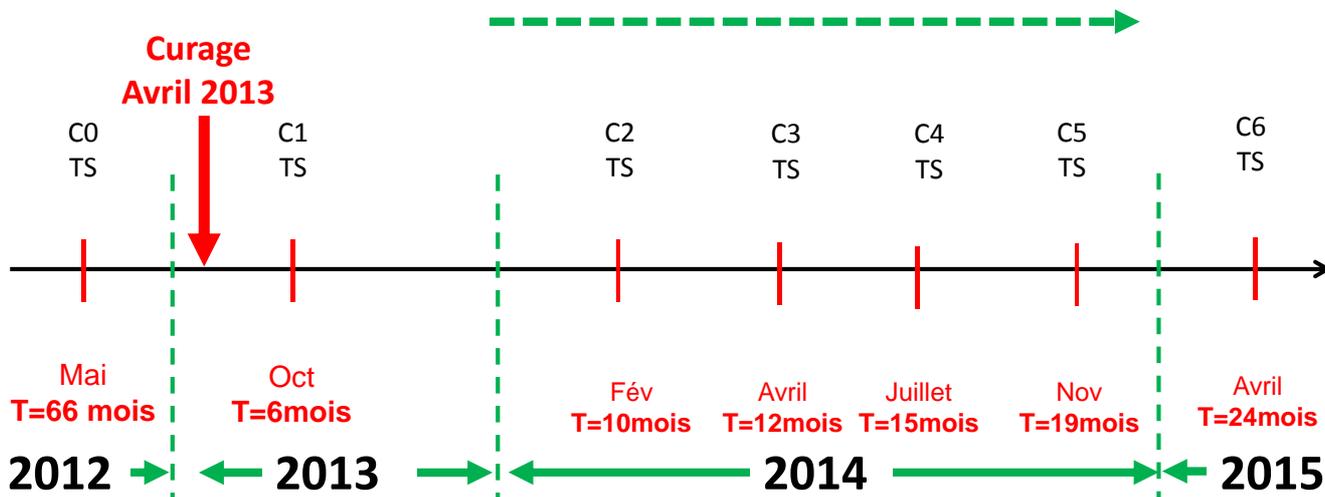
**Après curage ( $T_{\text{accumulation}} = 6 \text{ mois}$ )**



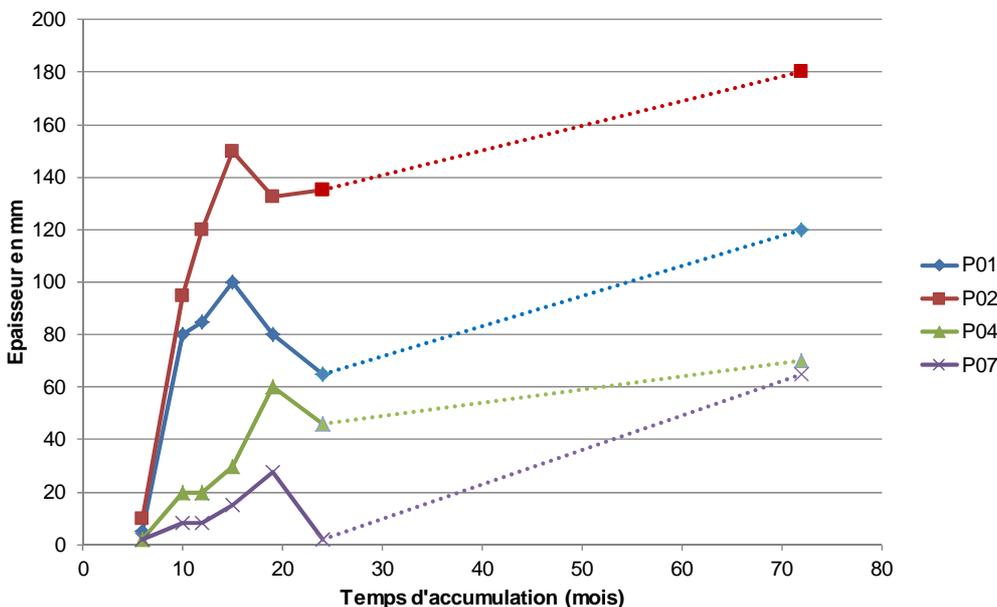


# Campagnes réalisées

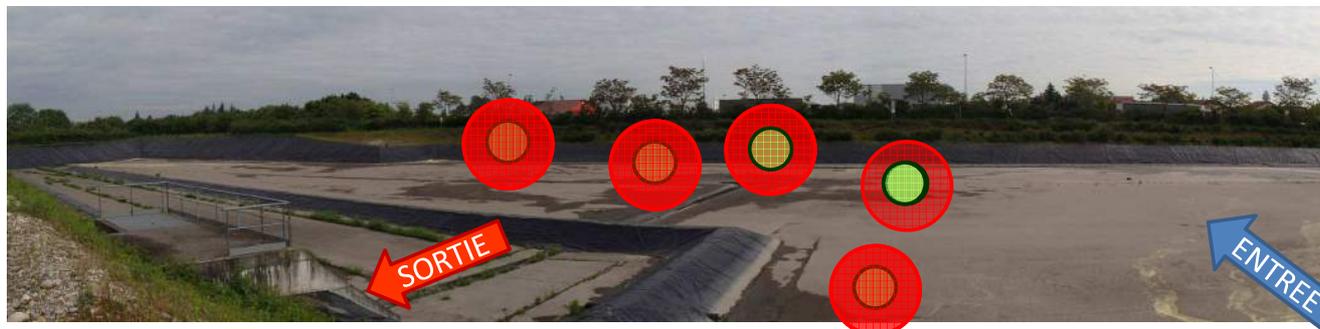
Augmentation de la végétation



# Evolution de l'épaisseur



## Chrome



C1 → C4 → C0



< 100 µg/g

Oct  
T=6mois

Juillet  
T=15mois

Mai  
T=72mois



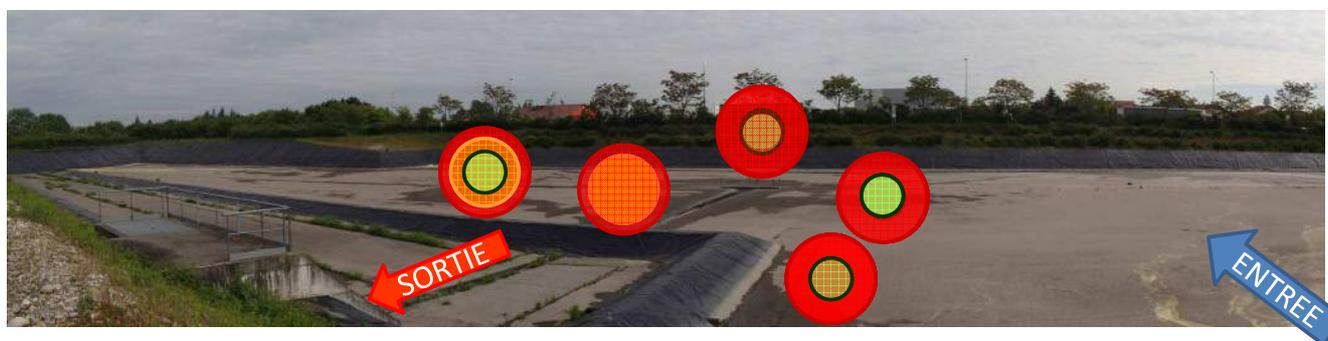
> 100 µg/g

21

## Σ16HAPs

C1 → C2 → C3 → C4 → C5 → C0

Oct      Fév      Avril      Juillet      Nov      Mai  
T = 6mois    T = 10mois    T = 12mois    T = 15mois    T = 19mois    T = 72mois



≤ 1 µg/g ms



1 < Teneur < 1.6 µg/g ms



≥ 1.6 µg/g ms



## PROBLEMES

- Impact du BR sur les MP ?
- Comment mesurer des MP dans les sédiments?
- Comment aider à l'évaluation de l'efficacité de ces bassins?
- Quel impact du fonctionnement du BR sur le milieu et la santé?

## REponses - PERSPECTIVES

-  pour les MP particulières (HAPs, métaux)
- A confirmer pour les MP hydrophiles (réaliser d'autres campagnes, envisager d'autres méthodes)
- Méthodes analytiques en cours de développement (PBDE, AP, BPA ...)
- Etude préliminaire sur des modèles
- Approche multidisciplinaire  
Écotoxicologie / Bactériologie / SHS



## MERCI POUR VOTRE ATTENTION !

- Pour aller plus loin...
  - Site internet <http://www.graie.org/cabrres/>



### – Publications

Sébastien C & Barraud S (2014). Effet d'un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales sur les flux de micropolluants. Approche globale. *Techniques Sciences et Méthodes*, 1.2, 52-60.

Sébastien C et al. (2014). Accumulated sediments in a detention basin: chemical and microbial hazards assessment linked to hydrological processes. *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (8), 5367-5378.

### – Thèse

Sébastien C (2013). Bassin de retenue des eaux pluviales en milieu urbain: performance en matière de piégeage des micropolluants. Insa de Lyon, France. 354 p. (disponible sur le site de l'OTHU)

### – FICHE TECHNIQUE OTHU N°27 :

« Echantillonnage des sédiments décantés dans un bassin de rétention/décantation » (2015)

# **Bassin de retenue/décantation : Pollution et contamination des sédiments d'un point de vue écotoxique et microbiologique et lien avec les activités**

*Yves Perrodin, ENTPE LEHNA IPE*

*Benoit Cournoyer, UCBL et VetAgro Sup BPOE*

## Gestion des eaux pluviales à différentes échelles

*Connaissances, outils et efficacité des ouvrages*

### Caractérisation écotoxicologique et microbiologique des sédiments des bassins de rétention, et lien avec les activités

Yves PERRODIN – ENTPE – LEHNA \*

Benoit COURNOYER – Univ Lyon 1 - LEM

\*En collaboration avec Christine Bazin, Carolina  
Gonzales et Céline Bécouze,

17 septembre 2015

Lyon/ Villeurbanne - Espace Tête D'or

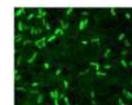


**graie**  
GRANDLYON  
la métropole



17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

## Caractérisation écotoxicologique des sédiments des bassins



## Essais d'écotoxicité :

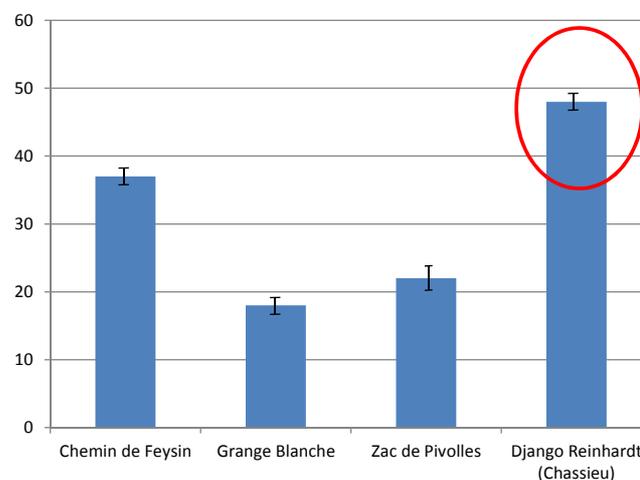
- Essais testés : essais plantes, vers de terre, microtox, rotifères, ....),
- Résultats: faible écotoxicité en général, effet masquant fréquent
- Essai sélectionné : Test Ostracodes



## Variabilité selon le site

Name of basin	Chemin de Feyzin	Grange Blanche	Zac de Pivolles	Django Reinhardt
Municipality	Mions	St Symphorien d'Ozon	Décines	Chassieu
Date implemented	1988	1997	1992	1975
Catchment type	Residential & Agricultural	Residential & Agricultural	Commercial	Industrial
Catchment surface (ha)	315	300	40	185
Tank retention surface (m <sup>2</sup> )	7,360	6,130	3,112	11,000
Mean sediment thickness (cm)	2	2	2	3.6
Date of last clean	2009 & 2006	before 2006	before 2006	2006

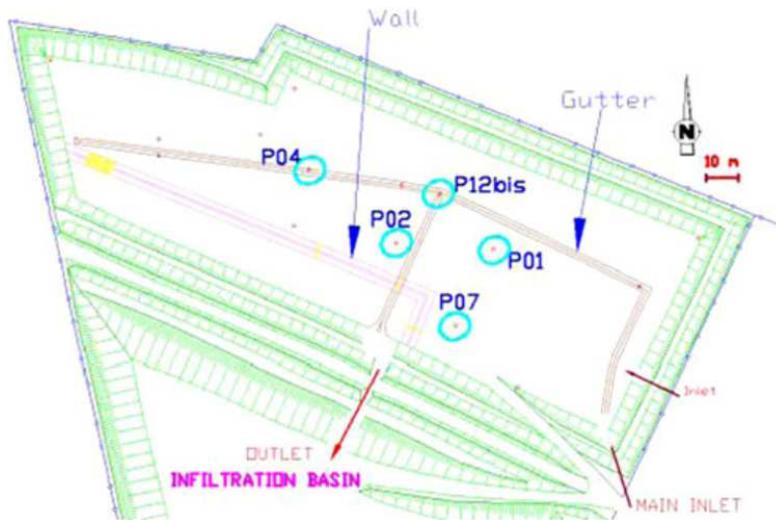
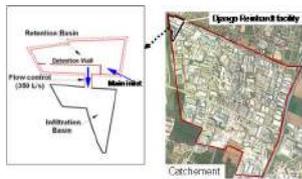
Inhibition de la croissance (%)



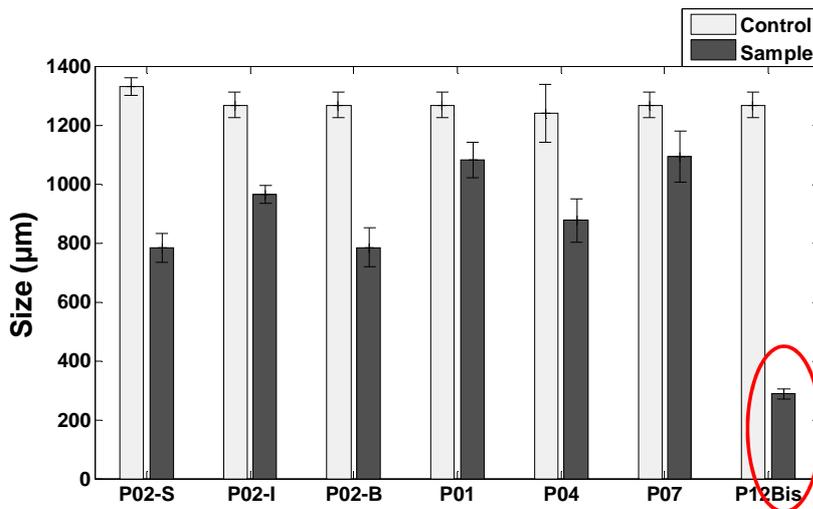
### Test Ostracodes



# Variabilité spatiale



# Variabilité spatiale

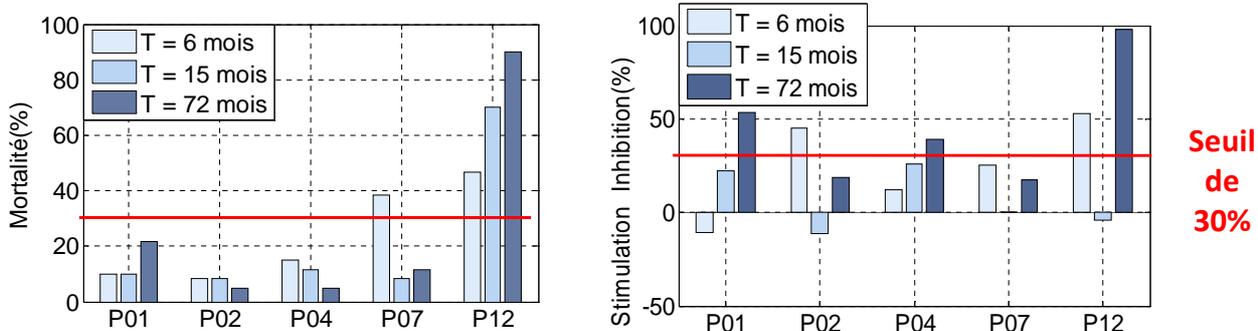


**Ecotoxicité des sédiments variable selon le point de prélèvement**  
**Ecotoxicité des sédiments accumulés plus importante pour P12**



# Variabilité temporelle (1)

## Suivi de l'écotoxicité des sédiments accumulés

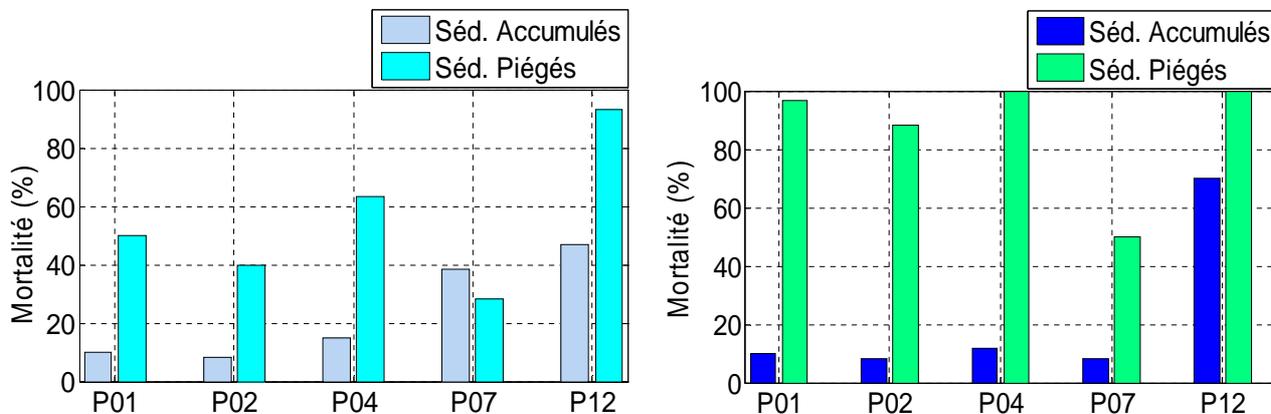


**Ecotoxicité des sédiments accumulés plus importante pour P12**  
**Pas de lien avec le temps (de 6 mois à 72 mois)**



# Variabilité temporelle (2)

## Comparaison des sédiments accumulés et piégés



C1: Octobre 2013

C4: Juillet 2014

**Ecotoxicité des sédiments piégés (frais) >>> sédiments cumulés (anciens)**





## Conclusions et perspectives

### Conclusions :

- Test ostracodes « fonctionne »
- Sédiments « frais » + écotoxiques que sédiments « maturés »
- Gestion appropriée des sédiments « frais »,
- Potentialité de valorisation sédiments « maturés » (hors P12)

### Perspectives :

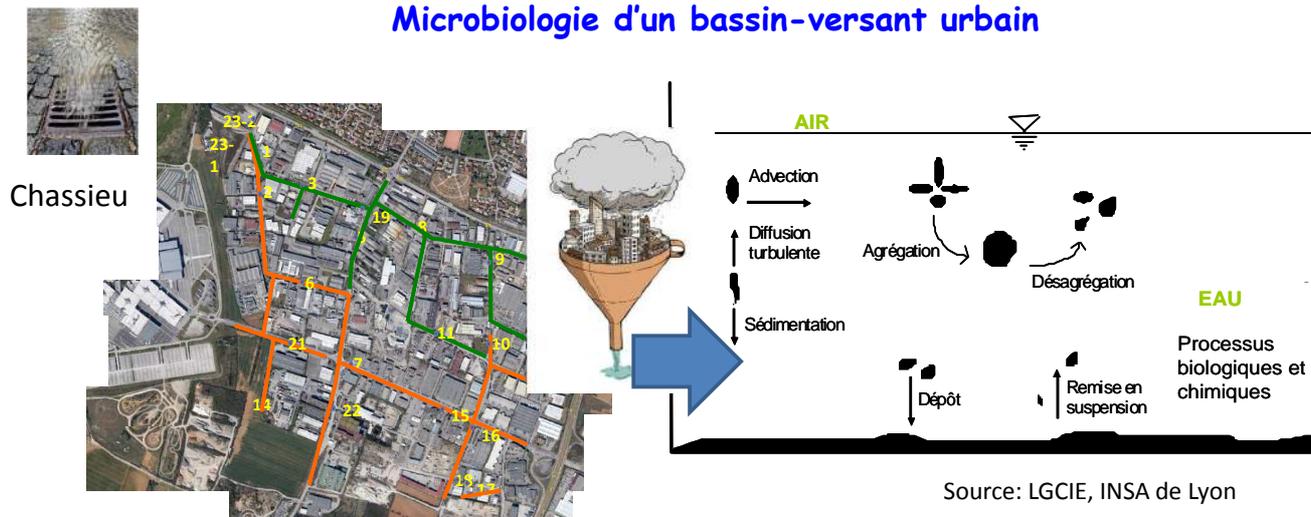
- Consolider les conclusions avec d'autres campagnes
- Construire des scénarios de valorisation des sédiments « maturés », et évaluer les (non) risques associés



## Caractérisation microbiologique des sédiments urbains de Chassieu et lien avec les activités



## Microbiologie d'un bassin-versant urbain



Source: LGCIE, INSA de Lyon

Bassin de rétention / infiltration

### Hypothèses:

1. Activités urbaines et ruissellement = dissémination de bactéries pathogènes
2. Un bassin de rétention = concentre et sélectionne certaines formes
3. Les dynamiques spatio-temporelles se calent sur celles des particules
4. L'hydro-dynamisme explique les transferts vers le bassin d'infiltration

11



## 1. Activités urbaines et ruissellement / dissémination de bactéries pathogènes

### Enquête de terrain (Michalon et al)

- Descripteurs d'activités (n=240)

### Objets et traces / caractère durable

#### Temps long

- . Bâtiments (densité)
- . Voiries, réseaux, trottoirs
- . Végétation, espaces verts
- . Déchets récurrents

#### Temps court - semaines

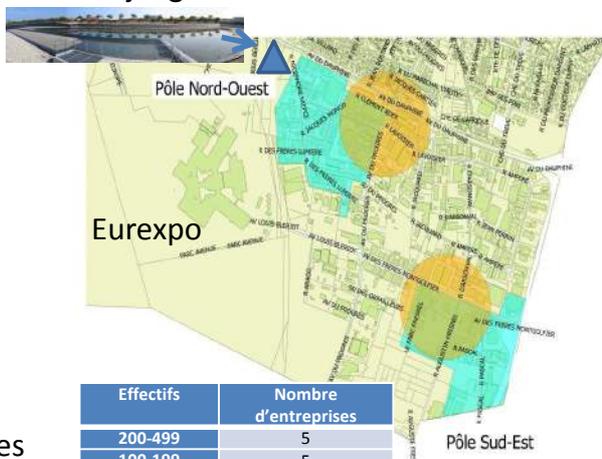
- . Matériaux stockés, véhicules, marchandises

#### Temps court – journée

- . ordures, certains véhicules, traces

- Définition de 23 secteurs représentatifs

### site Django



Effectifs	Nombre d'entreprises
200-499	5
100-199	5
50-99	16
20-49	47
10-19	79
6-9	76
3-5	92
1-2	102
Inconnu	49

Total = 470

## Activités urbaines et ruissellement / dissémination de bactéries pathogènes



### Microbiologie

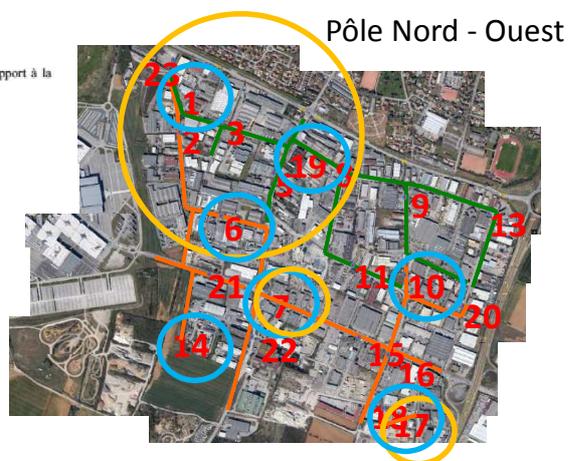
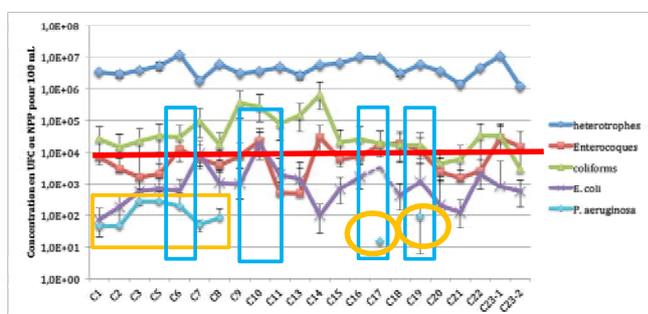
1. Bactéries cultivables
2. Cribles ADN



## Activités urbaines et ruissellement / FIB & Pyo – formes cultivables



Figure 2: Données microbiologiques obtenues sur les échantillons de la zone industrielle de Chassieu. Données normalisées par rapport à la concentration d'ADN (20 ng /  $\mu$ L).

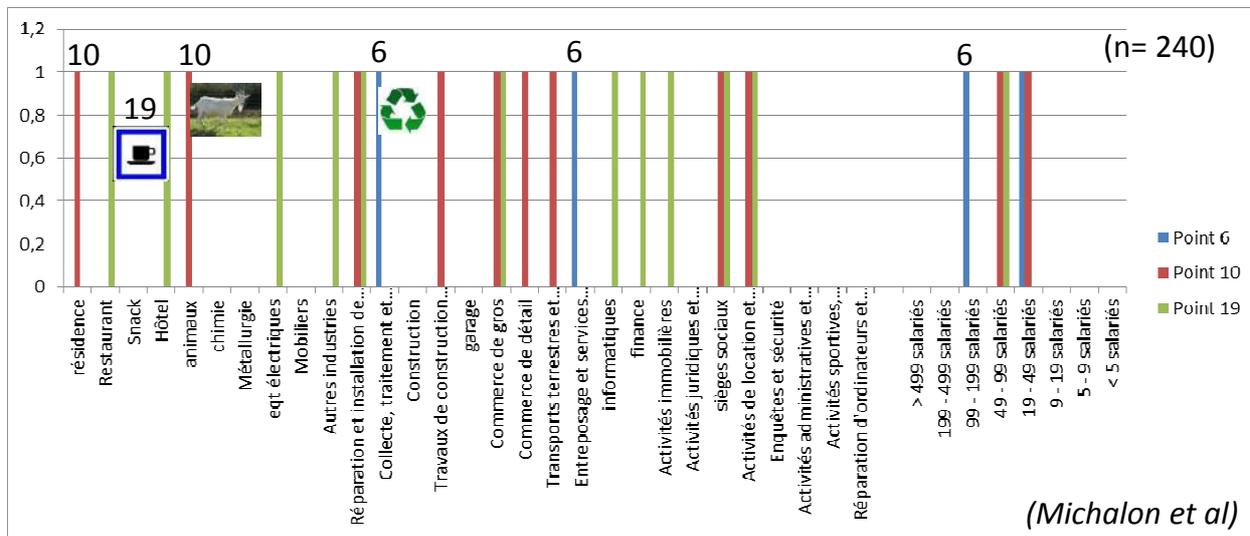


### Observations

- Contamination fécale significative sur plusieurs secteurs de la ZI
  - origine de cette contamination ? Animale, humaine??
- Pôle Nord-Ouest se différencie par la plus forte prévalence de *P. aeruginosa*
  - Quelles activités?



## Activités urbaines et ruissellement / FIB & Pyo – formes cultivables



Point 6 = **activités de tri et d'entreposage (déchets)**, forte densité humaine

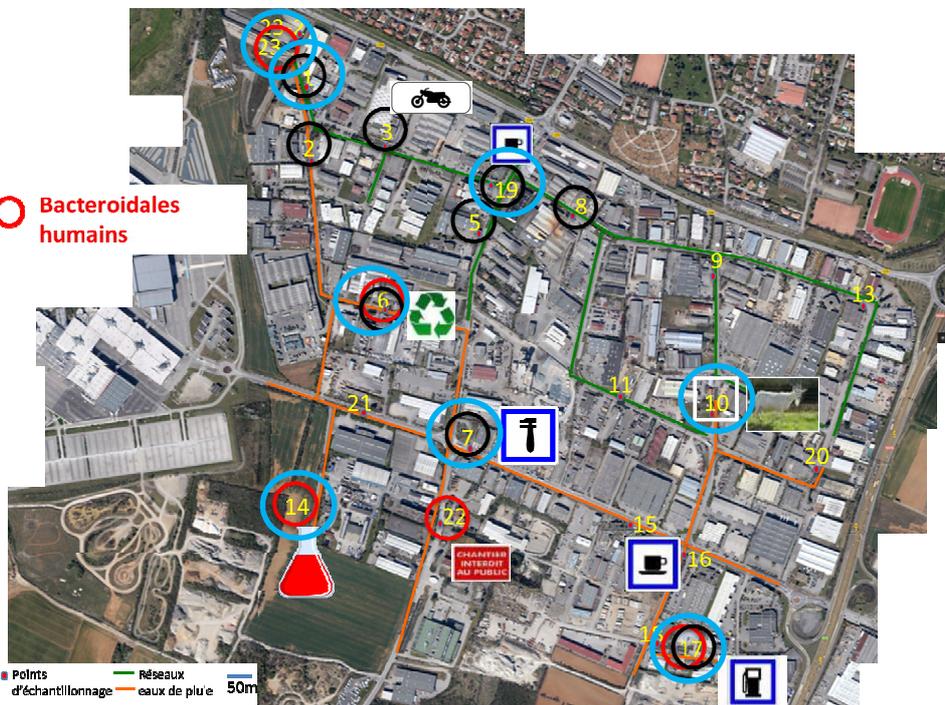
Point 10 = **résidence, animaux**, activités commerciales, bureaux

Point 19 = **hôtel, restaurants**, bureaux

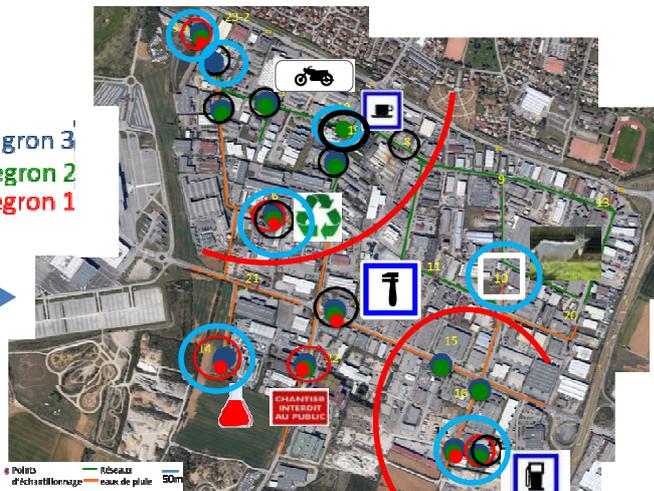
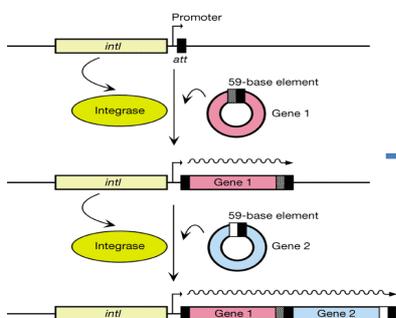


## Activités urbaines et ruissellement / bactéries d'origine fécale – cribles ADN Bacteroidales de l'homme

Homme ccgccccga  
 Bovin ccccgccaca  
 Chevaux ccccgccccca  
 Chèvre ccccgccccca  
 Chien ccccgccccg  
 Rat ccagccccca



# Activités urbaines et ruissellement / cribles ADN intégrons



Pôle Nord - Ouest

Pôle Sud - Est

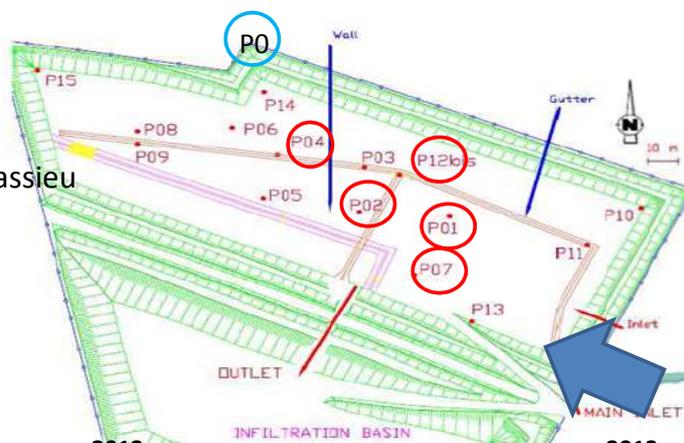
## Conclusions

- carte de la qualité microbiologique en relation avec les activités
- outils d'épidémiologie infra-spécifique = relation fine entre secteurs



## 2. Un bassin de rétention / concentre et sélectionne les contaminants microbiologiques

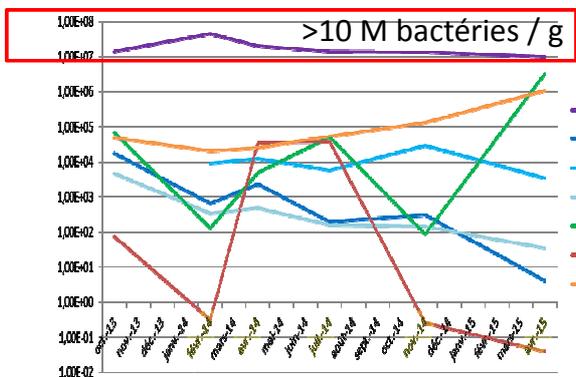
Bassin de rétention de Chassieu



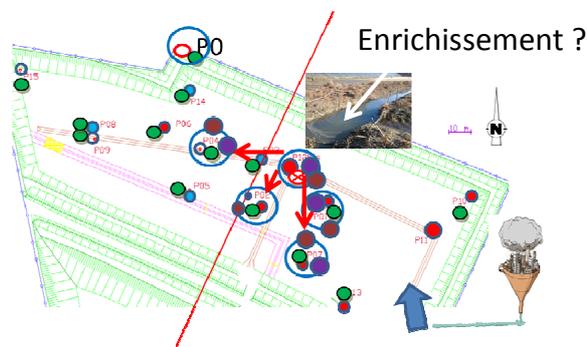
Temps sec Temps de pluie

Métagénomique *rrs*, *tpm*

## Un bassin de rétention / concentre et sélectionne les contaminants microbiologiques



Concentrations par g de sédiments



Répartition des contaminants microbiologiques

### Observations

- Les cultivables détectées sur la ZI se retrouvent dans les sédiments du BR
- Des variations dans les concentrations sont observées et probablement liées aux forces hydrauliques, saisons (T°), et mouvements des particules
- La qualité microbologique varie en fonction des secteurs:
  - . Proche cunette, loin cunette, fosse de décantation, bordure (témoin P0)

## Un bassin de rétention / sélectionne et concentre les contaminants microbiologiques



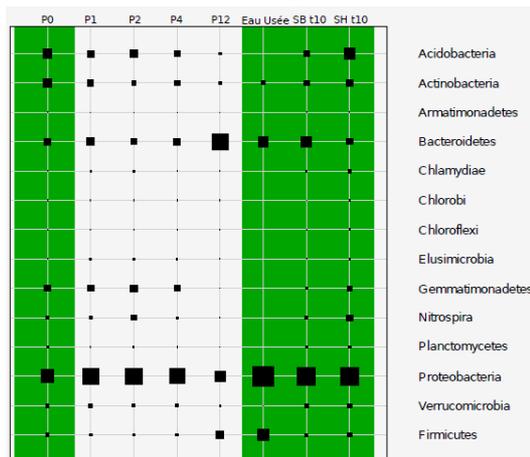
Gène cible amplifié



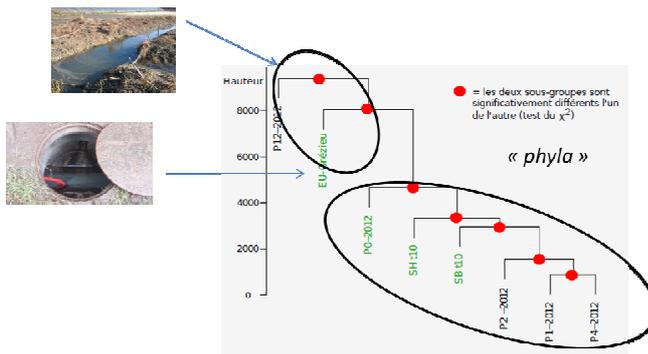
lecture/attribution  
affiliation

- identification des bactéries
- diversité
- abondance relative

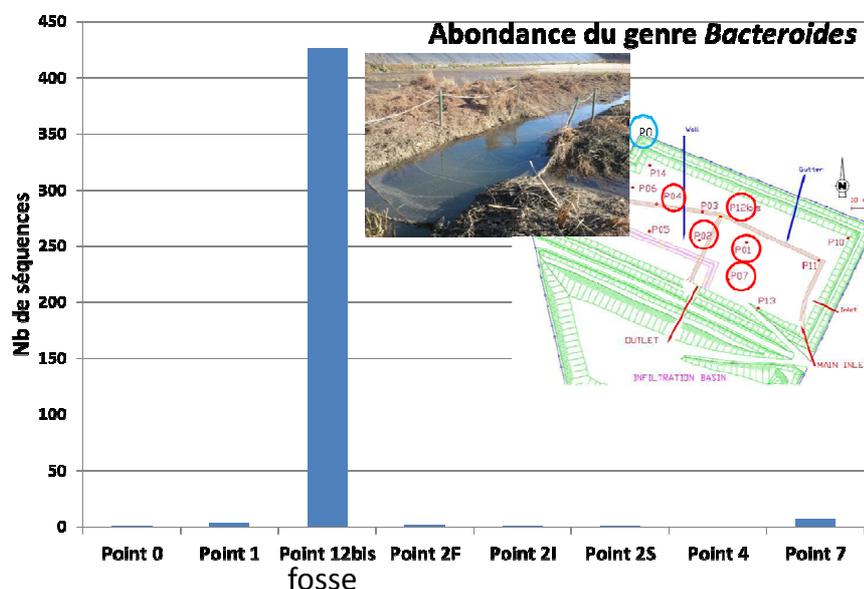
### Approche méta-taxogénomique



### Classification Ascendante Hiérarchique

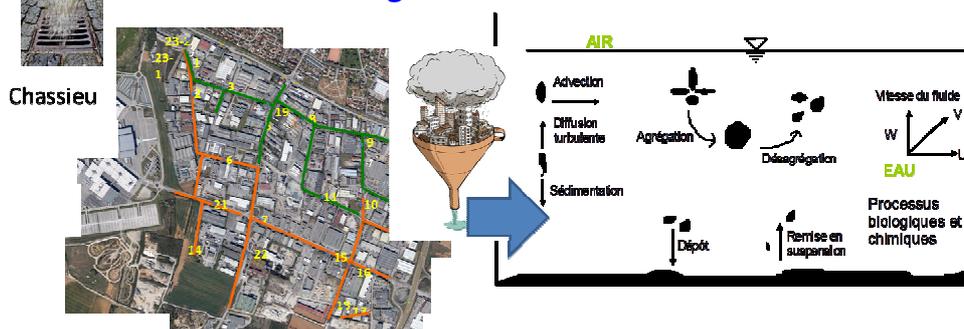


## Un bassin de rétention / concentre et sélectionne les contaminants microbiologiques



→ Abondance du genre *Bacteroides* (origine: tractus digestif) souligne une pollution fécale et un enrichissement

## Microbiologie d'un bassin-versant urbain



### Conclusions

- Possibilité de déduire les contaminants microbiologique en fonction des activités
- Le ruissellement sur une ZI peut favoriser la dissémination de bactéries représentant une préoccupation sanitaire (e. g. *P. aeruginosa*, intégrons)
- Un BR accumule et favorise certains groupes e. g. *Bacteroides* dans la fosse
- Un BR peut favoriser le dépérissement de certaines espèces
  - la méta-taxogénomique permettra de trouver des **indicateurs de performance**

### Perspectives

- Poursuivre les analyses de microbiotes à partir des séquences « *rrs* » (2 millions de seq)
- Nouvelle méthodologie méta-taxogénomique pour estimer la diversité génétique au niveau **d'espèces d'intérêt sanitaire** / proximité avec les isolats cliniques (1M seq)
- Relation entre hydro-dynamique des dépôts et bactéries (vers une modélisation)



### Collaborateurs / remerciements

- Claire Bernardin (thèse IMU-MIC / co-dir. D. Blaha - S. Barraud, LGCIE)
- Didier Blaha (MCU U. Lyon 1)
- Audrey Gleizal (AI - CDD)
- Romain Marti (CR - CDD)
- Sébastien Ribun (IE – CDD)
- Laurence Marjolet (IE VAS)
- Jérémy Voisin (thèse ARC – Env / co-dir F. Mermillod – Blondin, LEHNA)
- Véronica Rodriguez-Nava (MCU U. Lyon 1) (thèse ARC – Env / co-dir T. Winiarski, LEHNA)
  
- Hors EM & co-dir: JY Toussaint, S. Vareilles, J. Michalon, B. Tilly, G. Lipeme, JB Aubin, Y. Perrodin, P. Marmonnier, R. Visiedo, .... et autres partenaires OTHU



# Ouvrages d'infiltration : indicateurs biologiques de leurs impacts sur les nappes

*Mermillod-Blondin F.<sup>1</sup>, Voisin J.<sup>1,2</sup>, Hervant F.<sup>1</sup>, Vienney A.<sup>1</sup>,  
Maazouzi C.<sup>1</sup>, Pigneret M.<sup>1</sup>, Cournoyer B.<sup>2</sup>, Marmonier P.<sup>1</sup>  
UCBL et VetAgro Sup*

*<sup>1</sup> UMR 5023 LEHNA E3S – <sup>2</sup> UMR 5557 LEM BPOE*

## Gestion des eaux pluviales à différentes échelles

*Connaissances, outils et efficacité des ouvrages*

Ouvrages d'infiltration : indicateurs biologiques de leurs impacts sur les nappes (transfert de la matière organique et organismes sentinelles)

Mermillod-Blondin F.<sup>1</sup>, Voisin J.<sup>1,2</sup>, Hervant F.<sup>1</sup>, Vienney A.<sup>1</sup>,  
Maazouzi C.<sup>1</sup>, Pigneret M.<sup>1</sup>, Cournoyer B.<sup>2</sup>, Marmonier P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR 5023 LEHNA, Equipe « Ecologie, Evolution, Ecosystèmes souterrains »

<sup>2</sup> UMR 5557 LEM, Equipe « Bactéries Pathogènes Opportunistes de l'Environnement »



**graie**  
GRANDLYON  
la métropole



17 septembre 2015  
Lyon/ Villeurbanne - Espace Tête D'or



## Problématique opérationnelle

- Contaminations chimiques et biologiques des eaux pluviales
- Risque de pollution des nappes phréatiques qui jouent un rôle majeur dans l'alimentation en eau

### Questions majeures :

- Quelles sont les capacités auto-épuratrices des systèmes d'infiltration ? Peut-on améliorer la protection des nappes ?
- Quels sont les outils permettant de mesurer les impacts de l'infiltration sur la qualité des nappes ?

## Problématique scientifique

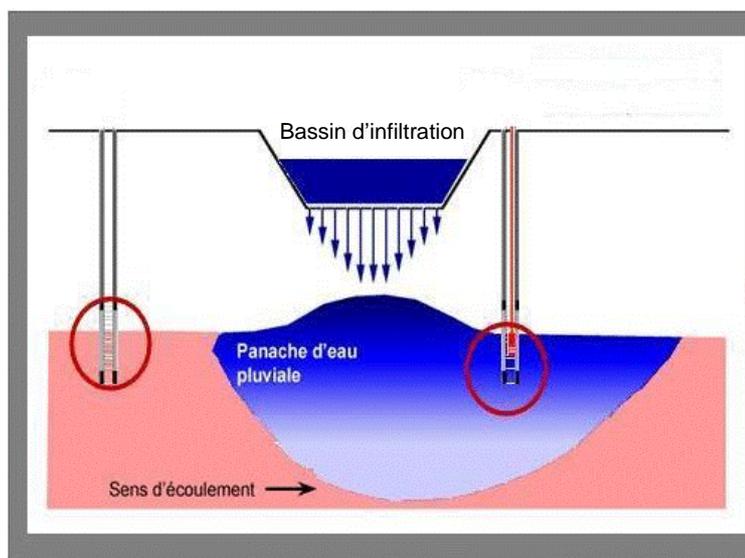
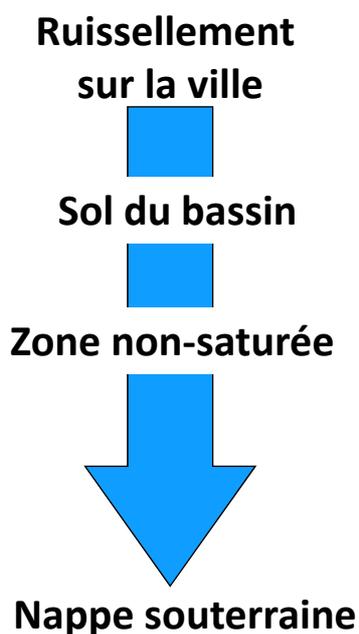
- Les nappes phréatiques sont des écosystèmes avec des fonctionnements et communautés biologiques particuliers.



### Questions de recherche :

- Quelle est la vulnérabilité des nappes phréatiques et de leur fonctionnement à l'infiltration d'eaux pluviales ?
- Les organismes aquatiques peuvent-ils servir de bio-indicateurs de la qualité de la nappe ?

## Etude des nappes : méthodologie



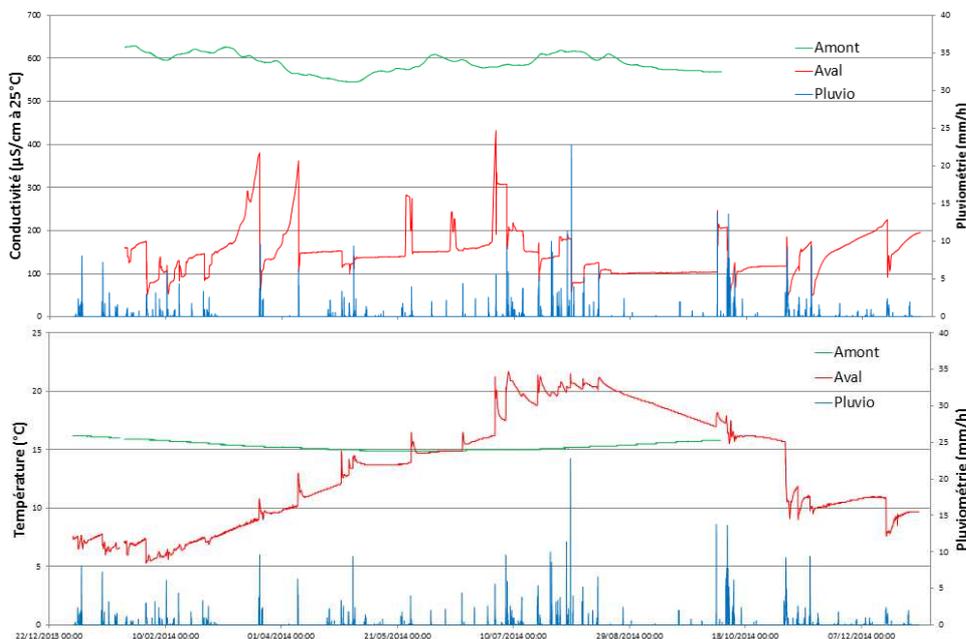
Piézomètres de référence

Piézomètres de suivi du bassin



## Mesures en continu

Effets de l'infiltration sur la température et la conductivité de la nappe



→ Nécessité d'instrumentation pour comprendre la dynamique du système



## Suivis à long terme

La température des nappes subissent le changement climatique.

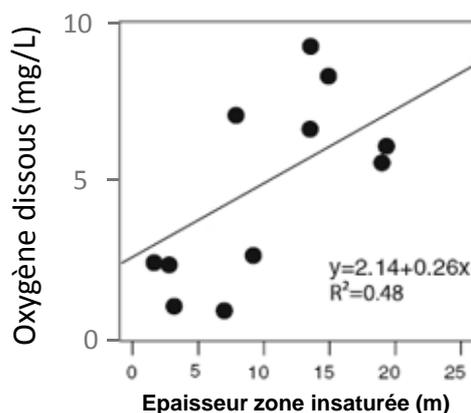
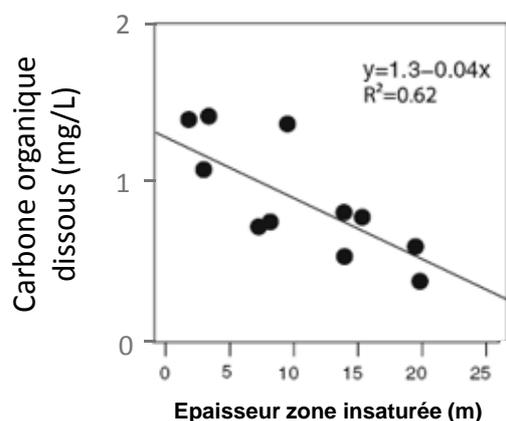


→ Nécessité de suivis à long terme pour anticiper les changements futurs



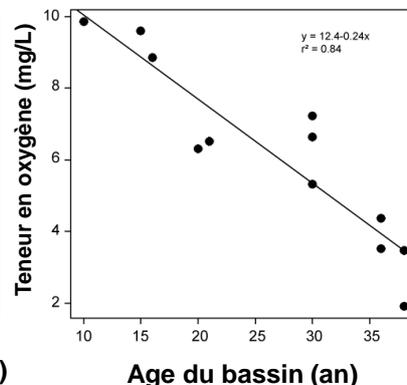
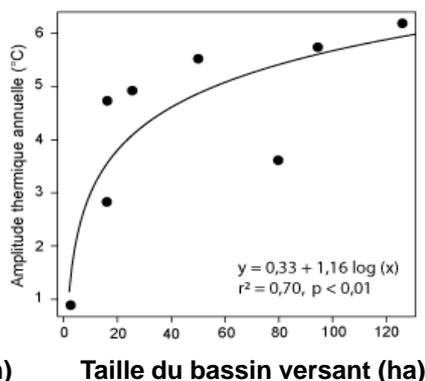
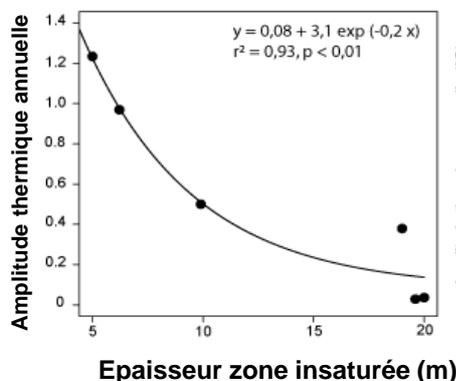
## Flux de polluants

- Peu de métaux lourds et d'hydrocarbures transigent vers la nappe → stockage à la surface des bassins
- Mais des transferts de matière organique dissoute associés à des abaissements d'oxygène dissous liés à l'épaisseur de la ZNS.



## Quelques préconisations

Lien entre les caractéristiques des bassins et leurs impacts au niveau de la nappe



- Préconisations pour des bassins avec ZNS épaisse et petites surfaces de drainage
- Oxygène comme témoin du vieillissement des ouvrages



## Maintenant ?

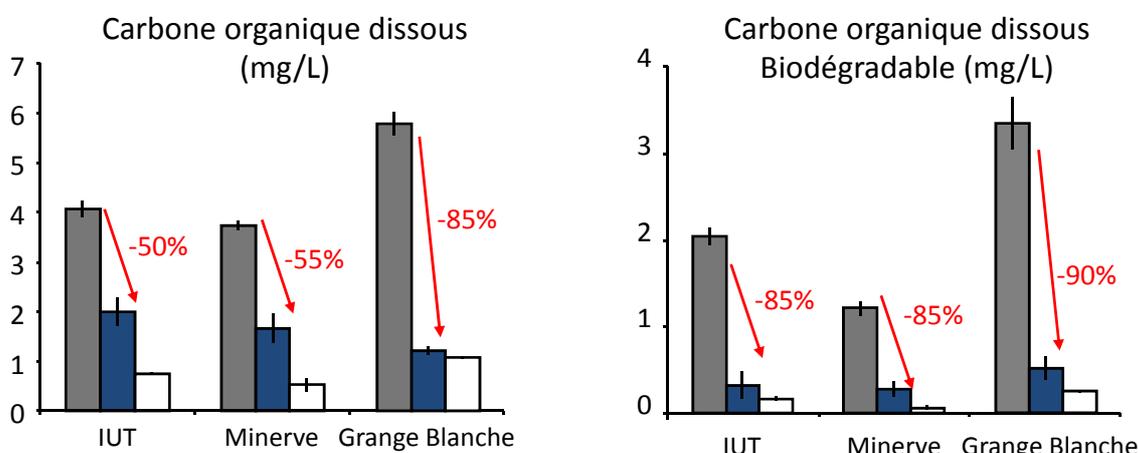
Aller plus loin que la description d'un état : besoin de connaissances sur le fonctionnement et la vulnérabilité de la nappe à travers le compartiment biologique

- 1- Transfert de la matière organique et capacité auto-épuratrice du sol et de la zone non saturée
- 2- Influence sur l'état trophique des nappes et le biofilm microbien
- 3- Influence de l'infiltration sur les invertébrés
- 4- Diversité des bactéries et transferts de pathogènes

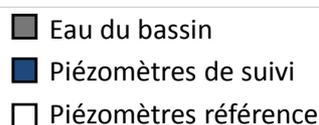


## Capacité auto-épuratrice des bassins

Transfert du carbone organique dissous total et biodégradable lors d'épisodes pluvieux sur trois bassins avec ZNS < 3 m



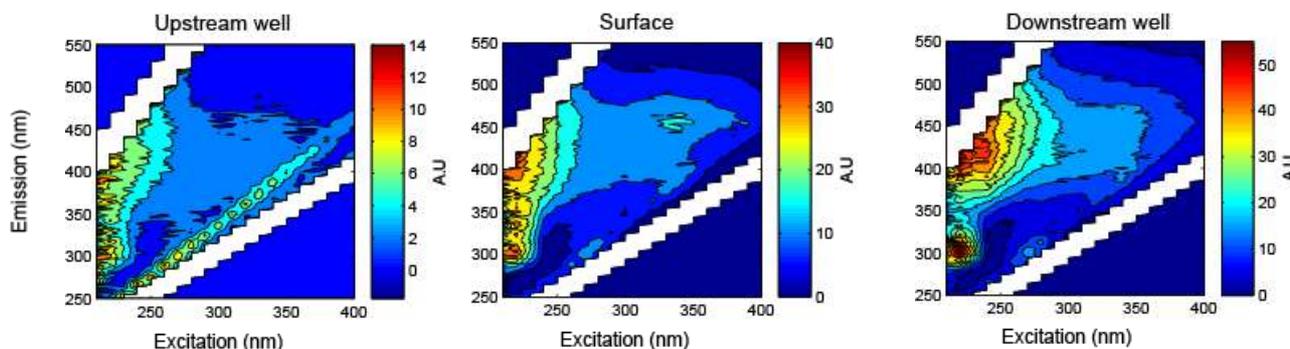
- Fort abattement de la matière organique
- Processus biologique dominant



## Capacité auto-épuratrice

Qualité de la MOD : spectres émission-fluorescence

Site de l'IUT



→ Transfert de certaines molécules révélées par leurs propriétés de fluorescence

Quelles sont les résultantes de ces transferts sur les communautés microbiennes ?

## Influence sur le biofilm microbien

Mise au point d'une technique simple afin de quantifier l'impact trophique de l'infiltration sur les nappes

Développement du biofilm sur billes de verre dans la nappe (2 mois)

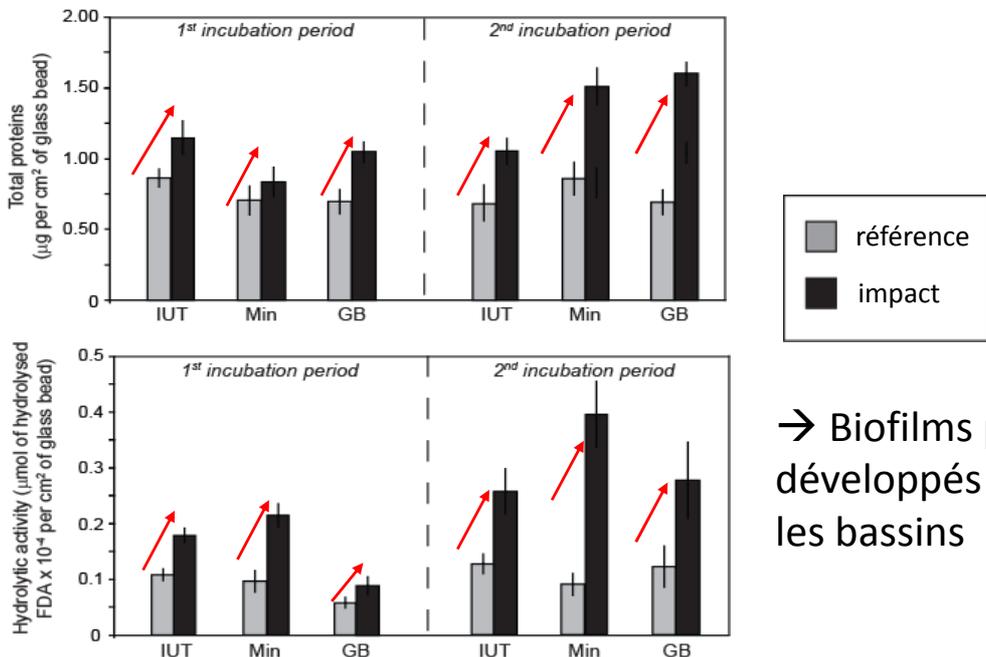
- + Sans collecte de sédiment
- + Intégrateur par rapport à la collecte d'eau
- + Dosages simples





# Influence sur le biofilm microbien

## Différences entre références et impactés sur 3 bassins

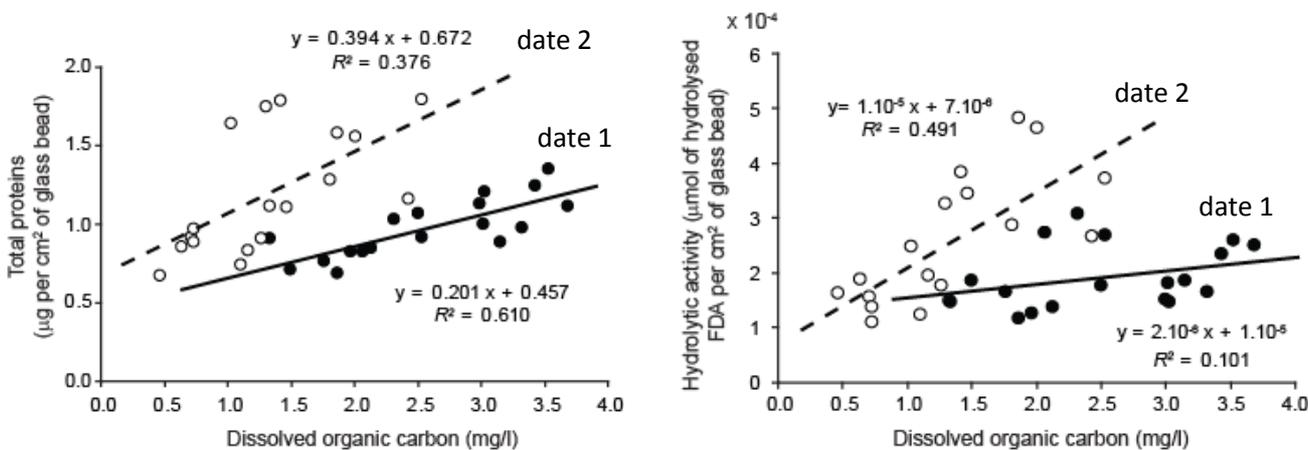


→ Biofilms plus développés sous les bassins



# Influence sur le biofilm microbien

## Relation matière organique - biofilm



- Le biofilm varie en fonction de l'état trophique du milieu.
- Les différences entre dates semblent liées à la différence de qualité du COD.

# Influence sur les invertébrés

## Encagements d'invertébrés sentinelles dans les piézomètres



*Gammarus pulex*  
(surface)



*Niphargus rhenorhodanensis*  
(souterrain)

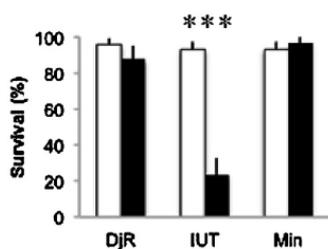
### Paramètres étudiés

Survie (1 vs. 4 semaines)

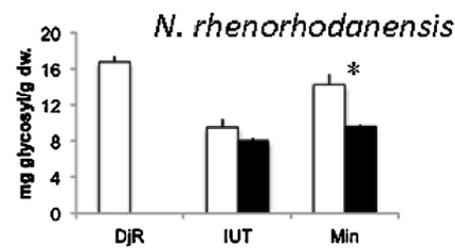
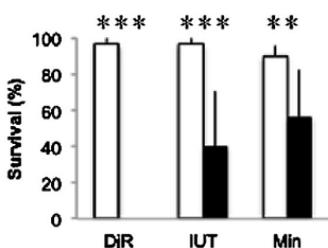
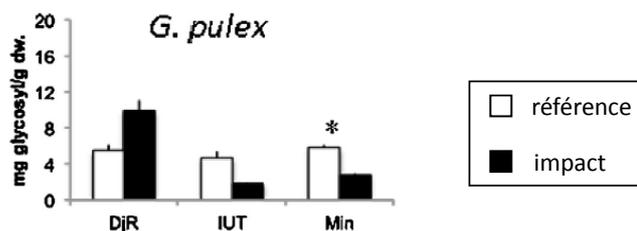
Réserves métaboliques

# Influence sur les invertébrés

## Survie



## Glycogène



→ Les survies et les réserves sont impactées en aval des bassins.

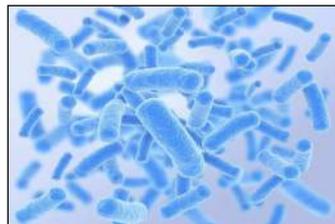
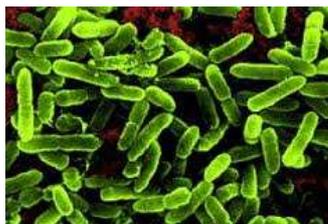
→ Proposition d'un indice couplant ces deux descripteurs



## Diversité des bactéries et pathogènes

Comment la diversité bactérienne nous renseigne sur le fonctionnement de la nappe ?

Présence de bactéries pathogènes dans les nappes ?



→ Nécessité d'adapter la méthode des billes pour l'échantillonnage de la diversité bactérienne en nappe



## Diversité des bactéries et pathogènes

### Adaptation de la méthode des billes

#### Diversité microbienne :

=> Capturer une diversité suffisamment représentative du milieu afin d'effectuer des comparaisons inter-sites

#### Détection de pathogènes :

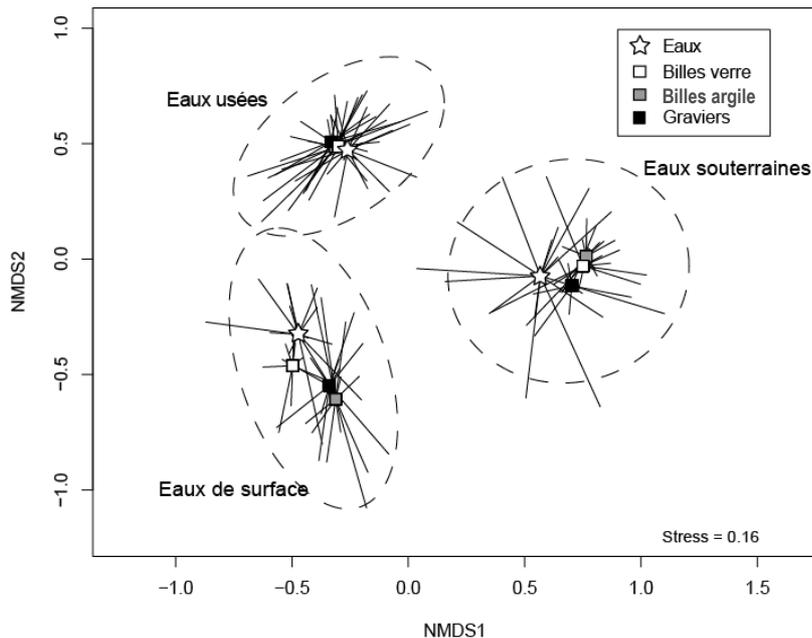
=> Être capable de détecter des bactéries pathogènes

Test de trois types de supports inertes (billes de verre, d'argile et gravier) pour capturer la diversité bactérienne de trois types d'eau (eaux usées, eaux souterraines, eaux de surface)





## Diversité des bactéries



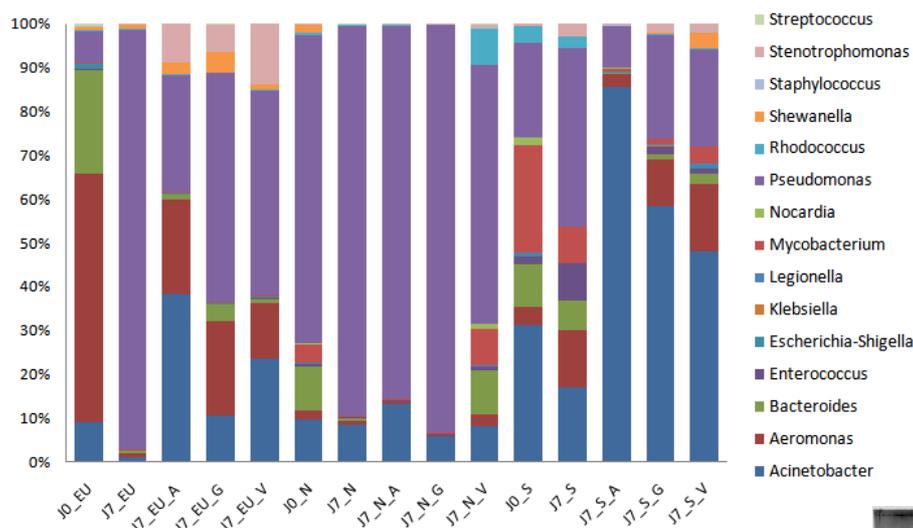
→ Les substrats traduisent les différences de diversité bactérienne.

→ Les billes d'argile semblent mieux capter la diversité bactérienne.



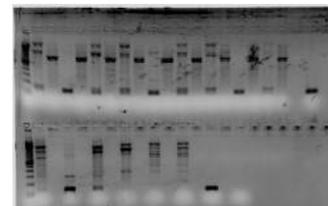
## Diversité des bactéries

Présence des principaux genres d'intérêt (susceptibles de contenir des pathogènes)

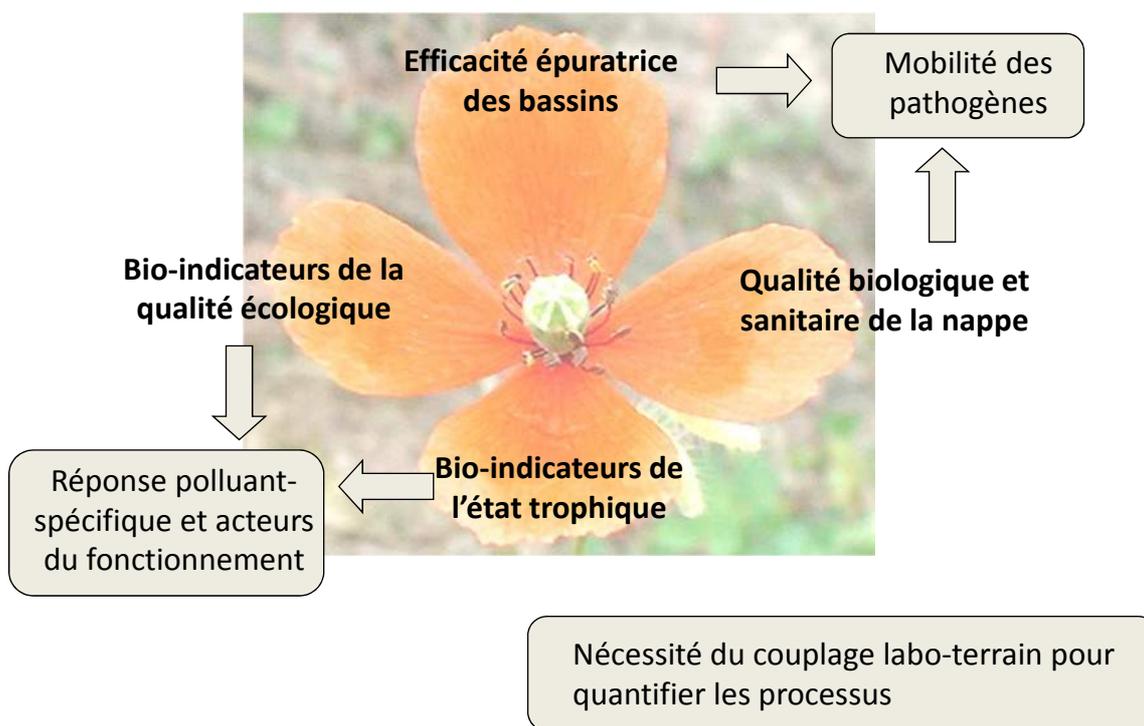


Tests PCR (Collaboration Audrey Gleizal – Equipe BPOE) :

Détection de *A. caviae* dans les eaux usées et sur les 3 supports



## Conclusions



## Ouvrages d'infiltration : Impacts sur le sol en place connaissance et nouveaux outils

*Laurent Lassabatere, Thierry Winiarski ,  
Rafael Angulo – ENTPE LEHNA IPE;  
Laurence Campan , La Métropole de Lyon*

# Gestion des eaux pluviales à différentes échelles

Connaissances, outils et efficacité des ouvrages



## Ouvrages d'infiltration : Impacts sur le sol en place – connaissance et nouveaux outils

L. Lassabatere, T. Winiarski, R. Angulo, L. Campan



**graie**  
GRANDLYON  
la métropole

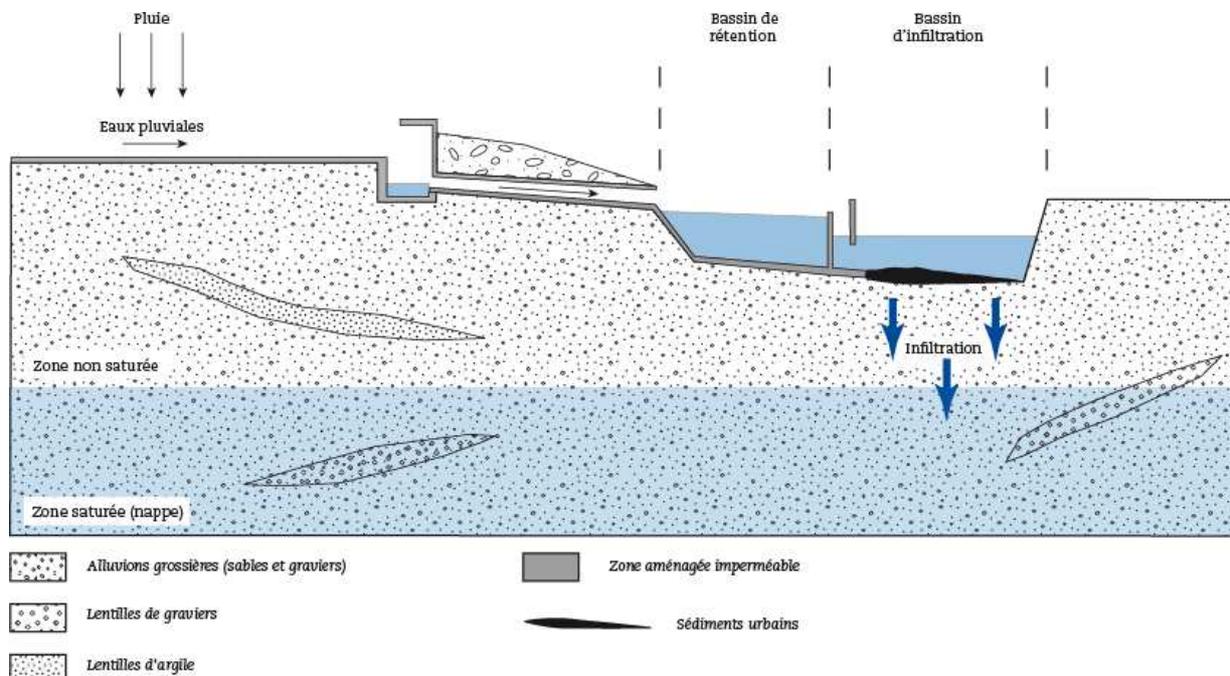


17 septembre 2015  
Lyon/ Villeurbanne - Espace Tête D'or

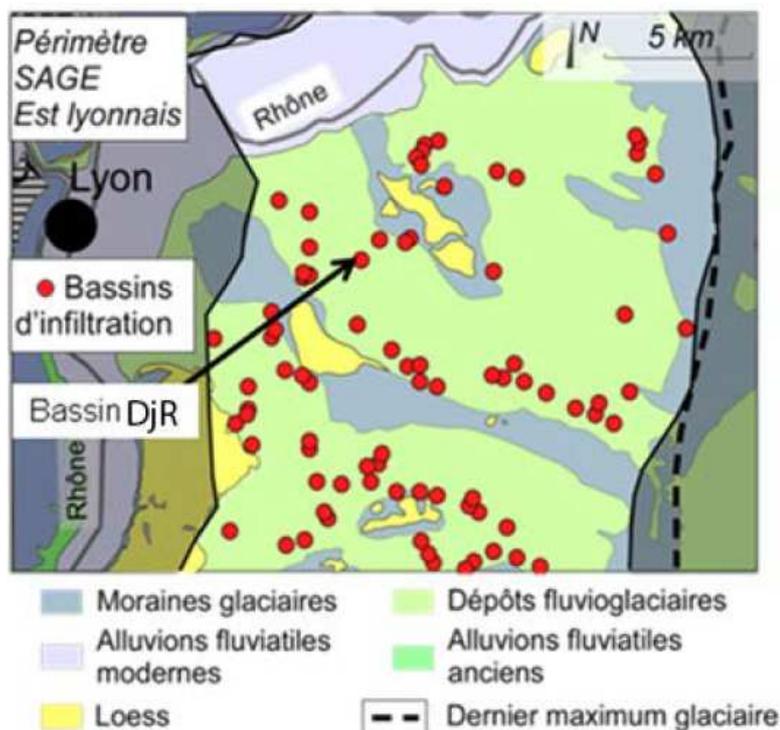


17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

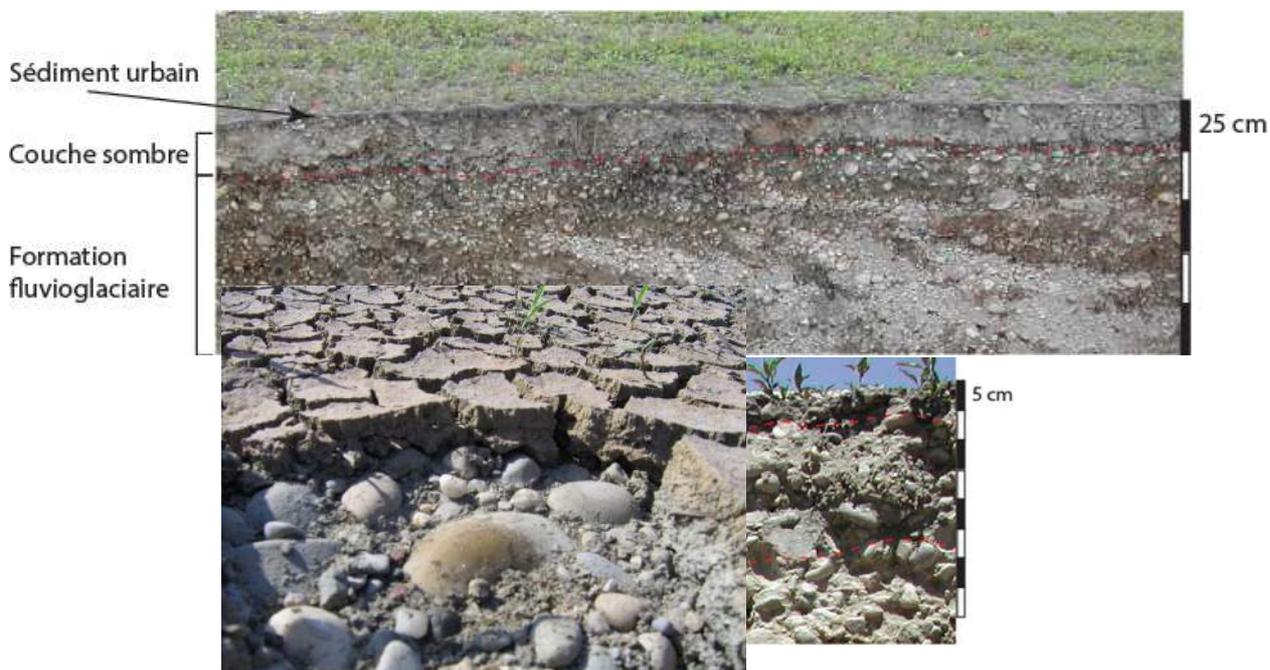
## Fonctions infiltration et filtration des bassins d'infiltration



## Un contexte géologique favorable à l'infiltration

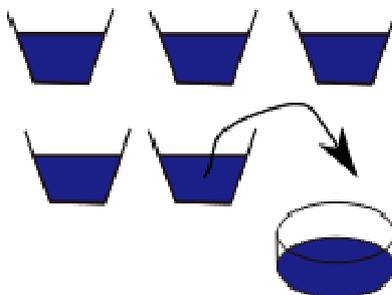


## Mais sédimentation et formation d'un sol



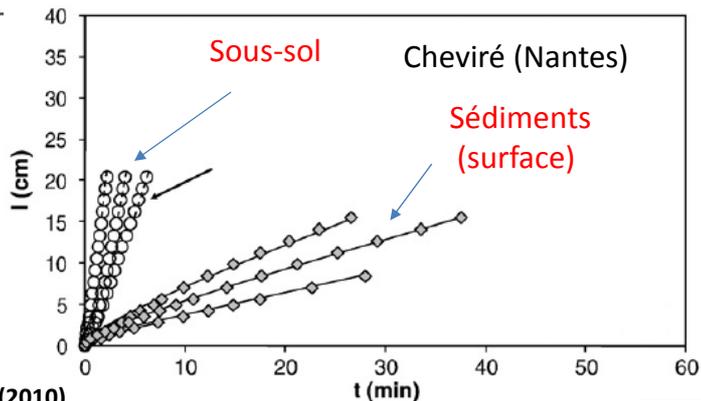
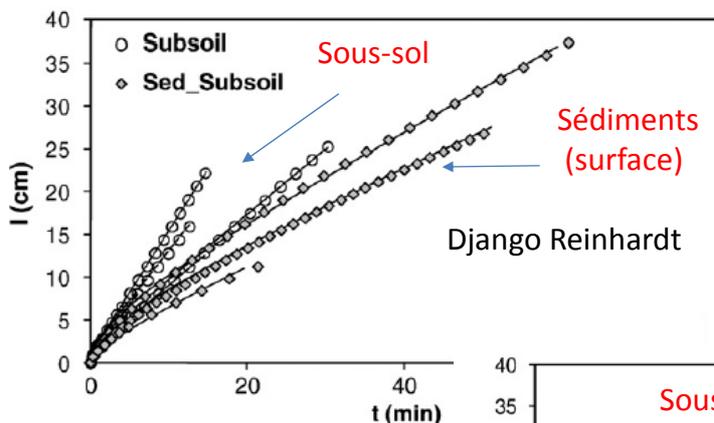
**Répercussions sur la fonction infiltration?**

# Mesure de la capacité d'infiltration (infiltrométrie)



**Quantification de la lame d'eau cumulée**

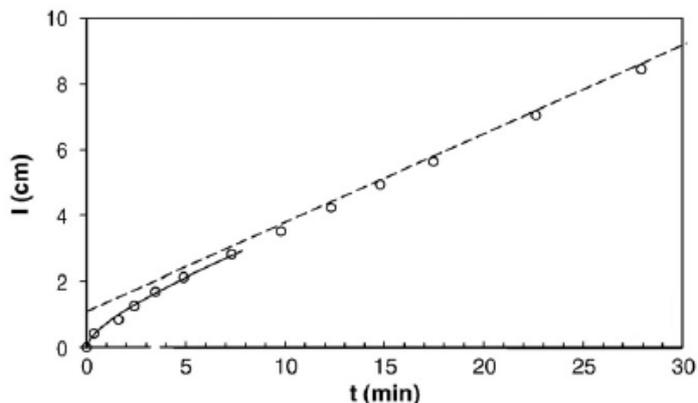
# Exemples de deux bassins d'infiltration (BI)





# Caractérisation hydrodynamique des sédiments et sous-sol

## Modélisation analytique BEST

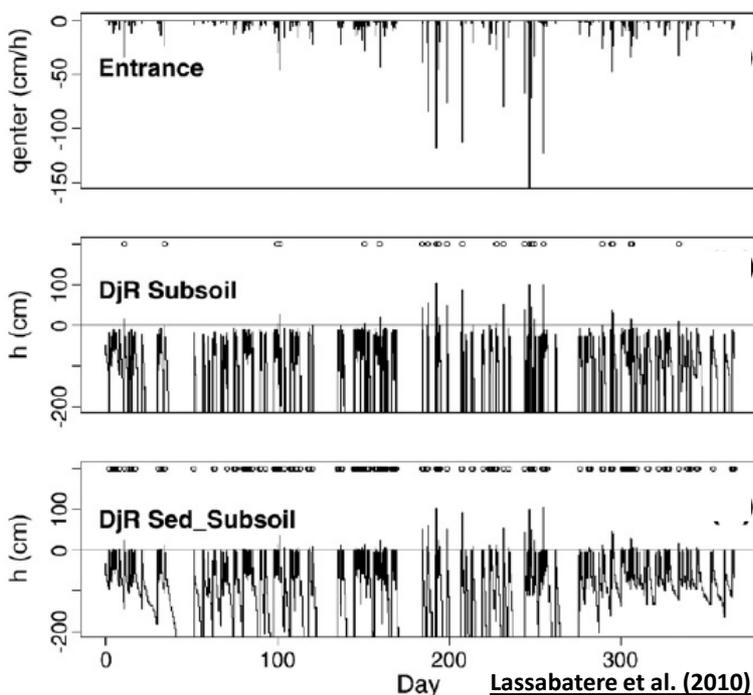
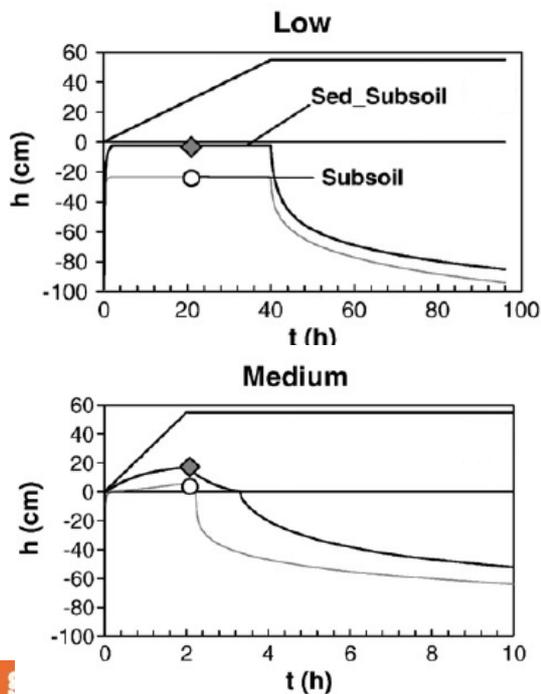


Parameter	$K_s$ ( $\text{cm min}^{-1}$ )
<i>DjR</i>	
Subsoil	$3.98 \cdot 10^{-1}$ ( $2.26 \cdot 10^{-1}$ )
Sédiment	$9.11 \cdot 10^{-2}$ ( $1.16 \cdot 10^{-2}$ )
<i>Cheviré</i>	
Subsoil	$6.71 \cdot 10^{-0}$ ( $3.35 \cdot 10^{-0}$ )
Sédiment	$1.68 \cdot 10^{-1}$ ( $3.9 \cdot 10^{-2}$ )

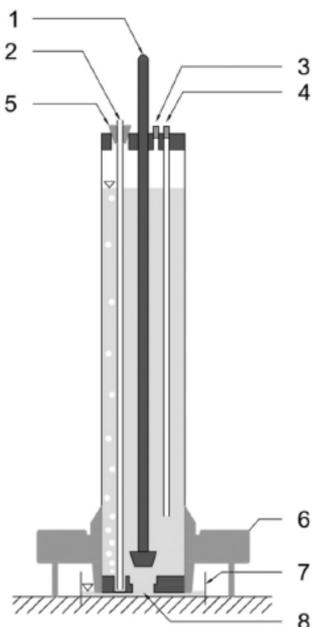


# Modélisation numérique du fonctionnement hydraulique BI Django Reinhardt

## Potentiel de pression en surface



## Vers de nouveaux outils d'infiltrométrie



## Et la capacité de filtration?

- Des sédiments potentiellement pollués (19 BI région lyonnaise)

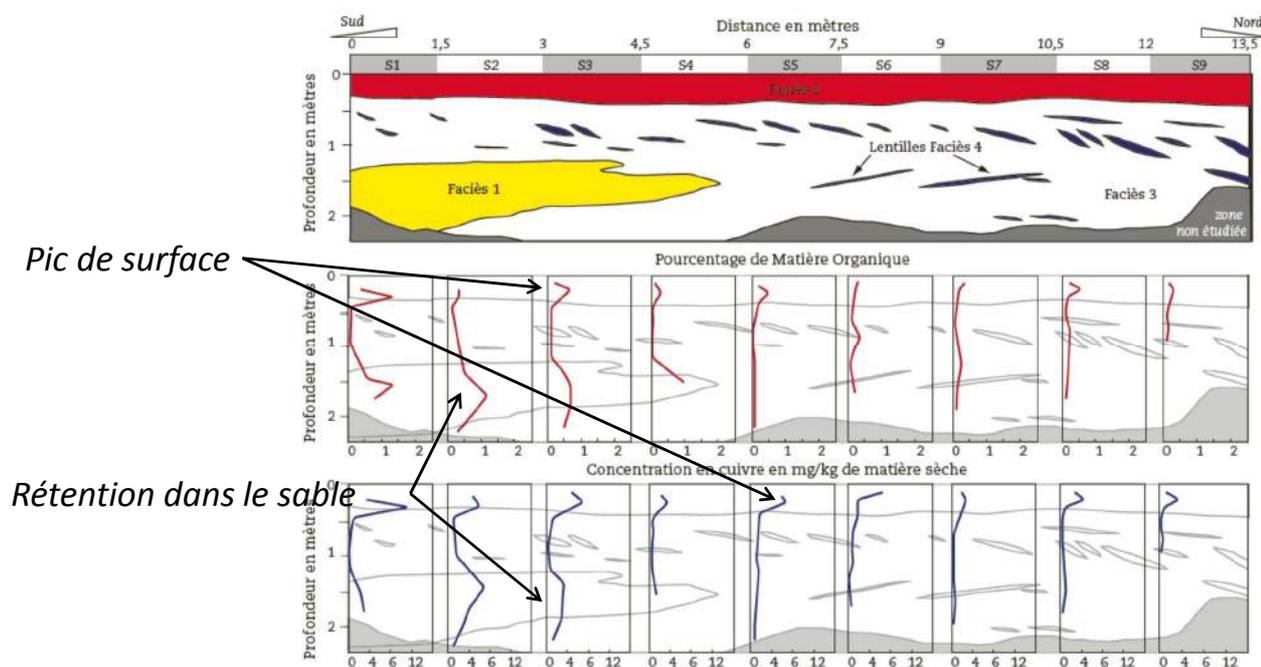


- Une signature chimique urbaine globale

	MO %	Ptot mgP/g	Pb mg/kg MS	Σ7 PCBi µg/kg MS	Diuron ng/g MS	HAP µg/kg MS
Min.	2,7	0,6	20	4	3	40
Max.	28,8	3,1	341	546	20	46 610
Moyenne	15,6	1,6	149	151	10	3 644
Médiane	17,5	1,4	143	92	11	1 013

- Avec présence systématique de Titane, Métaux, Hydrocarbures, Dioxines, PCB, etc.)

## Des spots de rétention dans la zone non saturée (BI Django Reinhard)



## Conclusions

### Les bassins d'infiltrations

- Des systèmes évolutifs avec formation d'un « sol »
- Des fonctions d'infiltration et de filtration
  - Potentiellement évolutives
  - A comprendre, quantifier et à préserver
- Des outils de mesures en développement
  - Infiltromètre automatique (capacité d'infiltration)
  - Quels outils pour la fonction filtration?

### Aide à la gestion des bassins d'infiltration



## Références

- Di Prima, S., L. Lassabatere, V. Bagarello, M. Iovino, and R. Angulo-Jaramillo. 2016. "Testing a New Automated Single Ring Infiltrometer for Beerkan Infiltration Experiments." *Geoderma* 262: 20–34.
- Lassabatere, L., R. Angulo-Jaramillo, D. Goutaland, L. Letellier, J.P. Gaudet, T. Winiarski, and C. Delolme. 2010. "Effect of the Settlement of Sediments on Water Infiltration in Two Urban Infiltration Basins." *Geoderma* 156 (3-4): 316–25.
- Lassabatere, Laurent, R. Angulo-Jaramillo, José M. Soria Ugalde, J. M. Cuenca, Isabelle Braud, and Randel Haverkamp. 2006. "Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters through Infiltration Experiments - BEST." *Soil Science Society Of America Journal* 70 (2): 521–32.
- Winiarski, T. 2014. "Fonction Filtration D'un Ouvrage Urbain - Conséquence Sur La Formation D'un Anthroposol.," Rapport GESSOL, 190 pages.



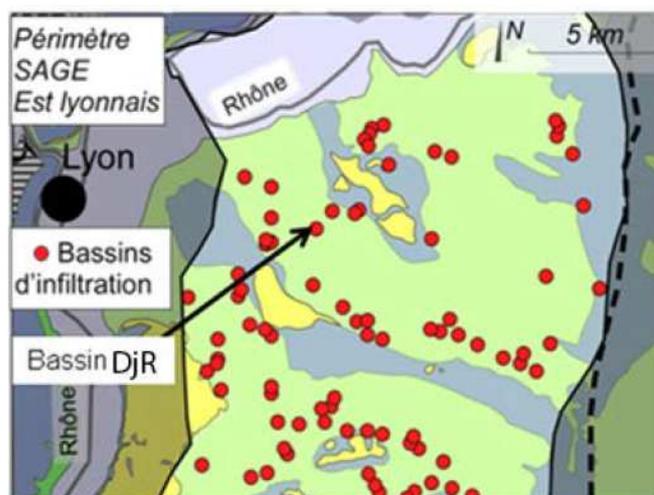
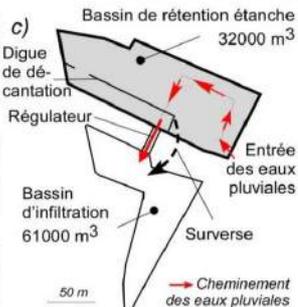
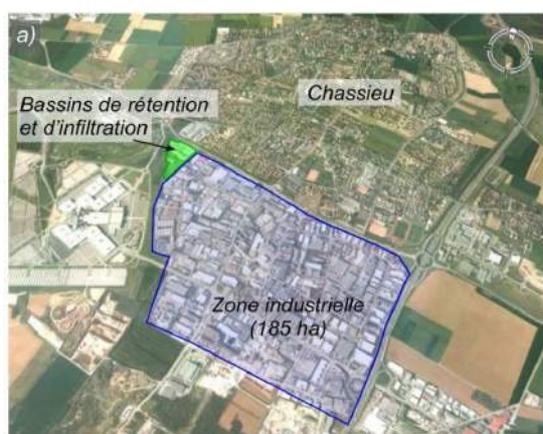
Merci



## Transparents complémentaires

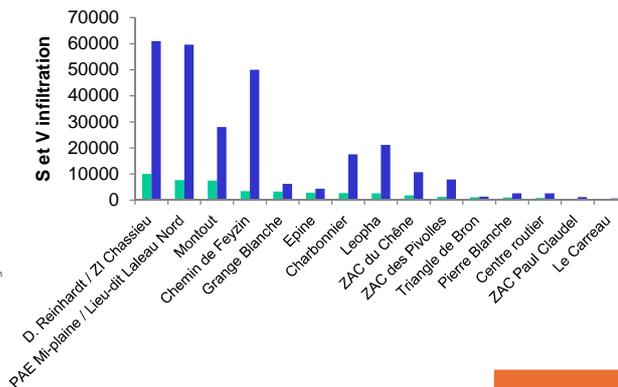
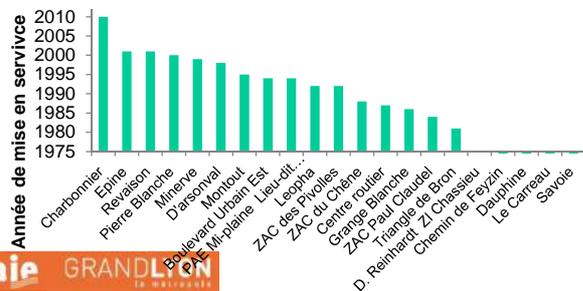
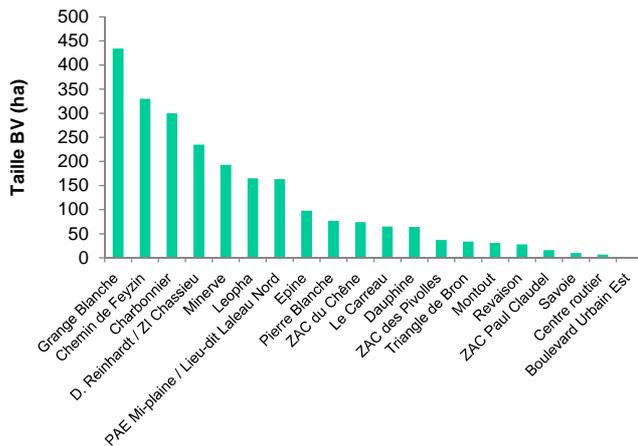
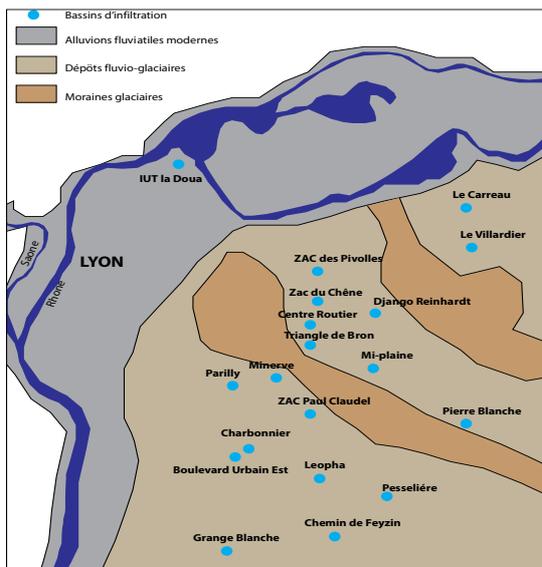


## Le bassin de Référence : DjR





# Etude de 19 BI



**Infiltration des eaux pluviales :  
une gestion à la carte ?  
focus lyonnais, panorama français.**

*Emmanuel Dumont, Nathalie Le Nouveau, et al.  
Cerema*

**Gestion des eaux pluviales à différentes échelles**  
*Connaissances, outils et efficacité des ouvrages*



# Infiltration des eaux pluviales : une gestion à la carte ?

E. Dumont, G. Pétilion, Cerema – Direction territoriale Ile de France, Le Bourget  
 N. Le Nouveau, Cerema – Direction technique Territoires et Ville, Lyon  
 A. Gerolin, M. Degrave, Cerema – Direction territoriale Est, Nancy  
 V. Vallin, V. Ferrier, Cerema – Direction territoriale Sud-Ouest, Bordeaux



17 septembre 2015  
 Lyon/ Villeurbanne - Espace Tête D'or



## 1. Du focus lyonnais...

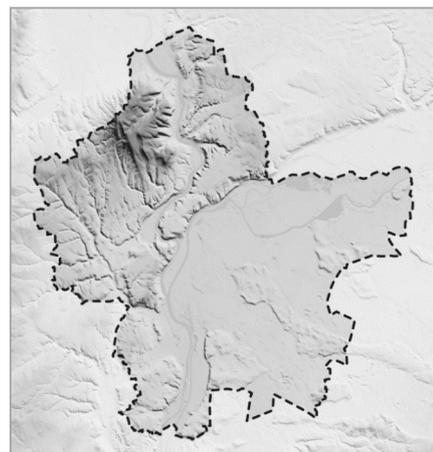
## 2. ... au panorama national



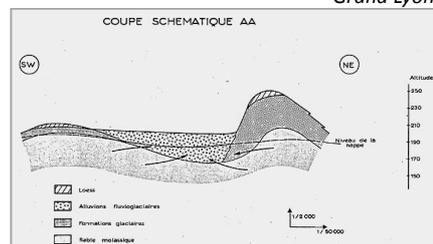


# Le Grand Lyon, un territoire d'infiltration des eaux pluviales

- Un **patrimoine** d'ouvrages d'infiltration considérable
- Une **géomorphologie** favorable... dans l'Est lyonnais
- Des enjeux liés à la **protection de la ressource**
- 40 ans de **politique** de gestion
- Des thèmes de **recherche** spécifiques



Grand Lyon



BRGM

Quelle(s) **carte(s)** en appui ?  
Pour remplir quelles **fonctions** ?  
Et quelles **utilisations** ?



## Années 1970

# Confirmer de nouveaux choix techniques

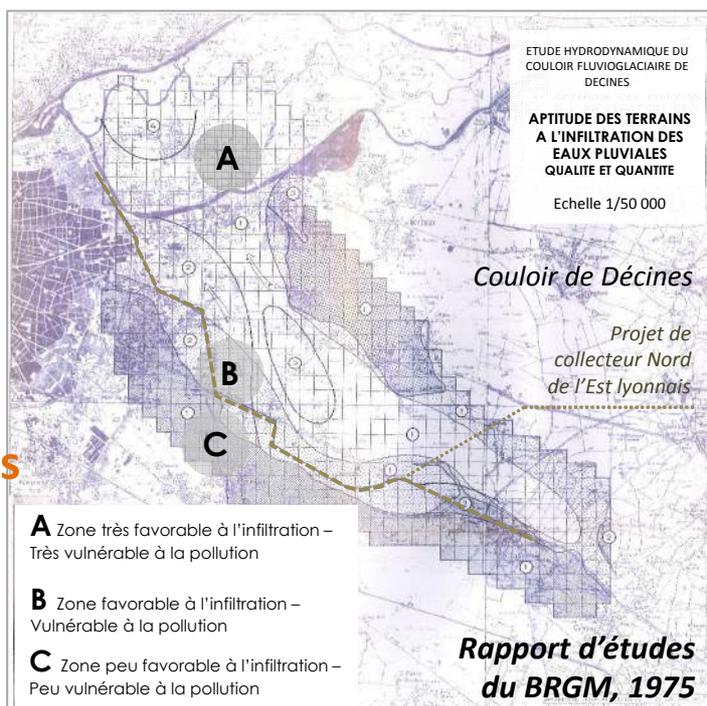
1969 Création COURLY

1970 Schéma Directeur d'Assainissement de l'Est lyonnais

DDE & COURLY  
*séparatif de faible extension avec infiltration ?*

1975 Etude de l'aptitude des sols à l'infiltration des eaux pluviales

*Confirmation et spatialisation potentialités & vulnérabilités*





1. Du focus lyonnais...

 6<sup>E</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DE L'OTHU  
 17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

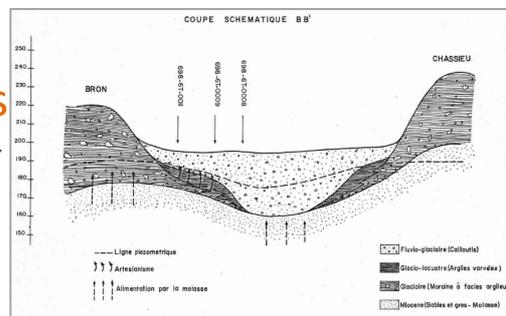
## Exemple d'utilisation Analyse des possibilités d'infiltration des eaux pluviales de la ZAC du Triangle à Bron

- Etudes de validation de la localisation des projets de bassins

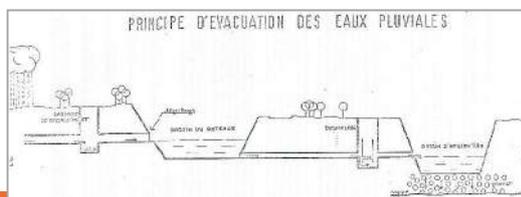
Exemple de la ZAC du Triangle : SERL / COURLY

**BRGM** : forage, pompages d'essais, test d'infiltration, tests de traçage

Système de rétention – infiltration délocalisée (800 m).



BRGM, 1980



graie GRANDLYON  
 Perriot, Streight, 1986



Géoportail

5

1. Du focus lyonnais...

 6<sup>E</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DE L'OTHU  
 17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

## Années 1980 Connaître et prévenir les effets de l'infiltration, en plein développement, sur les eaux souterraines

1973 Rejet EP des ZI soumis à autorisation et avis CDH

Questionnement / infiltration EP

1985 Création du GRAIE : GT Effets des infiltrations sur la nappe de l'Est lyonnais

A terme, les travaux de ce groupe devraient aboutir à l'élaboration d'un document synthétique qui ferait apparaître :

- 1°) - les zones où les infiltrations présenteraient un risque moindre pour la nappe ;
- 2°) - les mesures à mettre en oeuvre pour minimiser les risques de pollution de la nappe par les infiltrations.



Carte de synthèse de l'Est lyonnais, GRAIE, 1987

1987 Carte GRAIE



Années 1990

## Une validation du politique

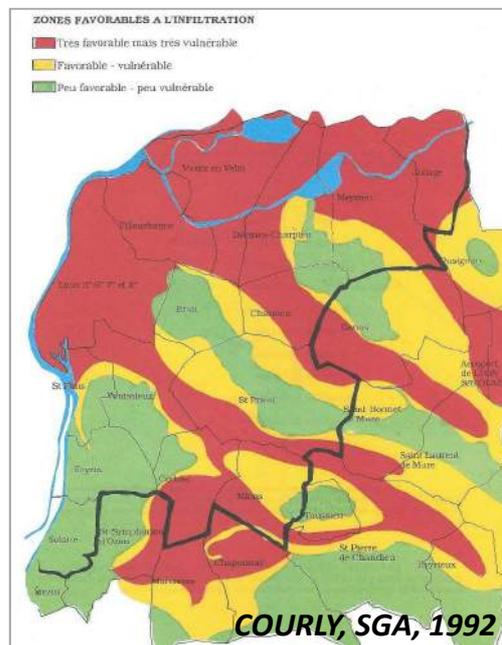
1991 Création de la direction de l'eau

Note de stratégie pluviale

1992 **Schéma général d'assainissement**

- Fin du droit de rejet systématique des eaux pluviales dans les réseaux, sans conditions
- Carte des zones favorables à l'infiltration dans l'Est lyonnais
- Validation politique par le Conseil Communautaire

1997 Porte des Alpes, etc.



Année 2000

## Une extension par un zonage pluvial ?

2004 Réglementation des rejets d'eaux pluviales (PLU / RA)

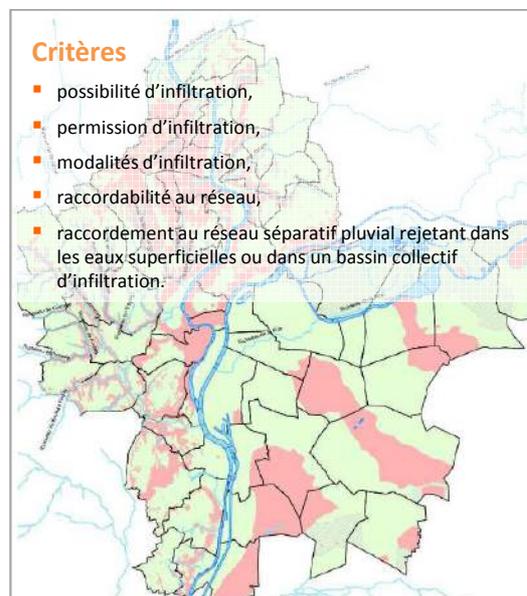
2008 Guides pratiques

2009 **Besoin d'un zonage pluvial**

- prescrire en motivant, comme pour les EU, avec une valeur réglementaire
- accès facilité aux connaissances et protections environnementales

2010 **Projet de cartographie, interne**

- analyse des pratiques
- données disponibles
- analyse multicritères ARCGIS®





1. Du focus lyonnais...

6<sup>E</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DE L'OTHU  
17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

# Comparaison des cartes

	1975 – Etude BRGM (en appui SDA Est Lyonnais)	1992 – Schéma général d'assainissement - Courly	2010 – Projet de carte Grand Lyon
<b>Intitulé</b>	Aptitude des terrains à l'infiltration des eaux pluviales. Qualité et quantité	Zones favorables à l'infiltration	Zonage d'assainissement pluvial (étude)
<b>Périmètre</b>	Couloir de Décines	Est lyonnais	Territoire du Grand Lyon
<b>Producteur</b>	BRGM	COURLY	ARTELIA – Grand Lyon
<b>Spatialisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone très favorable à l'infiltration – Très vulnérable à la pollution</li> <li>• Zone favorable à l'infiltration – Vulnérable à la pollution</li> <li>• Zone peu favorable à l'infiltration – Peu vulnérable à la pollution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Très favorable mais très vulnérable</li> <li>• Favorable – vulnérable</li> <li>• Peu favorable – Peu vulnérable</li> </ul>	<p>Zone I – Infiltration systématique</p> <p>Zone IC – Infiltration sous contrainte</p> <p>Zone R – Rejets aux eaux superficielles ou aux réseaux</p>
<b>Utilisateurs</b>	Ingénierie	Services de la COURLY	Instructeurs
<b>Systèmes de gestion</b>	Séparatif de faible extension + BR – BI de grandes dimensions	BR- BI, techniques alternatives	Dispositifs de gestion à la source, intégrés (ou pas)



Ph. Cerema



Ph. Cerema



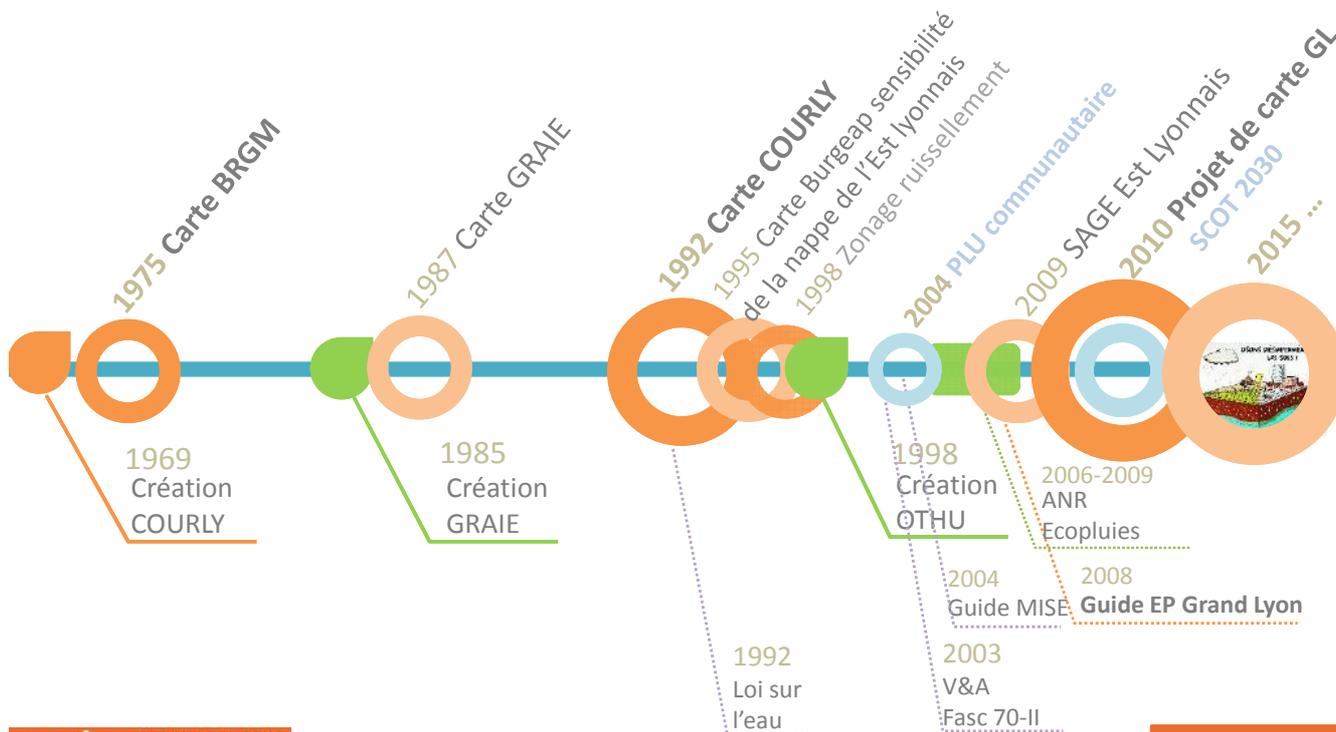
Ph. Grand Lyon



1. Du focus lyonnais...

6<sup>E</sup> JOURNÉE TECHNIQUE DE L'OTHU  
17 septembre 2015 - Lyon/Villeurbanne

# Trajectoire suivie





## 1. Du focus lyonnais...

## 2. ... au panorama national



## 2. ... au panorama national

## Retours d'expérience

### • Objectifs :

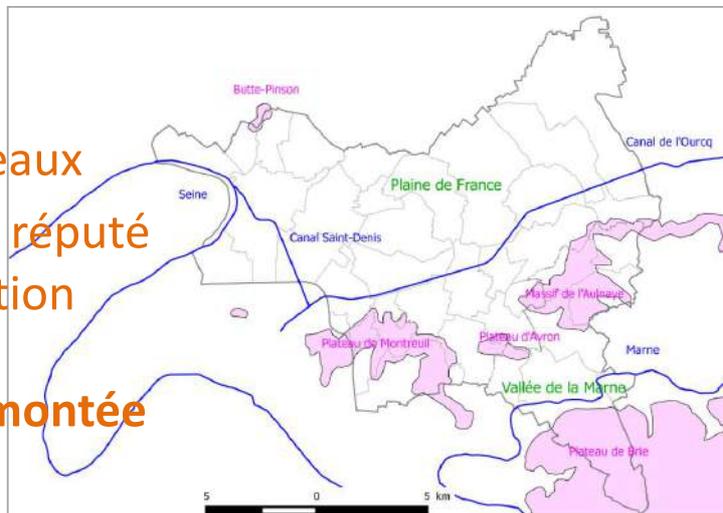
- Comprendre les **motivations** et **objectifs** de la collectivité, et les replacer dans le contexte de la politique en matière de gestion des EP
- Reconstituer les **méthodes d'élaboration** et le choix des **critères de cartographie** (méthode transférable?)
- Identifier les **utilisateurs** et les **conditions d'utilisation** de la carte
- Évaluer, avec la collectivité et ses partenaires, les **apports et les effets de la carte** (suivi et bilan)

*Partager des expériences et en tirer des enseignements en vue de recommandations*



# La Seine-Saint-Denis, Des cartes pour promouvoir l'infiltration

- Un département très **fortement urbanisé**
- Une problématique d'**engorgement des réseaux**
- Un contexte **géologique** réputé peu favorable à l'infiltration (gypse, argiles, carrières, ...)
- Des phénomènes de **remontée de nappe** (arrêt pompage)
- 30 ans de **politique** de gestion des EP de la **DEA93**



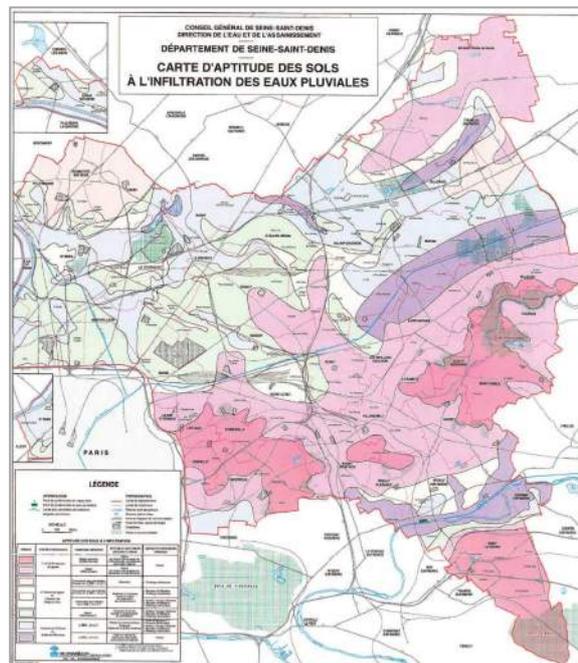
Morphologie de la Seine-Saint-Denis

## Années 1990

# Evaluer la faisabilité de l'infiltration

### 1994 Carte d'aptitude des sols à l'infiltration des EP (BURGEAP)

- Critères géologiques et hydrogéologiques,
- Carte relativement complexe à utiliser (7 zones),
- Carte non diffusée, usage limité,
- Carte accompagnée d'un rapport sur les techniques d'infiltration,
- Infiltration envisageable, mais BR souvent privilégiés.



Années 2000

## Promouvoir l'infiltration

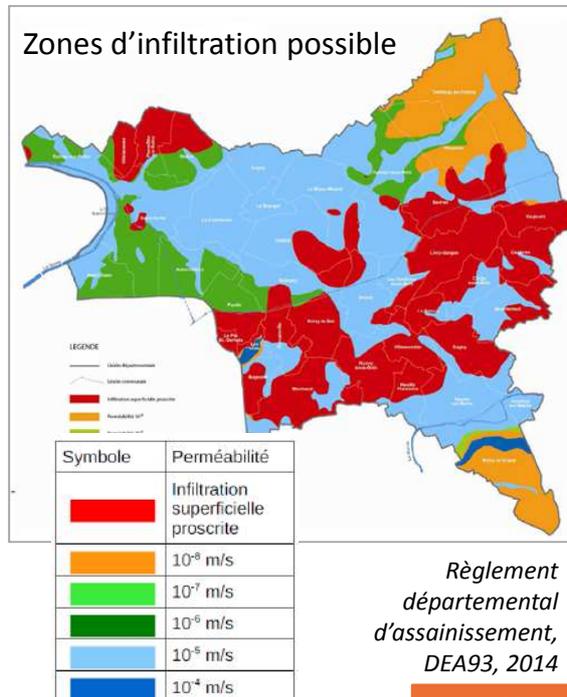
## 2005 Carte d'infiltrabilité des EP (LREP)

- Infiltration superficielle et injection profonde (4 zones)
- Carte à usage interne, utilisée par la DEA93 pour conseiller les collectivités
- Volonté de ne pas diffuser officiellement la carte

## 2008 Cartes des zones d'infiltration possible et des zones d'injection possible (Composante Urbaine)

graie GRANDLYON  
LE MAÎTRISÉ

## Zones d'infiltration possible



14

Années 2010

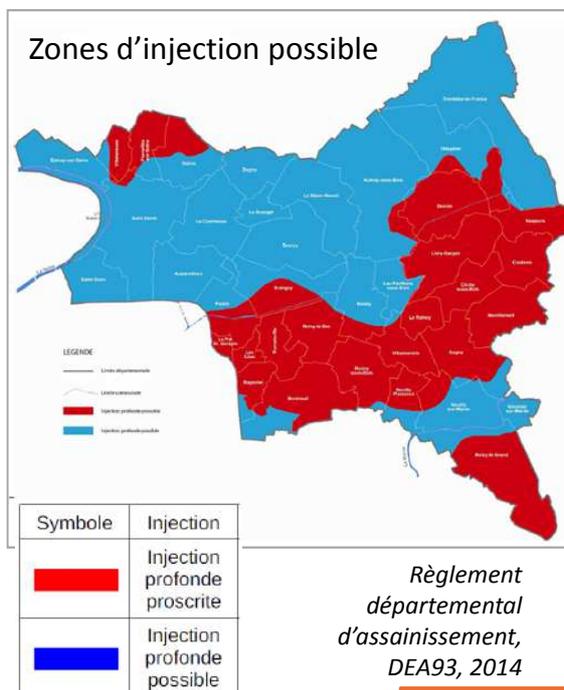
## Une priorité donnée à l'infiltration

## 2014 Révision du règlement départemental d'assainissement

- Infiltration doit être la première solution recherchée
- Cartes des zones d'infiltration possible et des zones d'injection possible intégrées au zonage pluvial départemental
- Réflexion pour rendre opposable les cartes

graie GRANDLYON  
LE MAÎTRISÉ

## Zones d'injection possible



14

## La CU de Bordeaux, 30 ans de solutions compensatoires

- Un territoire fortement soumis au **risque inondation**
- Des **difficultés pour évacuer les EP** dans le milieu récepteur (plus de 170 BR et 60 postes de relèvement)
- Promotion de **solutions compensatoires** pour réduire ou limiter les rejets dans le réseau unitaire

**1998** 1<sup>er</sup> guide des solutions compensatoires d'assainissement pluvial  
> *infiltration préconisée uniquement pour les maisons individuelles*

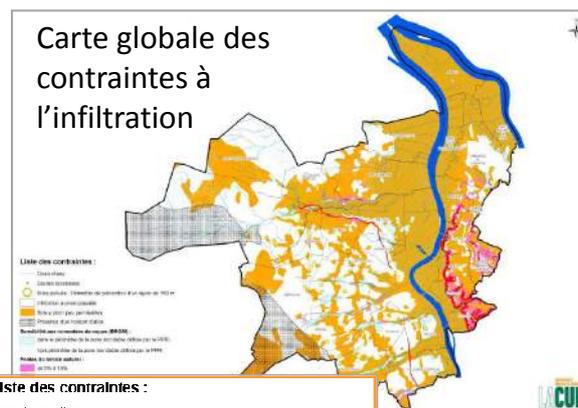
**2006** Article 4 du PLU : primauté à l'infiltration pour toute nouvelle surface aménagée

**2014** 2<sup>nd</sup> guide des solutions compensatoires et carte

## CU de Bordeaux Cartographie indicative d'aptitude à l'infiltration

### Méthode d'élaboration (SEPIA)

- CCTP détaillé
- Une méthodologie déjà employée par SEPIA (Carte CG92)
- Utilisation de données existantes (BDD sondages, perméabilité)
- 6 critères
- 2 cartes :
  - carte globale des contraintes
  - carte de synthèse (3 zones)



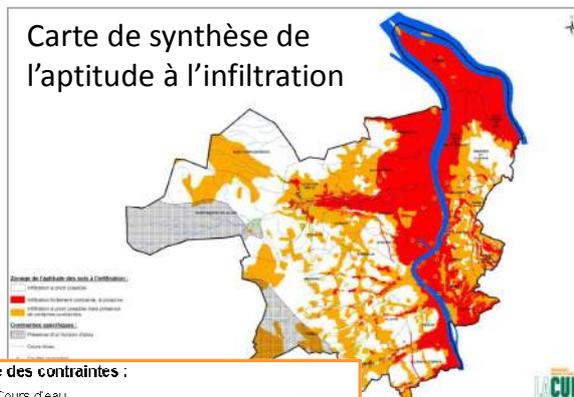
SEPIA, CUB, 2012

## Cartographie indicative d'aptitude à l'infiltration

### Usages

- Cartes **informatives** pour orienter les pétitionnaires
- connaissance des contraintes
- connaissance du niveau d'études techniques nécessaire
- Utilisation par les services instructeurs de la CUB
- Cartes déclinées pour 27 communes
- Cartes publiques mais pas d'interface SIG

Carte de synthèse de l'aptitude à l'infiltration



SEPIA, CUB, 2012

18

## 6 Retours d'expérience ... ... 6 cartes assez différentes

### Une diversité de démarches à l'échelle nationale

- Méthodologies d'élaboration construites localement, selon :
  - spécificités et contraintes du territoire,
  - données disponibles
  - acteurs associés, pratiques...
- Différents fonctions, usages visés : usage interne, rôle informatif, portée réglementaire, ...)

Permettant de capitaliser les connaissances, d'encourager l'infiltration des EP....

... avec parfois des conséquences imprévues

aspects dissuasifs de certaines cartes, infiltration conditionnée à la réalisation d'étude de sol, ...

19

## Perspectives

### Publication de 3 fascicules :

- Recueil de retours d'expériences français et étrangers
- Synthèse des enseignements tirés
- Recommandations à destination première des collectivités

*Merci pour votre attention*



[www.graie.org](http://www.graie.org)

Domaine scientifique de la Doua  
Bâtiment CEI-Insavalor (Allée A)  
66 Bd Niels Bohr  
69 603 VILLEURBANNE cedex