



OBSERVATOIRE DE TERRAIN EN HYDROLOGIE URBAINE  
*FIELD OBSERVATORY FOR URBAN WATER MANAGEMENT*

## 3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU

Jeudi 4 décembre 2008  
de 14h00 à 18h30

*INSA de Lyon*

*Amphithéâtre Marie Curie  
Bâtiment Pierre DE FERMAT  
Villeurbanne (69)*



---

# S O M M A I R E

---

<b>Avant propos</b> .....	5
<b>Programme</b> .....	6
<b>Supports d'intervention</b>	
La gestion des eaux pluviales en site urbain – recherches actuelles et observatoires : OTHU, OPUR, SAP, HURRBIS Sylvie BARRAUD, Directrice de l'OTHU .....	7
Evaluation de la qualité de mesure hydrologique du radar de Saint Nizier appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon Florent RENARD, Université Lyon III - LCRE .....	23
Quantification et caractérisation physico-chimique des substances polluantes prioritaires et estimation de leurs flux dans les rejets urbains par temps de pluie Céline BECOUZE et Abel DEMBELE, INSA de Lyon - LGCIE .....	39
Caractérisation de la végétation colonisant spontanément un bassin d'infiltration Muriel SAULAIS, ENTPE - LSE .....	53
Etude expérimentale, modélisation de la décantation des eaux pluviales dans un ouvrage réel de grande taille Gislain LIPEME-KOUYI, INSA de Lyon - LGCIE .....	67
Quantification de l'impact de l'urbanisation et des éléments anthropiques sur les flux d'eau et le régime hydrologique des bassins versants péri-urbains Isabelle BRAUD, Cemagref de Lyon - UR HH .....	80
Impacts hydro-géomorphologiques de l'urbanisation sur un bassin versant péri-urbain Loïc GROSPRETRE, Université Lyon II - UMR 5600 .....	94
Influence des pratiques d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial sur le fonctionnement thermique, biogéochimique et la biodiversité des aquifères urbains Arnaud FOULQUIER, Université Lyon I – HBES .....	117
<b>Liste des participants</b> .....	<b>127</b>



---

# A V A N T P R O P O S

---

## **L'OTHU – Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine**

L'OTHU est un laboratoire de recherche hors murs, reposant sur un ensemble d'appareils de mesure installés sur le système d'assainissement de la Communauté Urbaine de Lyon et sur les milieux récepteurs recevant les effluents issus de ce système.

Cet observatoire est destiné à :

- Acquérir des connaissances sur l'eau précipitée, les volumes d'eau et les masses de polluants rejetés par la ville, sur le devenir de ces rejets dans les milieux naturels et sur leurs impacts sur les différents écosystèmes ;
- Valider et caler des modèles permettant d'évaluer les rejets urbains ainsi que leurs effets sur les milieux naturels et anthropisés ;
- Mettre au point et évaluer des stratégies innovantes de gestion des eaux produites par l'agglomération (eaux usées et eaux pluviales).

### **Complémentarité des partenaires**

L'OTHU constitue le support de travaux de recherche menés depuis 1999 par une quarantaine de chercheurs issus de 13 équipes ou laboratoires de recherche lyonnais, ceci en étroite collaboration avec les acteurs de terrain que sont notamment le Grand Lyon et l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse.

Enfin, l'OTHU s'intègre dans la Zone Atelier Bassin du Rhône, dispositif plus large de structuration et valorisation de la recherche dans le domaine de l'eau, sur le bassin versant du Rhône.

### **Système métrologique et sites expérimentaux de l'OTHU :**

Deux milieux récepteurs, jugés particulièrement sensibles, sont étudiés au sein de l'OTHU : la nappe de l'est lyonnais ; et l'Yzeron et ses affluents, représentatifs des petites rivières périurbaines de l'ouest lyonnais.

Afin d'étudier ces milieux, un système métrologique est déployé depuis 1999. Cinq sites expérimentaux, représentatifs de différents modes d'urbanisation et d'assainissement, ont été identifiés. Un dispositif pluviométrique et météorologique réparti sur la totalité du territoire vient compléter les différents sites expérimentaux.

## **Les séminaires scientifiques de l'OTHU**

Un élément important du fonctionnement de l'OTHU est la réalisation d'actions de valorisation et la diffusion des résultats de recherche acquis.

Ainsi, nous avons retenu le principe d'organiser en alternance une manifestation chaque année :

- une journée technique pour présenter les retombées techniques et opérationnelles de l'OTHU
- un séminaire scientifique pour exposer et discuter des dernières avancées obtenues dans le cadre des recherches OTHU

L'objectif principal de ces séminaires scientifiques est de faire connaître les résultats de recherche acquis dans le cadre de l'OTHU et de diffuser aussi largement que possible les données obtenues.

Un deuxième objectif est également de susciter l'intérêt des chercheurs, éventuellement étrangers, de favoriser les échanges de données et de développer des collaborations nouvelles dans le cadre de projets nationaux ou internationaux.

## **Thème**

Les recherches développées dans le cadre de l'OTHU tentent de couvrir l'ensemble des disciplines nécessaires à la compréhension et à la gestion des eaux pluviales en site urbain. Au cours de ce séminaire, **7 focus sur 7 thèmes de recherche** réalisées grâce à l'OTHU, vous sont présentés.

---

# PROGRAMME

---

13h30 **ACCUEIL**

14h00 **La gestion des eaux pluviales en site urbain – recherches actuelles et observatoires : OTHU, OPUR, SAP, HURRBIS**

Sylvie BARRAUD, Directrice de l'OTHU

## **SOURCES DE POLLUTION**

14h30 **Evaluation de la qualité de mesure hydrologique du radar de St Nizier appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon**

Mieux connaître la pluie – complémentarité des outils pluviométriques et radar

Florent RENARD, Université Lyon III – LCRE

15h00 **Quantification et caractérisation physico-chimique des substances polluantes prioritaires et estimation de leurs flux dans les rejets urbains par temps de pluie**

Sources, flux de micropolluants dans les eaux urbaines

Céline BECOUZE et Abdel DEMBELE, INSA de Lyon – LGCIE

## **INFILTRATION / DECANTATION DES EAUX PLUVIALES**

15h30 **Caractérisation de la végétation colonisant spontanément un bassin d'infiltration**

Diversité botanique et accumulation des métaux lourds

Muriel SAULAIS, ENTPE – LSE

16h00 **Etude expérimentale, modélisation de la décantation des eaux pluviales dans un ouvrage réel de grande taille**

Ouvrages de décantation : localisation de la sédimentation

Gislain LIPEME-KOUYI, INSA de Lyon – LGCIE

## **MILIEU NATUREL**

16h30 **Quantification de l'impact de l'urbanisation et des éléments anthropiques sur les flux d'eau et le régime hydrologique des bassins versants péri-urbains**

Modélisation hydrologique des bassins versants péri-urbains : méthodologie

Isabelle BRAUD, Cemagref Lyon – UR HH

17h00 **Impacts hydro-géomorphologiques de l'urbanisation sur un bassin versant péri-urbain**

Application au bassin versant de l'Yzeron : état des lieux et propositions de gestion

Loïc GROSPRETRE, Université Lyon II – UMR 5600

17h30 **Influence des pratiques d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial sur le fonctionnement thermique, biogéochimique et la biodiversité des aquifères urbains**

Infiltration et nappe : quelles conséquences ?

Arnaud FOULQUIER, Université Lyon I – HBES

18h00 **FORUM DE DISCUSSION – PERSPECTIVES**

18h30 **FIN DU SEMINAIRE**

**La gestion des eaux pluviales en site urbain –  
recherches actuelles et observatoires :  
OTHU, OPUR, SAP, HURRBIS**

---

Sylvie BARRAUD, Directrice de l'OTHU



# 3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique OTHU

S. Barraud

(Directrice de l'OTHU)

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

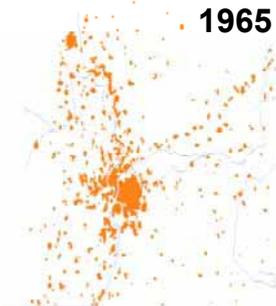
## Evolution urbaine

1965

1975

1990

2000



Gestion de l'Eau en milieu  
urbain par temps de pluie

Inondation

Pollution



- Nouvelles solutions ?
- Nouveaux modes de gestion ?
- Evolution des problèmes



**Meilleure connaissance des phénomènes (« naturels » et anthropiques) et des dispositifs et de leurs impacts**

- Un observatoire de terrain
- Une fédération d'équipes
- Un support de recherches concertées

**1999**



## Objectifs :

Observer sur le long terme et mieux connaître le cycle urbain de l'eau pour agir

- **Mesurer et modéliser**
  - les flux d'eau et de polluants en milieu urbain / périurbain :
    - mécanismes générateurs
    - dynamique des flux
    - effets sur les rivières ou nappes
  - l'efficacité des systèmes d'assainissement
- **Améliorer les pratiques**
  - Suivi métrologique (surveillance)
    - Procédures, capteurs
  - Conception & gestion des ouvrages
  - Outils d'aide à la décision

## Partenaires

Scientifiques

Opérationnels

Valorisation & Gestion



- CEMAGREF : URHH, URQE, URBEA
- ENTPE : L.S.E.
- INSA : LGCIE, EDU
- Université LYON I : LGCIE, HBES, LSA, BPOE
- Université LYON II : LRGE
- Université LYON III : LCRE
- BRGM
- ECL : LMFA

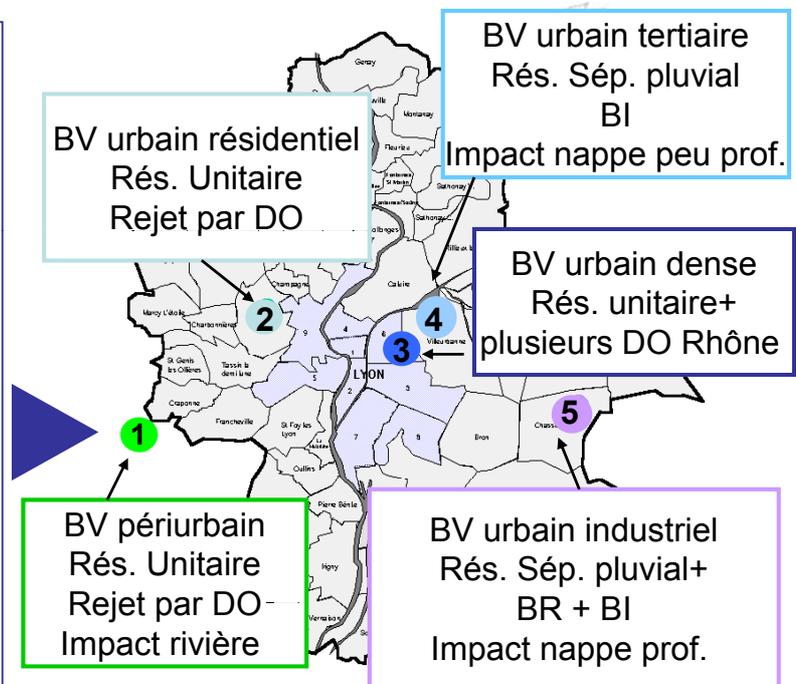
**Multiples  
compétences**

**Programme  
finalisé  
(2005-2009)**

- **Sous programme n°1 :**  
Développement d'un modèle intégré du cycle urbain de l'eau
- **Sous Programme n°2 :**  
Amélioration de la connaissance locale de la pluie
- **Sous Programme n°3 :**  
Gestion des déversoirs d'orage
- **Sous Programme n°4 :**  
Gestion des rivières périurbaines
- **Sous Programme n°5 :**  
Développement de méthodes de conception, construction et exploitation des bassins de rétention / infiltration
- **Sous Programme n°6 :**  
Améliorer la protection des ressources en eau de l'agglomération lyonnaise
- **Sous Programme n°7 :**  
Météologie

## Sites

- 1 BASSIN VERSSANT YZERON
- 2 ECULLY
- 3 LYON CENTRE
- 4 IUT – la DOUA
- 5 CHASSIEU



-Diversité : des situations physiques, des types de BV et d'activités, des systèmes de gestion des EP, des types de milieux  
 -Dynamiques d'observations adaptées aux phénomènes  
 -Support de doctorats (13 en cours – 9 thèses soutenues), Masters

## Projet internationaux



Collaborations internationales « classiques »

Participation à la création du site Lyonnais de la plateforme technologique WSSTP

**WSSTP** (Water Supply and Sanitation TEchnology Platform)  
 Partenaires : Grand Lyon, Suez Environnement, Veolia, OTHU, PROCEEDEMS / PROVADEMSE  
 Thème "Sustainable water management in large cities"

LTER  
 (Long-Term Ecol. Research)

• **Projets de l'Agence Nationale de la Recherche**

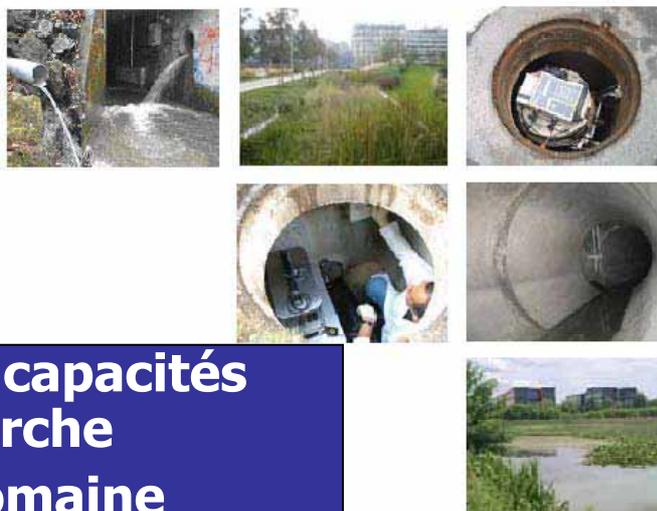
**Depuis 2006**

- **ECOPLUIES** - ANR PRECODD (Infiltration)
- **AVuPUR** – ANR VMC (Assessing the vulnerability of peri-urban rivers)
- **SECTUP** - ANR PRECODD- (Systèmes extensifs pour la gestion et le traitement des Eaux Urb. TP)
- **INVASION** - ANR- CES (Etude des contaminants microbiens introduits par TP dans les rivières en milieu péri-urbain (cons. écologiques et dangers pour la santé))
- **INTEGREAU** - ANR PRECODD micro-système de dosage des métaux lourds
- **RIVES** – ANR RGPU (inondation en ville)

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## HURRBIS

### Réseau des Observatoires Français en H. U.



**Renforcer les capacités de recherche dans le domaine**

**HURRBIS**

(Hydrologie Urbaine – Réseau de Recherche Bassins Inter-Sites)

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

e de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon



Concertation pour la mise en place d'un projet sur la ville

# OPUR : Un Observatoire des Polluants Urbains en Ile de France

**Directeur Ghassan Chebbo**

**1994**



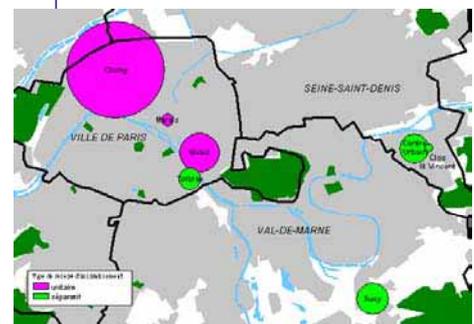
## ✓ Principe

- ✓ Acquisition de connaissances
- ✓ Site fédérateur en Ile de France

## ✓ Problématique

- ✓ Génération des polluants : Sources ? Apports des différentes activités ?
- ✓ Transport et transformation des polluants : Transport solide ? Transport et transformation des polluants
- ✓ Gestion et réduction des flux polluants Efficacité des différentes techniques ? Outils d'aide à la décision ?

- ✓ **Bâti sur projets de recherche de 6 ans** (sites instrumentés à cette occasion)



# OPUR 3 : Partenaires



## ✓ Partenaires scientifiques :

- ✓ CSTB
- ✓ Université Paris VI
- ✓ CRECEP
- ✓ IGN
- ✓ Monuments historiques
- ✓ LROP
- ✓ LCPC de Nantes
- ✓ INSA de Lyon
- ✓ GEMCEA

## ✓ Partenaires opérationnels et financiers

- ✓ AESN, CRIF
- ✓ Ville de Paris (STEA), CG 93 (DEA), CG 94 (DSEA), SIAAP.

# SECTEUR ATELIER PLURIDISCIPLINAIRE (SAP)



Directrice Véronique RUBAN

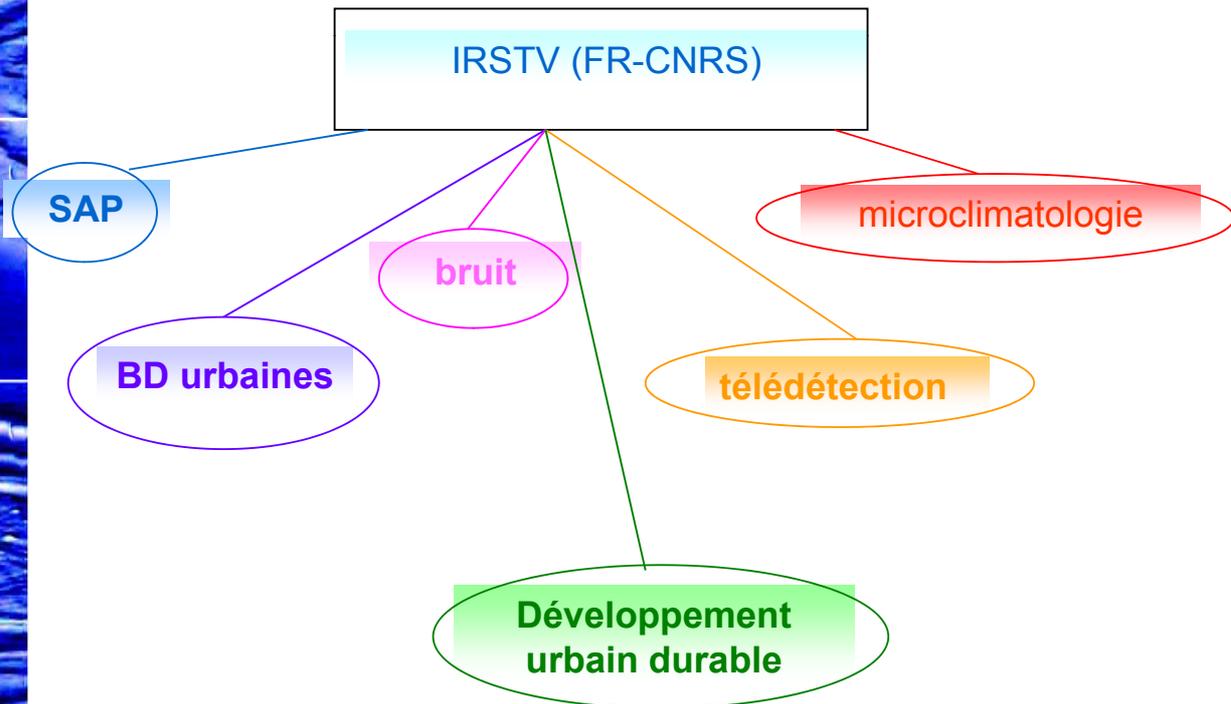


# Le SAP au sein de l'IRSTV

(Inst. De recherches des sciences & Techniques de la Ville)



Résultats de recherche et données acquises



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Le SAP: un observatoire en hydrologie et micro-météorologie urbaines

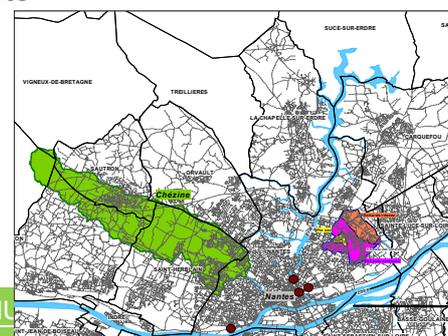


Résultats de recherche et données acquises

- Système d'observation pérenne sur l'environnement urbain
- Mesures sur le long terme (plusieurs années)  
⇒ base de données pour la recherche  
(modélisation environnementale de la ville)
- Objet d'étude : Bilan et flux d'eau, de polluants et d'énergie en ville



Observatoire des Sciences de l'Univers de Nantes-Atlantique



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU

## Partenaires



- IRSTV-LCPC Division Eau & Environnement
- IRSTV-LMF
- LPGN (Labo de Planétologie et de Géodynamique de l'Université de Nantes)
- Nantes Métropole
- IRSN (Institut de Recherche et de Sûreté Nucléaire) à partir de 2009
- Air Pays de la Loire

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Thèmes de recherche

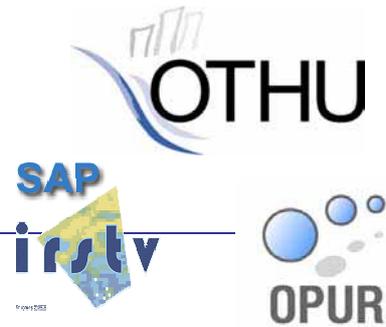


- Origine des polluants en milieu urbain (thèse K. Lamprea, LCPC)
- Bilans énergétique et hydrique (thèse I. Bagga, LMF)
- Mesures en continu en réseaux d'assainissement (turbidité, MES)
- Modélisation des écoulements et des flux de polluants en réseaux d'assainissement
- Modélisation hydrologique
  - Relations nappes-réseaux (thèse A-L. Le Delliou, LCPC)
  - Bassins versants périurbains (thèse C. Furusho, LCPC)

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# HURRBIS

Réseau des Observatoires Français  
en H. U.

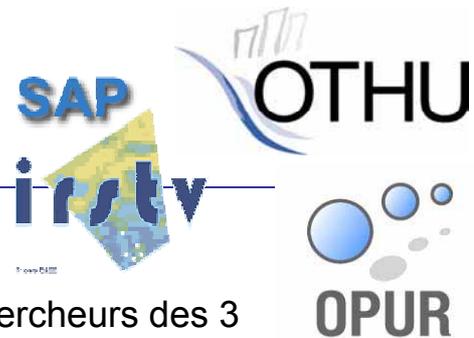


Cette mise en commun vise à :

- **Acquérir des connaissances, tester et valider des modèles** hydrologiques et hydrométéorologiques en milieu urbain sur des **données plus nombreuses et plus variées**
- **Mettre au point des outils généralisables d'aide** à la compréhension et à la gestion des eaux urbaines, sur les plans qualitatif et quantitatif, permettant d'optimiser le fonctionnement des dispositifs de gestion des systèmes d'assainissement
- **Diminuer les coûts d'acquisition** de données.

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# HURRBIS



**Projet  
R2DS  
(Région  
IDF)**

- **Site Web**  
Forum pour les chercheurs des 3 observatoires  
**[www.hurrbis.org](http://www.hurrbis.org)**
- **2 Thèses en co-direction**
  - Mesurage en continu des flux polluants de MES et DCO en réseau d'assainissement
  - Caractérisation et modélisation du transport solide en réseau d'assainissement unitaire par temps de pluie

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon



## PROGRAMME

### 3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU

Judi 4 décembre 2008  
de 14h00 à 18h30

*INSA de Lyon*  
Avenue Mère Curie  
Bâtiment Pierre DE FERMAT  
Villeurbanne (69)

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Ne manquez pas les prochains épisodes ...



- Mise en ligne des exposés d'aujourd'hui dès lundi
- Synthèse des activités scientifiques
- **4<sup>ème</sup> Journée Technique de l'OTHU (1<sup>er</sup> semestre 2009)**
  - La métrologie
  - L'infiltration
  - Les petites rivières périurbaines
  - ...

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

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Documents disponibles

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



- **Production scientifique / synthèse des recherches**
- **Production de Fiches Techniques OTHU**
- **Guides (Infiltration)**
- **Liens avec projets de recherche**



## **Evaluation de la qualité de mesure hydrologique du radar de Saint Nizier appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon**

---

Florent RENARD, Université Lyon III - LCRE



## Évaluation de la qualité de mesure hydrologique du radar météorologique appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon

F. Renard <sup>(1)</sup> et <sup>(3)</sup>, D. Faure <sup>(2)</sup>, J. Comby <sup>(1)</sup>

(1) Laboratoire Climatologie Risques Environnement, UMR 5600 CNRS

(2) Alicime,

(3) Direction de l'Eau de la Communauté Urbaine de Lyon,

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

### Rappel des objectifs essentiels de l'étude

▪ **But de l'étude :**

**Évaluation de la qualité de la mesure radar locale**

▪ **Objectifs** thème 1 Caractérisation de la pluie et de sa dynamique sur l'agglomération lyonnaise (**pluviométrie C1**) :

- **Amélioration** de la **connaissance** de la **distribution** spatiale des épisodes de pluie à échelle **temporelle** et **spatiale fine**

- **Amélioration** de la **connaissance** des **phénomènes** (définition de types de situation)

# Travaux scientifiques sur la connaissance de la pluie aux échelles fines sur l'agglomération lyonnaise

## Constat préalable :

- **Beaucoup de travaux** (notamment sur la distribution spatio-temporelle des pluies)



Uniquement basés sur l'**exploitation** des **données pluviométriques**

- **Une utilisation relativement faible d'un certain nombre d'outils** (satellite, radar en particulier)

## En conséquence :



**Évaluation** de la **mesure radar** de Lyon



à des fins d'**optimisation** des **entrées** pour la **simulation** du système d'assainissement (*Canoe*)



à **long terme** : gestion en **temps réel** du **réseau** du Grand Lyon par **anticipation**

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## I – Caractéristique des radars météorologiques du Grand Lyon



- longtemps installé sur l'**aéroport de Lyon-Satolas**

St Nizier



- à partir de **mi-mai 2001**, installé sur la commune de **St Nizier** (40 km au Nord-Ouest)



Satolas

0 2 500 000 10 000 Mètres

Nom des radars	Latitude (ED50)			Longitude (ED50)			Altitude mètres		
	Degrés	D	M	S	Degrés	D		M	S
St Nizier	46,067	46	4	2	4,447	4	26	48	920
Lyon-Satolas	45,726	45	43	35	5,075	5	4	30	/

Coordonnées (X,Y,Z) des radars (Source Météo-France/DSO)

long. d'onde $\lambda$ (cm)	ouverture $\theta$ à 3dB (°)	Puiss. tran. (kW)	Gain (dB)	durée $\tau$ de l'impulsion ( $\mu$ s)	bande passante à 3 dB (kHz)
5,33	1,1	200	42	2	600

Caractéristiques techniques du radar de St Nizier (Source Météo-France/DSO)

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

- **Avant mai 2001** : localisation aéroport Satolas
- **De mai 2001 à juin 2006** (St Nizier) : lames d'eau **HYDRAM**
  
- **Depuis juin 2006** (St Nizier) : lames d'eau **PANTHERE**

## Évaluation de la qualité de mesure hydrologique du radar météorologique appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon

### Trois étapes :

-  **Analyse** de la qualité de **mesure hydrologique** du radar de **Satolas**
-  **Analyse** de la qualité de **mesure hydrologique** du radar de **St Nizier** (*simulation et données réelles*)
-  **Comparaison quantitative radar / réseau pluviométrique** (globale et ponctuelle)

## II – Types de données exploitées



*La complémentarité des deux types de données exploitées*

- « **réflectivité radar instantanée** » : proches des **mesures brutes** du radar
- « **lames d'eau au sol** » : correspondent aux meilleures estimations temps réel de **lames d'eau au sol** à l'époque (effectuées à partir des images précédentes et sauvegardées par Météo-France)

### « réflectivité radar instantanée »



- **Estimation du facteur de réflectivité radar Z** ( $\text{mm}^6/\text{m}^3$ ) pour chaque pixel d'image ( $1 \text{ km}^2$ )
- A partir de ces valeurs de Z, il est possible d'**estimer** une **intensité de pluie instantanée équivalente** (en mm/h) en utilisant une **relation Z-R** du type  $Z = aR^b$  (avec R en  $\text{mmh}^{-1}$  et Z en  $\text{mm}^6\text{m}^{-3}$ )
- **Fréquence : 5 minutes**  
Permet de **suivre** de manière détaillée la **dynamique** des phénomènes
- **Traduction direct** des phénomènes pluvieux et leur **intensité** en mm/h

## « lame d'eau au sol »



- **Estimées** par Météo-France à partir des images du facteur de réflectivité radar Z
- **Remise à niveau** avec les **pluviomètres** de la **couverture hydrologique** du radar
- **Prise en compte** du **déplacement** des **zones pluvieuses** pour représenter la « **trace au sol** » des **phénomènes pluvieux** (non une **observation instantanée** en altitude)
- **Fréquence** : **15 minutes**
- Ces **images** sont **exprimées** directement en **mm de pluie au sol**

Résultats de recherche et données acquises

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## III – Analyse de la qualité de mesure hydrologique du radar de Satolas



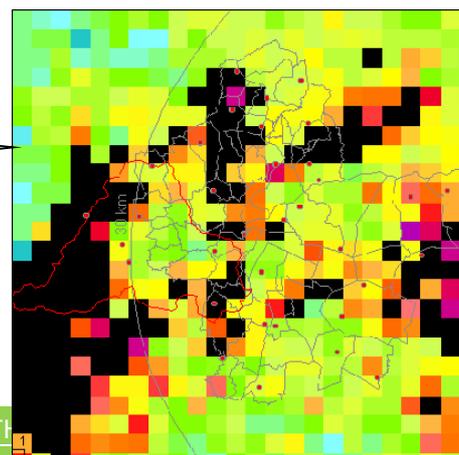
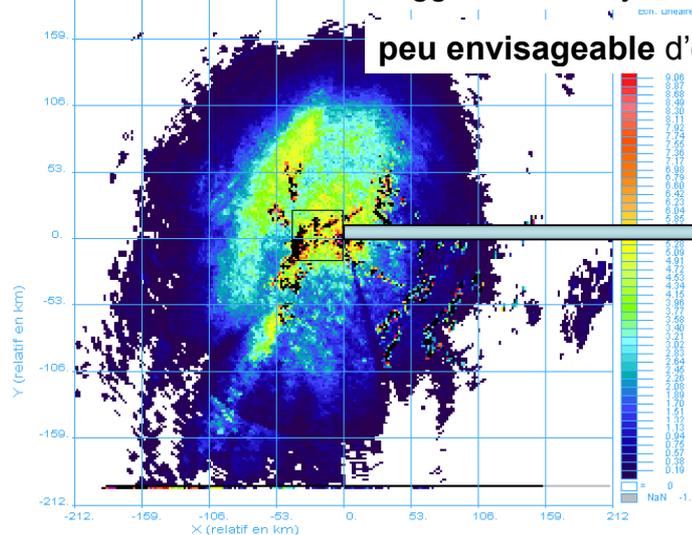
- Analyse de la qualité de mesure du radar de Lyon Satolas (Météo-France, DSO, 2001)
- Cumul des données de réflectivité radar instantanée du 22/09/1993

acquises



les **échos de sol pénalisent fortement** l'utilisation du **radar** sur l'agglomération lyonnaise

**peu envisageable** d'exploiter les données du radar de Satolas



ntifique de l'OTH

# IV – Analyse de la qualité de mesure hydrologique du radar de Saint Nizier par simulation

## 4.1 - Procédure de simulation

- reprend démarche de **Delrieu et al. (1995)**, **Pellarin (2001)** et **Pellarin et al. (2002)**
- décomposition des **simulations** en **deux étapes** successives :

simulation des **échos de sol** et des **masques** générés par le **relief** à l'aide d'un **modèle numérique de terrain (MNT)**

étude des **effets** de la **structure verticale** des précipitations

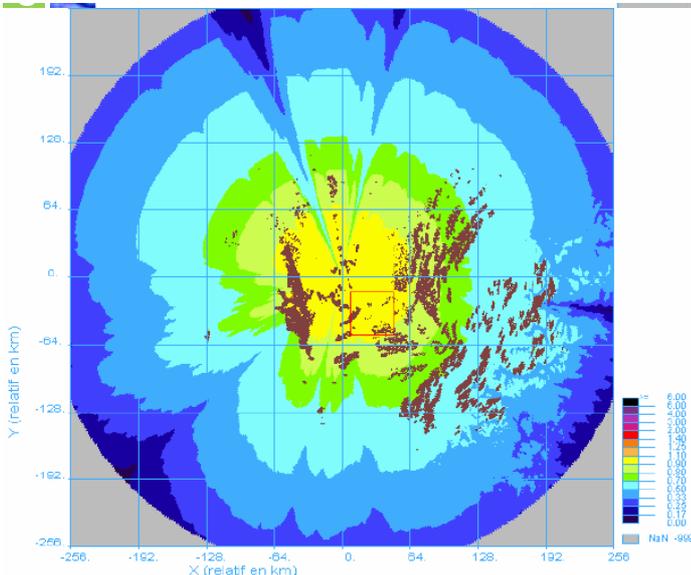
Résultats de recherche et données acquises

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

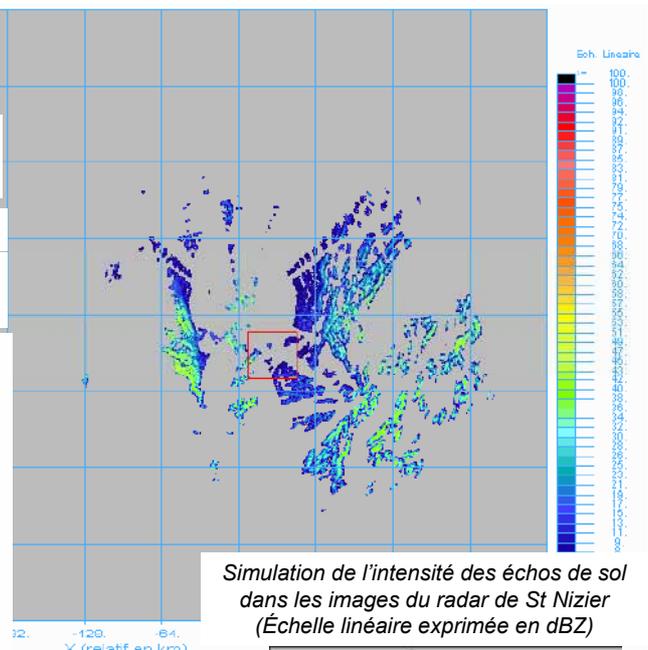
## 4.1 - Résultats de l'analyse par simulation

- **Grand Lyon** : **situé** dans la **zone d'excellente visibilité** du radar

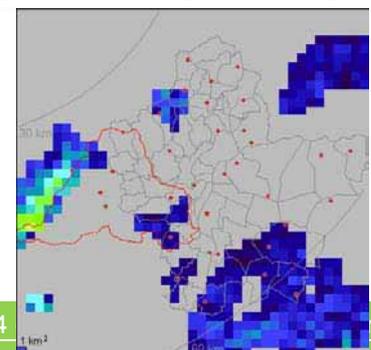
- Néanmoins, un **nombre significatif** de **pixels** devraient avoir une **qualité** de mesure hydrologique **réduite** en raison d'**échos de sols**



Simulation de la visibilité hydrologique du radar de St Nizier pour le modèle de PVR utilisé.



Simulation de l'intensité des échos de sol dans les images du radar de St Nizier (Échelle linéaire exprimée en dBZ)

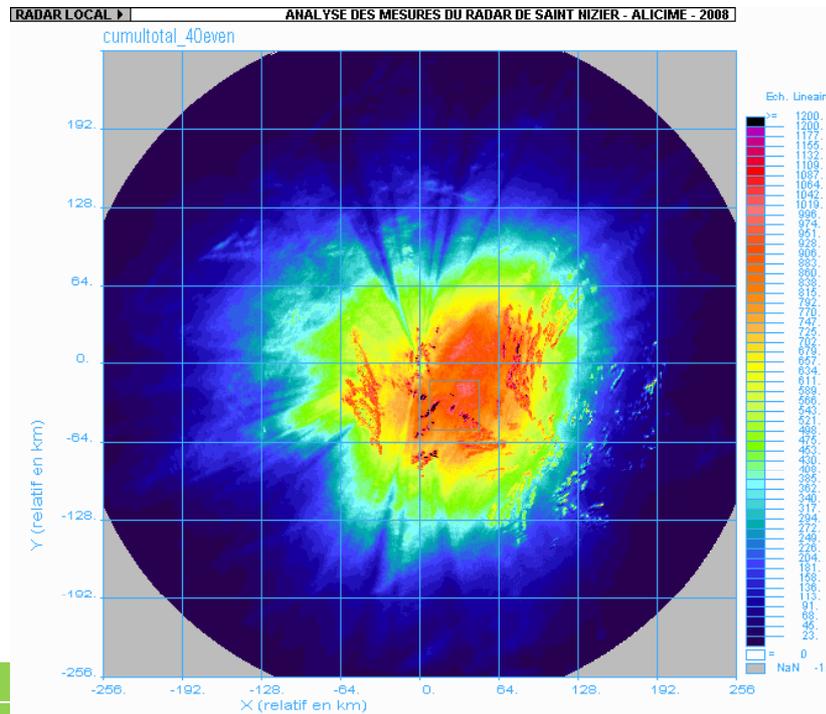


minaire Scientifique de l'OTHU – 4

# V – Analyse de la qualité de mesure hydrologique du radar de Saint Nizier à partir des données réelles

## 5.1 - Images de réflectivité radar instantanée 5 minutes

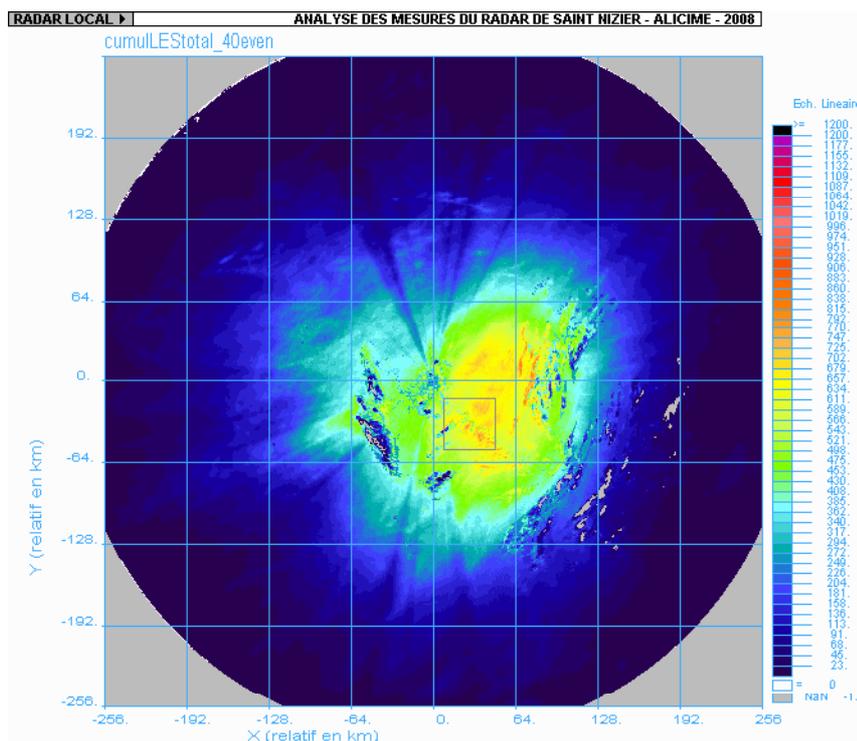
**Méthodologie :** cumul de l'ensemble des images de réflectivité radar instantanée pour 40 journées pluvieuses, soit 11 329 images radar



2008 – INSA de Lyon

## 5.2 - Images de lames d'eau au sol

**Méthodologie :** cumul de l'ensemble des images de lames d'eau 15 minutes pour 40 journées pluvieuses, soit 3 673 images



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

Résultats de recherche et données acquises

Résultats de recherche et données acquises

### 5.3 - Résultats de l'analyse par simulation



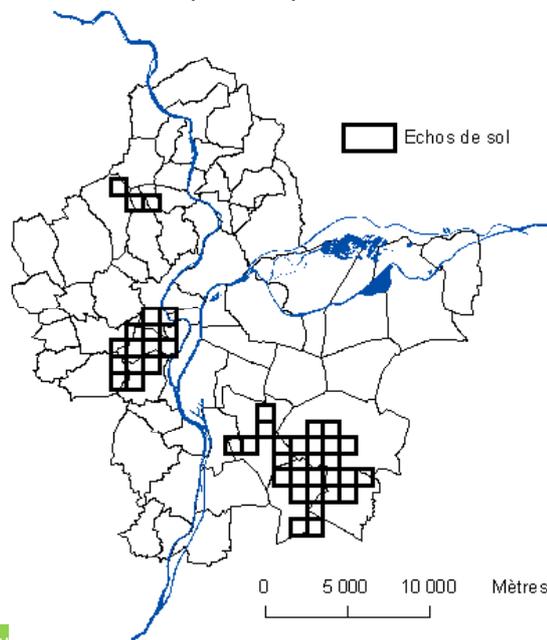
Résultats de recherche et données acquises



**Résultats** : très **bonne cohérence** entre l'**analyse** des **données réelles** et les **résultats de simulation** de la **visibilité hydrologique**

**Confirment** les **zones** du territoire de l'agglomération **affectées** par des phénomènes d'**échos de sol** à filtrer :

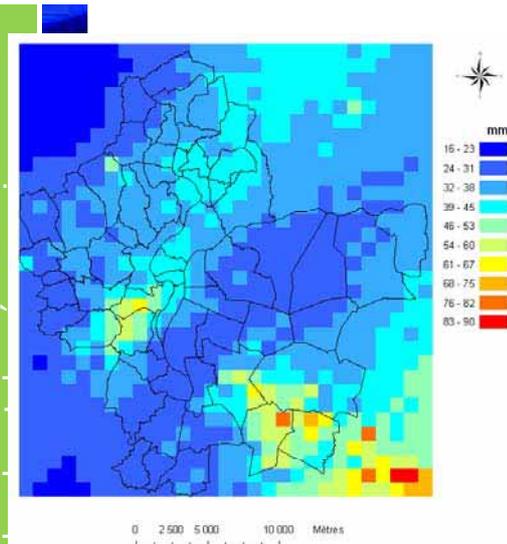
- **Monts d'Or**,
- plateau de **Fourvière**
- **Balmes** de la plaine de l'Est



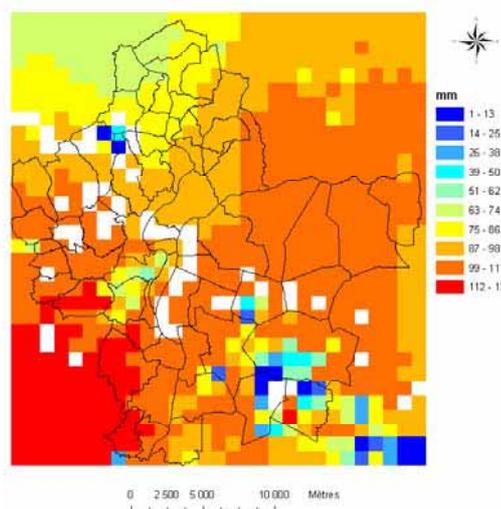
3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

### Images dégradées par deux phénomènes inverses à l'échelle du cumul de l'épisode :

- des **valeurs** de **cumuls** pluviométriques **fortement surestimées** liées à une **absence de filtrage** (parfois temporaire) de certains pixels d'échos de sol



Cumul pluviométrique de l'épisode du 1er mai 2002



Cumul pluviométrique de l'épisode du 1er décembre 2003

- des **valeurs** de **cumuls** pluviométriques **fortement sous estimées** liées à une **action trop radicale** de l'**éliminateur** d'échos fixes de Météo-France (ce qui « **crée des trous** » dans les zones pluvieuses)

Ré

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# VI – Comparaison des valeurs radar aux données pluviométriques à une échelle micro-locale

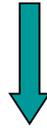


## 6.1 - Comparaison surfacique globale à l'échelle de l'épisode pluvieux

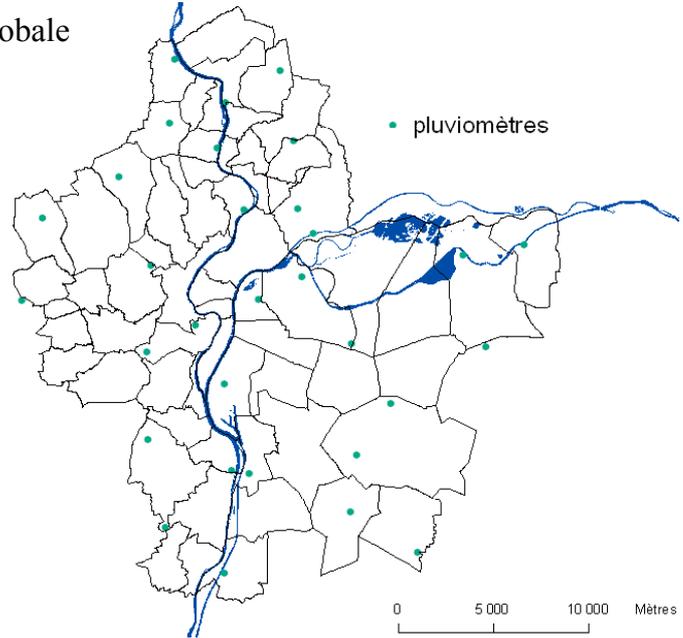
### 6.1.1 - Principe de la comparaison surfacique globale

Calcul des valeurs moyennes de pluie radar filtrée sur l'agglomération

pour les deux types de données sur 17 épisodes pluvieux de la période 2001 - 2005



Comparaison aux valeurs moyennes de pluie issues des pluviomètres



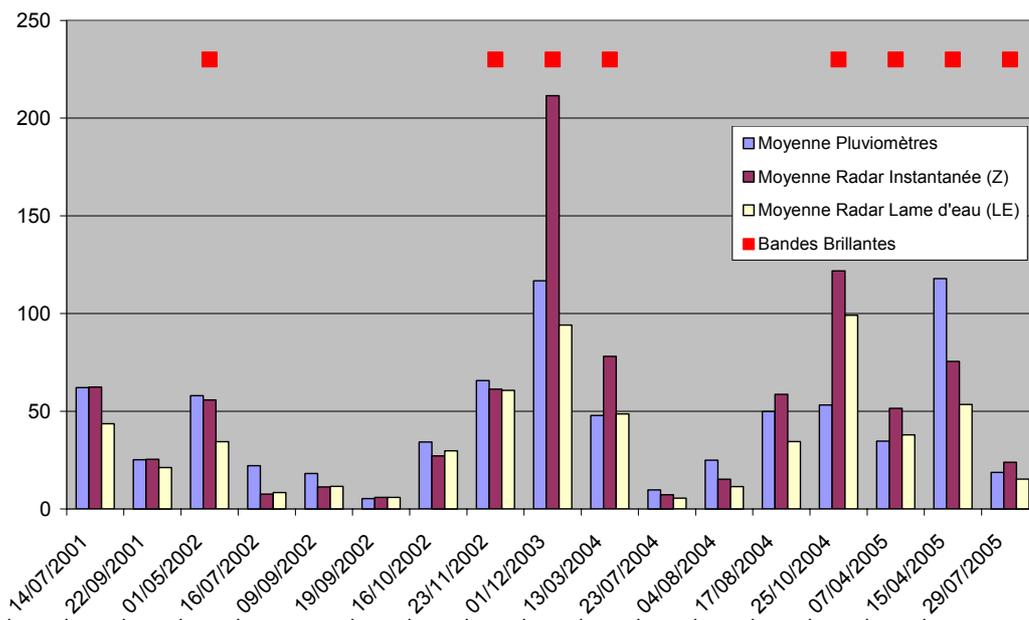
Résultats de recherche et données acquises

### 6.1.2 – Résultats de la comparaison surfacique globale

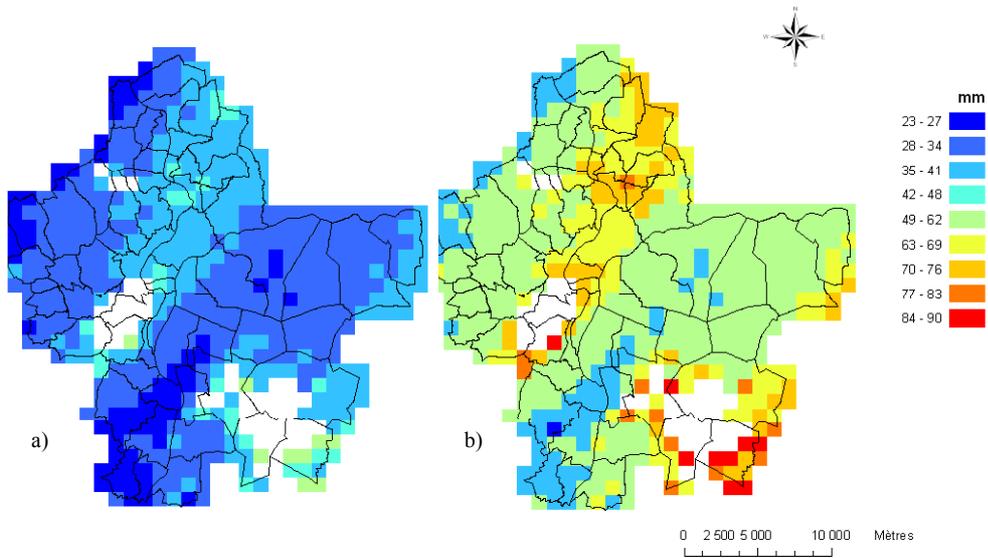
Écarts entre estimations radar et valeurs pluviométriques présentent un forte amplitude au fil du temps



Résultats de recherche et données acquises



Calcul **facteur de remise à niveau globale** afin de corriger un éventuel biais moyen de la mesure radar



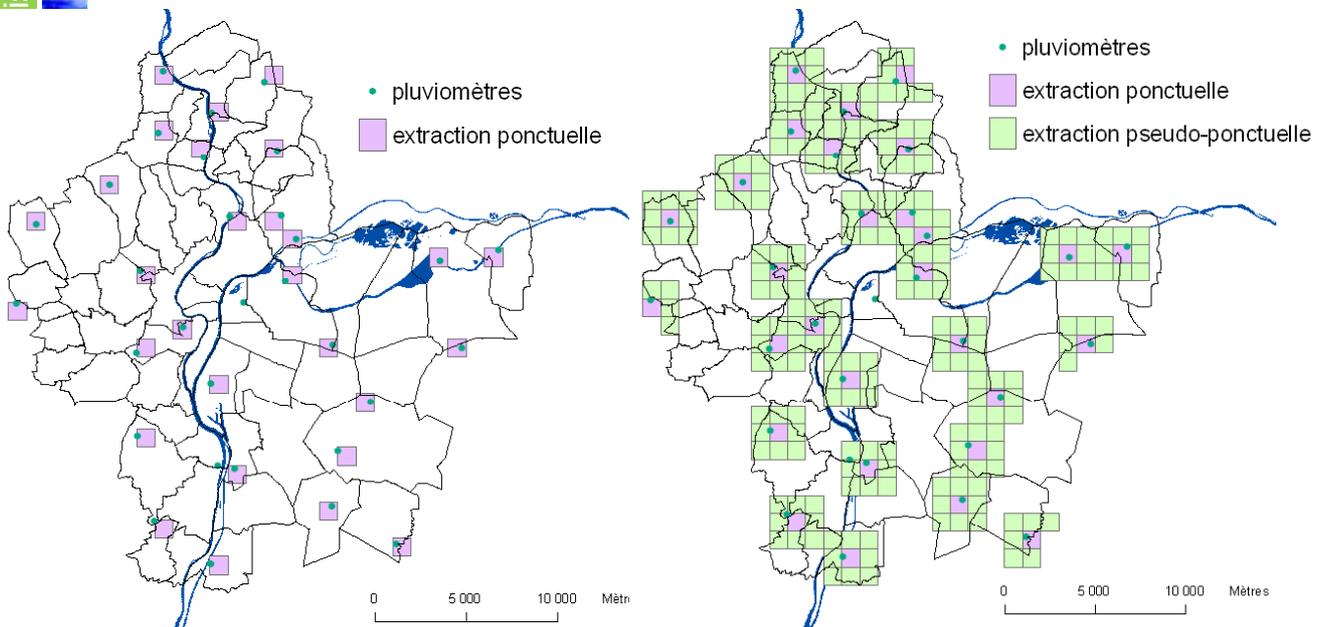
Cumul des lames d'eau radar de l'épisode du 1er mai 2002 non remis à niveau (a), puis remis à niveau (b) à l'aide d'un facteur correctif K issu des pluviomètres du Grand Lyon

## 6.2 - Comparaison fine ponctuelle pluviomètre / pixel radar

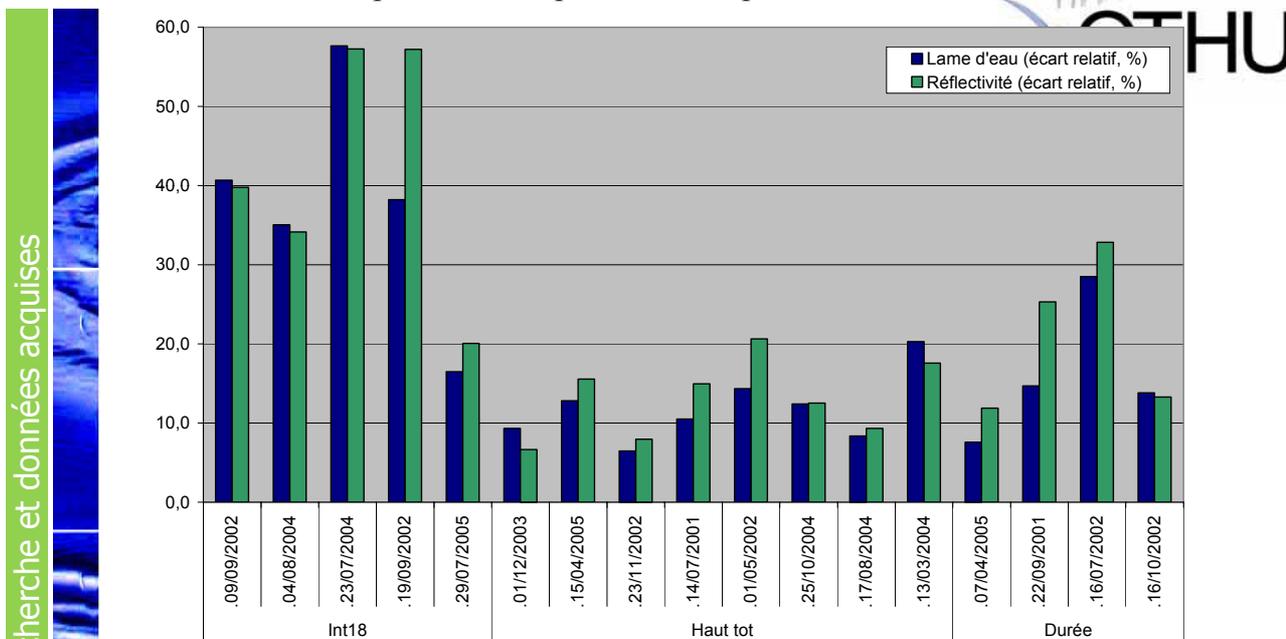
### 6.2.1 - Principe de la comparaison fine pluviomètre / pixel radar

**Comparaison** des valeurs des **pixels radar** (réflectivité et lames d'eau) aux **valeurs des pluviomètres** associés

**Extraction** de valeurs radars (pseudo-) ponctuelles à la **verticale** des **pluviomètres** disponibles pour comparaison avec les **cumuls pluvieux** des épisodes sélectionnées (période 2001 – 2005)



## 6.2.2 - Résultats de la comparaison fine pluviomètre / pixel radar



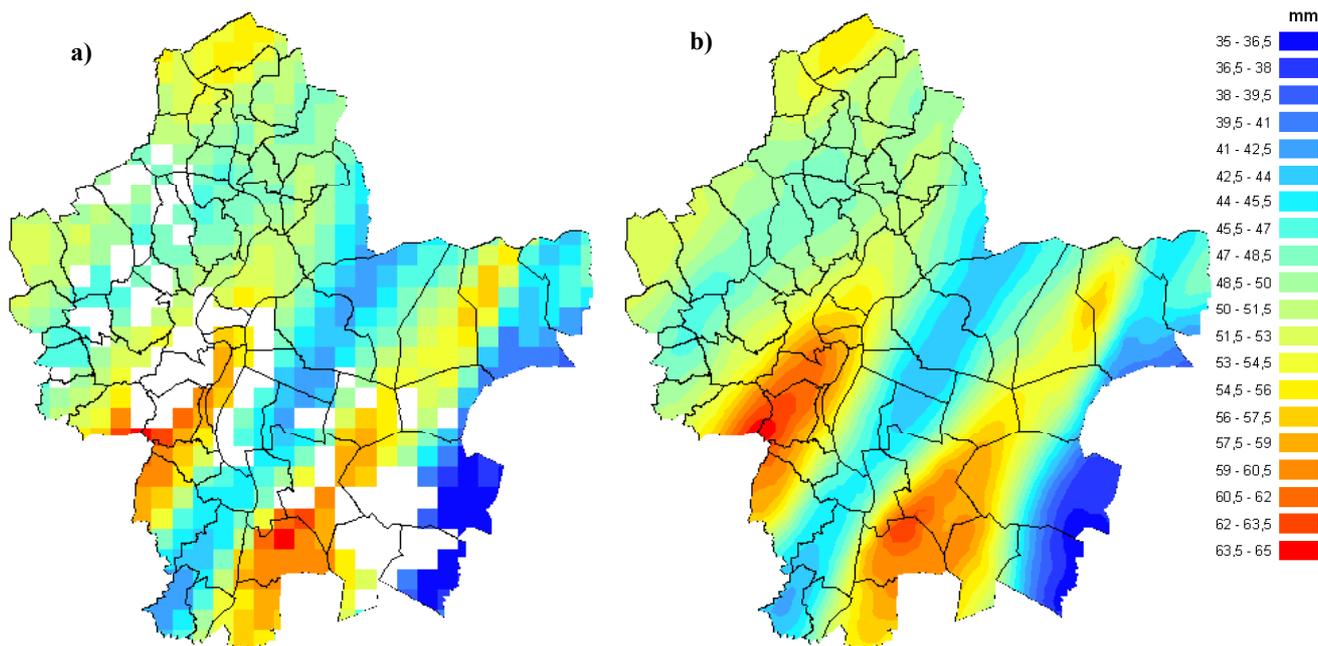
Écarts moyens relatifs (%) entre pluviomètres et lames d'eau ou réflectivité radar

**Résultats :** écart moyen entre données pluviométriques et valeurs radars est **assez faible (20,4 % pour les lames d'eau et 23,3 % pour la réflectivité)**

**Variations** en fonction du **type d'événement** pluvieux : atteint les **10 % d'écart uniquement** pour les épisodes sans **caractère convectif**

## VII – La solution pour obtenir une couverture complète de données...

Recours à une méthode de **spatialisation** : le **krigeage**



Visualisation du cumul pluvieux de l'épisode du 17 août 2004

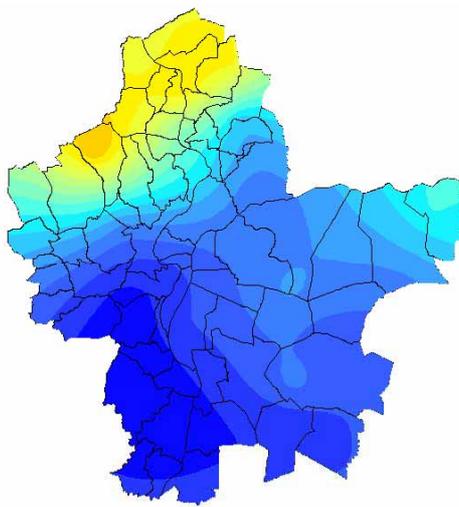
a) Lame d'eau radar filtrée

b) Krigeage des lames d'eau filtrées

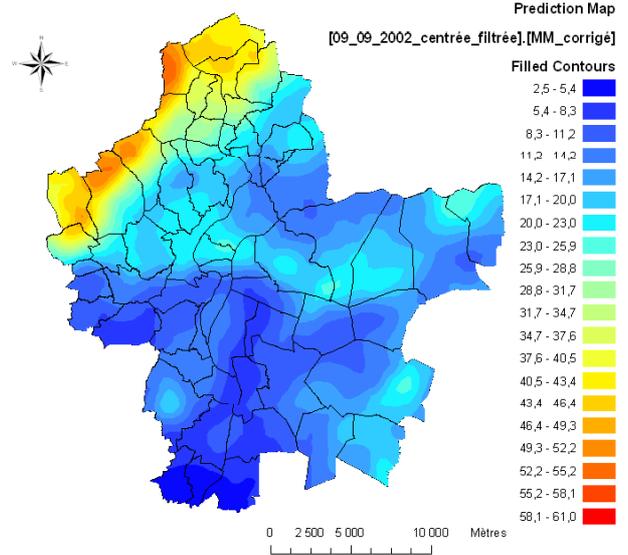
# V - Confrontation visuelle des cumuls des hauteurs d'eau par pluviomètres et lames d'eau radar



Résultats de recherche et données acquises



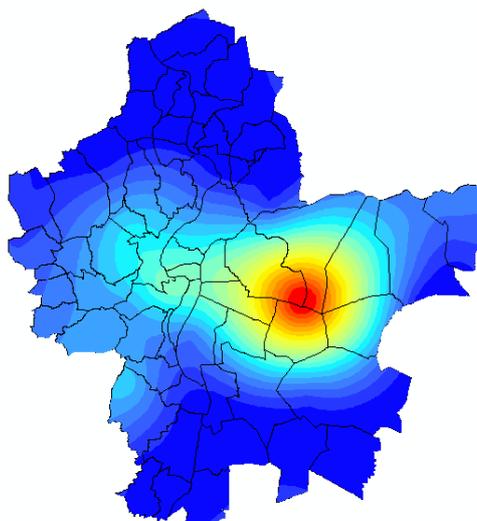
Pluviomètres



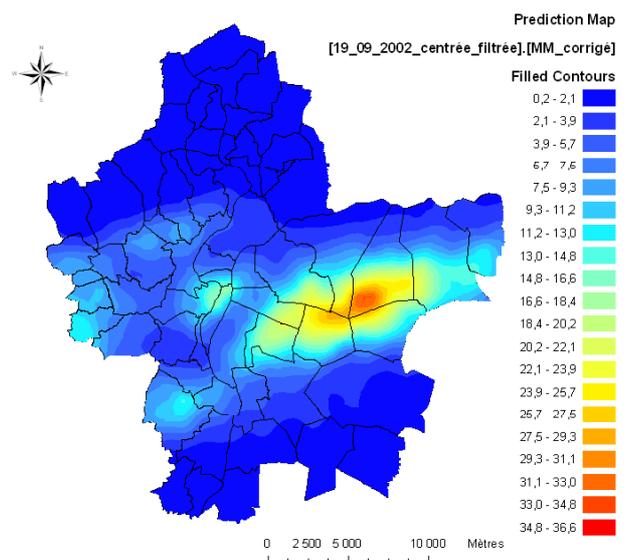
Radar

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

Résultats de recherche et données acquises

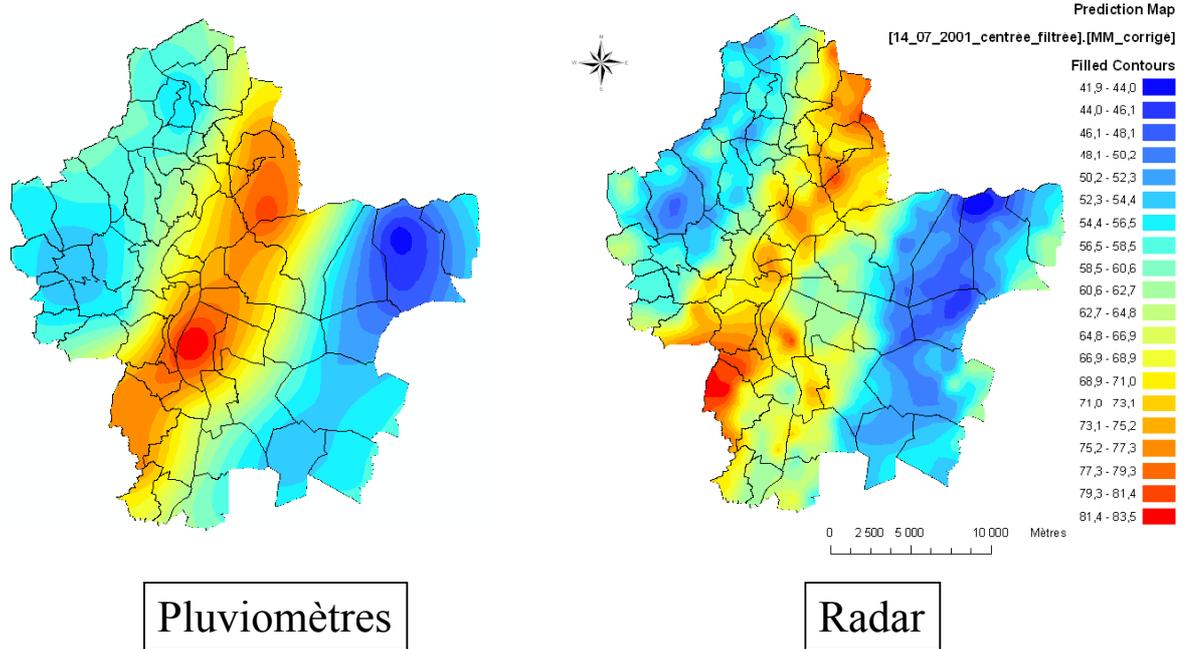


Pluviomètres



Radar

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon



## Perspectives

- **Simulation** épisodes **Canoe** :

Interpolation  
**pluviomètres**

Données radar  
**filtrées ajustées**

**Différences, améliorations,  
gain précision ?**  
(débit, volume à l'exutoire, etc.)

- **Évaluation** des lames d'eau **Panthère** (à partir de données réelles)

**Résolution** des problèmes d'échos fixes,  
**amélioration** qualité de **mesure** ?

- **Collaboration** avec le **Cemagref**

Remerciements :



AVuPUR (Assessing the vulnerability of peri-urban rivers) – ANR Vulnérabilité, Milieux , Climat

Direction de l'Eau **GRAND LYON**  
communauté urbaine

 **Alicime** Dominique Faure



**Quantification et caractérisation physico-chimique des substances polluantes prioritaires et estimation de leurs flux dans les rejets urbains par temps de pluie**

---

Céline BECOUZE et Abel DEMBELE, INSA de Lyon - LGCIE



# Évaluation des flux de polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie

Becouze C et Dembélé A  
LGCIE – Hydrologie urbaine



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Contexte de l'étude

- Projet ESPRIT → **É**valuation des **S**ubstances **P**rioritaires dans les **R**ejets **I**nhérents au **T**emps de pluie
- Projet **Rhodanos** « Traitement des eaux »
- Pôle de compétitivité **AXELERA** Chimie - Environnement



ESPRIT



RHODANOS



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Contexte de l'étude



- Directive Cadre sur l'Eau 2000 / 60 / CE
  - Objectif : atteinte du « bon état » biologique et chimique des milieux aquatiques d'ici 2015
  - Liste de 33 + 8 substances prioritaires dont 11 prioritaires dangereuses

## Objectifs de l'étude



- Évaluation des substances prioritaires dans les RUTP
  - Estimation des flux à l'exutoire de 2 BV;
  - Estimation des apports atmosphériques (humides et secs);
  - Estimation des sources;
  - Caractérisation des SP.
- Modélisation des flux

## Objectifs finals



- Développer un nouveau système d'évaluation et de modélisation pour estimer les flux de SP dans les RUTP à l'échelle des bassins versants;
- Évaluation des stratégies de gestion et de traitements des flux de substances prioritaires dans les RUTP.

## Dispositifs expérimentaux



- Site de Chassieu (industriel – séparatif);
- Site d'Écully (résidentiel – unitaire).

## Echantillonnage des rejets à l'exutoire

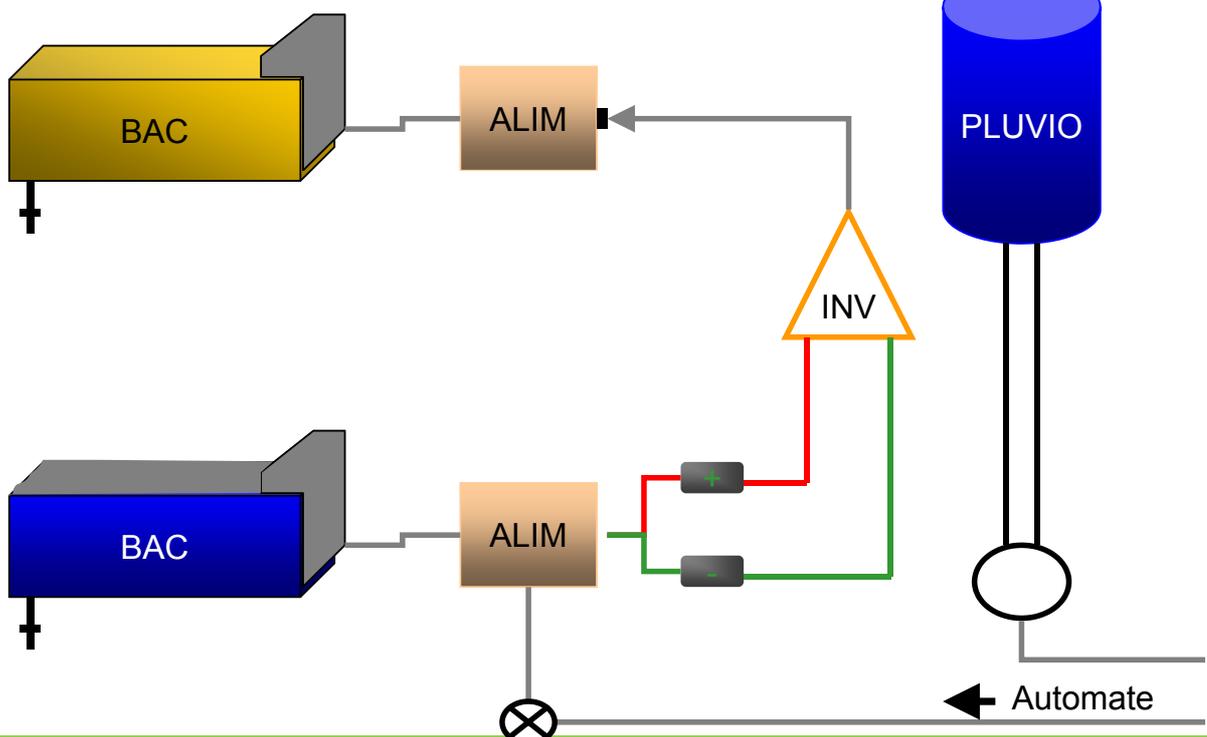


- **Utilisation d'un préleveur Büher 4010** (téflonné, réfrigéré, flacons en verre);

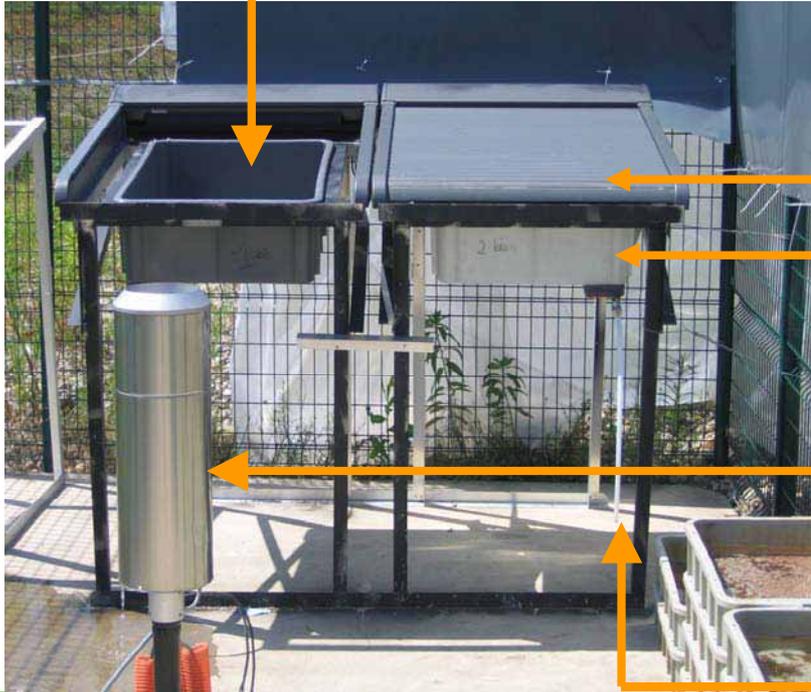


- **Échantillon moyen** → concentrations moyennes événementielles (CME) en temps de pluie et en temps sec
- **Pollutogramme**

## Echantillonnage des retombées atmosphériques



# Echantillonnage des retombées atmosphériques



Bac collecteur des retombées sèches

Volet roulant électrique

Bac collecteur des retombées humides

Pluviographe à pesée

Tuyau en téflon

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Méthodes analytiques



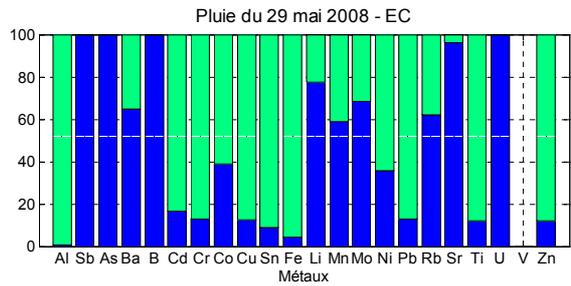
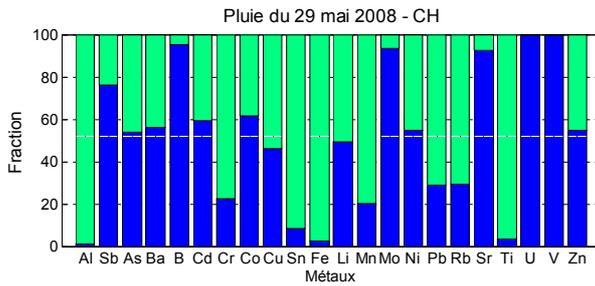
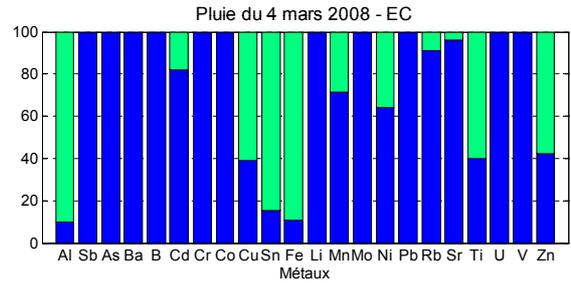
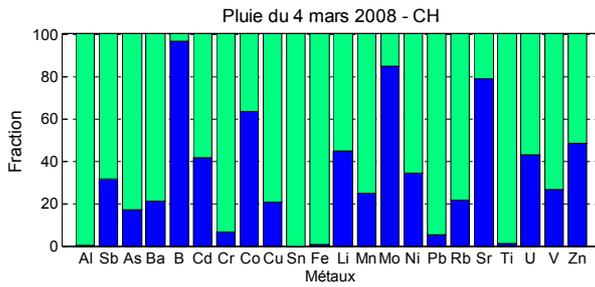
- Micropolluants organiques au **SCA (Service Centrale d'Analyse – CNRS)**
  - Analyses en phase dissoute par une **analyse multi-résidus** (Barrek et al., 2008) par GC-MS et LC-FLD-MS/MS
  - Phase particulaire en cours de validation
- Métaux au **CEMAGREF**
  - Analyses en phase dissoute et particulaire (26 métaux dont les 4 de la DCE) par ICP-MS

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats des métaux : RUTP



- Répartition dissous – particulaire



3<sup>ème</sup> **Particulaire** **Dissous** 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

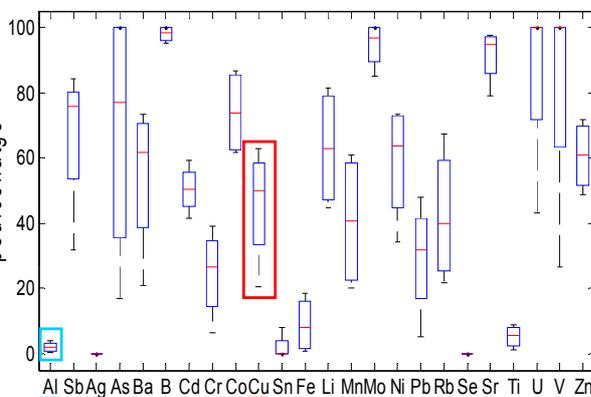
Résultats de recherche et données acquises

# Résultats des métaux : RUTP

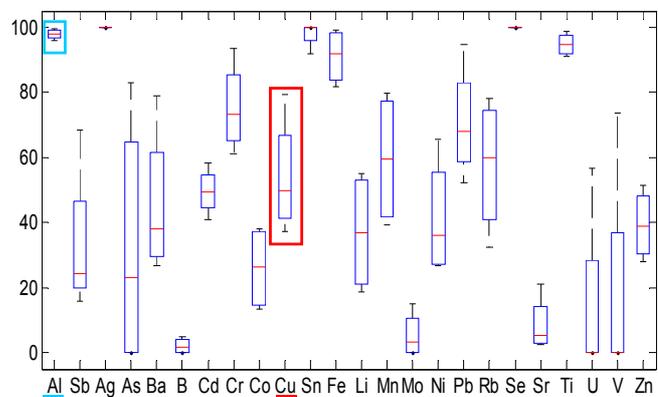


- Dispersion dissous – particulaire: **CHASSIEU**

métaux dans la phase dissoute



métaux dans la phase particulaire



➔ Étude sur 4 événements de mars à mai 2008

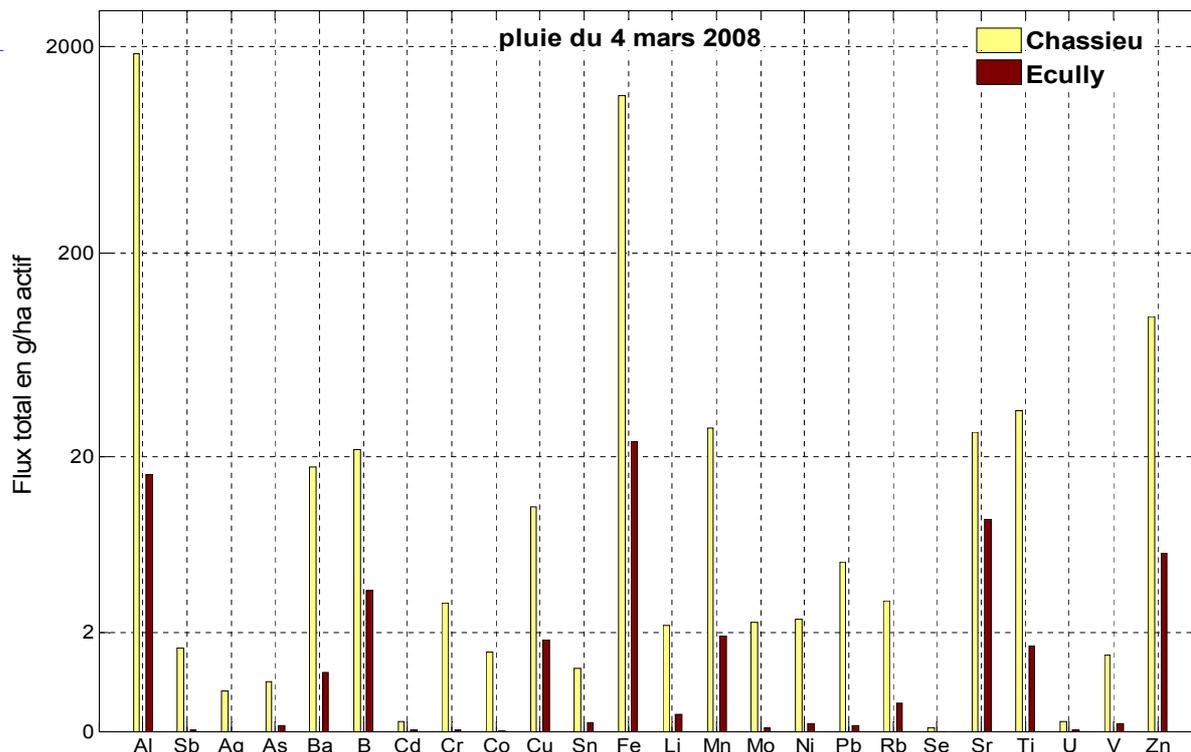
3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

Résultats de recherche et données acquises

# Résultats des métaux : RUTP



- Variabilité inter - site

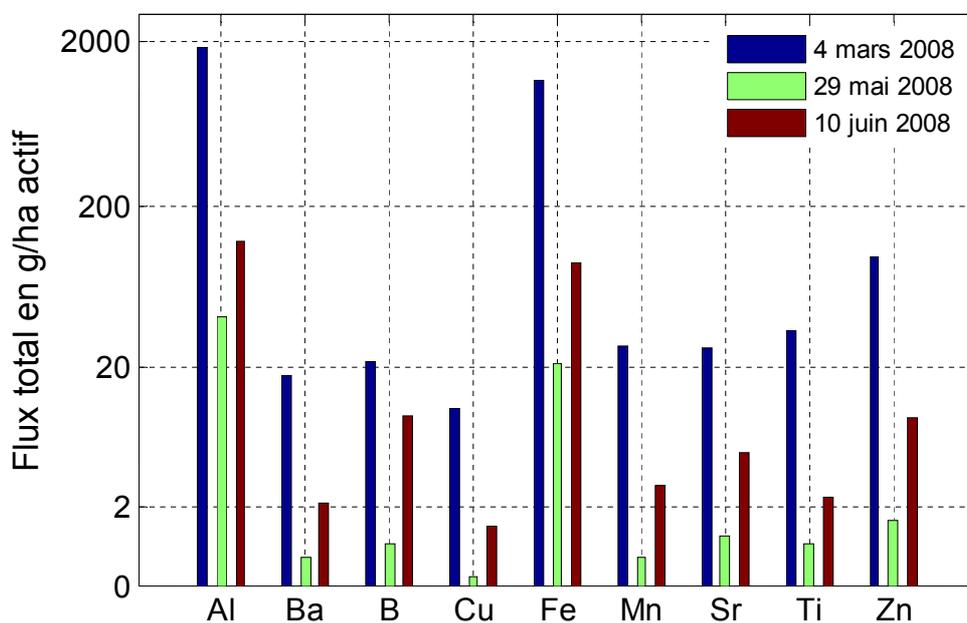


Résultats de recherche et données acquises

# Résultats des métaux : RUTP



- Variabilité inter – événementielle : **CHASSIEU**

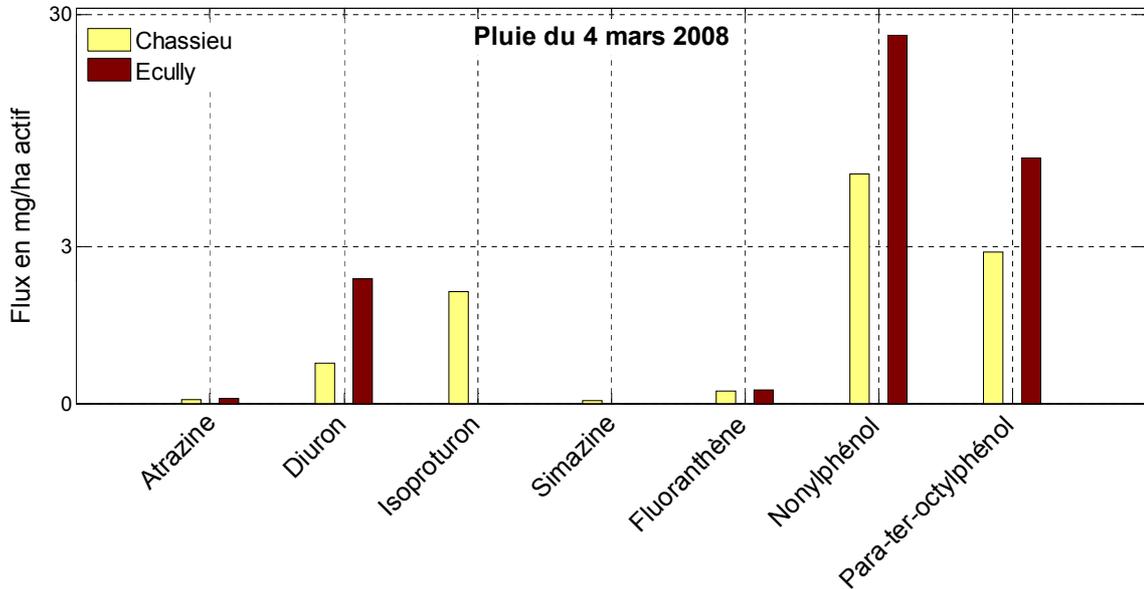


Résultats de recherche et données acquises

# Résultats des organiques : RUTP



- Variabilité inter-site

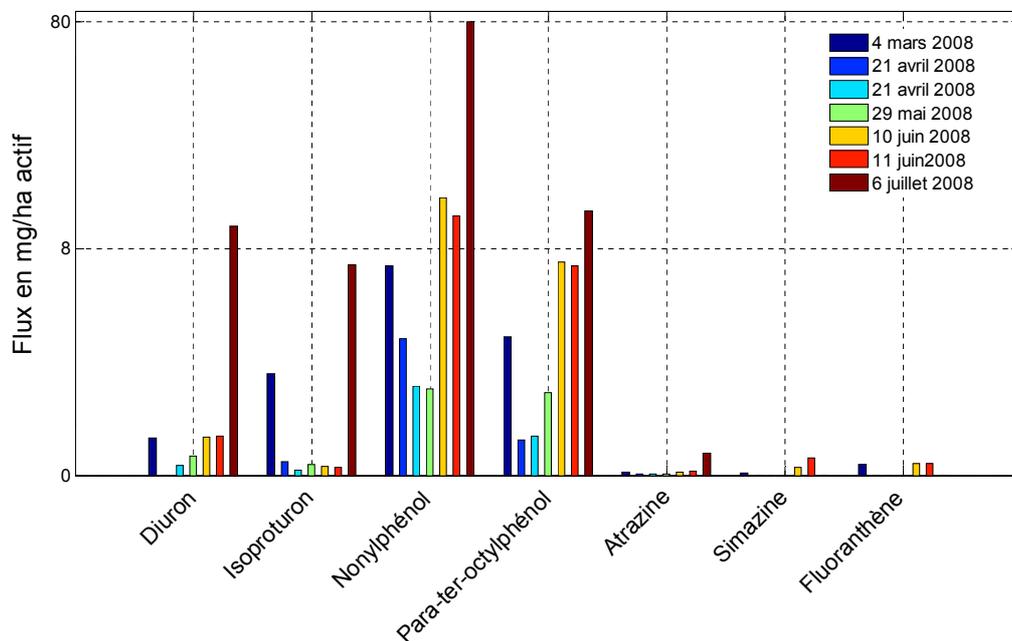


3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats des organiques : RUTP

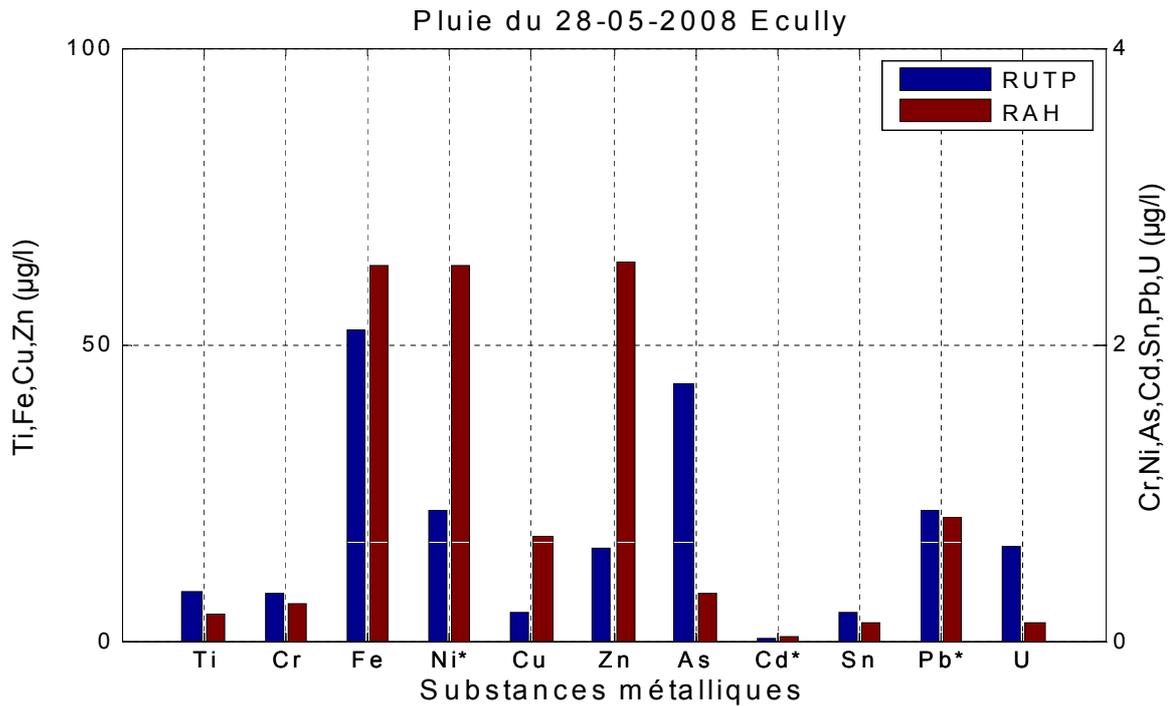


- Variabilité inter-événementielle: **CHASSIEU**



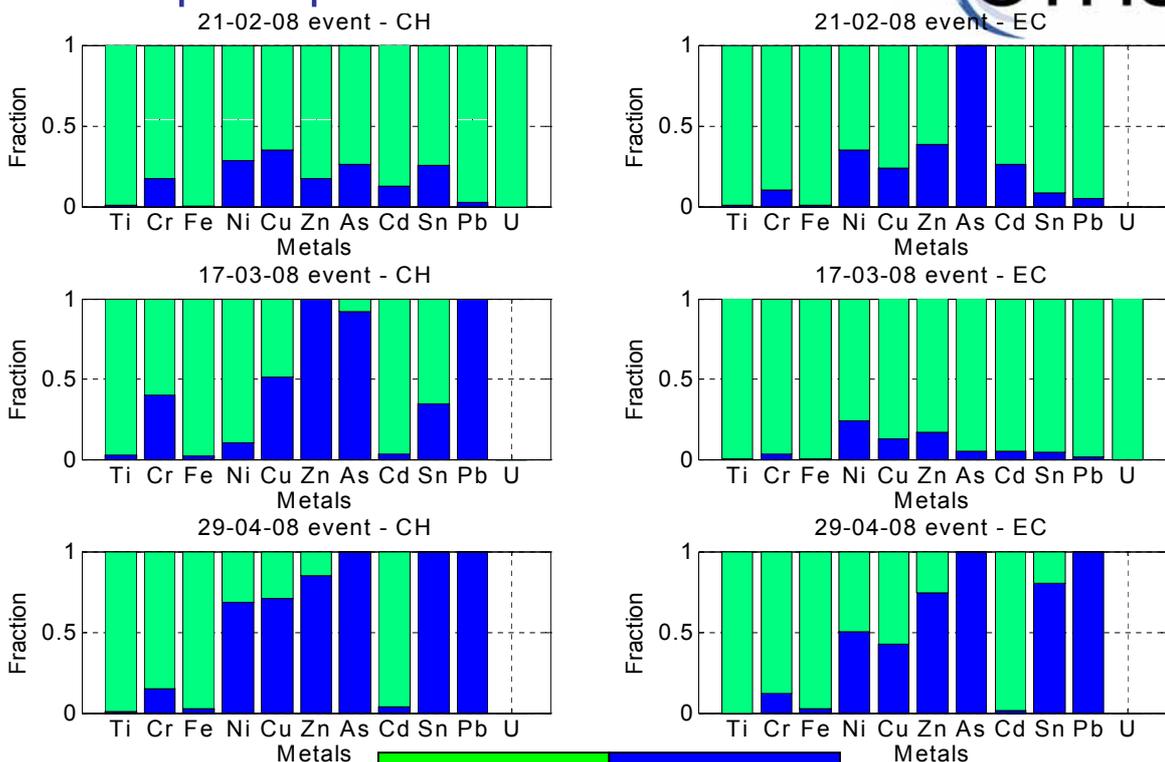
e Lyon

# Résultats des métaux : retombées atmosphériques



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

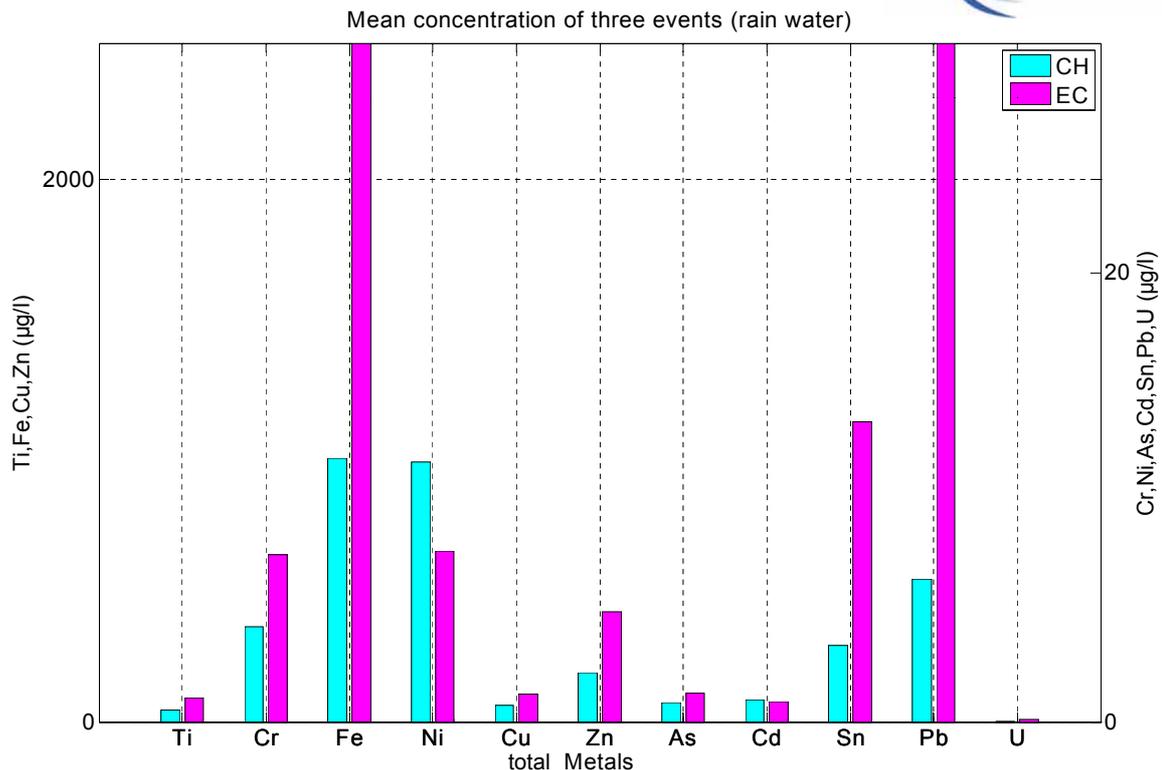
# Résultats des métaux : retombées atmosphériques



Particulate Dissolved

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Résultats des métaux : retombées atmosphériques



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Conclusion



- RUTP
  - Variabilité inter-sites et inter-événementielles marquée pour les métaux et les organiques.
- Retombées Humides
  - Variabilité inter-événements pour les RH assez importante;
  - Variabilité inter-sites faible sauf pour Fe, Ni, Sn et Pb.

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Conclusion



- Début du projet mars 2007;
- Dispositifs expérimentaux installés ;
- Campagnes en cours ;
- Validation en cours de l'analyse en phase particulière des organiques.



## **Caractérisation de la végétation colonisant spontanément un bassin d'infiltration**

---

Muriel SAULAIS, ENTPE - LSE



# Caractérisation de la végétation colonisant spontanément un bassin d'infiltration

**SAULAIS Muriel** (L.S.E.)

**LEMOINE Damien** (L.E.H.F.)

**BEDELL Jean-Philippe** (L.S.E.)

**BLAKE Gérard** (L.O.C.I.E.)

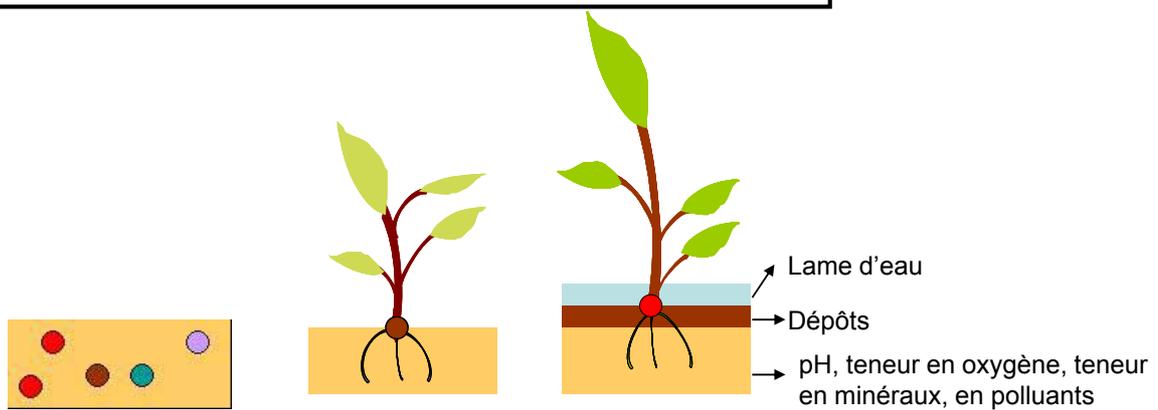
**DELOLME Cécile** (L.S.E.)

Collaboration photos aériennes : Saleri R. et Lequay H. labo MAP-ARIA ENSA Lyon

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Contexte

Les bassins d'infiltration, des écosystèmes à part entière



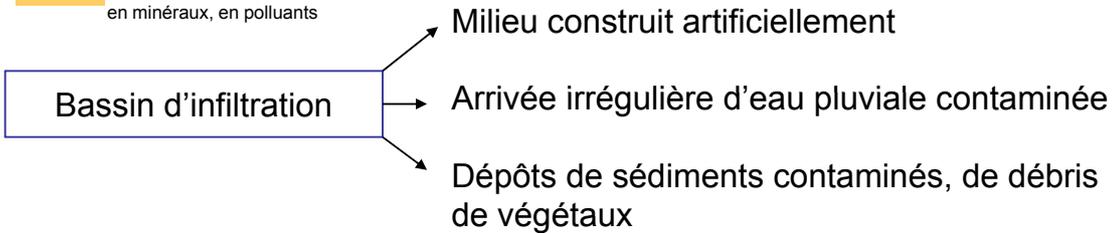
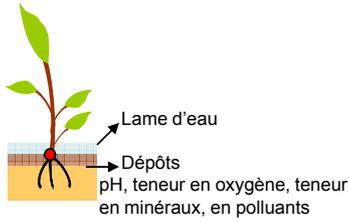
Des milliers de graines dans le sol

Levée de dormance pour certaines graines  
Croissance plus ou moins abondante des espèces

Plantes bio-indicatrices de leur milieu de croissance

## Contexte

Les bassins d'infiltration, des écosystèmes  
à part entière



### Question

**En quoi la végétation colonisant naturellement un bassin d'infiltration est elle bio-indicatrice de ce milieu?  
Comment s'adapte-t-elle à ce milieu?**

## Méthode

Présentation du site d'étude

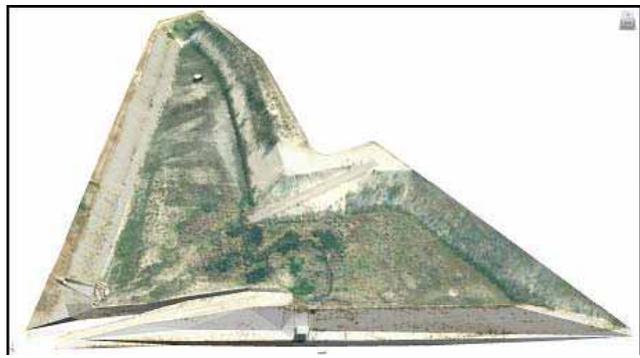


Bassin d'infiltration des eaux pluviales dans la région lyonnaise

Map Aria\_LSE/ENSAL



Map Aria\_LSE/ENSAL



**Bassin situé en zone industrielle**  
**Surface du BV = 185 ha**  
**Date de construction : 1975**

**Surface du bassin = 8000 m<sup>2</sup>**  
**Sol originaire d'alluvions fluvio-glaciaires**  
**Colonisation naturelle du bassin**

Comment étudier la végétation colonisant naturellement un bassin ?



1. Détermination des principales zones constituant le bassin

→ En s'appuyant sur les hétérogénéités spatiales du bassin



Utilisation d'un hélicoptère télécommandé



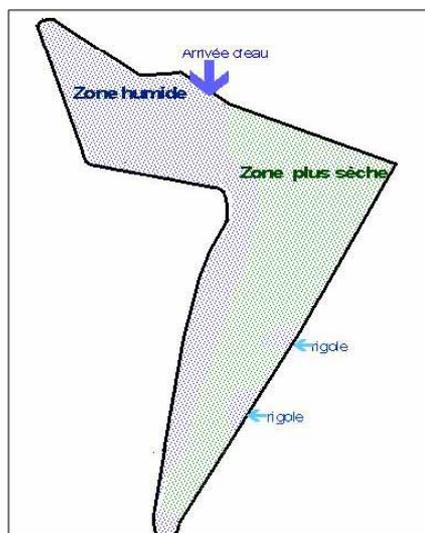
Choix à partir de photos aériennes et de visites *in situ*

Comment étudier la végétation colonisant naturellement un bassin ?



1. Détermination des principales zones constituant le bassin

→ En s'appuyant sur les hétérogénéités spatiales du bassin



Choix à partir de photos aériennes et de visites *in situ*

## Comment étudier la végétation colonisant naturellement un bassin ?



1. Détermination des principales zones constituant le bassin

### 2. Inventaire floristique de chacune des zones

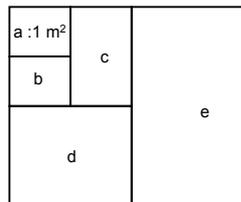
Quadrat de 1m<sup>2</sup>



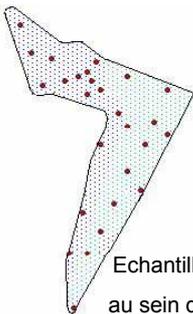
M.Saulais

#### Choix aléatoire des quadrats

- Détermination de l'ensemble des espèces du quadrat
- Doublement de la surface du quadrat jusqu'à l'aire minimale

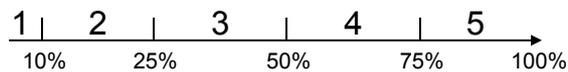


Plus de nouvelle espèce recensée



Echantillonnage au sein du bassin

→ Détermination du recouvrement et de l'abondance de chaque espèce



## Résultats

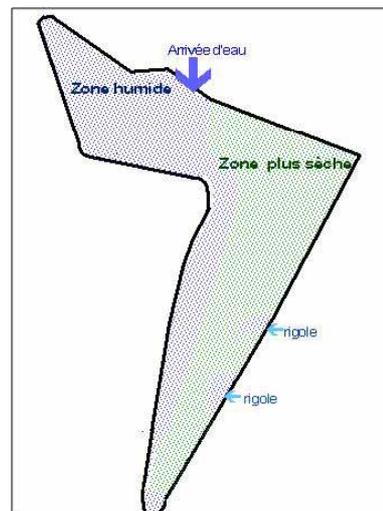


### Principales caractéristiques des zones

#### Caractéristiques de la zone humide

70% > Teneur en eau > 40%

- Dépôts de 10 cm de hauteur
- Absence de cailloux en surface
- Pas de débris apparents



#### Caractéristiques de la zone plus sèche

44% > Teneur en eau > 10%

- Présence de nombreux débris de végétaux, cailloux, mousse
- Peu de sédiments
- Sédiments entremêlés aux cailloux

## Zone sèche : description générale de la végétation



Map Aria\_LSE/ENSAL

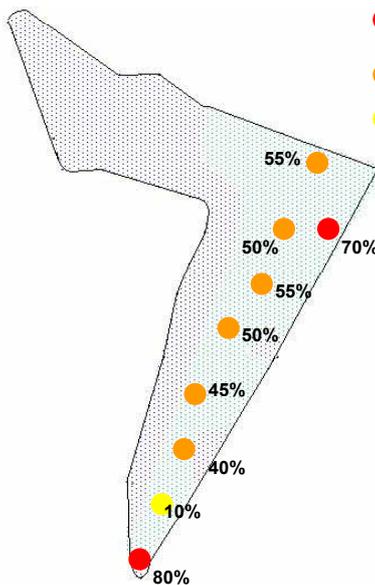


50/60% de végétation

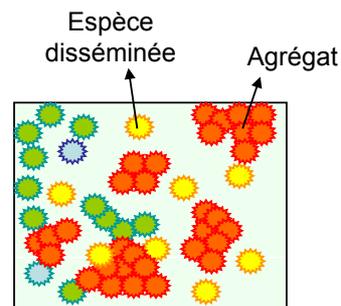
Map Aria\_LSE/ENSAL



10/15% de végétation



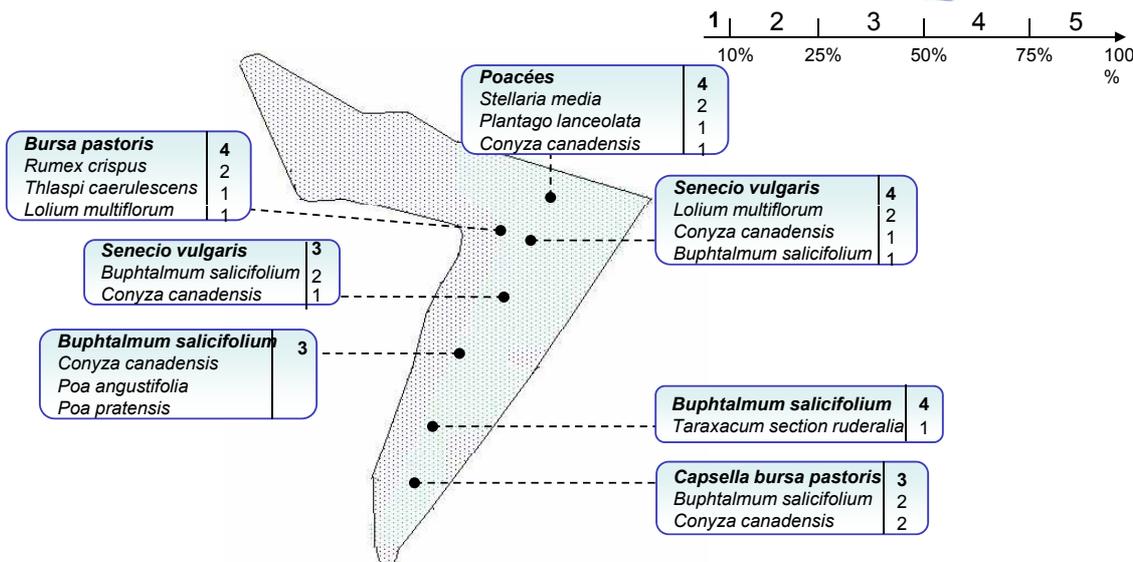
- Plus de 60% de végétation
- Entre 40 et 60% de végétation
- Moins de 40% de végétation



Distribution de la végétation  
• Organisation dite «éparse»

% de végétation sur l'aire minimale

## Zone sèche : espèces dominantes



7 autres espèces présentes dans l'ensemble des quadrats de la zone sèche :

Artemisia vulgaris

Cardamine pratensis

Cirsium arvense

Daucus carota

Medicago lupulina

Sonchus arvensis

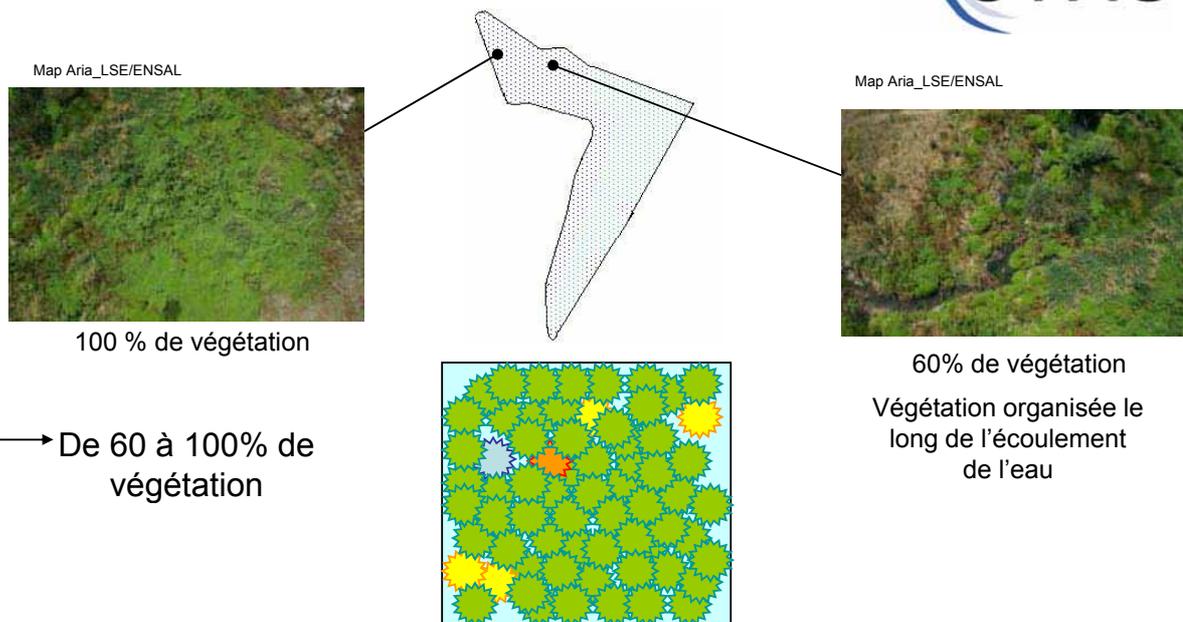
Plantago lanceolata

## Zone sèche : diagnostic du sol

Espèce	Biotope 1 <sup>aire</sup>		Paramètres			
	Espèce Nom français	Vallées alluviales	Erosion Manque de couverture des sols	Substrat alcalin	Richesse en matière organique	Forts contrastes Hydriques (risque d'asphyxie)
<i>Conyza canadensis</i>	Vergerette du Canada	★		★		
<i>Capsella bursa pastoris</i>	Bourse à pasteur	★	★	★		★
<i>Senecio vulgaris</i>	Séneçon vulgaire	★	★	★	★	★
<i>Taraxacum section ruderalia</i>	Pissenlit	★			★	
<i>Poa pratensis</i>	Pâturin printanier	★		★		★
<i>Artemisia vulgaris</i>	Armoise vulgaire	★	★		★	★
<i>Cirsium arvense</i>	Chardon	★		★	★	
<i>Daucus carota</i>	Carotte sauvage	★		★	★	★
<i>Medicago lupulina</i>	Luzerne	★		★		★
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantain lancéolé	★			★	★
<i>Sonchus arvensis</i>	Laiteron	★		★	★	★

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Zone humide : description générale de la végétation

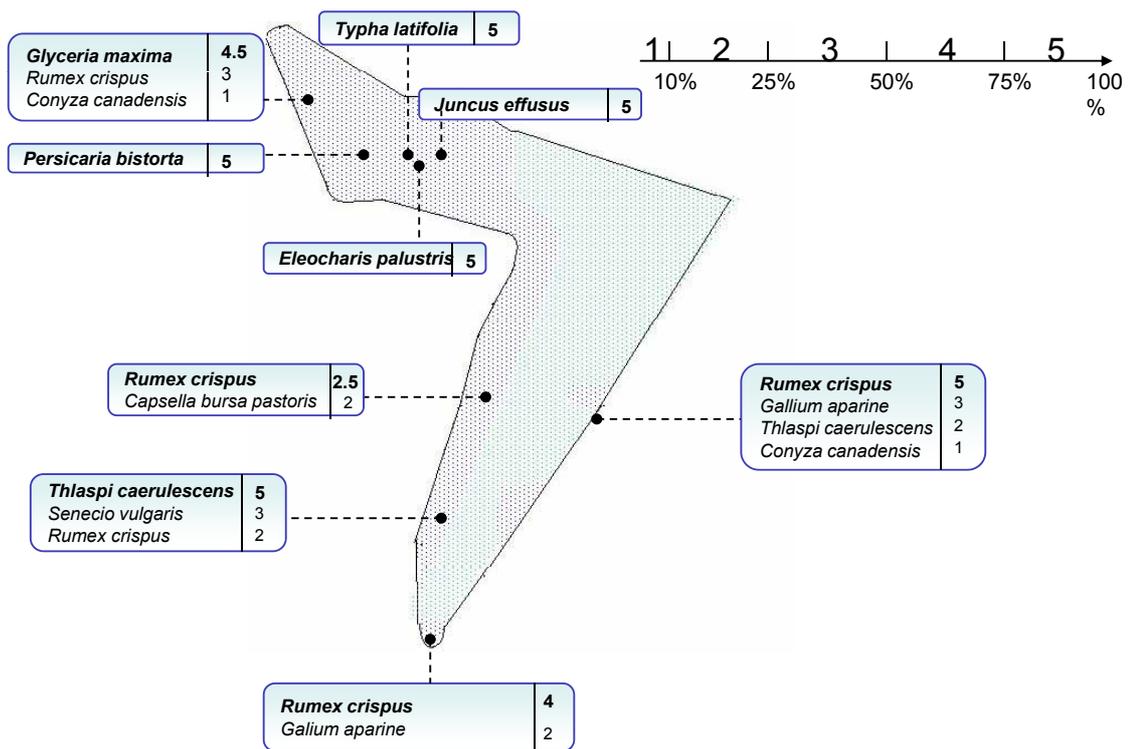


### Distribution de la végétation

- Organisation en « patches »

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

Zone humide : espèces dominantes

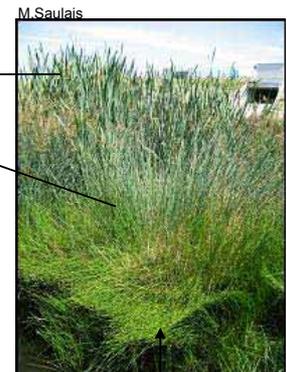


3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

Zone humide : espèces dominantes



*Glyceria maxima*

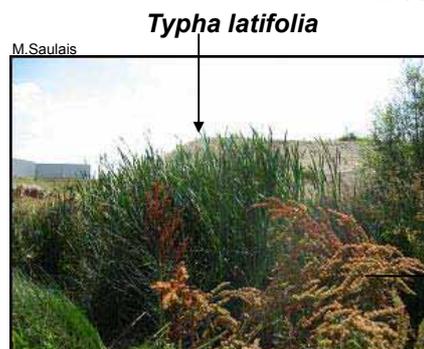


*Eleocharis palustris*

*Typha latifolia*  
*Juncus effusus*



*Thlaspi caerulescens*



*Typha latifolia*

*Rumex crispus*

Photos prises été 2008

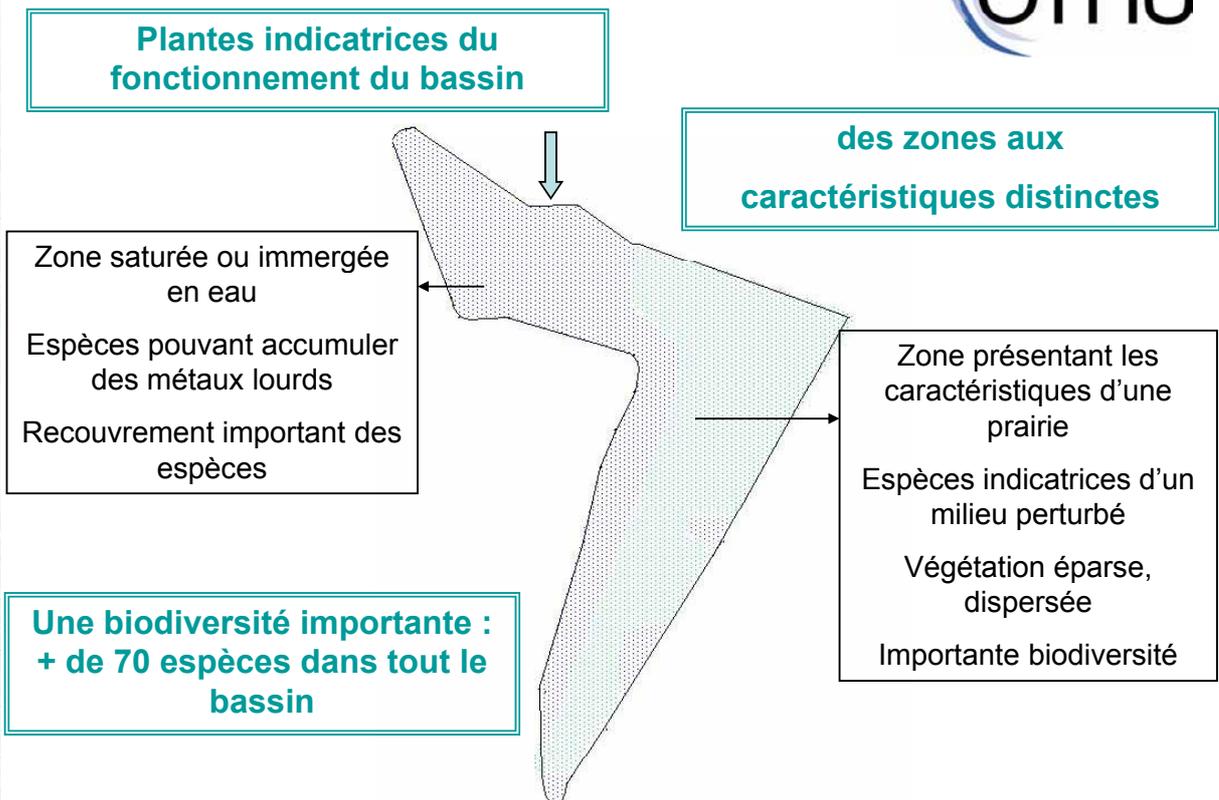
3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

Zone humide : diagnostic du sol



		Biotope 1 <sup>aire</sup>			Paramètres			
Espèce	Espèce Nom français	Vases et limons des bras morts des grandes vallées alluviales	Berge des étangs	Sites miniers	Substrat alcalin	Engorgement en matière organique	Zone inondée	Accumulation de métaux lourds
<i>Panicum bistorta</i>	Bistorte		★				★	★
<i>Typha latifolia</i>	Massette		★				★	★
<i>Glyceria maxima</i>	Glycérie aquatique		★				★	★
<i>Rumex crispus</i>	Patience à feuilles obtuses	★			★	★	★	
<i>Juncus effusus</i>	Jonc épars		★			★	★	★
<i>Eleocharis palustris</i>	Souchet des marais		★				★	★
<i>Thlaspi caerulescens</i>	Tabouret alpestre			★				★

diagnostic général du bassin

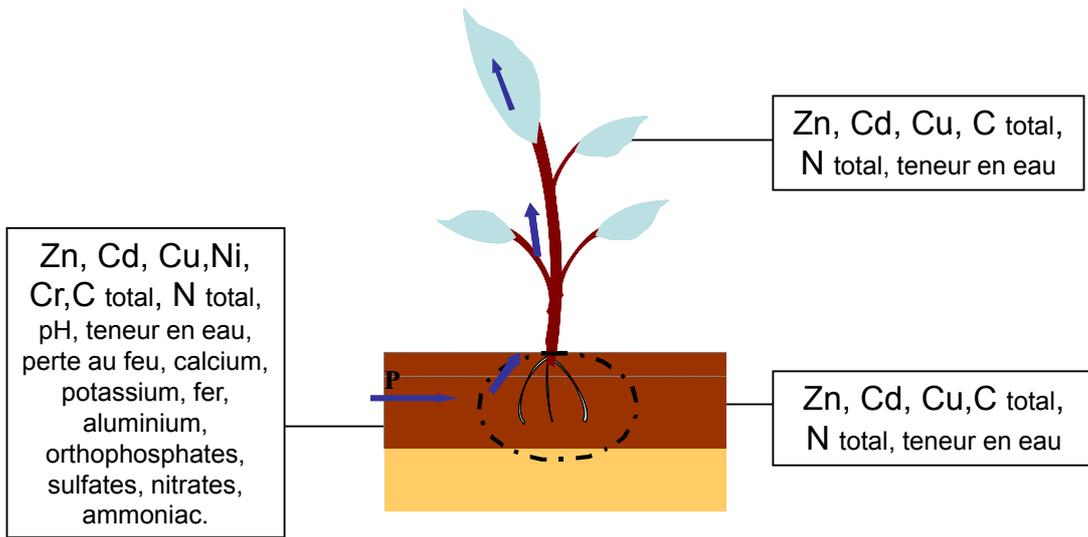


PERSPECTIVES à la suite de l'inventaire

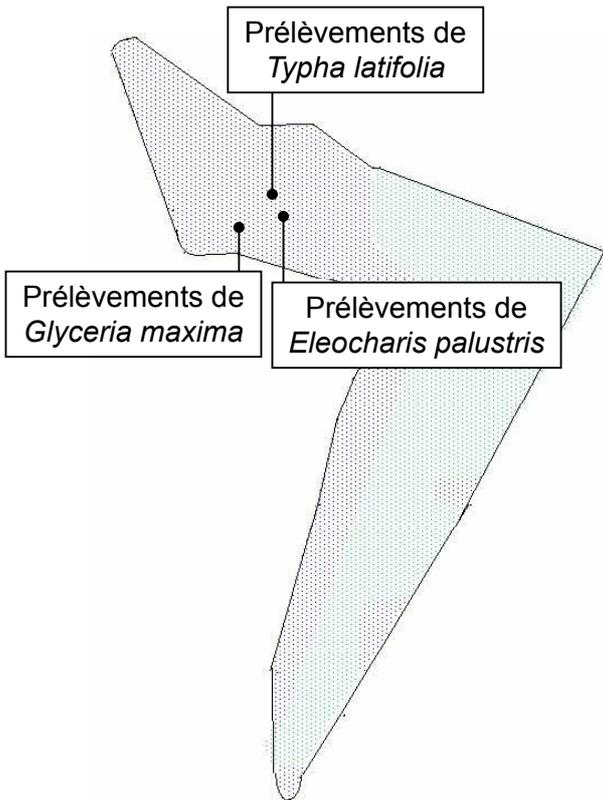


A. INVENTAIRE FLORISTIQUE

B. CARACTERISATION ET SUIVI DE 3 ESPECES DE LA ZONE HUMIDE A L'ECHELLE D'UNE SAISON



CHOIX DES ESPECES\_Approche multi-critères



Espèces aux caractéristiques contrastées

- 3 familles différentes
- Système racinaires différents

Espèces présentes sur une longue durée

Facilité d'échantillonnage

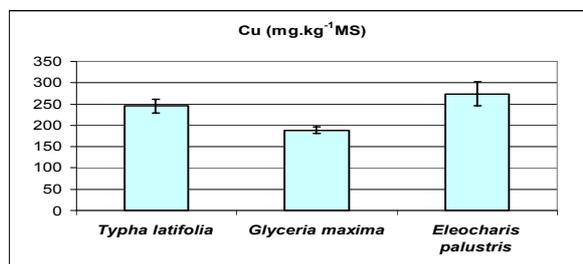
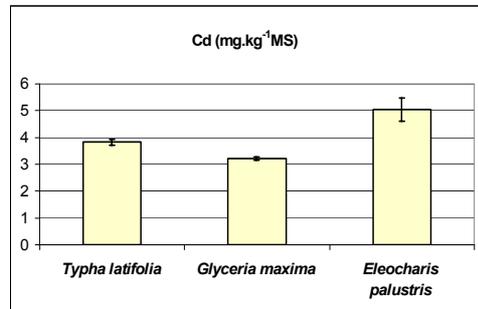
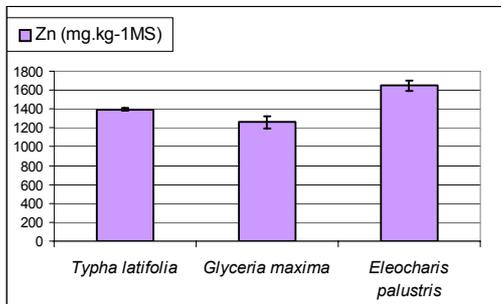
- ↳ Espèce dominante dans le quadrat voire exclusive, organisation en patches

Connaissances bibliographiques

## Premiers résultats d'analyses de sédiments



		pH	Teneur en eau	Perte au feu % MS	Conductivité (mV)	Al total (mg/kg DW)	Fe total (mg/kg DW)
<i>Typha latifolia</i>	Moyenne	7,5	62,87	18,89	324.33	11290.33	18309.33
	Ecart-type	0,09	1,35	0,13	27.3	533.88	566.23
<i>Glyceria maxima</i>	Moyenne	7,58	60,43	19,51	255.67	10531.00	17378.33
	Ecart-type	0,12	0,7	0,45	29.16	770.2	210.15
<i>Eleocharis palustris</i>	Moyenne	7,53	56,5	19,32	430.67	11994.00	17709.33
	Ecart-type	0,03	0,7	0,25	14.84	526.94	448.65

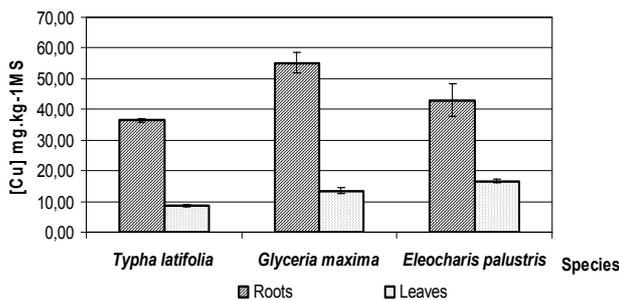


3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

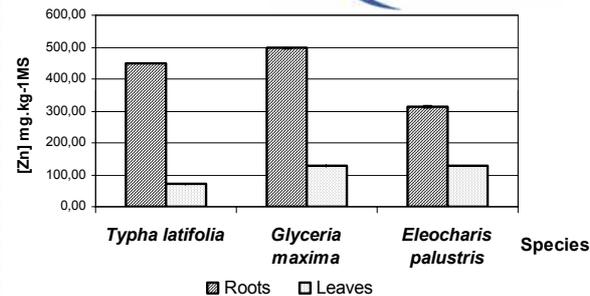
## SUIVI DES ESPECES\_premiers résultats



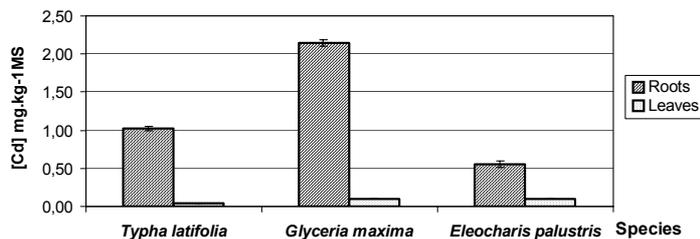
Prélèvements de juin



Accumulation du cuivre



Accumulation du zinc



Accumulation du cadmium

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

- Analyse des résultats de prélèvements
- Poursuite des prélèvements à différents moments de l'année : fin de l'été, décembre 2008
- Comparaison avec d'autres bassins aux fonctionnements différents (inventaire + prélèvements)

**MERCI**  
à toute l'équipe technique  
du L.S.E.  
Et aux membres du  
laboratoire Map Aria de  
l'ENSAL



## **Etude expérimentale, modélisation de la décantation des eaux pluviales dans un ouvrage réel de grande taille**

---

Gislain LIPEME-KOUYI, INSA de Lyon - LGCIE



## Expérimentations et modélisations de l'hydrodynamique et du transport solide dans un bassin de retenue-décantation de grande taille

Andrès Torres – Université de Bogota

Gislain Lipeme Kouyi – LGCIE

Jean-Luc Bertrand-Krajewski – LGCIE

Sylvie Barraud – LGCIE

André Paquier – Cemagref Lyon

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

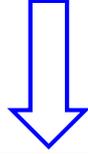
## Plan de la présentation

- Introduction
- Site expérimental
- Résultats expérimentaux
- Résultats des simulations
- Conclusions
- Perspectives

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Introduction

- Ouvrage réduisant les risques d'inondation
- Polluants présents sous forme particulaire



**Bassins de  
retenue utilisés  
comme ouvrage  
de retenue-  
décantation**

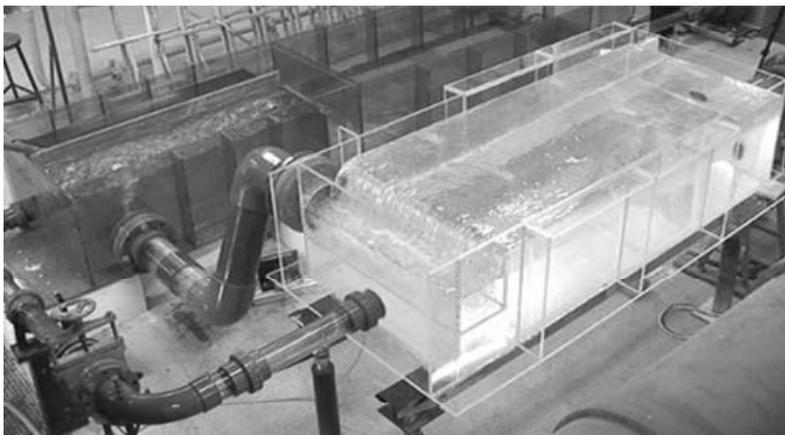


Bassin «Django Reinhardt» à Chassieu en 2005

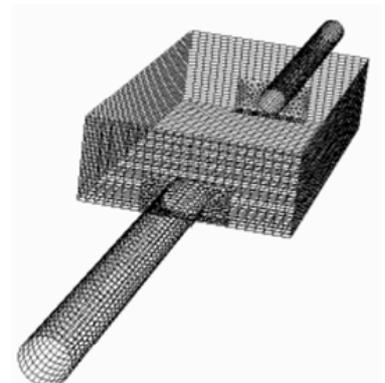
- Processus de décantation ?

## Introduction

- Expérimentations sur maquettes en laboratoire
  - géométries simples
  - conditions contrôlées
  - matériaux synthétiques
  - modélisations numériques 3D



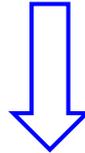
Dufresne *et al.*, 2006; Adamsson *et al.*, 2003



# Introduction

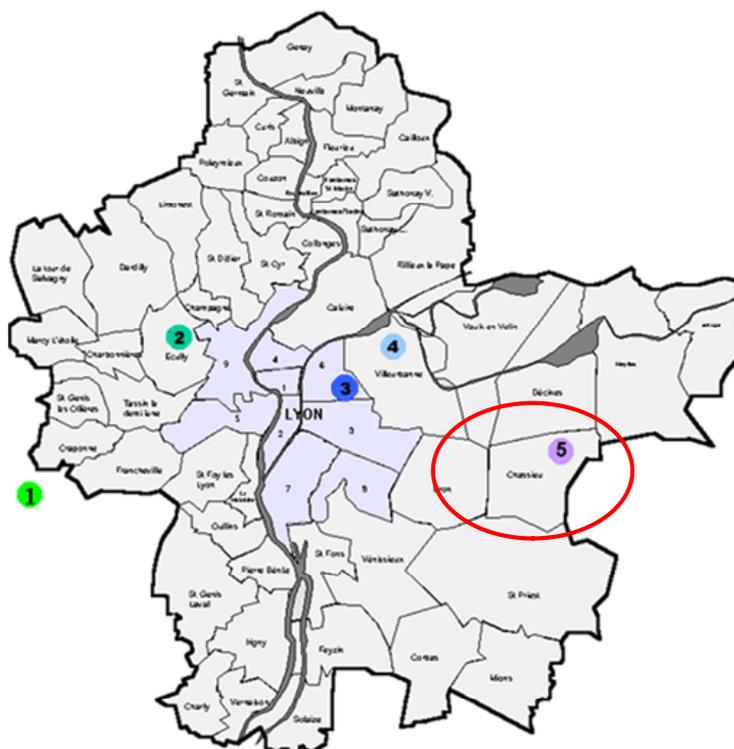


- Résultats difficilement transposables aux bassins réels
  - complexité des géométries
  - variabilité des sollicitations
  - hétérogénéité des caractéristiques des paraticules



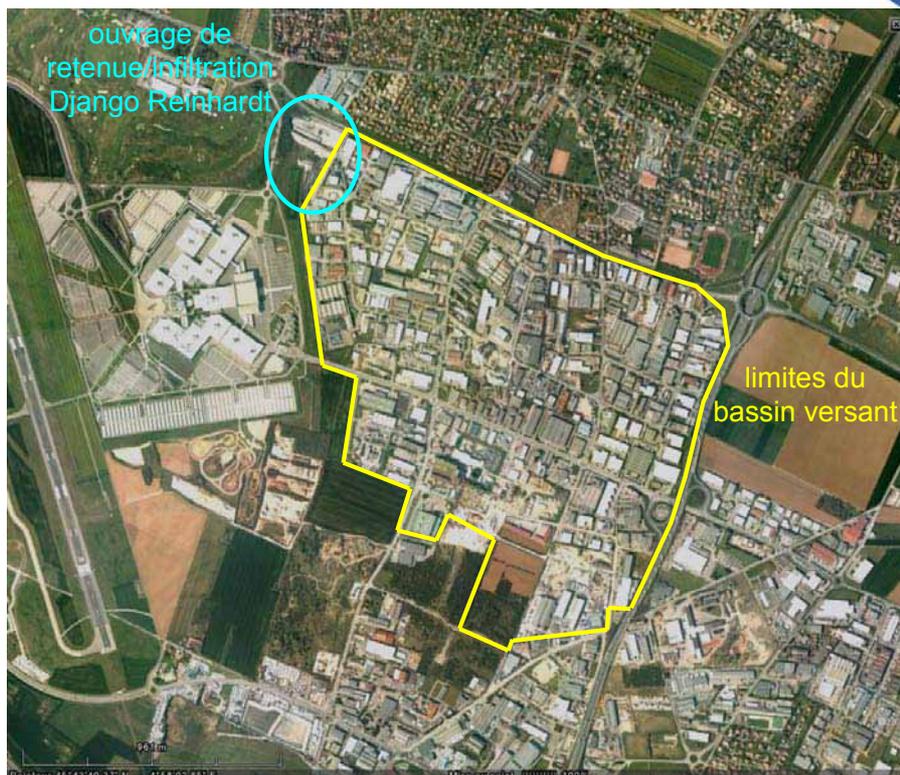
**Suivi expérimental et modélisation  
d'un ouvrage réel de retenue-  
décantation de grande taille**

# Site expérimental



- 1 Grézieu la Varenne
- 2 Ecully
- 3 Lyon Centre
- 4 IUT - la Doua
- 5 Chassieu Django Reinhardt

## Site expérimental

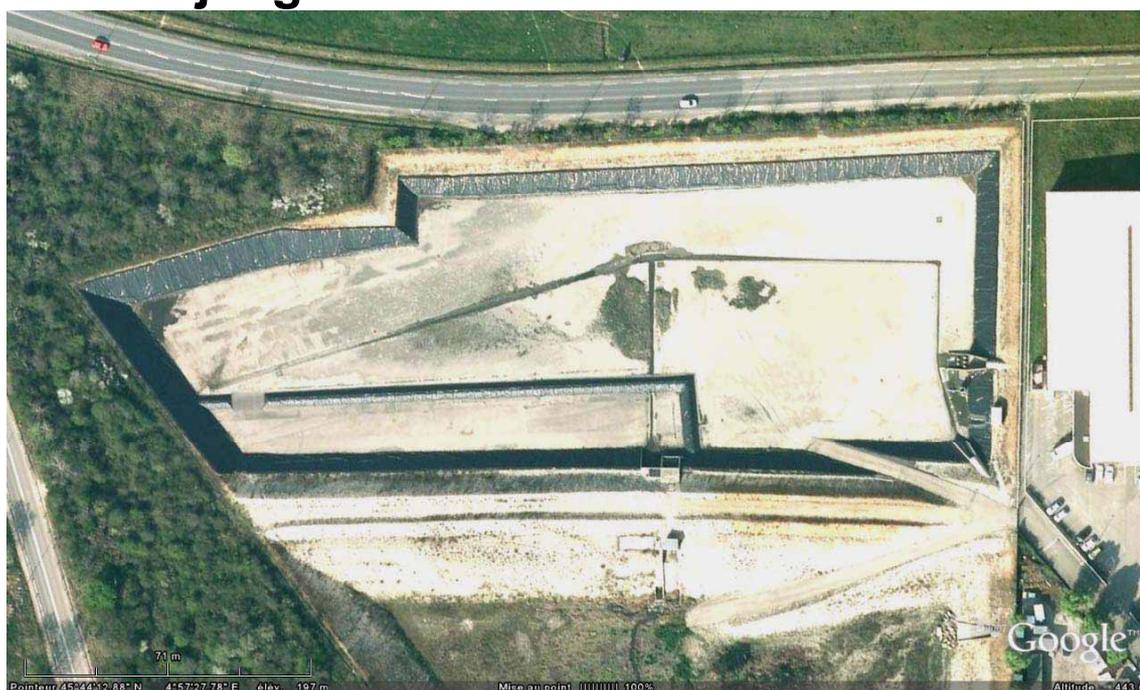


3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Site expérimental



### BRD «Django Reinhardt»



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

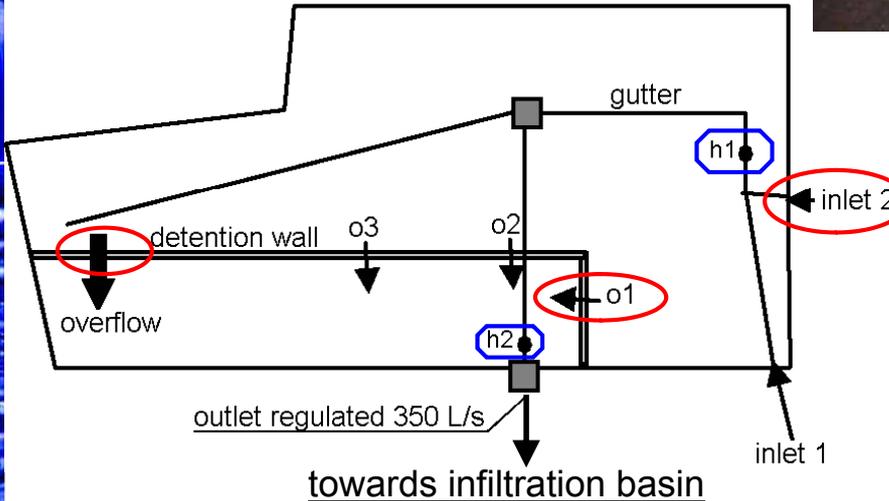
# Site expérimental



Résultats de recherche et données acquises



Bottom area : 1.1 ha  
Volume : 32 000 m<sup>3</sup>

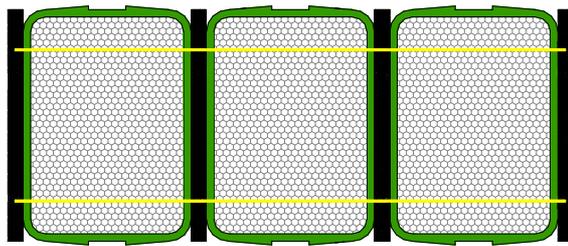
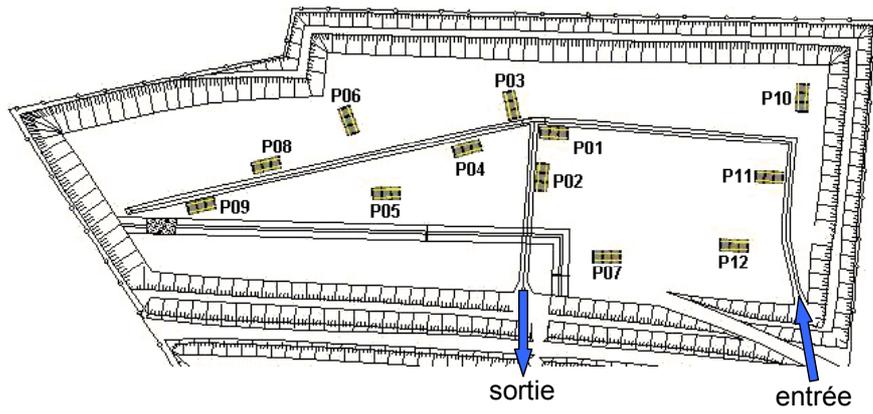


3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 déc

# Site expérimental



Résultats de recherche et données acquises



12 pièges à sédiments



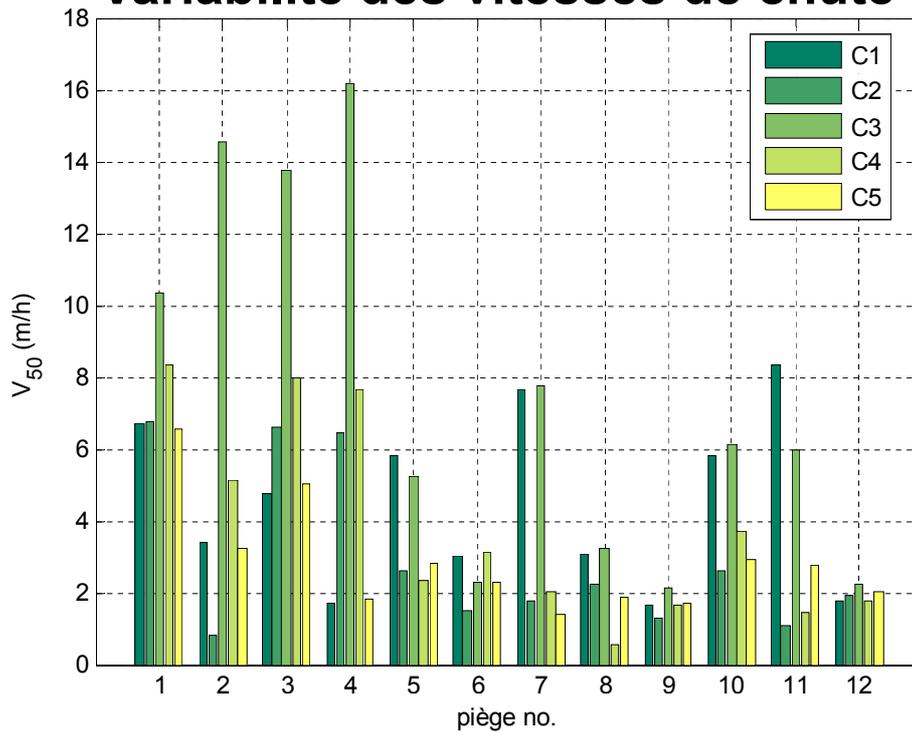
3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats expérimentaux



Résultats de recherche et données acquises

## Variabilité des vitesses de chute



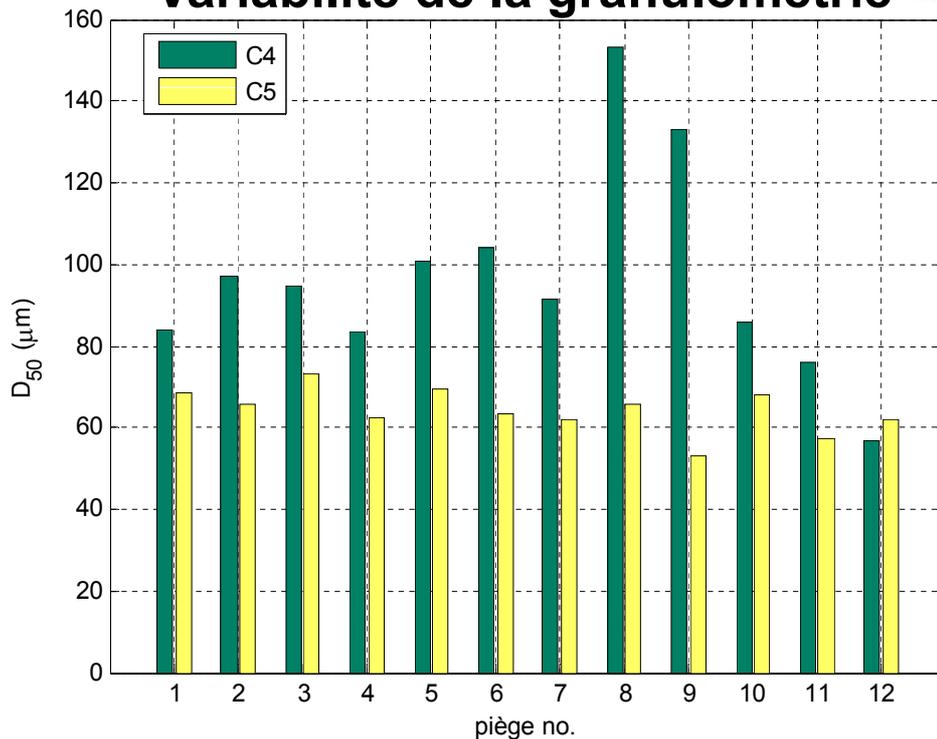
3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats expérimentaux



Résultats de recherche et données acquises

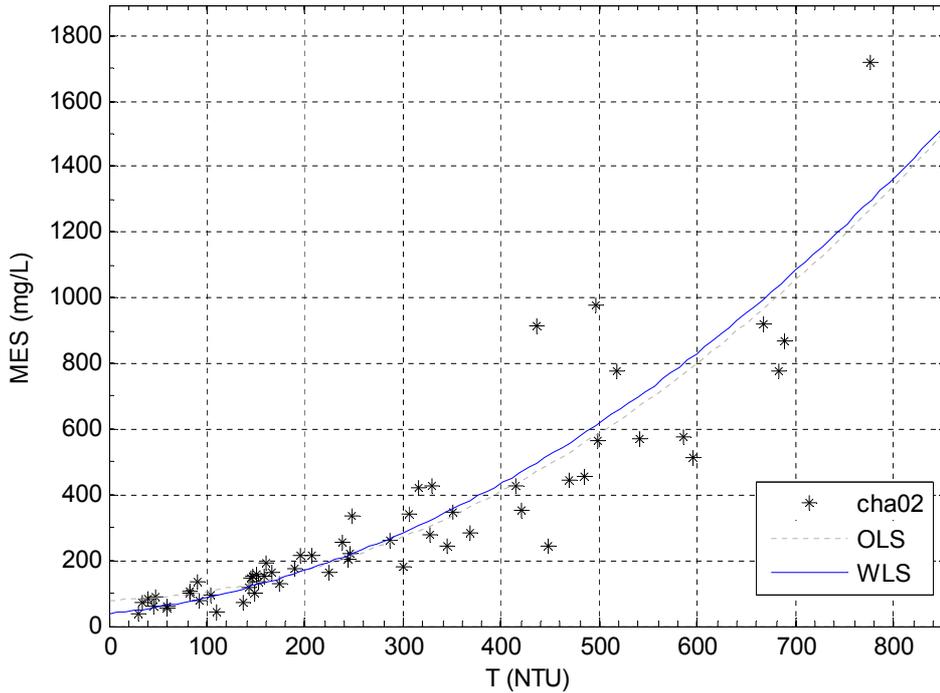
## Variabilité de la granulométrie



3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

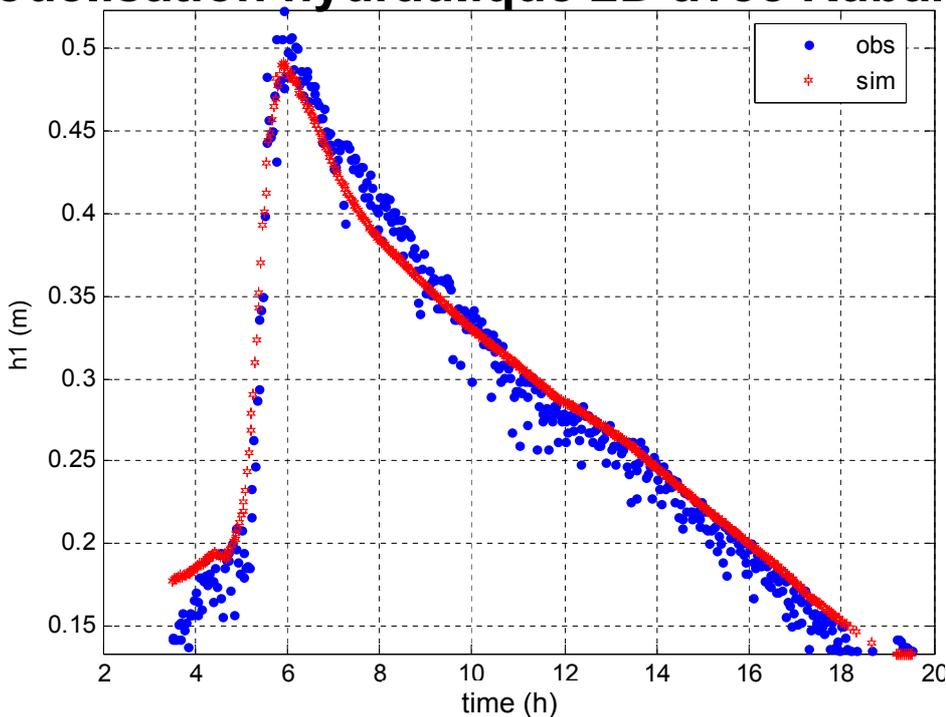
## Relation [MES] - Turbidité

$$MES = 37.3857 + 0.33112 T + 0.0016614 T^2$$



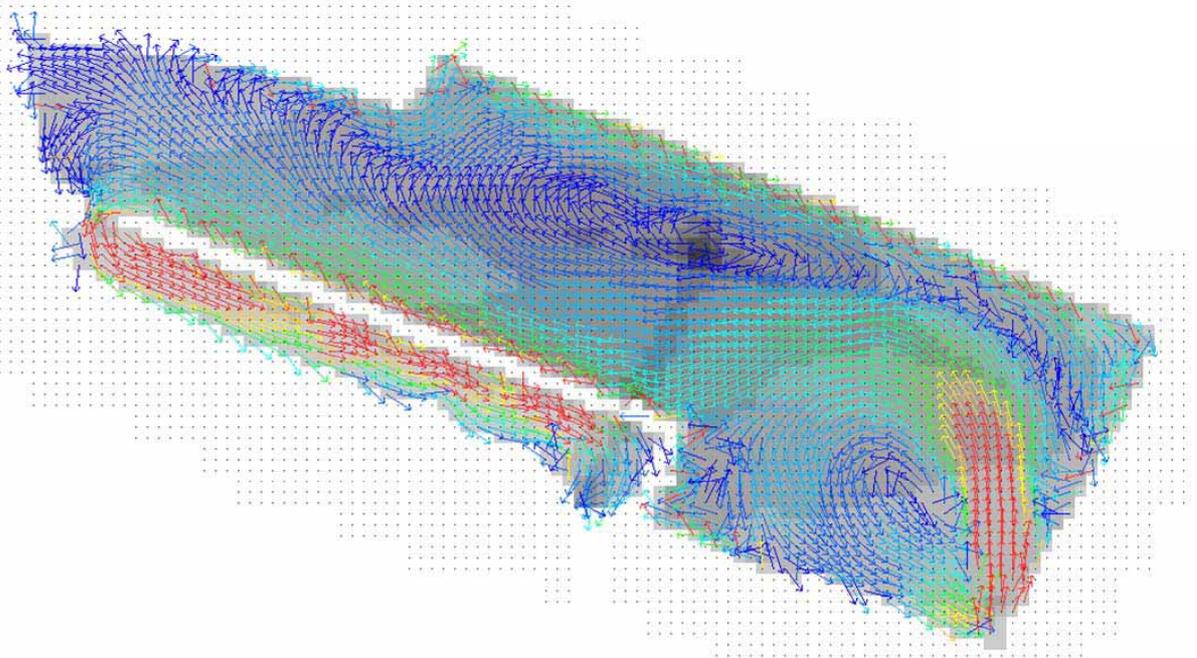
Résultats de recherche et données acquises

## Modélisation hydraulique 2D avec Rubar20



Résultats de recherche et données acquises

## Champ de vitesse 2D obtenu avec Rubar20



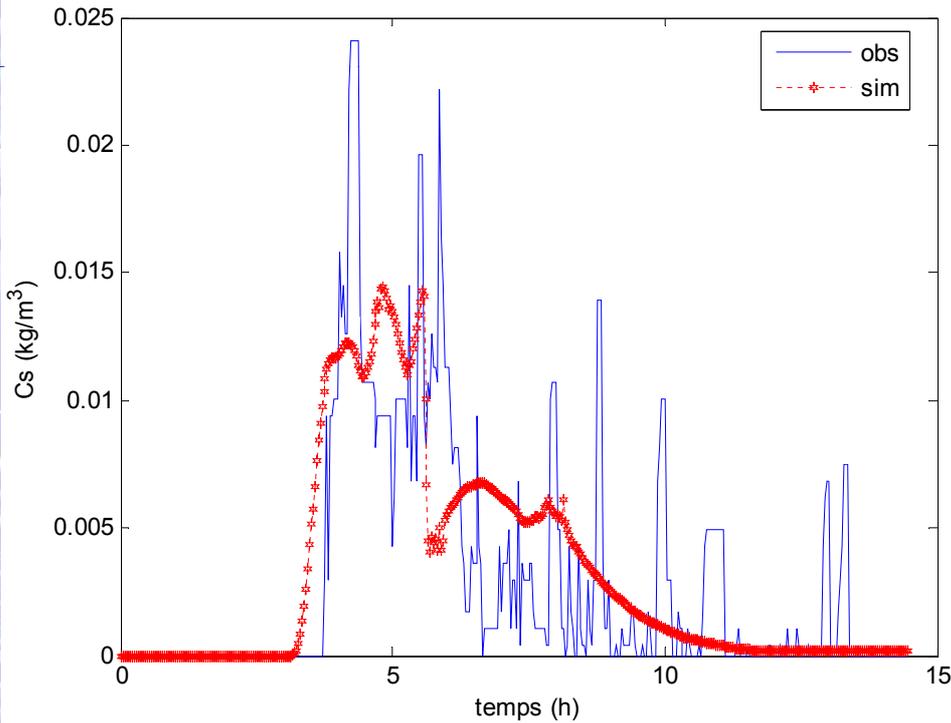
3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Efficacités et concentrations de sortie

Evénement	$Eff_{obs}$	$Eff_{sim}$	$\Delta_{eff}$
20060627	94 %	90 %	4 %
20060706	94 %	84 %	10 %
20060829	94 %	93 %	1 %
20060915	93 %	85 %	8 %
20070123	79 %	96 %	-17 %

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Efficacités et concentrations de sortie

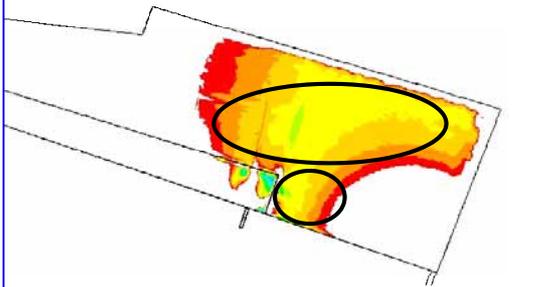


sim	$\Delta_{eff}$
%	4 %
%	10 %
%	1 %
%	8 %
%	-17 %

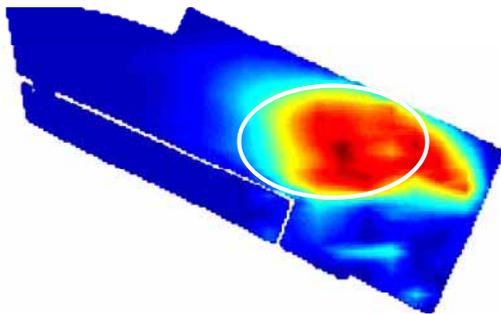
Résultats de recherche et données acquises

## Zônes de dépôt

1) Modélisation 3D Fluent



2) Modélisation 2D Rubar20



3) Observation *In situ*



Résultats de recherche et données acquises

## Conclusions : Métrologie



- Grande variabilité des caractéristiques
  - $V_{50}$  entre 0.5 et 16m/h et  $D_{50}$  entre 53 et 153  $\mu\text{m}$
- Méthode spécifique d'estimation des MES à partir de la Turbidité

## Conclusions : Modélisations



- Capacité de Rubar20 à reproduire l'hydraulique
- Bonne prédiction des efficacités
- Forte similitude entre les zones de dépôt
- Concentrations de sortie: dynamique reproduite mais pas les valeurs

**Quantification de l'impact de l'urbanisation  
et des éléments anthropiques sur les flux d'eau et  
le régime hydrologique des bassins versants péri-urbains**

---

Isabelle BRAUD, Cemagref de Lyon – UR HH



# Quantification de l'impact de l'urbanisation et des éléments anthropiques sur les flux d'eau et le régime hydrologique des rivières péri-urbaines

## Méthodologie proposée dans le projet ANR AVuPUR

Présenté par I. Braud – Cemagref UR HHLY



3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Contexte

- Des questions posées par la société et les décideurs autour de **l'impact de l'urbanisation sur le régime hydrologique des rivières péri-urbaines** et sur la qualité écologique de leurs eaux
- Besoin **d'outils diagnostic et prédictifs** pour quantifier de tels impacts, sachant qu'on doit prendre en compte
  - Une variabilité importante des surfaces continentales et leur forte évolution (urbanisation, déprise agricole, etc..)
  - L'impact important d'éléments anthropiques ou naturels sur les écoulements d'eau (topographie, voirie, zones urbanisées, réseaux, etc..)
  - La diversité des processus hydrologiques et de leurs échelles caractéristiques (pluie, infiltration, évapotranspiration, ruissellement, écoulement en rivières et réseaux)

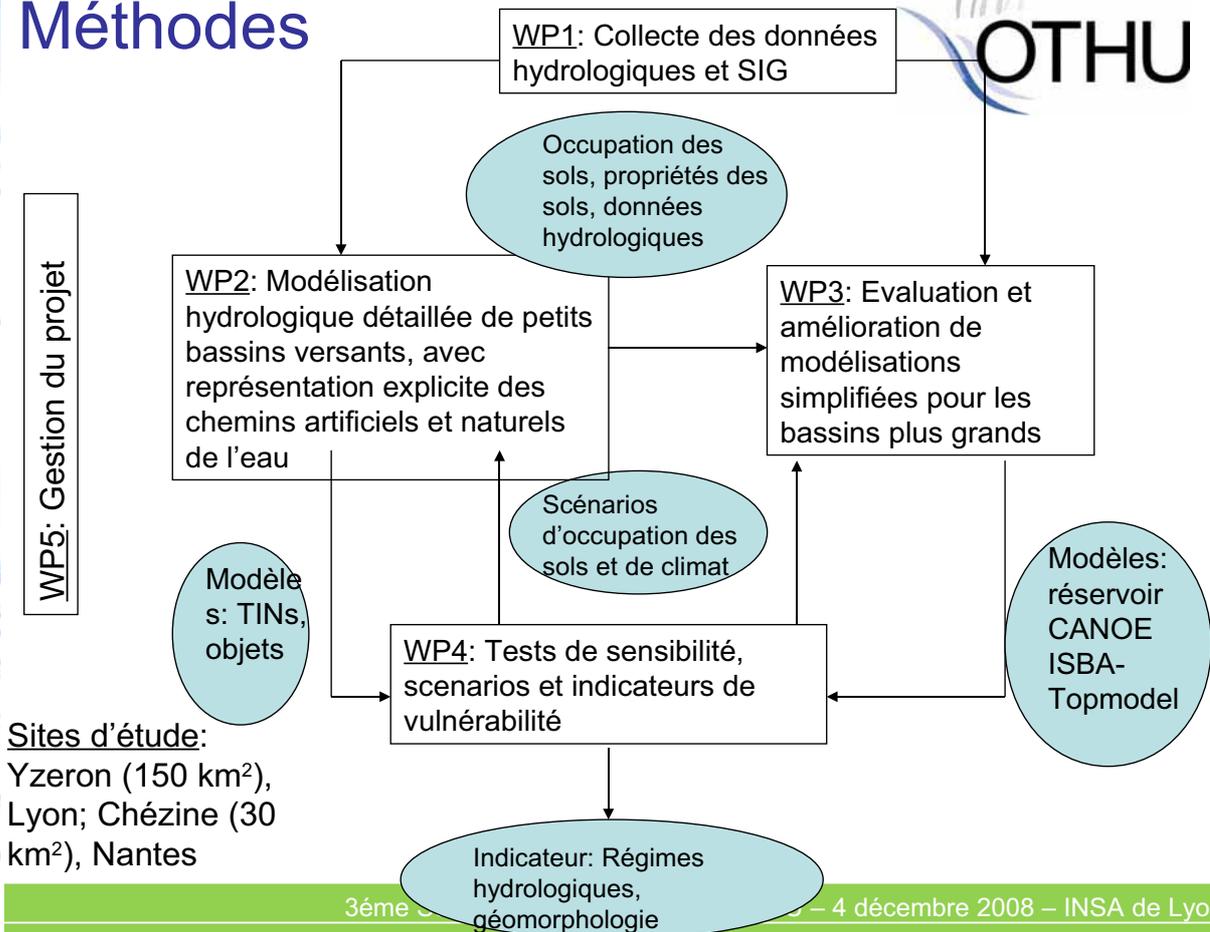
3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Objectifs



- Développer des **outils de modélisation** permettant de quantifier la modification des flux d'eau et des régimes hydrologiques liés aux éléments anthropiques (zones urbanisées, voirie, routes, chemins, réseaux d'assainissement) en s'appuyant sur des **dispositifs expérimentaux spécifiques** ou mis en place dans des **observatoires** et sur les **banques de données urbaines**

# Méthodes



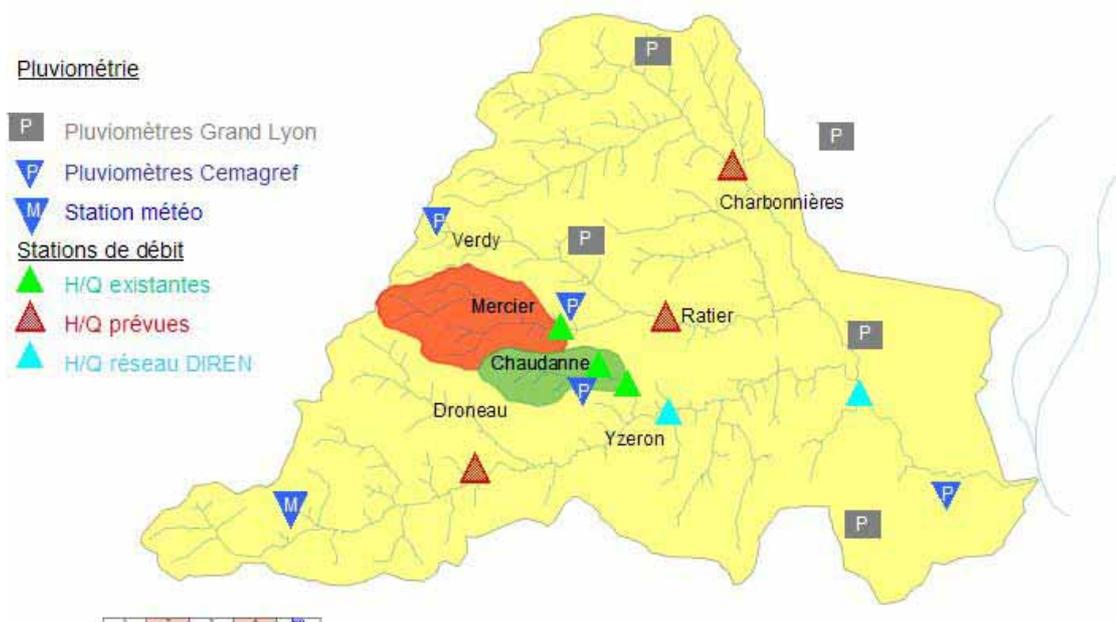
# Acquisition de données



- Documentation de la pluie et de sa variabilité spatio-temporelle (pluviographes, radar)
- Suivi des débits sur des bassins emboîtés avec des occupations des sols différentes
- Caractérisation des sols: prospection géophysique, essais d'infiltration
- Caractérisation de la réponse hydrologique à l'aide de capteurs de hauteur d'eau et d'imagerie lidar
- Caractérisation des conditions de mobilisation des sédiments (cf exposé L. Grosprêtre)
- Cartographie de l'occupation des sols et exploitation des banques de données urbaines

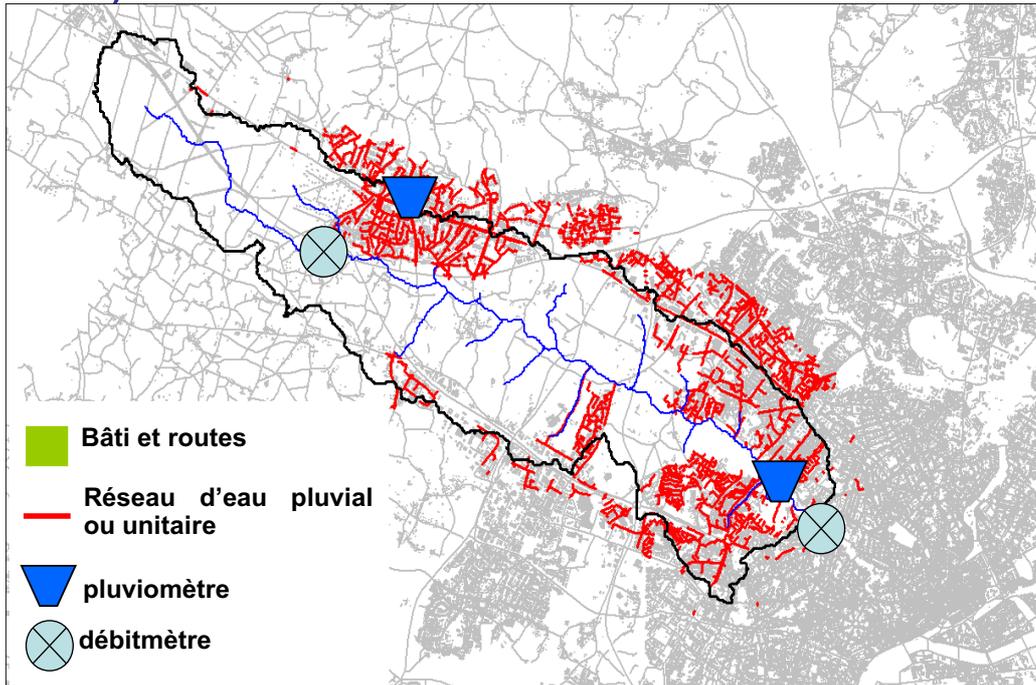
3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Bassin versant de l'Yzeron (150 km<sup>2</sup>)



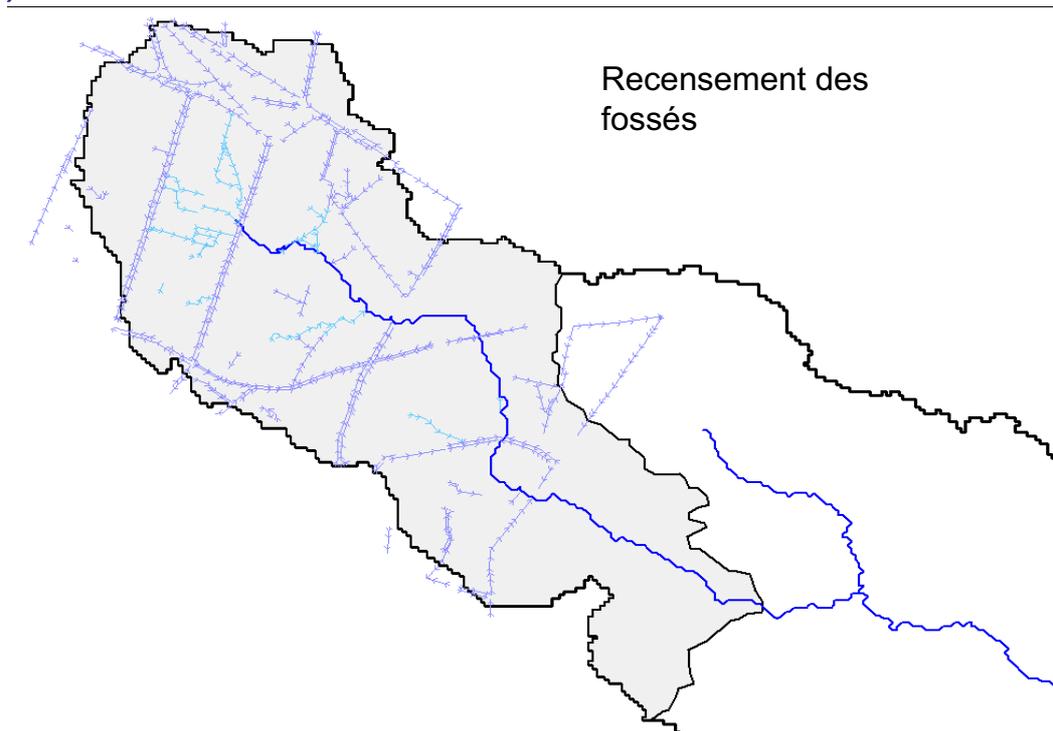
3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Bassin versant de la Chézine (34 km )



3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Bassin versant de la Chézine (34 km )



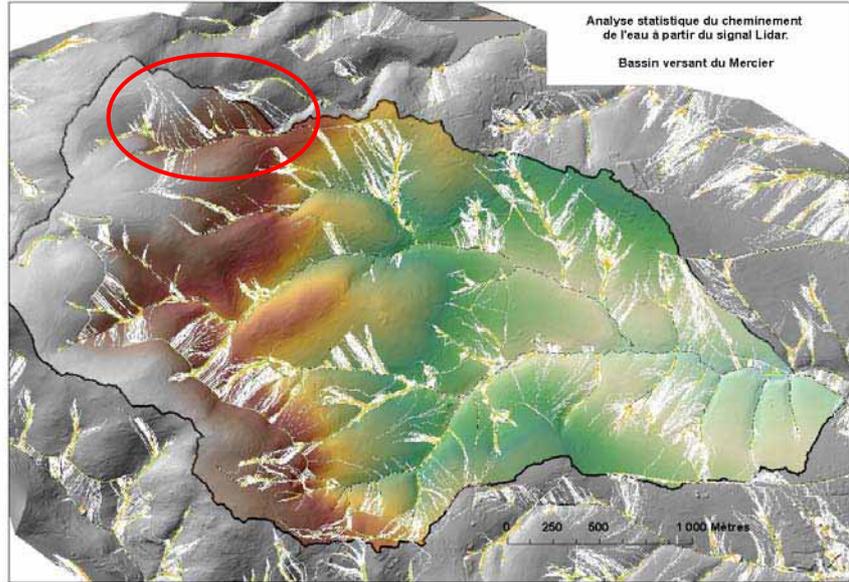
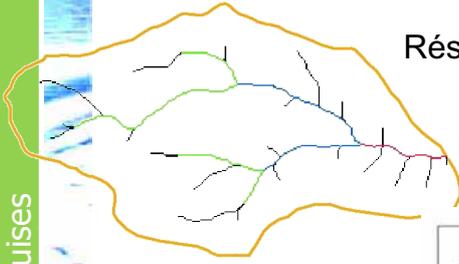
3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Apport du lidar + observation de terrain



Résultats de recherche et données acquises

Réseau MNT BD Topo

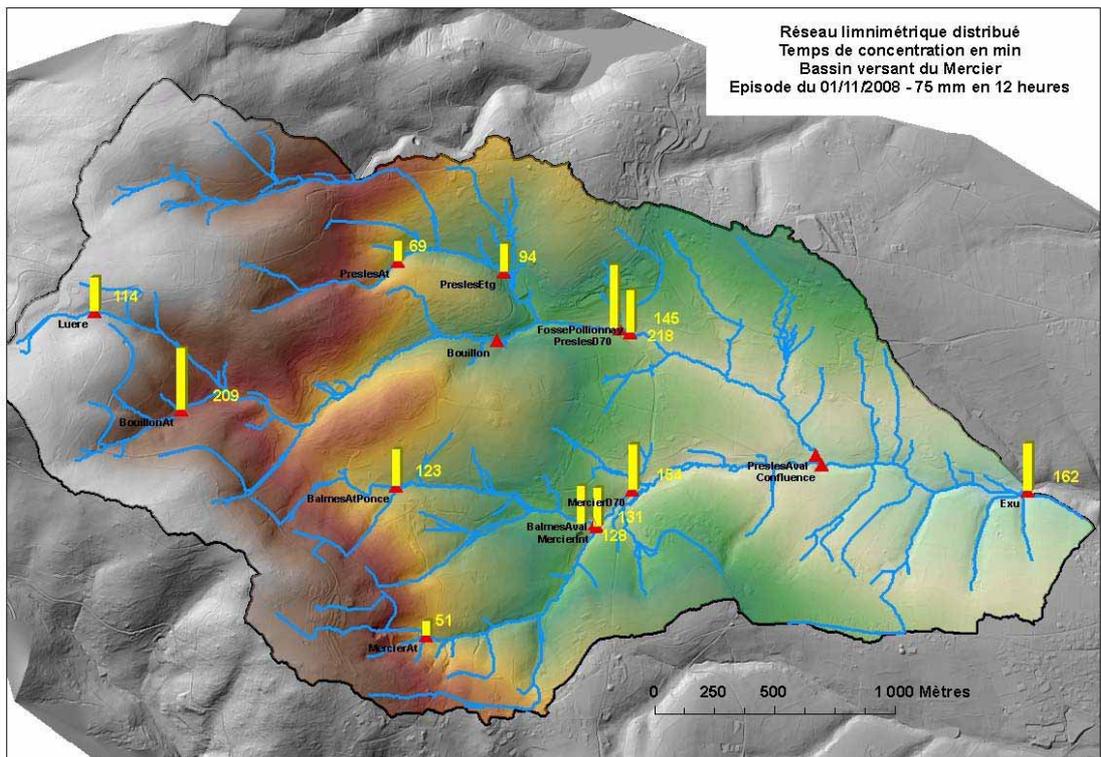


Réseau lidar + analyse des incertitudes sur l'altitude

# Apport du lidar + observation de terrain



données acquises



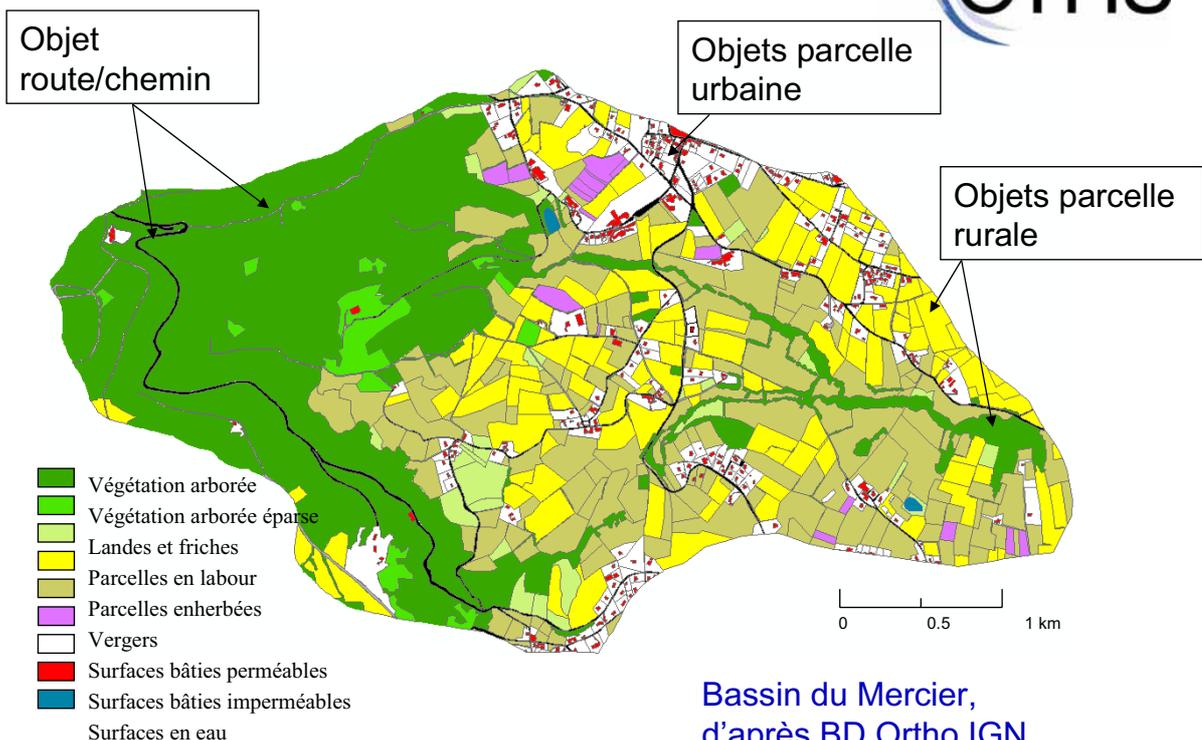


# Scénarios pluviométriques



- Les entrées du modèle doivent être en adéquation avec les échelles caractéristiques des phénomènes (500m à 1km, 6min)
- La variabilité spatiale et temporelle de la pluie est élevée
  - Utilisation de données radar (cf exposé de F. Renard)
  - Utilisation d'un simulateur de pluie conditionné par les observations (13 jeux de 8 ans à maille 500m et pas de temps horaire simulés). Modèle à base géostatistique dont les paramètres sont estimées à partir des données de pluviographes

# Cartes d'occupation des sols détaillées



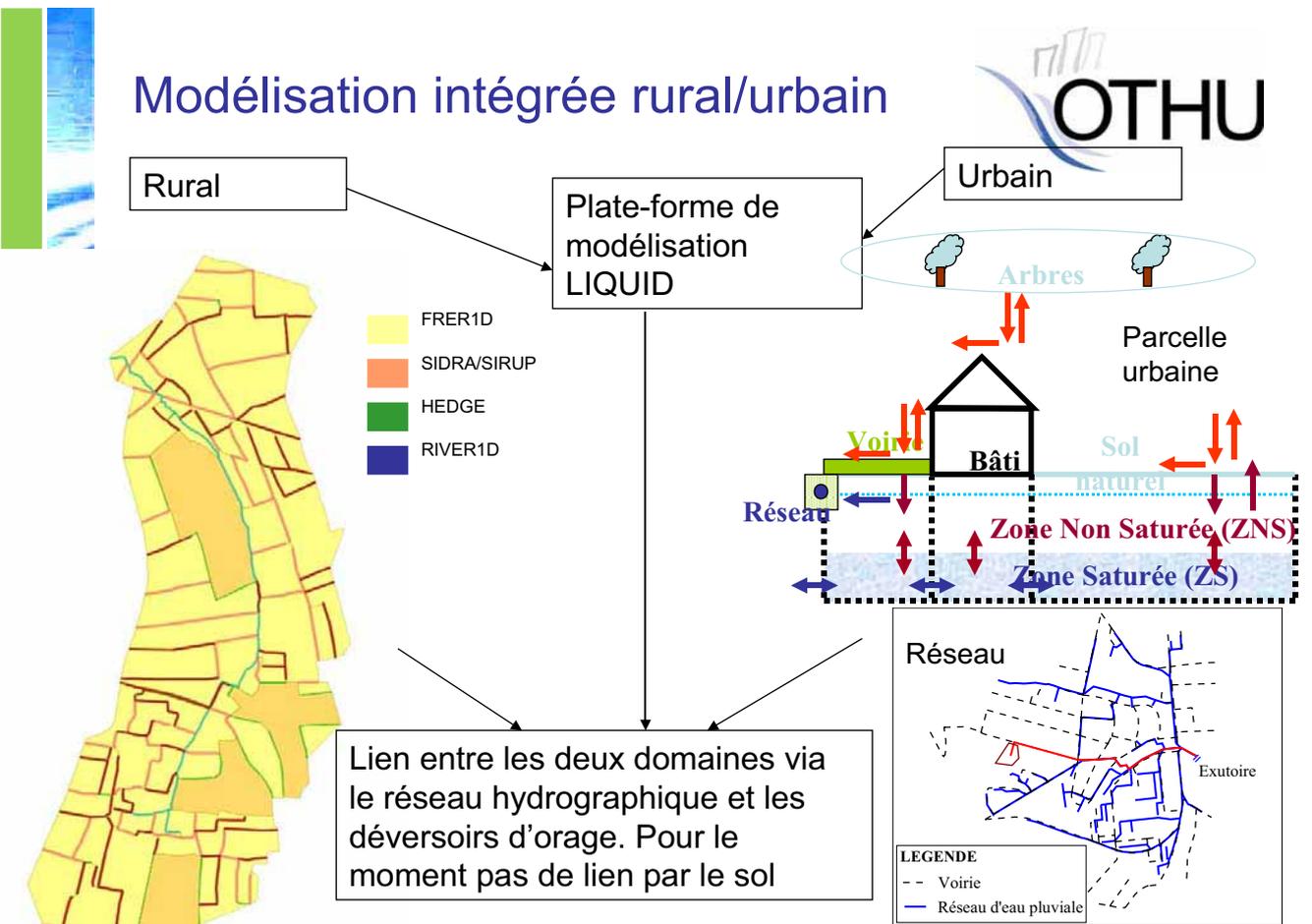
Bassin du Mercier,  
d'après BD Ortho IGN,  
2003

# Modélisation détaillée



- Description de l'espace à l'aide de réseaux de triangles irréguliers (TINs) (modélisation TANATO)
- Modélisation des écoulements liés à la topographie sur TINs (ruissellement de surface et dans le réseau, infiltration dans les sols) (modèle FIWER3)
- Description de l'espace à l'aide d'objets ruraux et urbains = tentative d'intégrer les savoir-faire des hydrologues de « la campagne » et de la « ville » (modélisation dans la plate-forme LIQUID)

# Modélisation intégrée rural/urbain



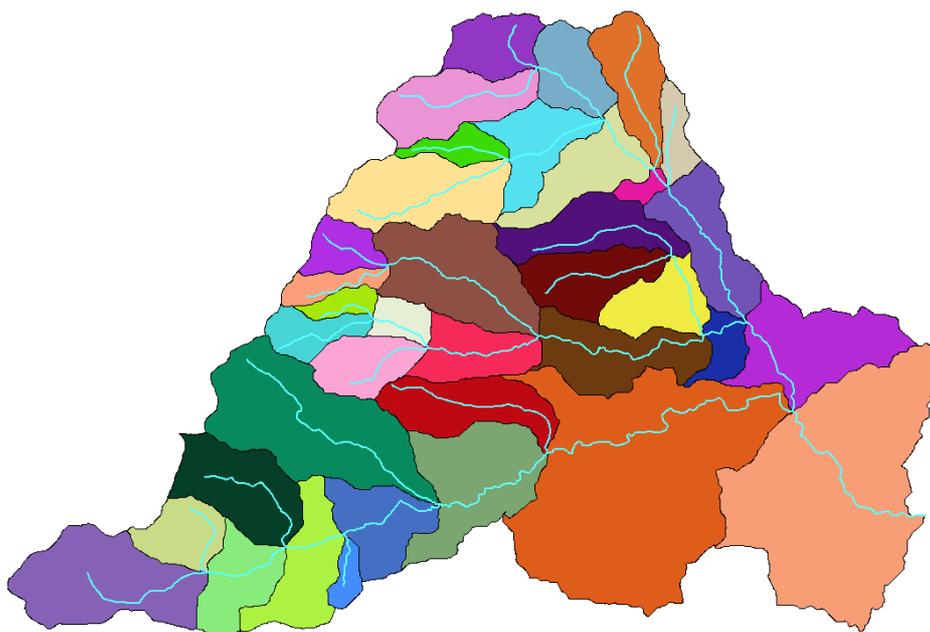
## Modélisation simplifiée



- Travailler sur le découpage de l'espace et l'identification d'objets pertinents pour l'hydrologie à ces échelles
- « Ruraliser » un modèle d'hydrologie urbaine (CANOE) par inclusion d'un module « zones rurales » à 3 réservoirs intégrant les écoulements de surface, de subsurface et souterrains
- « Urbanisation » d'un modèle rural: ISBA-Topmodel en donnant un fonctionnement spécifique aux mailles urbaines

3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

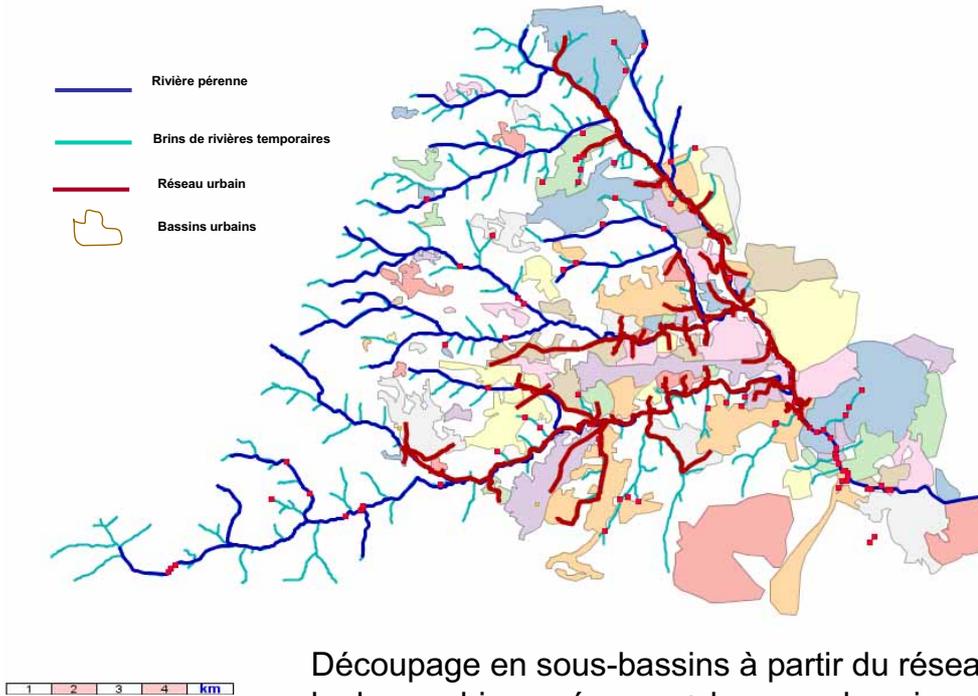
## Exploitation MNT + BD urbaine



Découpage en sous-bassins à partir du réseau hydrographique pérenne

3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

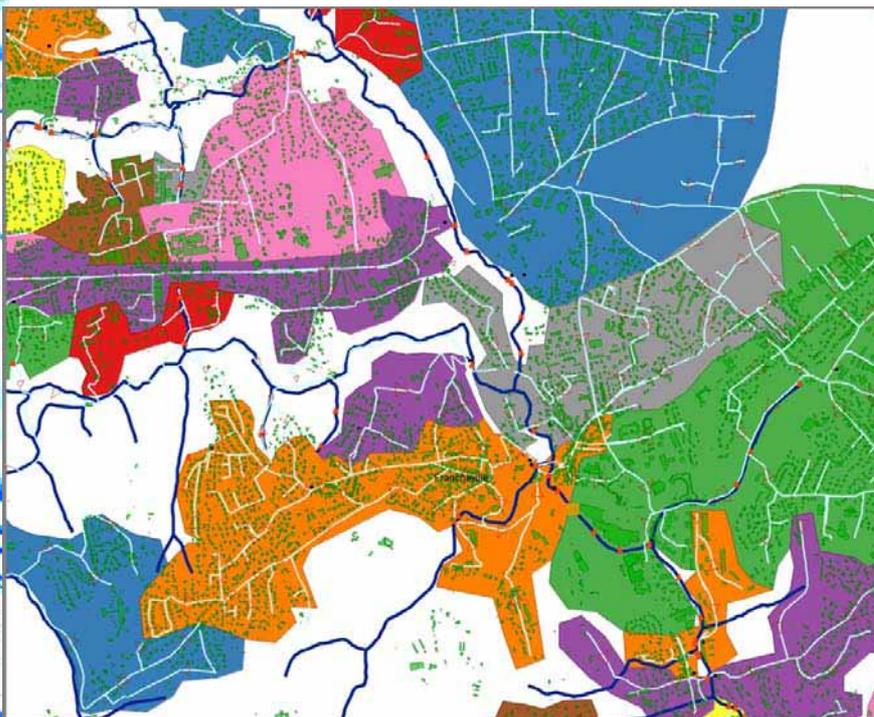
## Exploitation MNT + BD urbaine



Découpage en sous-bassins à partir du réseau hydrographique pérenne + les sous-bassins urbains définis par les déversoirs d'orage => entrée CANOE ou modèles simplifiés

3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Exploitation MNT + BD urbaine



-Identification des déversoirs d'orage

-Détermination des sens d'écoulements

- Délimitation des bassins d'alimentation

3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Scenarios et vulnérabilité



- Reconstitution de l'occupation des sols passée à l'aide d'analyse d'images aériennes et satellitaires
- Proposition de scénarios de modification de l'occupation des sols à partir de discussions avec des groupes d'acteurs
- Simulations du régime hydrologique à l'aide de scénarios d'occupation des sols et de changement climatique
- Indicateurs de vulnérabilité à partir de modifications des régimes hydrologiques (fréquence de crues, de basses eaux, débits morphogènes et lien avec l'incision des lits des cours d'eau)

3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Conclusions et perspectives



- Travail important de collecte, de mise en forme et d'analyse d'informations existantes ou nouvelles (2 thèses en cours)
- Données à valoriser par la modélisation (1 thèse en cours à l'INSA, 2 thèses qui démarrent: 1 au Cemagref, 1 au LCPC)
- Dispositif expérimental certainement à renforcer par des mesures de débits dans les réseaux ou les éléments anthropiques (buses, fossés) pour mieux quantifier leurs apports
- Intégrer à terme la qualité

3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon



## **Impacts hydro-géomorphologiques de l'urbanisation sur un bassin versant péri-urbain**

---

Loïc GROSPRETRE, Université Lyon II – UMR 5600



# Impacts hydro-géomorphologiques de l'urbanisation sur le bassin versant de l'Yzeron

## Etat des lieux et propositions de gestion



Loïc Grosprêtre, Laurent Schmitt  
Université Lyon 2 – UMR 5600



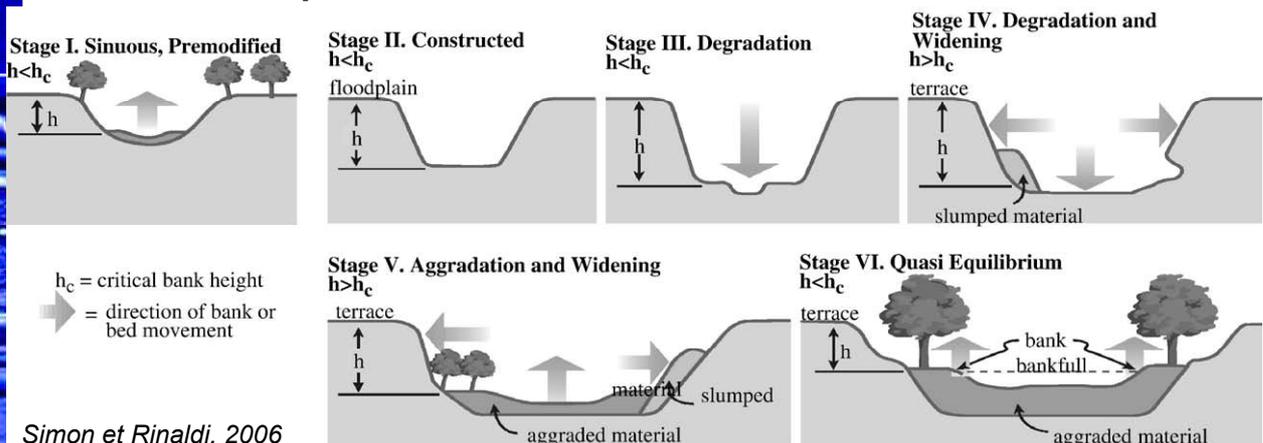
3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Introduction

Les précédentes études font état de l'importance de 2 types de perturbations géomorphologiques sur le bassin versant :

- Incision des affluents de tête de bassin versant
- Ensablement des branches principales et intermédiaires du réseau hydrographique

Qu'est ce qu'une incision ?



Simon et Rinaldi, 2006

# Introduction



## Impacts

- Incisions
  - Déstabilisation des ouvrages et structures riveraines des cours d'eau
  - Uniformisation de la morphologie du lit mineur
  - Abaissement du niveau piézométrique
  - Augmentation des apports sédimentaires vers l'aval
  - Accélération de la propagation des ondes de crues (diminution de la fréquence des débordements, augmentation du rayon hydraulique et des vitesses d'écoulement)
- Ensablement
  - Comblement des caches piscicoles
  - Colmatage des frayères
  - Uniformisation de la morphologie du lit mineur
  - Instabilité du substrat

3/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Objectifs



## Inventaire géoréférencé

## Déterminer les conditions d'apparition des incisions

- Échelle du sous-bassin versant : identification des paramètres de contrôle
- Échelle du tronçon de cours d'eau :
  - Estimer la vitesse d'apparition et d'évolution des incisions après implantation d'un déversoir d'orage
  - Analyser l'influence de l'évolution des débits liée à l'urbanisation sur la mise en mouvement des particules du lit

## Évaluer l'influence des incisions amont sur l'ensablement des branches principales du réseau hydrographique

- Caractérisation des dépôts sableux
- Estimation du déstockage sédimentaire des incisions amont
- Estimation du transport solide sableux

## Préconisations de gestion (préventives et curatives)

4/36

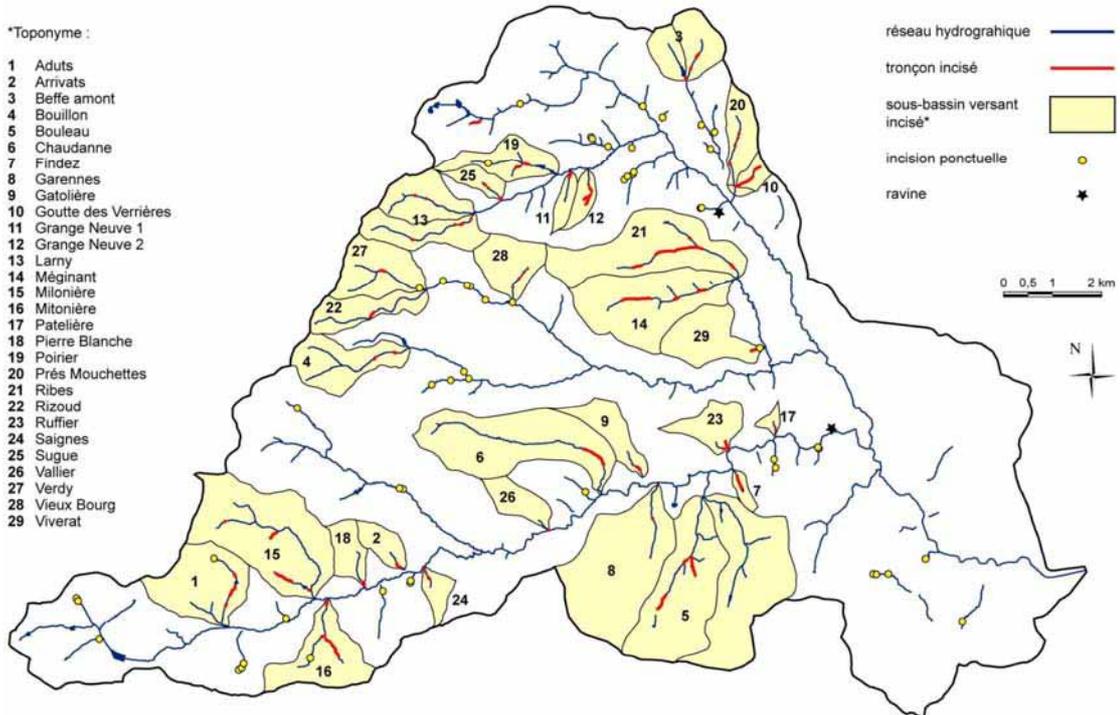
3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Inventaires

## Incisions de tête de bassin versant

\*Toponyme :

- 1 Aduts
- 2 Arrivats
- 3 Beffe amont
- 4 Bouillon
- 5 Bouleau
- 6 Chaudanne
- 7 Findez
- 8 Garennes
- 9 Gatolière
- 10 Goutte des Verrières
- 11 Grange Neuve 1
- 12 Grange Neuve 2
- 13 Larny
- 14 Méginant
- 15 Milonière
- 16 Mitonière
- 17 Patelière
- 18 Pierre Blanche
- 19 Poirier
- 20 Prés Mouchettes
- 21 Ribes
- 22 Rizoud
- 23 Ruffier
- 24 Saignes
- 25 Sugue
- 26 Vallier
- 27 Verdy
- 28 Vieux Bourg
- 29 Viverat



5/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Inventaires

## 👉 Inventaire des incisions en têtes de bassins

- 1 affluent sur 3 est incisé



ruisseau du Larny

6/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Inventaires



## 👉 Inventaire des incisions en têtes de bassins

- 1 affluent sur 3 est incisé



ruisseau du Poirier

7/36

# Inventaires



## 👉 Inventaire des incisions en têtes de bassins

- 1 affluent sur 3 est incisé



ruisseau de la Chaudanne

8/36

# Inventaires



## 👉 Inventaire des incisions en têtes de bassins

- 1 affluent sur 3 est incisé



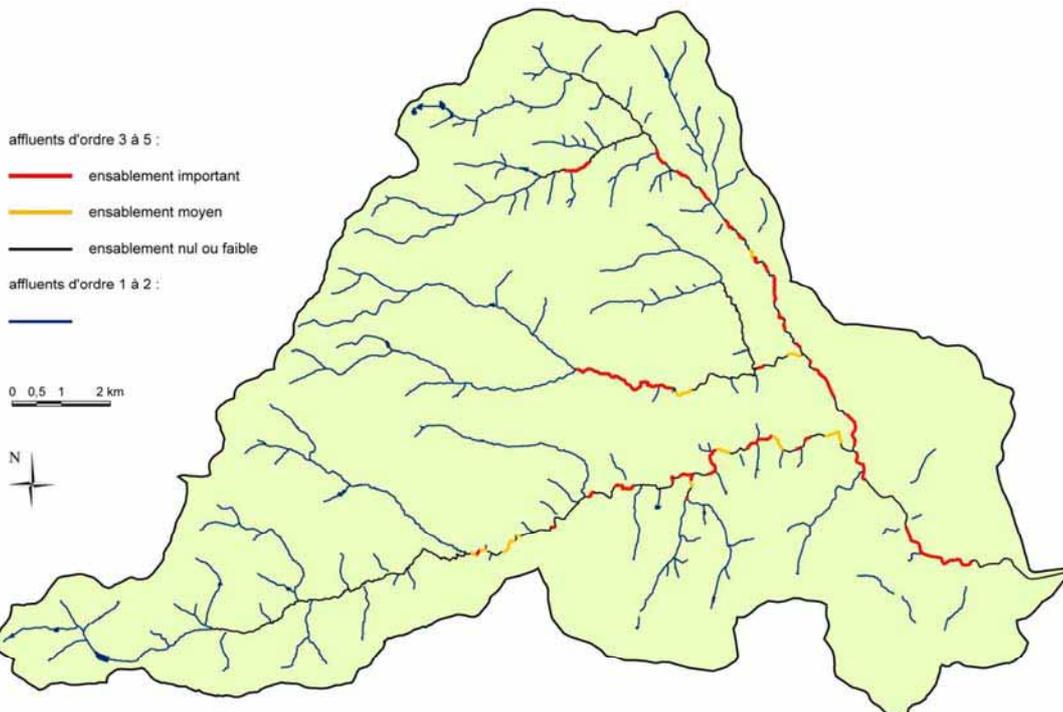
ruisseau de la Goutte des Verrières  
Source : R. Roy (2006)

9/36

# Inventaires



## Tronçons de cours d'eau ensablés



10/36

# Inventaires



- ☞ **Ensablement des branches principales du réseau hydrographique**



ensablement du lit mineur et colmatage des frayères

11/36

# Inventaires



- ☞ **Ensablement des branches principales du réseau hydrographique**



ensablement et uniformisation du lit mineur  
(Yzeron en aval de la confluence avec le ruisseau du Chêne)

12/36

# Inventaires



- ☞ **Ensablement des branches principales du réseau hydrographique**



ensablement en amont d'un seuil (ruisseau de Grande Rivière)

13/36

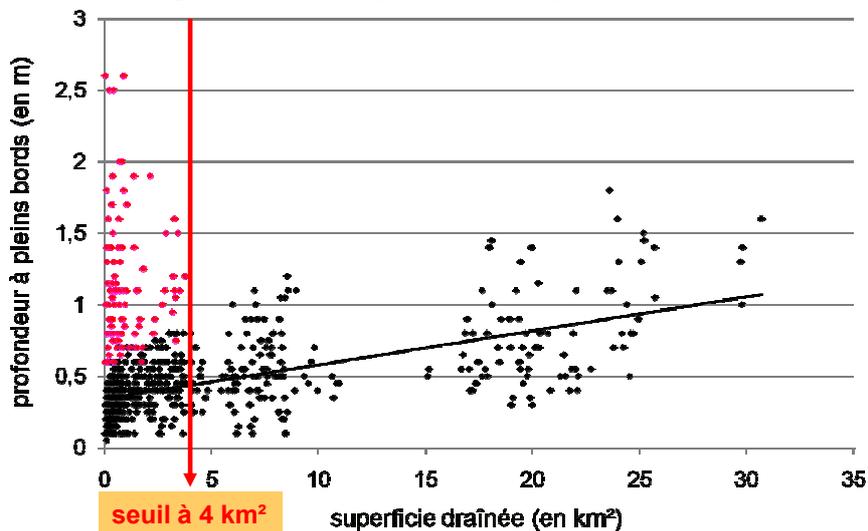
# Paramètres de contrôle des incisions



- ☞ **3 facteurs ont été identifiés**

- superficie du bassin versant

*Evolution longitudinale de la profondeur à pleins bords des chenaux*



14/36

# Paramètres de contrôle des incisions



☞ **3 facteurs ont été identifiés**

- superficie du bassin versant  $\leq 4 \text{ km}^2$
- type de cours d'eau

# Paramètres de contrôle des incisions

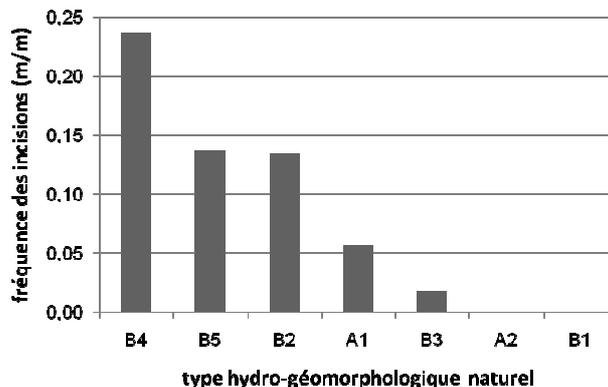


☞ **3 facteurs ont été identifiés**

- superficie du bassin versant  $\leq 4 \text{ km}^2$
- type de cours d'eau

Type	Fréquence des incisions (m/m)
A2	0
B1	0
B3	0,02
A1	0,06
B2	0,13
B5	0,14
B4	0,24

moyenne : 0,08



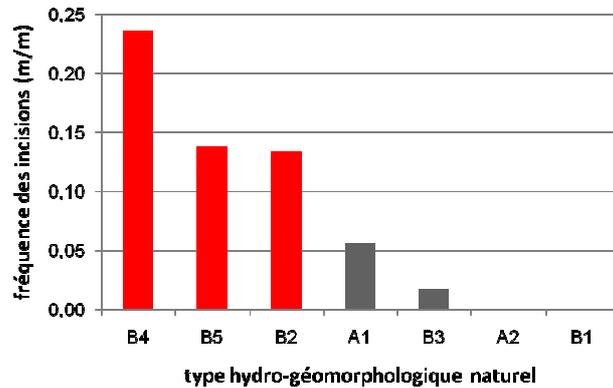
# Paramètres de contrôle des incisions



☞ **3 facteurs ont été identifiés**

- superficie du bassin versant  $\leq 4 \text{ km}^2$
- type de cours d'eau

Type	Fréquence des incisions (m/m)
A2	0
B1	0
B3	0,02
A1	0,06
B2	0,13
B5	0,14
B4	0,24
moyenne :	0,08



=> 3 types sensibles : B2, B4 et B5

17/36

# Paramètres de contrôle des incisions



☞ **3 facteurs ont été identifiés**

- superficie du bassin versant  $\leq 4 \text{ km}^2$
- type de cours d'eau B2, B4 et B5
- présence de rejets

Sous-bassin	Fréquence des incisions
avec rejet	56 %
sans rejet	23 %

=> les rejets multiplient environ par 2 la fréquence des incisions

18/36

# Paramètres de contrôle des incisions



## 3 facteurs ont été identifiés

- Facteurs de prédisposition
  - superficie du bassin versant  $\leq 4 \text{ km}^2$
  - type de cours d'eau : B2, B4 et B5
- Facteur déclencheur (pression anthropique )
  - présence de rejets

## Résultat provisoire

- Carte de sensibilité des cours d'eau à l'incision

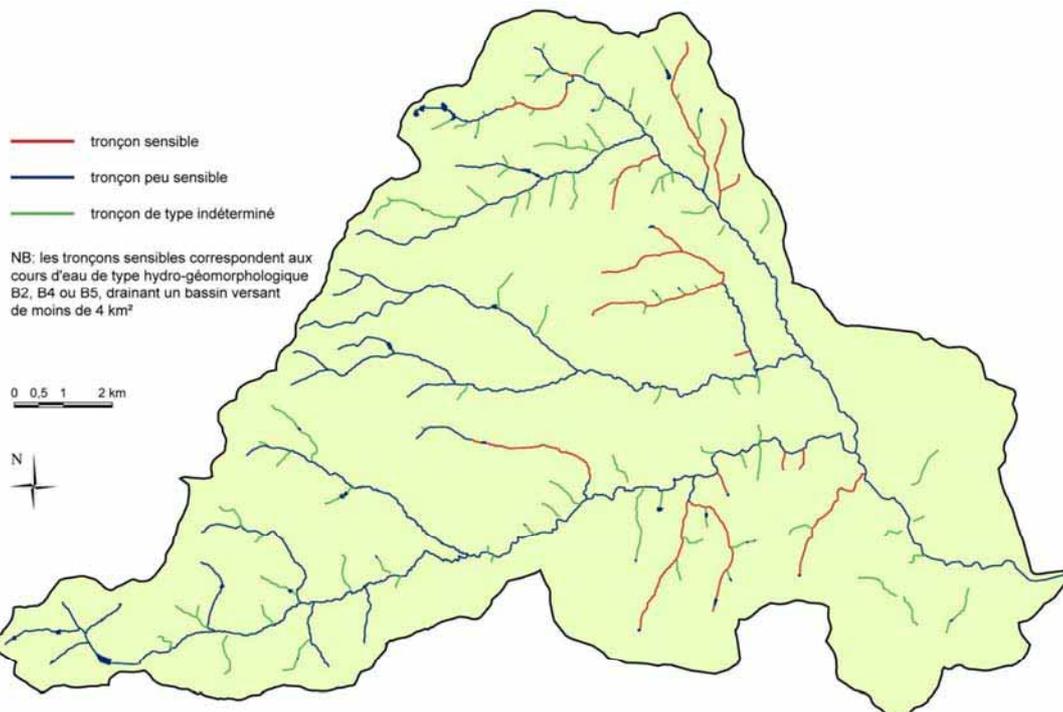
19/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Paramètres de contrôle des incisions



## Carte provisoire de sensibilité à l'incision



20/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Vitesse de formation et d'évolution des incisions



## 👉 Objectif

- A quelle vitesse une incision est-elle susceptible de débiter, puis d'évoluer, après implantation d'un rejet d'eaux pluviales ou d'un déversoir d'orage ?

## 👉 Méthodes

- Consultation des archives (Grand Lyon, DDA, DDE...)
- Analyse dendrochronologique des arbres riverains des tronçons incisés

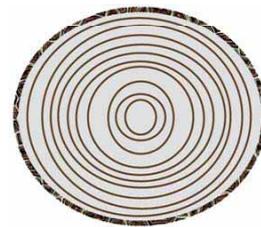
21/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Vitesse de formation et d'évolution des incisions



Coupe transversale d'un tronc



Représentation schématique  
d'un prélèvement



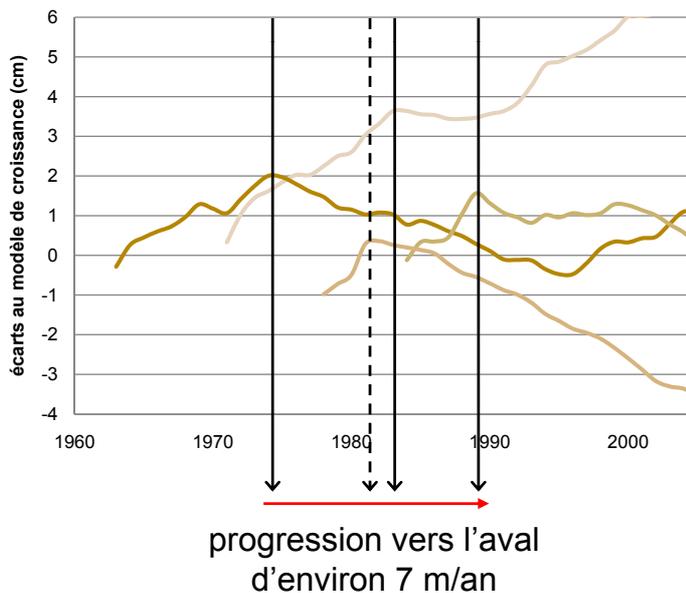
22/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Vitesse de formation et d'évolution des incisions



Exemple de résultat

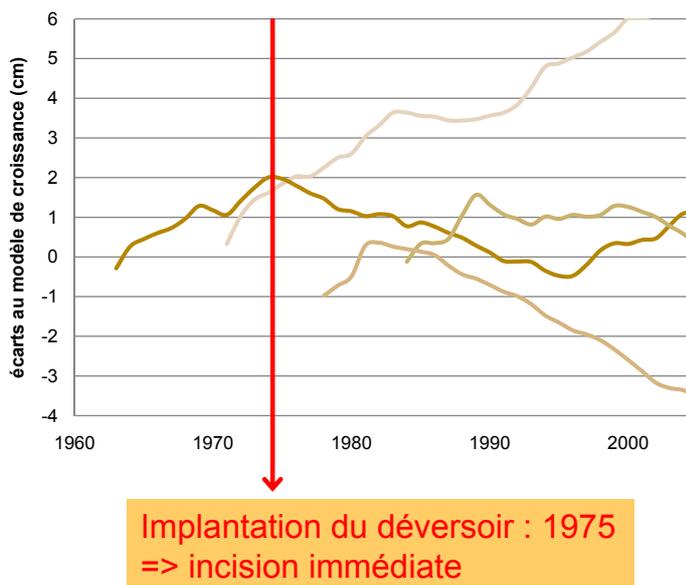


Ruisseau de la Chaudanne  
(comparaison des courbes de croissance avec une courbe témoin)

# Vitesse de formation et d'évolution des incisions



Exemple de résultat



Ruisseau de la Chaudanne  
(comparaison des courbes de croissance avec une courbe témoin)

# Evolution des débits critiques de mise en mouvement



avant la crue

urba  
n mo

es d  
62, l

axim



après la crue

# Evolution des débits critiques de mise en mouvement



## ☞ Premiers résultats

- La majorité des particules sont mises en mouvement pour un débit contenu dans l'intervalle **0,2 -1,1 m<sup>3</sup>/s**
- Alors que l'urbanisation augmente essentiellement **la fréquence** des débits compris dans l'intervalle **0,1-0,2 m<sup>3</sup>/s** (source: P. Breil, Cemagref)

## ☞ Quelles conditions de transport sont nécessaires pour déstabiliser le fond du lit ?

- des crues plus fréquentes ? plus intenses ?
- mise en mouvement du  $d_{10}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{90}$  ?

# Influence des incisions amont sur l'ensablement aval



## 👉 Démarche

- Comparer la vitesse du déstockage sédimentaire depuis les tronçons incisés avec la capacité de transport de l'Yzeron

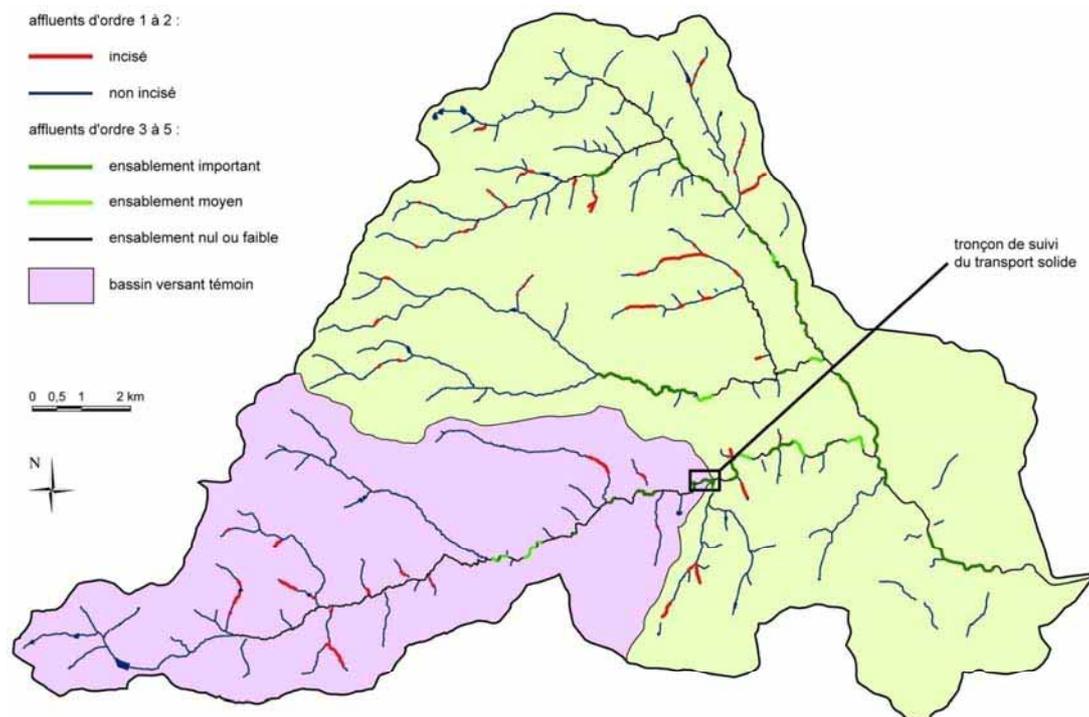
## 👉 Méthodes

- Estimation du déstockage sédimentaire des incisions amont
- Suivi et modélisation du transport solide sableux

27/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## ***Bassin versant témoin : quelle est la capacité de l'Yzeron à évacuer les apports sableux des incisions ?***



28/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Influence des incisions amont sur l'ensablement aval



## ➤ Fraction granulométrique étudiée

- Axe b : 0,5-4 mm

## ➤ Estimation du transport solide annuel moyen

- 150 +/- 20 m<sup>3</sup>/an

## ➤ Estimation des volumes globaux déstockés

- 2 225 m<sup>3</sup>
- Durée du déstockage : 15 à 35 ans
- Vitesse moyenne de déstockage sédimentaire : 65 à 150 m<sup>3</sup>/an  
=> soit 40 à 100% du transport solide annuel moyen !

## ➤ Conclusion

- Rôle significatif des apports sédimentaires depuis les incisions amont

29/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Préconisations de gestion



## ➤ 1<sup>ère</sup> échelle d'intervention : les versants urbanisés

- Meilleure gestion des apports hydriques liés à l'imperméabilisation des sols
- Meilleure connaissance de l'hydrologie des rejets urbains
  - Mise en place d'un indicateur de pression des rejets : Qr/Sbv
  - Suivi du bon fonctionnement des ouvrages de rétention des eaux pluviales

30/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

☞ **2<sup>ème</sup> échelle d'intervention : les cours d'eau de tête de bassin**

- Démarche préventive
  - Favoriser la production de bois mort et la formation d'embâcle pour dissiper l'énergie des écoulements et promouvoir le ralentissement dynamique des eaux
  - Limiter les nouvelles implantations de rejets dans les sous-bassins de moins de 4 km<sup>2</sup> et sur les types sensibles à l'incision (B2, B4, B5)
  - Privilégier les tronçons présentant la meilleure capacité d'autoépuration (A1, B1, B3) (Jezequel 2006, Schmitt et al. 2008)
- Démarche corrective
  - Suivi de l'évolution des tronçons incisés
  - Principe général : non intervention contrôlée, réajustement spontané de la morphologie des chenaux
  - En cas d'enjeux locaux : interventions spécifiques pour stabiliser le profil en long, limiter les débits liquides et/ou détourner les rejets urbains

31/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

☞ **3<sup>ème</sup> échelle d'intervention : les branches principales du réseau hydrographique**

- Limiter la fourniture sédimentaire sableuse depuis les affluents incisés
- Implantation de bassins de dessablement ou de zones de dépôts aménagées
  - Limiter le transfert des matériaux déstockés au niveau des incisions amont
  - Favoriser prioritairement la préservation des secteurs d'intérêt piscicole

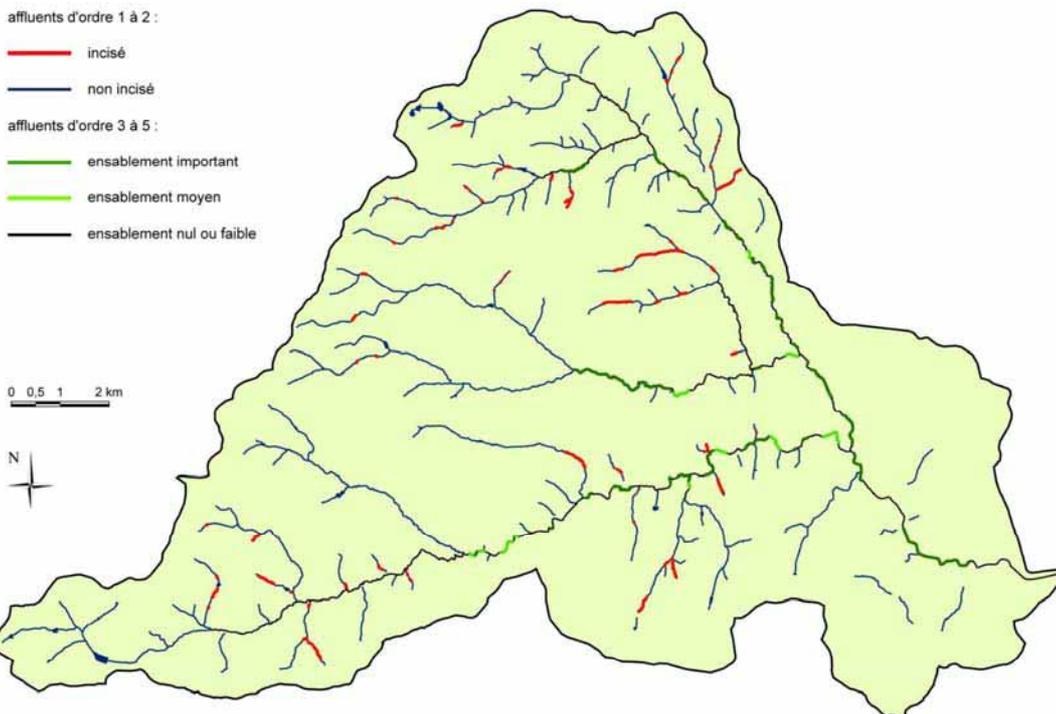
32/36

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Paramètres de contrôle des incisions



Sites potentiels pour une implantation de bassins de dessablement

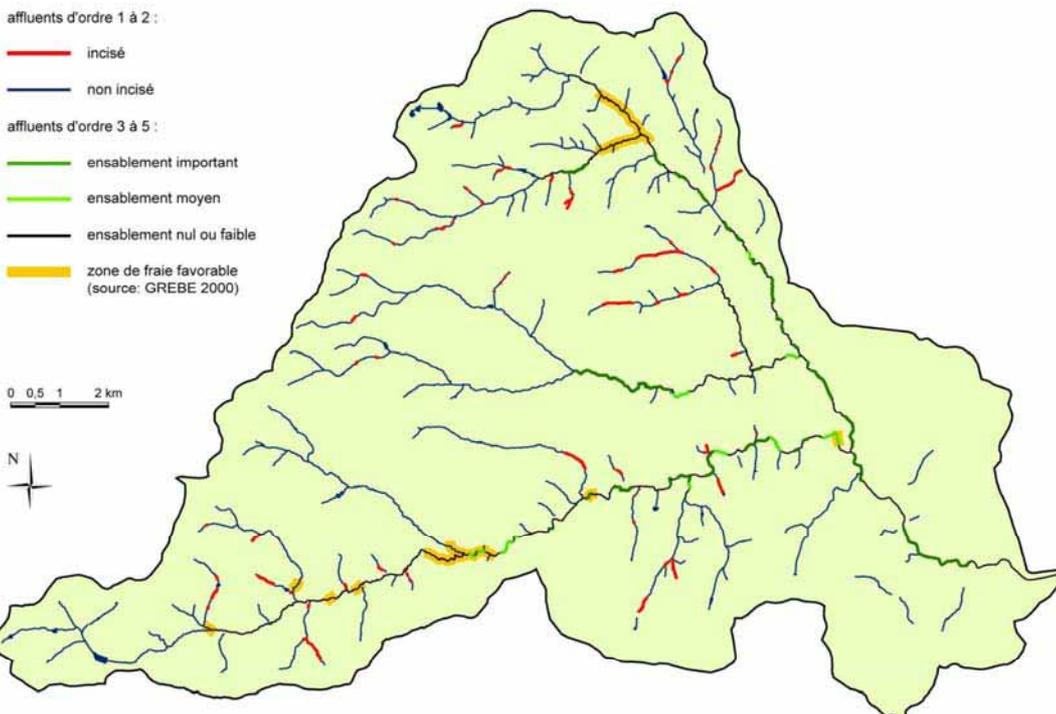


33/36

# Paramètres de contrôle des incisions



Sites potentiels pour une implantation de bassins de dessablement

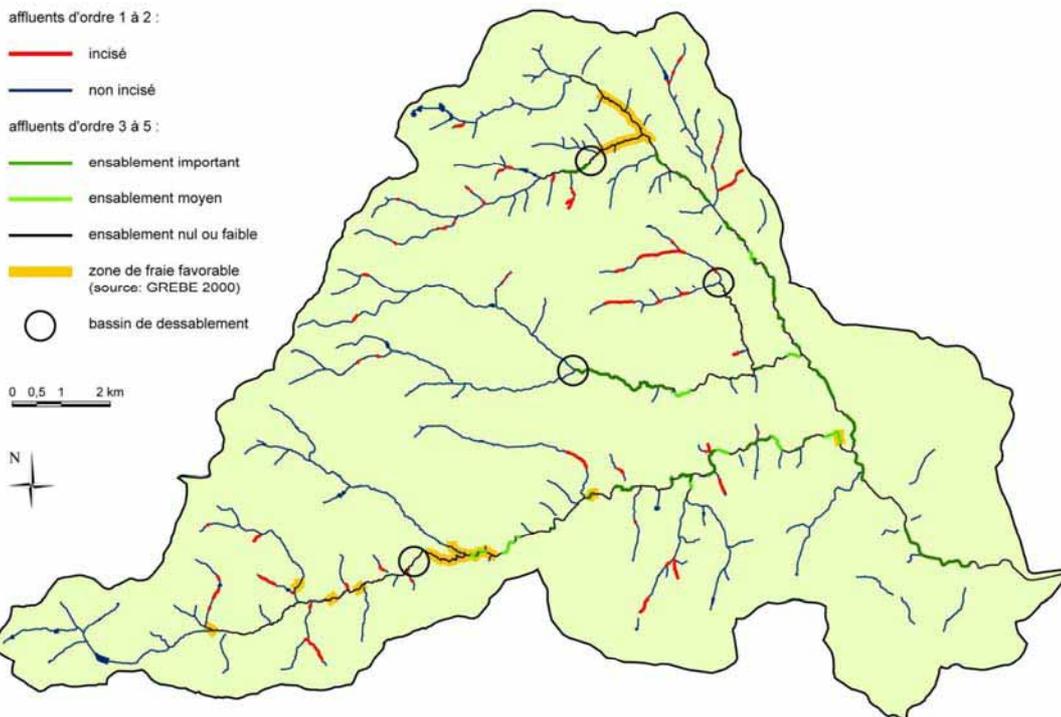


34/36

# Paramètres de contrôle des incisions



## Sites potentiels pour une implantation de bassins de dessablement



35/36

# Préconisations de gestion



## 3<sup>ème</sup> échelle d'intervention : les branches principales du réseau hydrographique

- Limiter la fourniture sédimentaire sableuse depuis les affluents incisés
- Implantation de bassins de dessablement ou de zones de dépôts aménagées
  - Limiter le transfert des matériaux déstockés au niveau des incisions amont
  - Favoriser prioritairement la préservation des secteurs d'intérêt piscicole
- Limiter/supprimer les seuils artificiels
  - Constat : le contexte hydraulique et géomorphologique de l'Yzeron n'est pas approprié à ce type d'aménagement
- Gestion locale des atterrissements (épis, déflecteurs...)
  - Favoriser l'autocurage en réduisant la largeur du lit mineur en basses eaux

36/36

## Contexte

### ☞ **Evolution de l'occupation du sol**

- Diminution des surfaces agricoles (Cottet, 2005)
- Augmentation progressive des surfaces imperméabilisées : de 15% à 30% entre 1970 et 1990 (Radojevic et al., 2002)
- Augmentation plus récente des surfaces boisées : de 5,4% à 12,2% entre 1988 et 2000 (Cottet, 2005)

### ☞ **Régime hydrologique des cours d'eau de tête de bassin**

- Augmentation de la fréquence des crues (ruisseau de la Chaudanne)
- Augmentation du débit de pointe des crues les plus fréquentes (ruisseau de la Chaudanne)

# Objectifs



- ☞ **Inventaire géoréférencé des tronçons incisés, des tronçons ensablés et des éléments perturbateurs (rejets, seuils, embâcles...)**
- ☞ **Déterminer les conditions d'apparition des incisions**
  - Échelle du sous-bassin versant : identification des paramètres de contrôle
  - Échelle du tronçon de cours d'eau :
    - Estimer la vitesse d'apparition et d'évolution des incisions après implantation d'un déversoir d'orage
    - Evaluer l'influence de l'évolution des débits liée à l'urbanisation sur la stabilité des chenaux
- ☞ **Evaluer l'influence des incisions amont sur l'ensablement des branches principales du réseau hydrographique**
  - Estimation du déstockage sédimentaire
  - Caractérisation des dépôts sableux
  - Estimation du transport solide sableux

39/40

3<sup>ème</sup> Séminaire Scientifique de l'OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

**Influence des pratiques d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial sur le fonctionnement thermique, biogéochimique et la biodiversité des aquifères urbains**

---

Arnaud FOULQUIER, Université Lyon I – HBES



# Dynamique du carbone organique et de l'oxygène dissous dans les horizons supérieurs des nappes phréatiques rechargées en eaux pluviales

A. Foulquier, F. Malard, F. Mermillod-Blondin,  
T. Datry, L. Simon, B. Montuelle, J. Gibert



Rhône-Alpes Région

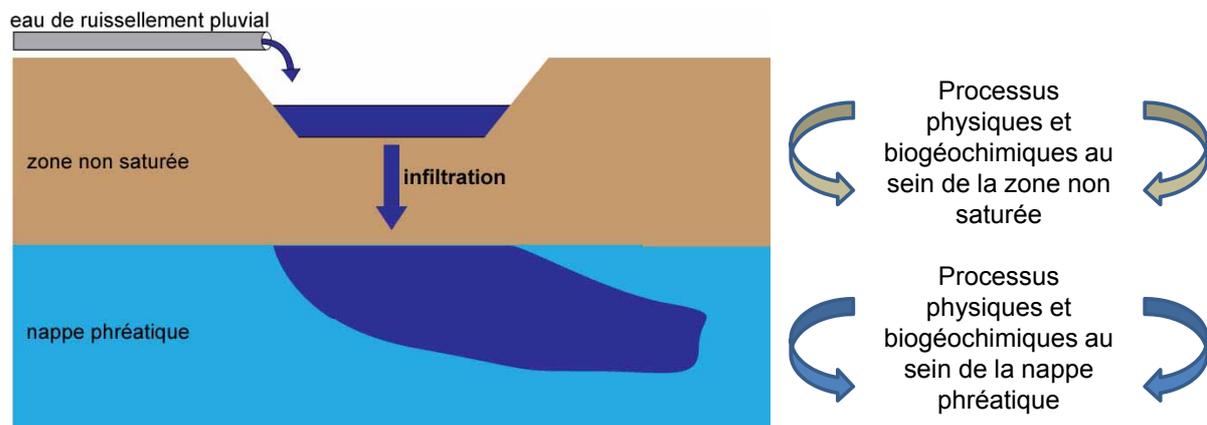


3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

## Introduction

Fonctionnement des bassins d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial

Infiltration massive d'eaux pluviales collectées sur de grands bassins versants urbains  
Eaux chargées en Carbone Organique Dissous (COD) et Oxygène Dissous (OD)



3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Introduction

## Cadre général

- Aquifères dépendants des apports de surface
- Limitation des processus biogéochimiques
- Influence de l'épaisseur de zone non saturée sur les apports
- Zones de recharge supposées augmenter les apports de COD au toit des nappes

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Introduction

## Arguments allant dans le sens d'une minéralisation du COD au toit des nappes

- Gradients verticaux de carbone organique dissous (COD) et oxygène dissous (OD) plus marqués dans le cas des nappes peu profondes
- Concentrations en OD plus faibles pour les zones non saturées peu épaisses

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Introduction

Deux scénarios possibles expliquant les gradients verticaux de COD et OD

- Minéralisation des apports de COD au toit des nappes
- Simple mélange entre les eaux de surface et les eaux souterraines

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Introduction

Objectif

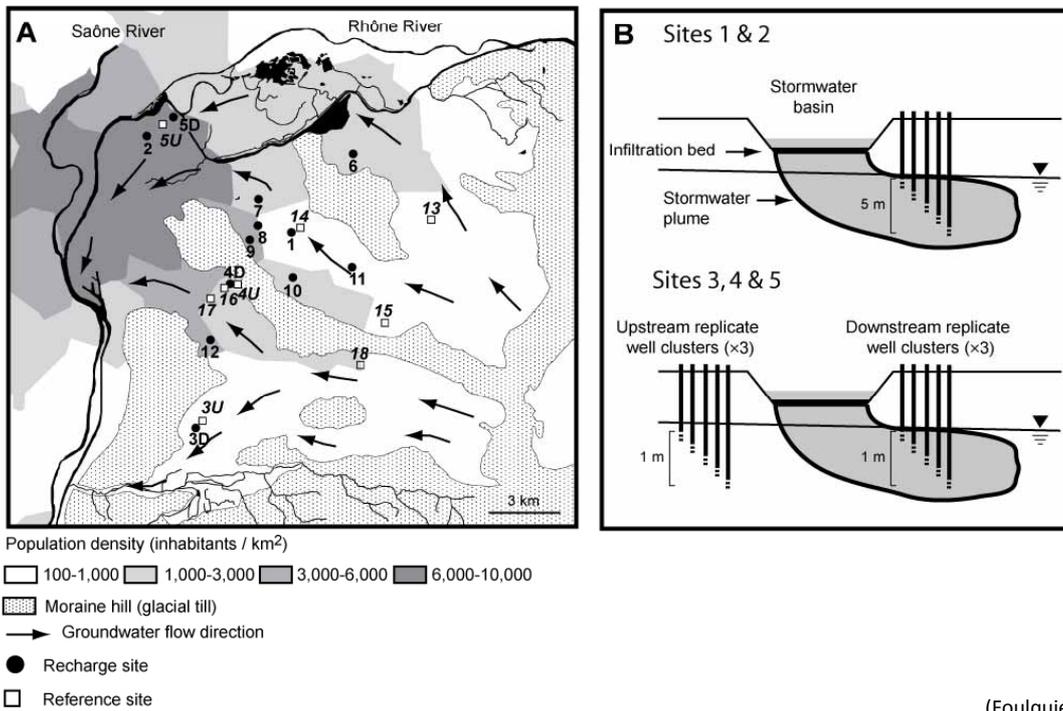
Déterminer l'influence des phénomènes de mélange et des processus biologiques sur les gradients de COD et OD au toit des nappes rechargées en eaux pluviales

- Influence de l'épaisseur de zone non saturée et de la recharge sur les concentrations en COD et OD
- Part de variation dans les gradients verticaux due à des phénomènes de mélange
- Effet de la recharge sur les respirations microbiennes
- Réponse des respirations microbiennes à des apports croissants en COD en laboratoire

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Matériel et Méthodes

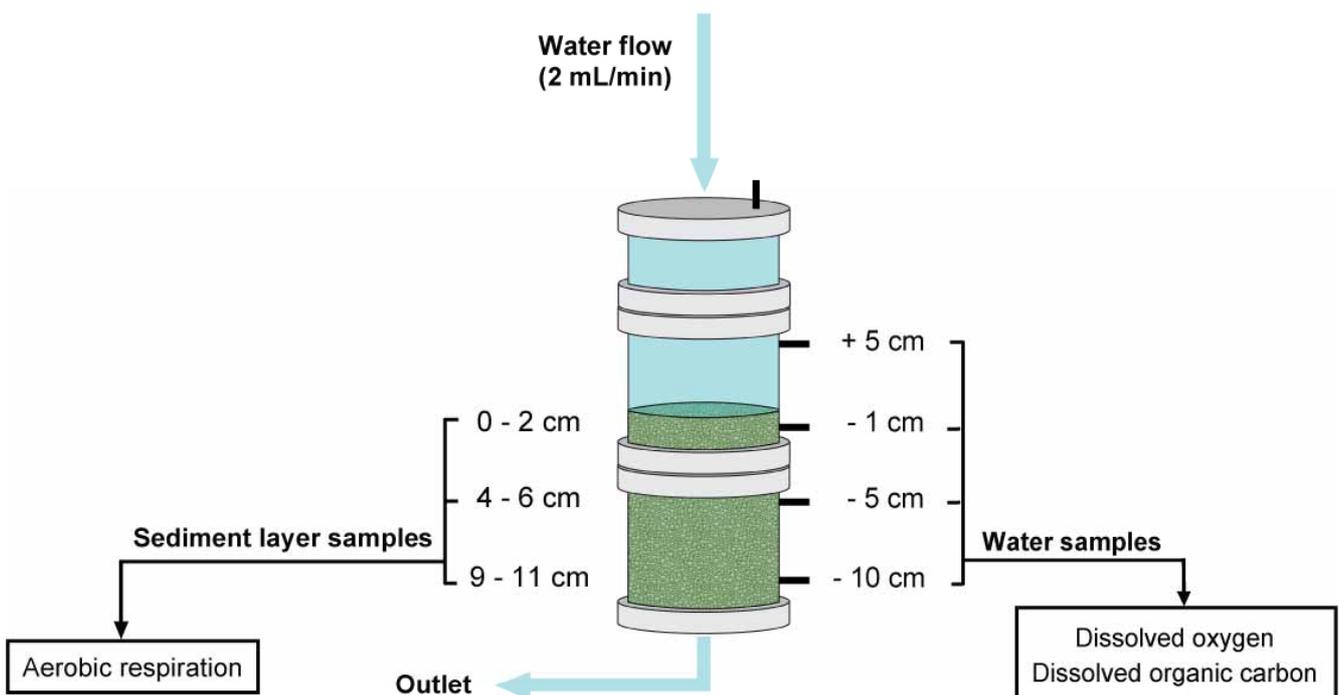
## Sites d'études et dispositif de prélèvement



3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Matériel et Méthodes

## Microcosmes

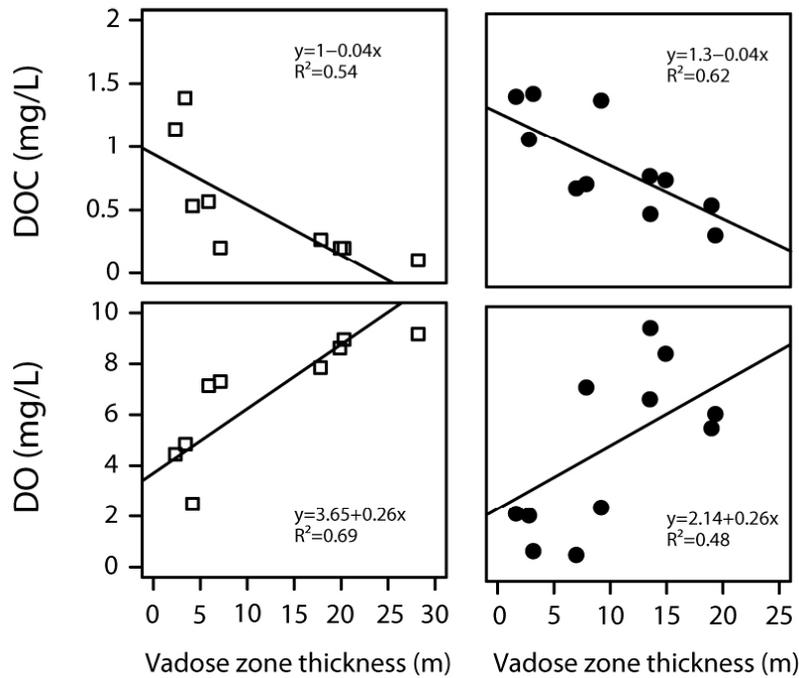


(Foulquier *et al.*, 2008)

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats

Effet de l'épaisseur de la zone non saturée et de la recharge sur les concentrations en COD et OD au toit des nappes

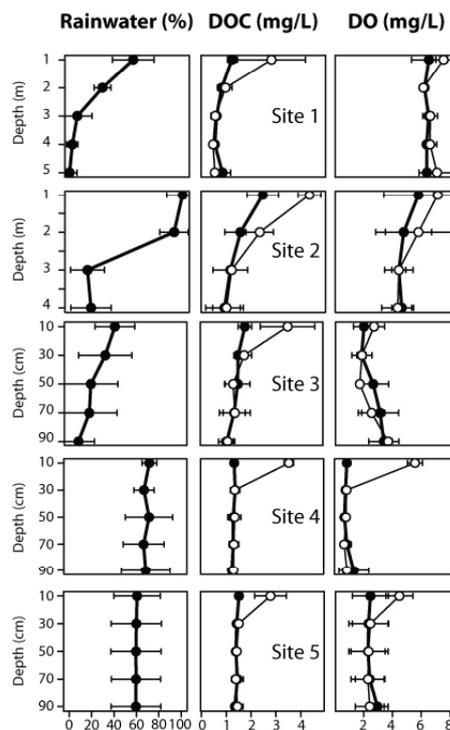


(Foulquier *et al.*, 2008)

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats

Influence des phénomènes de mélange sur les gradients verticaux de COD et OD

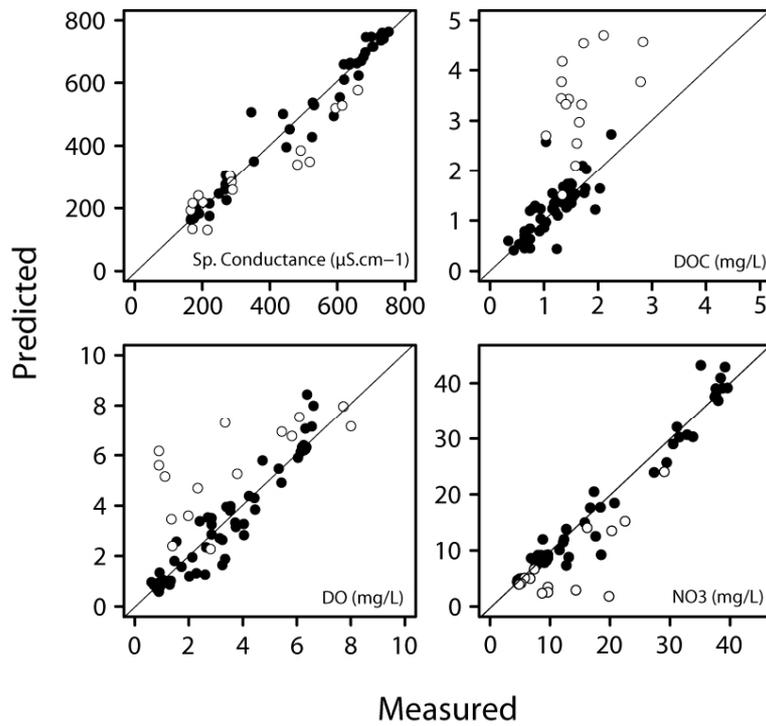


(Foulquier *et al.*, 2008)

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats

Influence des phénomènes de mélange sur les gradients verticaux de COD et OD



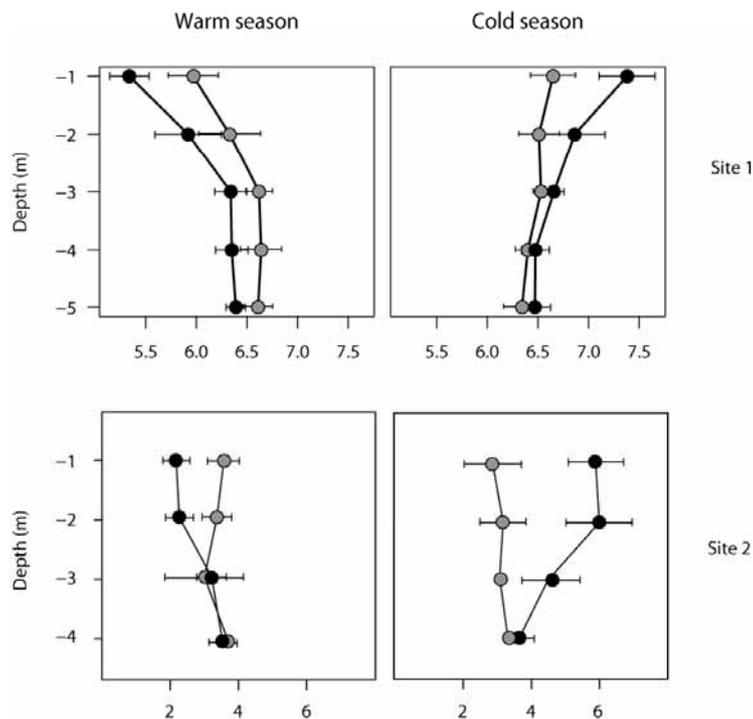
(Foulquier *et al.*, 2008)

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats

Influence des phénomènes de mélange sur les gradients verticaux de COD et OD

Oxygène dissous (mg/L)

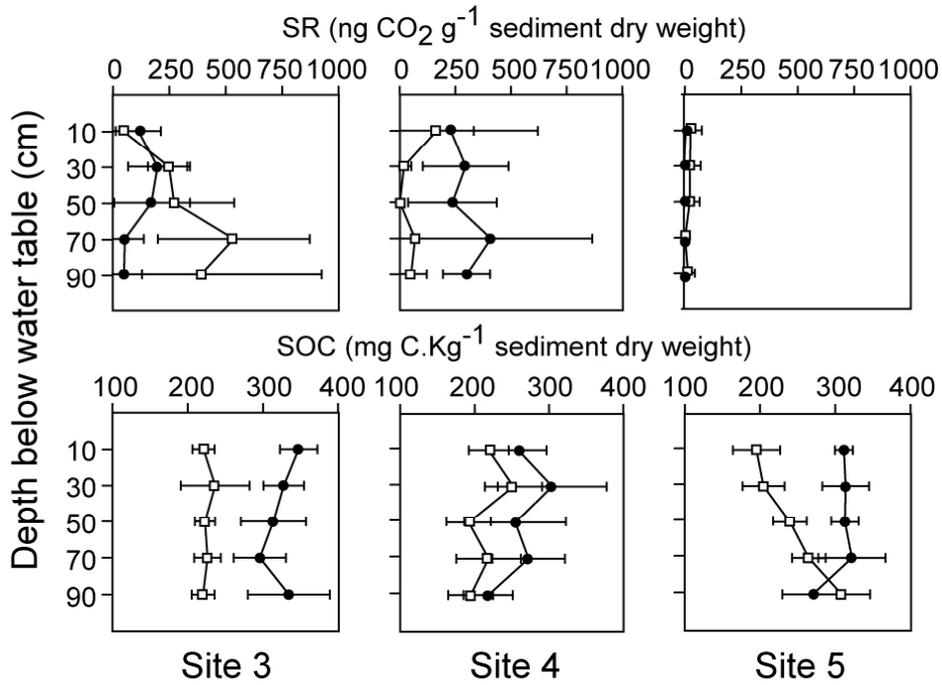


(Foulquier *et al.*, 2008)

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats

Effet de la recharge sur les respirations microbiennes et le carbone organique sédimentaire

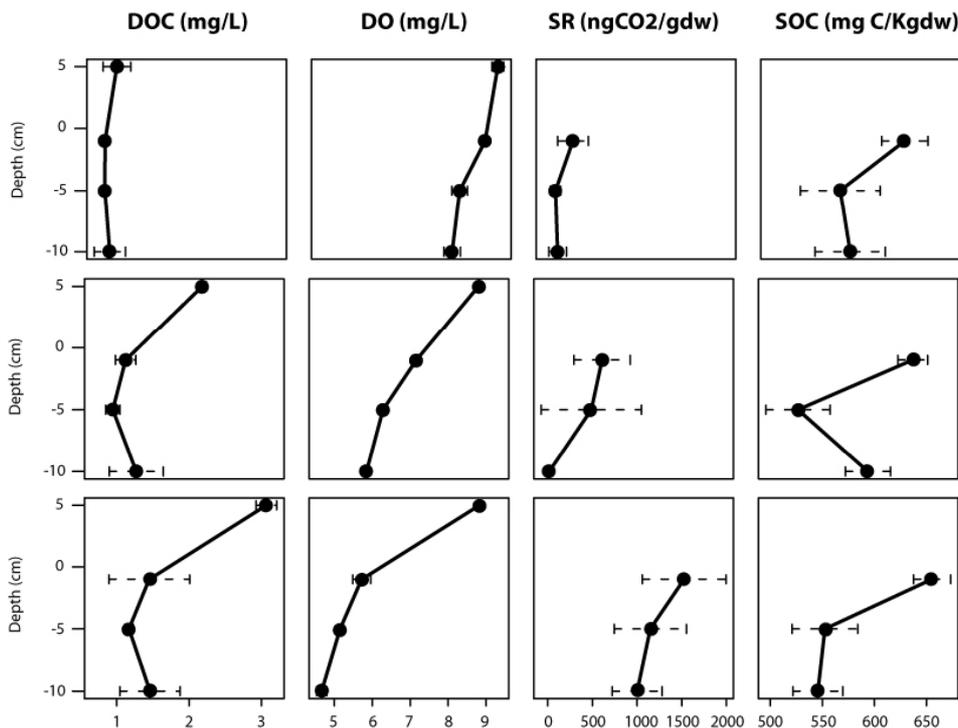


(Foulquier *et al.*, 2008)

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Résultats

Effet d'un apport croissant en COD sur les respirations microbiennes



(Foulquier *et al.*, 2008)

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Discussion

## Effet de l'épaisseur de la zone non saturée et de la recharge sur les concentrations en COD et OD au toit des nappes

- Résultats obtenus comparables à ceux obtenus sur d'autres aquifères
- Augmentation des temps de résidence dans la zone non saturée diminue la quantité de COD apporté aux eaux souterraines
- La minéralisation du COD restant explique les concentrations plus faibles en OD pour les nappes peu profondes
- Augmentation des concentrations en COD sous les sites de recharge liée à l'infiltration d'eau pluviale
- Toujours deux scénarios possibles expliquant les concentrations plus faibles en OD:
  - minéralisation du COD
  - recharge par des eaux appauvries en OD lors du passage à travers le sol et la zone non saturée

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Discussion

## Influence des phénomènes de mélange sur les gradients verticaux de COD et OD

- Gradients verticaux de COD et OD lors des épisodes de recharge principalement expliqués par des phénomènes de mélange
- Incertitude sur les prédictions dans le cas de la première profondeur qui tend à surestimer les capacités de la nappe à se comporter comme un puits de COD
- Alternance des gradients d'OD en fonction des saisons alors que gradients décroissants de COD

**Arguments forts pour une minéralisation du COD dans la zone non saturée et une recharge des nappes phréatiques par des eaux appauvries en OD**

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Discussion

Effet d'un apport croissant en COD sur les respirations microbiennes

- Absence de stimulation aux sites de recharge cohérente avec des gradients verticaux de COD et OD simplement dus à un phénomène de mélange
- Forte stimulation des respirations en microcosmes laissent penser que les apports arrivant au toit des nappes sont peu biodégradables

**Minéralisation lors du passage à travers le sol et la zone non saturée ne laisse arriver au toit des nappes que la fraction faiblement biodégradable**

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon

# Conclusion

- Contradiction apparente entre processus de minéralisation observés aux sites de référence présentant une faible épaisseur de zone non saturée et gradients verticaux dus au mélange aux sites de recharge
- Vitesses d'écoulement vertical 10 fois plus élevées au toit des nappes lors des épisodes de recharge
- Nécessité de prendre en compte les phénomènes de mélange dans l'étude des gradients verticaux afin d'éviter de surestimer la capacité des nappes à agir comme un puits pour le COD provenant de la surface
- L'infiltration artificielle d'eau de ruissellement pluvial n'induit pas de profondes modifications du métabolisme des nappes phréatiques même dans le cas de nappes peu profondes
- Le sol et la zone non saturée sont des filtres efficaces en ce qui concerne le carbone organique dissous

3<sup>e</sup> Séminaire Scientifique OTHU – 4 décembre 2008 – INSA de Lyon



Liste des participants  
3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU  
le 4 décembre 2008

NOM	Prenom	TITRE	SOCIETE	Service	Ville	Département
<b>AIRES</b>	Nadine	Chargée d'Etudes	<b>Agence de l'Eau Seine Normandie</b>	Direction des collectivités locales - Service technologie	NANTERRE	92
<b>ANDREA</b>	Gilles	Responsable du service Etudes et AMO	<b>Lyonnaise des Eaux</b>	Centre des Moyens Techniques	BORDEAUX	33
<b>ANDRE-POYAUD</b>	Nicolas	Etudiant	<b>Université Lumière Lyon II</b>	0	BRON	69
<b>ARAMBOUROU</b>	Hélène	0	<b>L.R.O.P.</b>	Chimie-Pollution-Epuration	TRAPPES	78
<b>BACOT</b>	Laëtitia	Chargé d'animation OTHU	<b>GRAIE</b>	0	VILLEURBANNE	69
<b>BARRA</b>	Adrien	etudiant master 1	<b>Université Lumière Lyon II</b>	0	LYON	69
<b>BARRAUD</b>	Sylvie	Maître de Conférence	<b>INSA de Lyon</b>	Laboratoire LGCIE - Directeur de l'OTHU	VILLEURBANNE	69
<b>BARRAY</b>	Sandrine	Chargée de projet Agriculture Eau Milieux	<b>Syndicat Mixte d'Aménagement de la Bourbre</b>		LA TOUR DU PIN	38
<b>BECOUCHE</b>	Céline	Doctorante	<b>INSA de Lyon</b>	Laboratoire LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>BEDELL</b>	Jean-Philippe	Chargé de recherche	<b>E.N.T.P.E.</b>	Laboratoire des Sciences de l'Environnement	VAULX EN VELIN	69
<b>BEJUY</b>	Pierre	Contrôle VRD	<b>S.C.P. Plantier-Pruniaux-Guiller</b>	0	LA BOISSE	1
<b>BERTRAND-KRAJEWSKI</b>	Jean-Luc	0	<b>INSA de Lyon</b>	Laboratoire LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>BOISTARD</b>	Pascal	Chef de l'UR QEPP	<b>Cemagref</b>	U.R. Qualité des Eaux et Prévention des Pollutions	LYON	69
<b>BRANGER</b>	Flora	0	<b>Cemagref</b>	U.R. Hydrologie-Hydraulique	LYON	0
<b>BRAUD</b>	Isabelle	responsable equipe Hydrologie des bassins versants	<b>Cemagref</b>	U.R. Hydrologie-Hydraulique	LYON	69
<b>BREIL</b>	Pascal	Chargé de Recherche	<b>Cemagref</b>	U.R. Hydrologie-Hydraulique	LYON	0
<b>BRELOT</b>	Elodie	Directeur	<b>GRAIE</b>	0	VILLEURBANNE	69
<b>CANÇADO</b>	Vanessa	Doctorante	<b>INSA de Lyon</b>	Laboratoire LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>CARBONEL</b>	Juliana	0	<b>Service Navigation Rhône Saône</b>	Service Eau Risques Environnement	LYON	69
<b>CHAPGIER</b>	Jean	Resp. unité stratégie et développement durable	<b>GRAND LYON</b>	Direction de l'Eau - Stratégie et développement durable	LYON	69
<b>CHARPENTIER</b>	Frédéric	Directeur	<b>C3E Cabinet F.Charpentier</b>	0	TREVOUX	1
<b>CHERQUI</b>	Frédéric	Maître de Conférence	<b>INSA de Lyon</b>	Laboratoire LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>CINIER</b>	David	Chargé de Mission SAGE	<b>Syndicat Mixte d'Aménagement de la Bourbre</b>		LA TOUR DU PIN	38
<b>DE BECDELIEVRE</b>	Laurence	Ingénieur TP	<b>Ingédia</b>	0	BRON	69
<b>DEBENEDITTIS</b>	Jérôme	Chargé de Mission	<b>Veolia Eau</b>	Centre Opérationnel Dauphiné Savoie	VALENCE	26
<b>DEHAIL</b>	Vincent	Ingénieur hydraulicien	<b>SAUNIER et Associés</b>	Agence de Clermont Ferrand	CLERMONT FERRAND	63

Liste des participants  
3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU  
le 4 décembre 2008

NOM	Prenom	TITRE	SOCIETE	Service	Ville	Département
<b>DELILE</b>	Hugo	Etudiant	Université Lyon II	0	LYON	69
<b>DELOLME</b>	Cécile	Enseignant Chercheur	E.N.T.P.E.	Laboratoire L.S.E.	VAULX EN VELIN	69
<b>DEMBELE</b>	Abel	Doctorant	INSA de Lyon	LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>DESBORDES</b>	Michel	Professeur	Polytech'Montpellier		ASSAS	34
<b>DEUTSCH</b>	Jean-Claude	0	CEREVE - ENPC	Président de l'Association Eurydice	MARNE LA VALLEE	77
<b>DEVILLERS</b>	Patrice	Technicien chargé de la police de l'eau	Service Navigation Rhône Saône	Service Eau Risques Environnement	LYON	69
<b>DODANE</b>	Evelyne	Responsable du Laboratoire	GRAND LYON	Direction de l'Eau - Laboratoire	PIERRE-BENITE	69
<b>DORVAL</b>	Farah	Doctorante	INSA de Lyon	Laboratoire LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>DUMONT</b>	Gil	Responsable Police des Eaux	Service Navigation Rhône Saône	Service Eau Risques Environnement	LYON	69
<b>EHRISMANN</b>	Jean-Paul	Ingénieur Principal	Communauté Urbaine de Strasbourg	Section Assainissement-Etudes et prospections	STRASBOURG	67
<b>EINFALT</b>	Thomas	Dr	Hydro & meteo GmbH&Co KG	0	LUEBECK	n07aut/icud05/n04aut/Jtohu
<b>ESCARZAGA</b>	David	Ingénieur B.E.	Ginger Environnement & Infrastructures	Service Ingénierie	MONTPELLIER	34
<b>FAURE</b>	Dominique	Dirigeant	Alicime	0	Messimy sur Saône	1
<b>FLETCHER</b>	Tim D.	Researcher	Monash University	Institute for Sustainable Water Resources	MELBOURNE	0
<b>FOULQUIER</b>	Arnaud	Doctorant	U.C.B.LYON 1	UMR 5023 - Laboratoire LEHF - Equipe HBES	VILLEURBANNE	69
<b>GAUDET</b>	Jean-Paul	0	L.T.H.E.	0	GRENOBLE	38
<b>GONZALEZ</b>	Carolina	Etudiante master	INSA de Lyon	LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>GRANGER</b>	Damien	Ingénieur	INSA de Lyon	Laboratoire LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>GROSJEAN</b>	Fabienne	0	Conseil Général de Haute Savoie	Cellule de l'Eau	ANNECY	74
<b>GROSPRETRE</b>	Loïc	Doctorant	Université Lumière Lyon II - UMR 5600	Faculté de Géographie, Histoire, Histoire de L'Art, Tourisme	BRON	69
<b>GUIGLION</b>	Gaëlle	Technicienne Police de l'Eau	Service Navigation Rhône Saône	Service Eau Risques Environnement	LYON	69
<b>GUILLOUX</b>	Julie	Chargée d'études	CETE de l'Est	Laboratoire Régional de Nancy - Services SOLEO	TOMBLAINE	54
<b>JANKOWFSKY</b>	Sonja	doctorant	Cemagref	U.R. Hydrologie-Hydraulique	LYON	0
<b>JARRIGE</b>	Pierre-Antoine	Directeur CIRAH	Safège Environnement	0	NANTERRE	92

Liste des participants  
3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU  
le 4 décembre 2008

NOM	Prenom	TITRE	SOCIETE	Service	Ville	Département
<b>JULIA</b>	Magali	Technicienne Laboratoire	<b>GRAND LYON</b>	Direction de l'Eau - Laboratoire	PIERRE-BENITE	69
<b>LANDAS MANEVAL</b>	Jacqueline	Ingénieur	<b>Grenoble Alpes Métropole</b>	0	GRENOBLE	38
<b>LAUGA</b>	Orane	Etudiante Master Hydrosystèmes	<b>Université Lumière Lyon II</b>	0	BEAUVOIR DE MARC	38
<b>LEHMANN</b>	Pierre	Technicien riviere	<b>SAGYRC</b>	0	GREZIEU LA VARENNE	69
<b>LIBERT</b>	Christine	Ingénieur Laboratoire	<b>GRAND LYON</b>	Direction de l'Eau - Laboratoire	PIERRE-BENITE	69
<b>LIPEME-KOUYI</b>	Gislain	Maître de Conférence	<b>INSA de Lyon</b>	Laboratoire LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>LOUVET</b>	Marnix	Technicien Police Eau	<b>Service Navigation Rhône Saône</b>	Service Eau Risques Environnement	LYON	69
<b>LUCCHINACCI</b>	Anne	Technicienne	<b>GRAND LYON</b>	Direction de l'eau - ETES	LYON	69
<b>MALAGOUEN</b>	Sonia	Technicien territorial	<b>Mairie de Villeurbanne</b>	Service hygiène et santé publique	VILLEURBANNE	69
<b>MARIN</b>	Philippe	Responsable Projets	<b>S.D.E.I./Lyonnaise des Eaux</b>	Centre Régional Rhône- Saône	RILLIEUX LA PAPE	69
<b>MARMONIER</b>	Pierre	0	<b>U.C.B.LYON 1</b>	Laboratoire Écologie des Hydrosystèmes Fluviaux	VILLEURBANNE	0
<b>MAVRIDIS</b>	Franck	Ingénieur	<b>B&amp;R Ingénierie Rhône-Alpes</b>	0	MEYLAN	38
<b>MERMILLOD BLONDIN</b>	Florian	0	<b>U.C.B.LYON 1</b>	Laboratoire Écologie des Hydrosystèmes Fluviaux	VILLEURBANNE	0
<b>METADIER</b>	Marjolaine	Doctorante	<b>INSA de Lyon</b>	Laboratoire LGCIE	VILLEURBANNE	69
<b>MOSNIER</b>	Jean-Luc	Technicien à l'Unité ESC	<b>GRAND LYON</b>	Direction de l'eau - Bureau d'études	LYON	69
<b>MOULENE</b>	Patrick	Directeur général	<b>Communauté d'agglomération porte de l'Isère</b>	0	L'ISLE D'ABEAU	38
<b>PAUTRAT</b>	Patrice	Chargé d'Affaires	<b>Agence de l'Eau Rhône Méditerranée &amp; Corse</b>	Délégation SIAM - Unité d'Intervention Centre	LYON	69
<b>PERRODIN</b>	Yves	Directeur Laboratoire	<b>E.N.T.P.E.</b>	Laboratoire L.S.E.	VAULX EN VELIN	69
<b>PIONCHON</b>	Pierre	Architecte- Paysagiste	<b>Pierre Pionchon Paysagiste</b>	0	LYON	0
<b>PORTAL</b>	Gérard	0	<b>Atelier de L'aRue</b>	0	GIVORS	69
<b>PRIVOLT</b>	Grégoire	Etudiante Master Hydrosystèmes	<b>Université Lumière Lyon II</b>	0	LYON	69
<b>RENARD</b>	Florent	Doctorant	<b>Université Lyon III</b>	LCRE	LYON	69
<b>ROUX</b>	Anne Sophie	Etudiante Master Hydrosystèmes	<b>Université Lumière Lyon II</b>	0	LYON	69
<b>ROUX</b>	Gwénaelle	Chargée de mission	<b>E.N.T.P.E.</b>	Laboratoire L.S.E.	VAULX EN VELIN	69
<b>SALOMON</b>	Daniel	Ingénieur Hydraulicien Conseil	<b>Hydraulicana</b>	0	BREMONDANS	25
<b>SAULAIS</b>	Muriel	Etudiante Master	<b>E.N.T.P.E.</b>	Laboratoire des Sciences de l'Environnement	VAULX EN VELIN	69
<b>SCHMITT</b>	Laurent	Maître de Conférence	<b>Université Lumière Lyon II - UMR 5600</b>	Faculté de Géographie, Histoire, Histoire de L'Art, Tourisme	BRON	69

Liste des participants  
 3ème Séminaire Scientifique de l'OTHU  
 le 4 décembre 2008

<b>NOM</b>	<b>Prenom</b>	<b>TITRE</b>	<b>SOCIETE</b>	<b>Service</b>	<b>Ville</b>	<b>Département</b>
<b>SCRIBE</b>	Benoît	Paysagiste	<b>Gautier Conquet &amp; Associés</b>	Architectes paysagistes	LYON	69
<b>SIBEUD</b>	Elisabeth	Responsable Service Etudes	<b>GRAND LYON</b>	Direction de l'Eau	LYON	69
<b>SOUREILLAT</b>	Aude	Chargée d'études	<b>C 2 I</b>	0	CHAPONOST	69
<b>SUTTER</b>	Lisa	0	<b>Service Navigation Rhône Saône</b>	Service Eau Risques Environnement	LYON	69
<b>VERVIER</b>	Philippe	Directeur	<b>ECOBAG</b>	C/O CESAC	TOULOUSE	31
<b>WERLEN</b>	Eric	Hydrologue	<b>Etat de Genève - DomEau SECOE</b>	Service Cantonal de l'Ecologie de l'Eau	AÏRE	ETR

## Partenaires du Séminaire



**GRANDLYON**  
communauté urbaine

**CLUSTERS  
DE RECHERCHE**  
RHÔNE-ALPES  
ENVIRONNEMENT

**ZABR**

**graie**

GRUPE DE RECHERCHE RHONE-ALPES  
SUR LES INFRASTRUCTURES ET L'EAU  
BP 52132 - 69603 Villeurbanne cedex - France  
Tél. : 04 72 43 83 68 • Fax : 04 72 43 92 77  
E.mail : asso@graie.org - www.graie.org