

# **RAPPORT D'ACTIVITE SCIENTIFIQUE OTHU**

## **2013-2016**

Décembre 2016



**LA REDACTION DU DOCUMENT A ETE COORDONNEE PAR :**

**--GISLAIN LIPEME KOUYI**

**--LAETITIA BACOT**

**AVEC LES CONTRIBUTIONS REDACTIONNELLES DE (PAR ORDRE ALPHABETIQUE) :**

**BACOT LAETITIA**

**BARRAUD SYLVIE**

**BEDELL JEAN-PHILIPPE**

**BERTRAND-KRAJEWSKI JEAN-LUC**

**BLAHA DIDIER**

**BRANGER FLORA**

**BRAUD ISABELLE**

**BREIL PASCAL**

**CASTEBRUNET HELENE**

**CHERQUI FREDERIC**

**COURNOYER BENOIT**

**DURRIEU CLAUDE**

**LASSABATERE LAURENT**

**LIPEME KOUYI GISLAIN**

**MANDON CLAIRE**

**MARMONIER PIERRE**

**MARTI ROMAIN**

**MERMILLOD-BLONDIN FLORIAN**

**MIGNOT EMMANUEL**

**NAMOUR PHILIPPE**

**NAVRATIL OLDRICH**

**PAQUIER ANDRE**

**PERRODIN YVES**

**RIVIERE NICOLAS**

**RENARD FLORENT**

**RODRIGUEZ-NAVA VERONICA**

**TOUSSAINT JEAN-YVES**

**VAREILLES SOPHIE**

**VAUTRIN FLORIAN**

**WALCKER NICOLAS**

**WIEST LAURE**

**WINIARSKI THIERRY**

# SOMMAIRE

RESUME- SYNTHÈSE DES RESULTATS ENTRE 2013 ET 2016 .....	2
<b>A. INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
A.1. Contexte et enjeux .....	6
A.2. Problématique et questions scientifiques .....	6
A.3. Objectifs scientifiques et opérationnels .....	7
A.4. Ce que nous attendons du conseil scientifique .....	8
<b>B. OBSERVATIONS ET DEMARCHE SCIENTIFIQUE ASSOCIEE .....</b>	<b>10</b>
B.1 Stratégie d'observation et démarche scientifique associée .....	10
B.2 Présentation synthétique des sites .....	12
B.3 Gestion , traitement et partage des données .....	13
<b>C RESULTATS SCIENTIFIQUES ET OPERATIONNELS .....</b>	<b>20</b>
C.1. CONNAISSANCE DE LA PLUVIOMETRIE ET FACTEURS DE RISQUE ASSOCIES .....	20
<b>C.1.1. ESTIMATION DES INTENSITES DE PLUIE A L'AIDE DE LA MODELISATION .....</b>	<b>20</b>
<b>C.1.2. CONFIGURATIONS SYNOPTIQUES PROPICES AUX PRECIPITATIONS ET FACTEURS AGGRAVANTS .....</b>	<b>22</b>
C.2. PRODUCTION ET TRANSFERT DES FLUX D'EAU ET DE CONTAMINANTS A L'ECHELLE DES BASSINS VERSANTS .....	25
<b>C.2.1. CAS DES BASSINS VERSANT PERI-URBAINS - METROLOGIE ET SIMULATEUR .....</b>	<b>25</b>
<b>C.2.2. CAS DES BASSINS VERSANT URBAINS .....</b>	<b>30</b>
<b>C.2.3. INONDATIONS URBAINES: IMPACTS DES EMBACLES ET MARCHES SUR LES ECOULEMENTS INONDANTS .....</b>	<b>44</b>
C.3. IMPACT DES RUTP SUR LA QUALITE DES SEDIMENTS ET SUR LA NAPPE .....	46
<b>C.3.1. SEDIMENTS DES EAUX PLUVIALES: BIODIVERSITE ET CARACTERISATIONS MICROBIO-PHYSICOCHIMIQUE ET ECOTOXICOLOGIQUE .....</b>	<b>46</b>
<b>C.3.2. QUANTIFICATION DES PBDE ET ALKYLPHENOL DANS LES SEDIMENTS: NOUVELLE METHODE ET RESULTATS .....</b>	<b>63</b>
<b>C.3.3. QUALITE DES SEDIMENTS DES BI - ETUDE DE CAS DE 19 BASSINS - RESULTATS GESSOL .....</b>	<b>66</b>
<b>C.3.4. IMPACTS PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUES DES EAUX D'INFILTRATION SUR LA NAPPE .....</b>	<b>69</b>
<b>C.3.5. MISE AU POINT D'UNE METHODE DE SUIVI DE LA MIGRATION DES PATHOGENES VERS LA NAPPE .....</b>	<b>74</b>
C.4. IMPACT DES RUTP SUR LES RIVIERES .....	78
<b>C.4.1. DYNAMIQUE HYDRO-SEDIMENTAIRE AU NIVEAU DE LA RIVIERE CHAUDANNE .....</b>	<b>78</b>
<b>C.4.2. RELATIONS ENTRE MORPHOLOGIE DES COURS D'EAU ET QUALITE DES SEDIMENTS .....</b>	<b>81</b>
<b>C.4.3. AMELIORATION DE LA CAPACITE AUTO-EPURATOIRE DE PETITS COURS D'EAU SOUMIS AUX RUTP .....</b>	<b>85</b>
<b>C.4.4. IMPACTS MICROBIOLOGIQUE DES RUTP SUR LA QUALITE DES RIVIERES PERI-URBAINES .....</b>	<b>87</b>
C.5. ANALYSE PERFORMANTIELLE DES SYSTEMES DE GESTION DES EAUX URBAINES .....	93
C.6. METROLOGIE : amélioration des outils et dispositifs métrologiques .....	99
<b>C.6.1. DISPOSITIF DE SURVEILLANCE ET DE MAITRISE DES FLUX D'EAU - DSM-FLUX .....</b>	<b>99</b>
<b>C.6.2. MICRO-CAPTEURS ET BIO-INDICATIONS : CAPTEURS PASSIFS POUR LES BIOFILMS, BIOESSAIS ET CAPTEURS ALGAUX .....</b>	<b>103</b>
<b>D BILAN ET PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES .....</b>	<b>108</b>
D.1 ORIGINALITE, INNOVATION, EXCELLENCE SCIENTIFIQUE .....	108
D.2 QUALITE ET EXPLOITATION CONJOINTE DES DONNEES .....	108
D.3 APPORTER DES ELEMENTS DE REPONSE AUX DEFIS SANTE, POLLUTION/CONTAMINATION, ET INONDATIONS EN VILLE .....	109
D.4 FORTE INTERACTION AVEC LE MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE .....	109
D.5 PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU CONSEIL SCIENTIFIQUE DE 2013 .....	109
D.6 PERSPECTIVES .....	110
<b>E ACTIONS DE VALORISATION/TRANSFERT DES RESULTATS DE L'OTHU .....</b>	<b>114</b>
<b>F ORGANISATION, STRUCTURATION ET OUVERTURES/EVOLUTION DE L'OTHU .....</b>	<b>120</b>
F.1.ORGANISATION ET GOUVERNANCE .....	120
F.2. STRUCTURATION ET FONCTIONNEMENT DE L'OTHU .....	122
F.3.PARTENARIATS ET IMPLICATIONS AU PLAN LOCAL, REGIONAL, NATIONAL ET INTERNATIONAL .....	122
F.4.EVOLUTION DE L'OTHU .....	126

## ANNEXES

127

ANNEXE 1: LES SITES & LE SYSTEME METROLOGIQUE OTHU

ANNEXE 2: PRODUCTION SCIENTIFIQUE SUR LA PERIODE 2013-2016

ANNEXE 3 : ORGANISATION INTERNE ET GOUVERNANCE DE L'OTHU

ANNEXE 4 : PERSONNELS TECHNIQUES ET DE RECHERCHE IMPLIQUES  
DANS L'OTHU

ANNEXE 5 : ASPECTS FINANCIERS : QUELQUES GRANDS CHIFFRES,  
ANALYSES ET BESOINS

ANNEXE 6 : DOCUMENTS COMPLEMENTAIRES CONSULTABLES

## **QUELQUES CLES DE LECTURE DU DOCUMENT**

Le rapport est divisé en

### **5 PARTIES.**

- 1- Présentation du dispositif d'observation, la démarche scientifique associée et le mode actuel de gestion des données.
- 2- Résultats de recherche obtenus à partir des observations menées au sein de l'OTHU.
- 3- Le bilan sur la période 2013-2016 et les perspectives scientifiques
- 4- Actions de valorisation et transfert des résultats OTHU
- 5- Enfin, la dernière partie concerne la structuration de l'OTHU en terme pratique, son rayonnement local, régional, national et international, ainsi que son évolution

## SYNTHESE DES RESULTATS ENTRE 2013 ET 2016

L'observatoire de terrain en hydrologie urbaine - OTHU est un dispositif pluridisciplinaire d'observation et de recherche sur les rejets urbains et leurs impacts sur les milieux récepteurs - notamment par temps de pluie – pour proposer de nouvelles solutions de conception et de gestion de l'assainissement. Les travaux de recherche menés en appui sur les observations de l'OTHU ont pour objectifs i) de comprendre les mécanismes à la base de la circulation des flux d'eau et de contaminants en milieu urbain, ii) de comprendre les effets des rejets urbains par temps de pluie sur le fonctionnement des nappes et des rivières périurbaines, iii) de promouvoir une gestion multi-échelle et multi-acteurs (notamment les organisations) des eaux urbaines. Les résultats présentés dans ce rapport ont été obtenus dans le cadre de projets interdisciplinaires, en appui sur les sites et les données de l'OTHU. L'exploitation scientifique de l'observatoire est actuellement assurée par 12 équipes ou laboratoires de recherche appartenant à neuf établissements (BRGM, IRSTEA, Ecole Centrale de Lyon, ENTPE, INSA de Lyon, Université Lyon 1, Université Lyon 2, Université Lyon 3, VetAgro Sup). Ces 9 établissements ont signé une convention portant création de la fédération d'équipes de recherche OTHU en janvier 1999, puis un avenant en janvier 2003, en 2006, en 2010 et ont renouvelé cet engagement en décembre 2014 pour prolonger la fédération jusqu'en décembre 2018. Elle est depuis 2011 une structure fédérative (FED 4161) reconnue par le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur. Elle s'inscrit parfaitement dans l'esprit de l'IDEX local.

### ORIGINALITE, INNOVATION, EXCELLENCE SCIENTIFIQUE

Les travaux de recherche menés au sein de l'OTHU sont originaux (e.g. relations entre activités socio-économiques et contamination microbiologique des eaux de ruissellement, relations dynamique hydro-sédimentaire/morphologie/contamination chimique et microbiologique en rivière, relations écotoxicologie et bioturbation) et sont porteurs d'innovation (développement analytique, performances des bassins de retenue vis-à-vis des micropolluants, brevet européen DSM, développement de bio-capteurs, études prospectives concernant l'impact des nouvelles pratiques de gestion des eaux pluviales sur le fonctionnement hydrologique d'un bassin périurbain, etc.). Des dispositifs, outils et méthodes sont proposés pour mieux mesurer, mieux surveiller et gérer de façon intégrée (démarche OMEGA, plateforme de modélisation J2000P) les eaux urbaines. Ces outils méthodes et dispositifs sont extrapolables à et applicables dans d'autres contextes et permettent par exemple d'analyser les effets liés au changement d'échelle spatiale ou à la modification des pratiques de gestion des eaux pluviales.

L'interdisciplinarité, les collaborations et le travail spécifique des chercheurs dans l'OTHU ont entraîné une production scientifique abondante et de haut niveau, avec une diffusion à travers des revues internationales sélectives. On dénombre :

**10** thèses soutenues (et 18 thèses en cours fin 2016) ;

**4** HDR (Philippe NAMOUR, Gislain LIPEME KOUYI, Frédéric CHERQUI, Jean-Philippe BEDELL) ;

**158** publications internationales dont :

- articles dans revues internationales : **84** (86% pluri-partenaires)

- ouvrages ou chapitres d'audience internationale : **9**

- communications dans actes de conférences internationales : **65** ;

**98** publications nationales dont :

- communications dans revues nationales : **21**

- communications dans actes de conférences nationales : **51**

- ouvrages ou chapitres d'audience nationale : **4**
- autres : **22** (stages, documents internes, séminaires ...)

On constate que la production scientifique a progressé en termes de publications dans des revues internationales avec une forte composante pluripartenaire (Cf. Annexe 2 pour l'évolution des productions depuis le début de l'OTHU). On note également une production plus modérée d'ouvrages techniques et scientifiques. Notre volonté d'ancrage opérationnel nécessitera de faire des efforts en ce sens.

#### **QUALITE ET EXPLOITATION CONJOINTE DES DONNEES**

Les données sont qualifiées, stockées et certaines sont intégrées à la base VIGILANCE de la métropole. Les bases de métadonnées et BDOH permettent l'accès de l'information à l'ensemble des équipes membres. Le séminaire « Données » qui aura lieu à l'issue du conseil scientifique permettra de continuer la réflexion collective sur l'archivage et la valorisation des données. Grâce à un financement ZABR/Agence de l'eau RMC, les chroniques OTHU consolidées ces 15 dernières années ont été exploitées et valorisées de façon collective (collaboration INSA DEEP, Lyon 1 LENHA, Agence de l'eau RMC) dans le cadre du projet ChronOthu. Ces efforts doivent être poursuivis en lien avec les autres observatoires (réseau URBIS) de manière à valoriser les données à destination de la communauté scientifique et technique aussi bien française qu'internationale. Cependant ces tâches de fourniture et gestion de données sont consommatrices de temps et nécessiteraient un temps plein, ce qui est loin d'être le cas pour l'OTHU.

#### **ELEMENTS DE REPONSE AUX DEFIS SANTE, POLLUTION/CONTAMINATION, ET INONDATIONS EN VILLE ET MEILLEURE INTEGRATION DES COMPOSANTES SOCIALES**

Plusieurs résultats obtenus entre 2013 et 2016 apportent des éléments de réponse pour faire face aux défis liés à la santé (qualité microbiologique et écotoxicité des sédiments, dispositif de suivi de la migration des microorganismes vers la nappe – intérêt pour la préservation de la ressource en eau), à la circulation des Polluants et microorganismes et à la problématique des inondations en ville.

Pour l'intégration plus forte de composantes sociales, là encore, l'OTHU a progressé. La quasi-totalité des programmes ANR intègre de manière directe cette composante. Le label du labex IMU (Intelligence des mondes urbains) obtenu par l'OTHU a également permis grandement d'œuvrer en ce sens. Citons les relations entre usages sur le bassin versant de Chassieu et risques sanitaires ou bien encore la perception et les représentations autour des micropolluants et de la gestion des eaux pluviales à la source. Ces recherches sont davantage intégrées et moins menées en parallèle comme au début de l'OTHU.

#### **FORTE INTERACTION AVEC LE MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE**

L'OTHU interagit fortement avec le milieu socio-économique. L'Agence de l'Eau RMC et la métropole de Lyon (souvent partenaire) sont impliqués dans les projets de recherche menés en appui sur les sites et/ou sur les données OTHU. Plusieurs collaborations sont également établies avec le secteur privé (Suez Environnement, Veolia, SADE...) ou d'autres acteurs publics comme le Sagyr.

Ces interactions sont également renforcées dans le cadre des activités du GRAIE. Le GRAIE est un partenaire incontournable qui, à travers ses actions de valorisation et d'aide à la coordination, établit et renforce les relations entre les chercheurs de l'OTHU et les opérationnels. Il a également pris une part prépondérante en ce qui concerne l'aide au montage et à la gestion/l'animation des projets de recherche en appui sur les sites et/ou les données de l'OTHU (e.g. ANR CABRRES, ANR OMEGA, ANR AVUPUR, Micromégas, etc.) et permet de transférer les procédures et résultats des recherches via ses groupes de travail technique. Les chercheurs de l'OTHU avec le GRAIE sont également présents dans l'aide à la définition de doctrine en matière de gestion des eaux pluviales (contribution à la réflexion du GCEDD, participation au groupe de travail sur la doctrine du SAGE de l'Est Lyonnais, ...).

## **A. INTRODUCTION**

## A. INTRODUCTION

### A.1. Contexte et enjeux

Les changements globaux, à savoir le changement climatique, l'urbanisation croissante et le changement de pratiques en matière de gestion des eaux urbaines, complexifient la compréhension des mécanismes impliqués dans le cycle de l'eau en milieu urbain. Ces changements exercent et exerceront une pression importante sur l'eau, en tant que ressource, sur les sols et l'air en milieu urbain. La protection de la ressource en eau passe par la maîtrise et la réduction des rejets de contaminants chimiques (polluants) et biologiques (micro-organismes pathogènes ou non) véhiculés dans les eaux urbaines (eaux usées et unitaires) et pluviales (eaux de ruissellement pluvial). Il est alors indispensable de mieux surveiller, mieux mesurer et mieux modéliser la production, le transfert et le devenir des rejets urbains de temps de pluie (RUTP). Les RUTP représentent l'ensemble des effluents comprenant les rejets issus du ruissellement des eaux pluviales, ceux s'écoulant aux exutoires des réseaux séparatifs eaux pluviales ou unitaires (mélange des eaux pluviales et eaux usées), les rejets des déversoirs d'orage, des stations de traitement qui sont déversés dans les milieux aquatiques superficiels ou souterrains. La meilleure appréhension des quantités et de la qualité de ces flux vise non seulement la préservation des milieux aquatiques, mais aussi la pérennisation des usages urbains associés à ces derniers (pêche, baignade, alimentation en eau potable, etc.). Tous ces changements auxquels il faut faire face renforcent plus que jamais la nécessité d'approches pluridisciplinaires pour maîtriser la circulation des flux d'eau et de contaminants au sein d'un milieu urbain en pleine mutation (évolution des organisations, interaction entre acteurs en charge de la gestion de l'eau, évolution des pratiques de gestion, des usages, des activités, etc.). Face aux changements globaux évoqués, les trois enjeux majeurs liés à la gestion et au traitement des RUTP en milieu urbain sont : i) garantir la santé des personnes (usagers, riverains et personnels techniques intervenant à proximité et au sein des infrastructures et dispositifs techniques dédiés à la gestion et au traitement des RUTP); ii) garantir la sécurité des personnes et des biens face aux inondations; iii) garantir la santé des milieux qui implique notamment de préserver les ressources en eau et de protéger les milieux récepteurs superficiels (cours et plans d'eau) et souterrains (nappes) dans le but de permettre les usages de l'eau et leur développement.

### A.2. Problématique et questions scientifiques

Pour répondre à ces trois enjeux, il est indispensable de poursuivre le développement et de renforcer les quatre piliers suivants (comme préconisé par exemple par l'OCDE<sup>1</sup> (2015), certaines déclinaisons de ces piliers sont également rappelées par Fletcher et al. 2013<sup>2</sup>) : i) l'innovation (technologique et scientifique) ; ii) la gestion intégrée des eaux urbaines (nécessitant une meilleure interaction entre gestionnaires et acteurs impliqués au niveau des mondes ruraux et urbains) ; iii) la gouvernance locale qui intègre l'aide à la et la prise de décision, ainsi qu'une réflexion sur l'élaboration des indicateurs permettant d'évaluer l'efficacité des politiques publiques en matière de gestion des eaux urbaines ; iv) les instruments de financement (taxes, primes, investissements). Le déploiement de ces piliers oblige de prendre en considération la diversité d'acteurs et des organisations impliqués. Les études permettant ce déploiement doivent donc être menées de façon collective pour intégrer les différentes compétences et disciplines (Climatologie, Hydrologie, Hydraulique, Mécanique des fluides, Géographie, Hydromorphologie, Biologie et Hydrobiologie, Microbiologie, Chimie, Géologie, Science du sol, Sociologie, Urbanisme, Sciences Economiques). Elles

<sup>1</sup> OCDE (2015). Water and Cities-Ensuring Sustainable Futures. The Organization for Economy Co-operation and development - OECD, 180 p., ISBN: 9789264230149 (PDF) ; DOI: 10.1787/9789264230149-en

<sup>2</sup> Fletcher T., Andrieu H., Hamel P. (2013). Understanding, Management and modeling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: a state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 261-279.

nécessitent en outre la mise en œuvre des approches à différentes échelles : (i) « globale » (agglomération, bassins versants urbains et périurbains, quartier, rue, ouvrage) pour identifier les phénomènes globaux, les propriétés émergentes des systèmes et pour caler et vérifier sur des bases réalistes les modèles construits; et (ii) « locale » via des modèles réduits par exemple (pilote de laboratoire) pour comprendre et expliquer les processus en conditions contrôlées et reproductibles. Cela impose également la prise en compte des échelles de temps diverses en lien avec les dynamiques propres des différents processus en jeu et leur couplage. C'est pour aborder toutes ces questions (variabilité dans le temps et dans l'espace des phénomènes liés à la circulation des flux d'eau et de polluants dans un milieu urbain en pleine mutation, en prenant en compte les organisations) que s'est construit et développé l'observatoire de terrain en hydrologie urbaine - OTHU en 1999.

### A.3. Objectifs scientifiques et opérationnels

L'OTHU est un dispositif pluridisciplinaire d'observation et de recherche sur les rejets urbains et leurs impacts sur les milieux récepteurs - notamment par temps de pluie – pour proposer de nouvelles solutions de conception et de gestion de l'assainissement. Le parti pris de l'OTHU depuis sa création est de développer sur l'agglomération lyonnaise :

- un système d'observation *in situ* partagé;
- des systèmes métrologiques, pérennes & intensifs pour :
  - une meilleure appréhension des dynamiques (variabilité temporelle)
  - une meilleure appréhension des phénomènes sur le long terme
  - une meilleure appréhension des variabilités spatiales
  - obtenir des données fiables et qualifiées en termes d'incertitudes
  - une vision pluri/inter-disciplinaire mêlant connaissance opérationnelle experte et savoir scientifique.

Son objectif principal est d'**observer pour mieux comprendre les dynamiques liées à la circulation des flux d'eau et de contaminants en milieu urbain, afin de fournir les connaissances et outils nécessaires à l'action.**

Cet objectif se décline en plusieurs volets :

- mesurer et modéliser les flux d'eau et de contaminants en milieu urbain/périurbain :
  - leurs mécanismes générateurs,
  - la dynamique des flux,
  - les effets sur les rivières ou les nappes
- mesurer et modéliser l'efficacité des dispositifs de gestion des eaux
- analyser le fonctionnement des systèmes dans leur globalité
- améliorer les pratiques et en particulier :
  - les procédures, les équipements métrologiques relatifs à la surveillance des rejets urbains de temps de pluie et à leurs impacts sur les milieux
  - la conception et la gestion des ouvrages
  - les outils d'aide à la décision en matière de gestion des eaux en milieu urbain, en prenant en compte l'évolution des organisations et la diversité des acteurs impliqués dans la gestion de l'eau.

#### A.4. Ce que nous attendons du conseil scientifique

L'OTHU est une structure qui a pour mission (i) d'acquérir des données selon les ambitions qui ont été présentées préalablement, (ii) de les exploiter pour produire des connaissances utiles à la communauté scientifique et, (iii) qui devront pouvoir éclairer et aider les acteurs opérationnels de la gestion de l'eau. Ce que nous attendons du conseil scientifique est qu'il porte un regard critique et extérieur :

- Sur le périmètre et la pertinence des dispositifs métrologiques en lien avec les objectifs de l'observatoire et leur adéquation avec les recherches menées,
- Sur la qualité des recherches elles-mêmes et des productions au regard des objectifs visés et sur leur cohérence,
- Sur l'organisation structurelle et fonctionnelle de l'observatoire et enfin sur ses orientations.

## **B. OBSERVATIONS ET DEMARCHE SCIENTIFIQUE ASSOCIEE**

## B. OBSERVATIONS ET DEMARCHE SCIENTIFIQUE ASSOCIEE

### B.1 Stratégie d'observation et démarche scientifique associée

#### Stratégie d'observation

Les sites expérimentaux ont été choisis de manière à couvrir des configurations variées en termes de bassin versant (caractéristiques physiques et type d'urbanisme), de système d'assainissement (réseau séparatif, réseau unitaire, système de rétention et d'infiltration) et de milieux récepteurs (nappes et rivières). Les compartiments observés sur le long terme, à l'aide de suivis en continu et/ou de campagnes ponctuelles, sont indiqués sur la Figure 1.

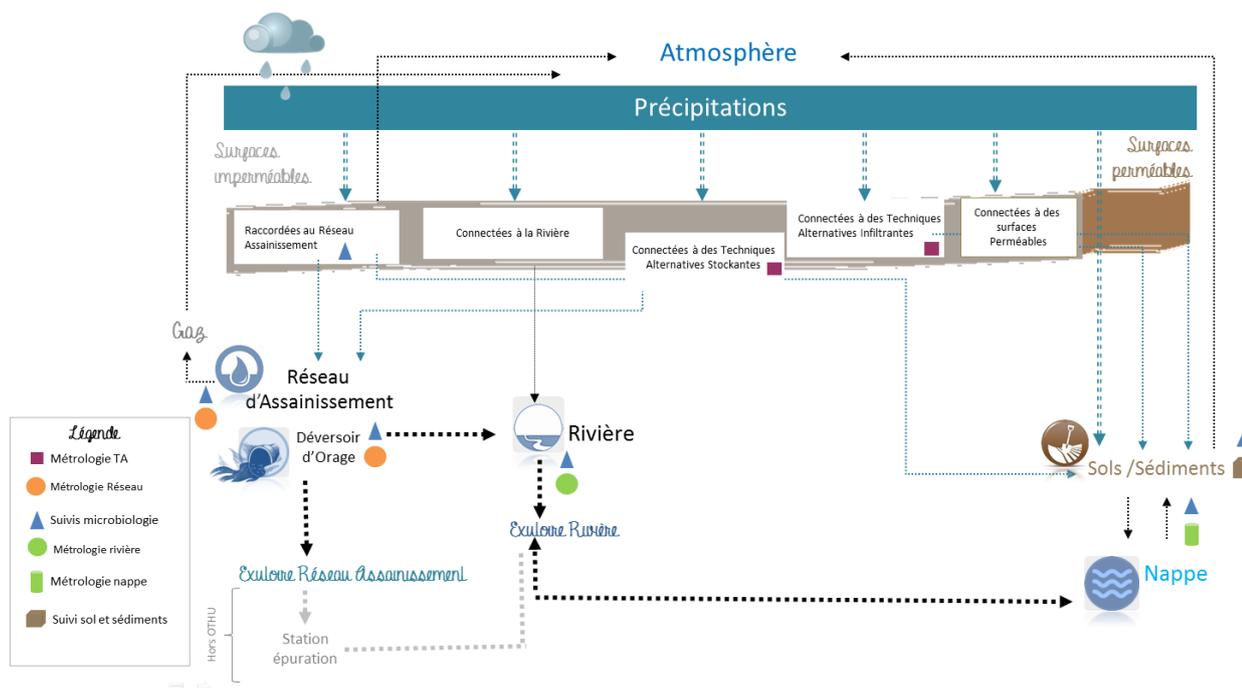


Figure 1 : Compartiments observés et suivis sur le long terme dans le cadre de l'OTHU

L'instrumentation des sites de l'OTHU a été d'abord mise en place pour le suivi des performances des ouvrages de gestion centralisée des eaux pluviales et de l'impact de leurs rejets sur les milieux récepteurs. Pour les différents types d'ouvrages (déversoirs d'orage, bassins de rétention/décantation, bassins d'infiltration), les connaissances sur leur fonctionnement et l'impact de leurs rejets sur les milieux récepteurs, ainsi que les recommandations pour la conception, ont été enrichies. Deux milieux récepteurs, jugés particulièrement sensibles, sont étudiés :

- la Nappe de l'Est lyonnais,
- l'Yzeron et ses affluents, représentatifs des petites rivières périurbaines de l'ouest lyonnais.

Aujourd'hui, l'un des objectifs de cette observation est d'argumenter en faveur d'une gestion plus intégrée et à la source des eaux pluviales (gestion intégrée et développement de technologies innovantes pour la gestion à la source, en lien avec deux des piliers évoqués en introduction). C'est pourquoi le site "Ecocampus" est en cours d'instrumentation dans le cadre du projet ONEMA MicroMegs. Le nombre

Des sites expérimentaux représentatifs  
Différents types de milieux récepteurs  
Différentes configurations urbaines  
5 sites finement instrumentés

de sites instrumentés finement est aujourd’hui de 4, avec un 5<sup>e</sup> site en cours de finalisation. Ces sites sont complétés :

- par des sites satellites plus faiblement instrumentés et sur des périodes courtes. Ils viennent infirmer ou confirmer des tendances observées sur les sites de base ou visent à augmenter encore la diversité de situations
- par des prototypes installés sur site et des dispositifs de laboratoire en conditions contrôlées en lien direct avec les observations faites sur le terrain.

### Démarche scientifique

La principale fonction de l’OTHU est de permettre d’observer le fonctionnement hydrologique des bassins versants urbains par temps de pluie, à savoir le ruissellement, le comportement des ouvrages et des milieux récepteurs (petites rivières péri-urbaines et nappe). Pour cela, des sites de la métropole lyonnaise ont été instrumentés de façon pérenne. Ces sites ont été choisis non seulement de manière à constituer de longues chroniques permettant de suivre les flux d’eau et de contaminants, mais également à mesurer les performances des solutions de gestion des eaux urbaines (régulation des flux d’eau, abattement des polluants, réduction des impacts sur les milieux récepteurs). Cette instrumentation pérenne représente la première brique essentielle pour le développement de projets de recherche. Dans un contexte de changements globaux, la démarche scientifique de l’OTHU est fondée sur :

- i) l’observation, l’expérimentation, la conduite d’enquêtes et d’entretiens, à différentes échelles de temps et d’espace et mobilisant différents acteurs agissant au sein d’espaces aménagés et impactés par diverses activités socio-économiques (en ce qui concerne les enquêtes et les entretiens en science sociale) ;
- ii) l’exploitation et l’analyse de ces observations et enquêtes pour tester des modèles existants ou en développer de nouveaux, pour formuler ou valider des hypothèses et pour mieux appréhender les dynamiques liées à la circulation des flux d’eau et de contaminants, ainsi que l’évolution des organisations et des perceptions vis-à-vis des dispositifs techniques dédiés à la gestion de l’eau en milieu urbain ;
- iii) la consolidation des connaissances et leur mobilisation pour accompagner les acteurs opérationnels dans la mise en œuvre des solutions innovantes et durables de gestion des eaux urbaines et des risques associés.

La Figure 2 synthétise cette démarche, en la positionnant dans un contexte de changement global au sein d’une ville en mutation.

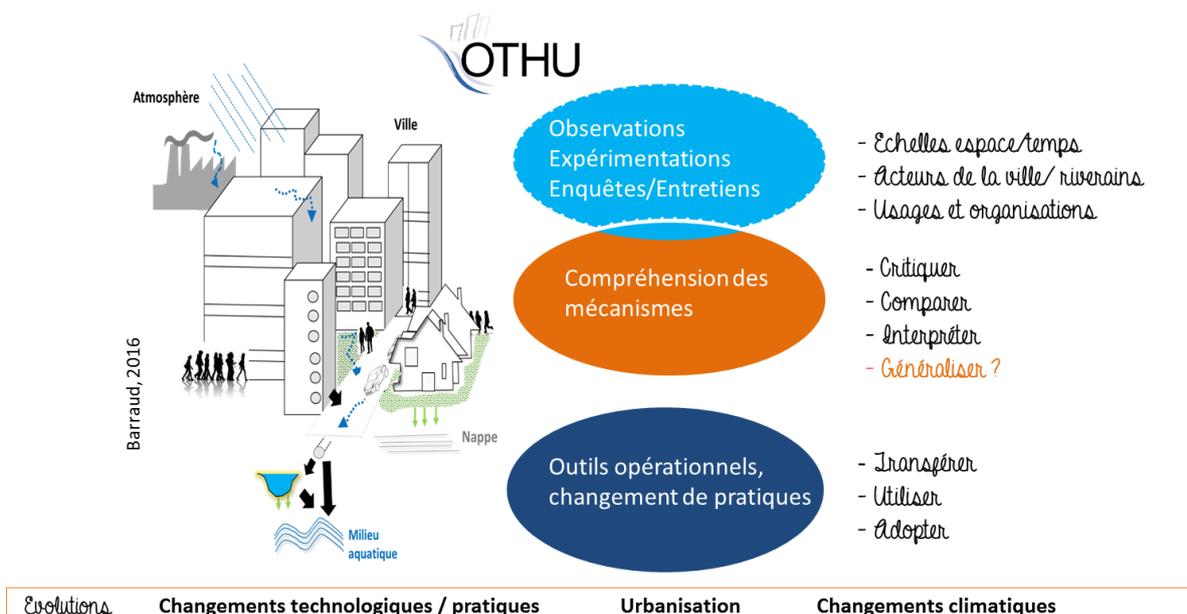


Figure 2 : Schématisation de la démarche scientifique OTHU

## B.2 Présentation synthétique des sites

L'ensemble des sites principaux sont les suivants; la Figure 3 indique leur localisation.

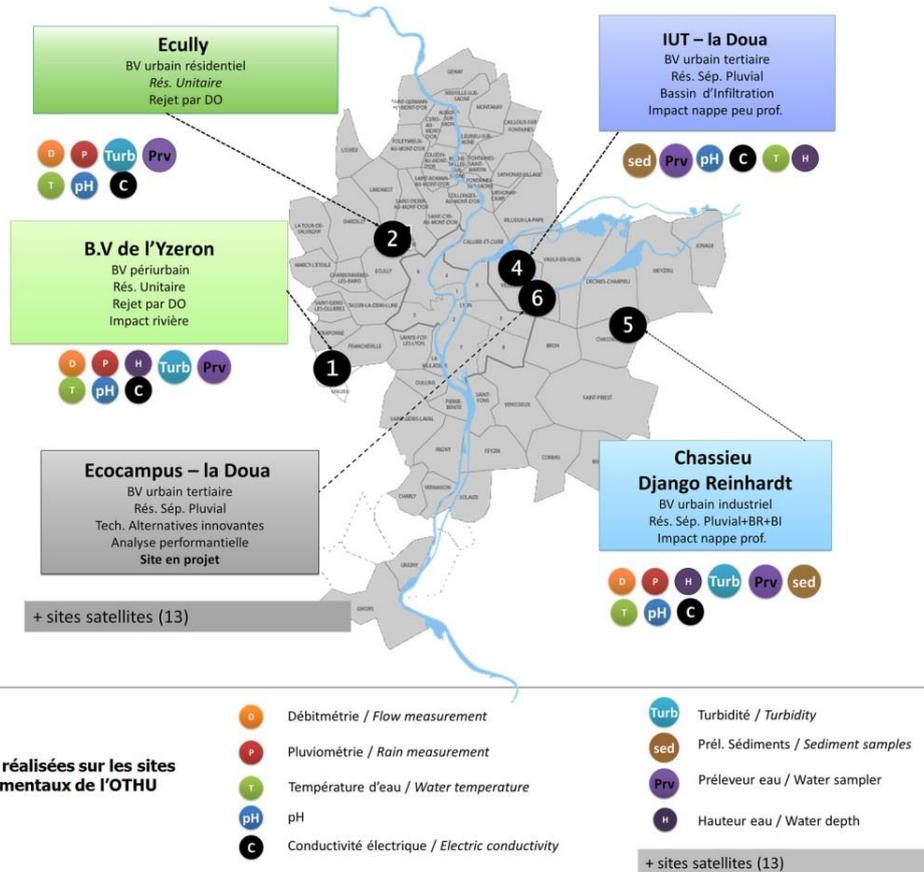


Figure 3 : Localisation des sites expérimentaux OTHU sur la métropole de Lyon

1

Site Bassin versant de l'Yzeron : destiné à l'étude des flux d'eau et de polluants produits par un bassin versant périurbain en cours d'évolution et à l'analyse de l'impact de ces flux sur un réseau de petites rivières (ruisseau de la Chaudanne et l'Yzeron notamment)

2

Site Ecully : destiné à l'étude des flux d'eau et de polluants produits par un bassin versant urbain à dominante résidentielle et des rejets d'un déversoir d'orage

4

Site de IUT – la Doua : destiné à l'étude du fonctionnement d'un bassin d'infiltration dans une situation de nappe peu profonde et à l'analyse de l'impact des flux infiltrés sur la qualité de la nappe (bassin de l'IUT)

5

Site de Chassieu – Django Reinhardt : destiné à l'étude des flux d'eau et de polluants produits par un bassin versant industriel, à la compréhension du fonctionnement d'un bassin de retenue-décantation et d'un bassin d'infiltration dans une situation de nappe profonde et à l'analyse de l'impact des flux infiltrés sur la qualité de la nappe

6

Site Ecocampus – la Doua: destiné à l'étude des flux d'eau et de polluants, produits par un bassin versant muni de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales (toitures végétalisées, chaussées réservoir, noues ...) ainsi qu'à l'analyse performantielle de ces techniques sur le plan hydraulique, environnemental et énergétique (site en cours de finalisation)

### PARTI PRIS De l'OTHU

- Système d'observation in situ, Suivis métrologiques pérennes, en continu & intensifs

- Intégration de disciplines scientifiques multiples et toute forme de savoir (scientifique et opérationnelle experte)

Données fiables (qualifiées en termes d'incertitude)

*Le site N°3 était le site de "Lyon centre" situé en zone urbaine dense (habitations et activités commerciales) sur le campus de la DOUA. Un bungalow avait été installé sur le réseau unitaire afin de suivre les déversements par déversoir d'orage dans le Rhône. Pour des raisons de maintenance trop importante et de difficulté de mesure, ce site a été arrêté en 2008. Le bungalow de mesure a été déconnecté du réseau et transformé en bungalow prototype en 2014 (test en conditions semi-contrôlées). Ce bungalow prototype a été désinstallé en 2015 et a permis le test des équipements mis en place lors de la réhabilitation des sites.*

Le détail sur l'ensemble des sites est donné à l'Annexe 1 du présent document. Dans cette annexe les objectifs propres à chaque site sont rappelés, ainsi que le type d'instrumentation et la nature des données acquises.

### **B.3 Gestion , traitement et partage des données**

La gestion des données de l'observatoire nécessite :

- (i) de s'assurer de la qualité des informations acquises et de quantifier leurs incertitudes,
- (ii) de stocker ces informations de manière à les rendre accessibles à l'ensemble des membres de l'observatoire sachant que les données sont produites par les différentes équipes de recherche ou services opérationnels.

Enfin, la richesse et l'abondance des informations produites imposent de mener une réflexion sur une bonne exploitation de ces informations acquises sur le long terme.

Depuis 2001, une réflexion approfondie a été menée sur les moyens à mettre en œuvre pour assurer la qualité des données ainsi que leur gestion. Cette réflexion a été conduite en relation avec la Métropole de Lyon qui travaillait dans le même temps sur le développement de la base VIGILANCE, destinée à l'archivage des données produites pour l'autosurveillance de leur système d'assainissement.

Par la suite, la décision a été prise au Grand Lyon de mettre en œuvre une véritable démarche d'assurance qualité au sens industriel (Direction de l'eau certifiée ISO 14001, déclaration de politique qualité, plan qualité, manuel assurance qualité, etc.) permettant un suivi et un contrôle de la qualité à toutes les étapes du processus (acquisition, validation et stockage des données). Depuis 2015, la Métropole réfléchit à l'évolution de ce stockage, à l'ouverture publique de certaines données et développe des outils pour l'exploitation de ce big data.

L'OTHU pour s'intégrer dans cette démarche continue, développe depuis ces dernières années des outils de gestion et de traçabilité, inscrits dans la logique d'une démarche qualité et d'ouverture de ces données. Si les modalités de mise à disposition des données produites sont parfaitement définies par la convention de création de la fédération d'équipes de recherche OTHU depuis 2006, le partage effectif et opérationnel s'est développé mais nécessite encore des améliorations.

Les données comme les équipes sont nombreuses si bien que la validation, la gestion, le partage total et la valorisation des données restent encore difficiles. Or ces tâches sont plus que jamais indispensables et sont une priorité. D'une part, il faut croiser et exploiter les chroniques longues de 15 ans dont on dispose aujourd'hui. D'autre part, il est nécessaire de favoriser les collaborations et les échanges de données entre observatoires français (Réseau URBS), au sein de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) et à l'international.

Néanmoins nous avons au cours de la période avancé sur plusieurs points :

- Sur la validation des données en continu ;
- Sur la mise en place d'un outil de recensement des métadonnées ;
- Sur une stratégie d'exploitation des données acquises ;
- Sur une réflexion en matière d'échange entre observatoires.

## a) Méthodologie : validation et archivage des données

### *Données en continu*

Les données en continu sont encore validées et archivées par chaque équipe productrice de données.

Certaines disposent d'outils de validation et d'archivage spécifiques dont le principe est partagé avec les autres équipes sans cependant qu'aucune procédure transversale homogène ne soit mise en place. Par exemple : DEEP a développé des algorithmes de validation des données continues matérialisés dans un logiciel EVOHE; IRSTEA dispose de procédures propres et stocke ses données dans une base dédiée et disponible en ligne appelée BDOH.

Conformément à la convention signée avec le Grand Lyon, l'ensemble des données continues doit être rapatrié sur la base VIGILANCE. Concernant ces données (mesures débitmétriques, pluviométriques et physico-chimiques), un protocole commun de formatage et d'échange des données a été développé pour permettre l'insertion des données de l'observatoire dans la base VIGILANCE du Grand Lyon. Elle est opérationnelle et les protocoles d'échange (transfert des données) entre l'INSA DEEP et le Grand Lyon sont fonctionnels depuis juin 2003. Cependant, la très grande quantité et la diversité des données OTHU pose problème.

Un premier poste dédié au transfert sur VIGILANCE a été installé en 2006 au laboratoire DEEP de l'INSA. Le transfert des données est effectué par Nicolas Walcker grâce à une plateforme FTP. Un second poste avait été installé en 2009 à IRSTEA URHH (unité de recherche hydrologie hydraulique) mais n'a pu être réinstallé en 2014 (problème matériel d'accès – IP dédiée). Toutefois l'accès en consultation à Vigilance n'est pas optimal et est actuellement en cours d'amélioration. Les données acquises par IRSTEA URHH dans le cadre de l'OTHU sont accessibles sur Internet sur la base de données BDOH : <https://bdoh.irstea.fr/> (téléchargement possible des données ; accès par login et mot de passe).

A l'usage, nous constatons aujourd'hui que VIGILANCE ne constitue pas un outil d'échange adapté entre chercheurs et partenaires opérationnels. Vigilance héberge à l'heure actuelle les données du déversoir d'orage à Ecully (gestion INSA DEEP de 2007 à 2016), nécessaires au bilan réglementaire d'autosurveillance des réseaux du Grand Lyon. Une méthode innovante de mesure des débits déversés a été développée par l'OTHU et validée par le service autosurveillance du Grand Lyon. Cette méthode, basée sur l'exploitation d'un modèle utilisant des données de débits en amont du déversoir, est actuellement utilisée pour produire les données des volumes déversés vers le milieu naturel, lesquelles sont intégrées dans VIGILANCE.

Les données de débit de la rivière Chaudanne à Grézieu (IRSTEA QE de 2002 à 2011) ont également été intégrées en priorité ainsi que les données concernant la nappe du bassin d'infiltration de Chassieu (Lyon1 E3S de 2003 à 2015).

Un autre constat est que l'ensemble des données est accessible par simple demande auprès de l'équipe productrice. On peut ainsi remarquer que ce moyen d'échange est le plus utilisé actuellement au sein de l'observatoire.

Au cours de ces trois dernières années et bien que l'OTHU participe activement à la réflexion de restructuration de la base de données Vigilance pour 2019, la priorité en termes de données a été centrée:

- non pas sur le développement d'une base de données interne OTHU mais sur l'amélioration et la saisie des fiches métadonnées au sein de l'outil de métadonnées développé en interne.

- sur la qualification et le traitement des données en continu

Au sein de l'observatoire la mesure en continu est fortement développée sur les sites expérimentaux. Ainsi elle représente en fait une masse considérable d'informations.

Pour traiter et qualifier les données en continu du site de Chassieu et d'Ecully, une méthode semi-automatique de validation (détection sur seuil de variation, problème de fonctionnement des installations, ...) avec le calcul des incertitudes de mesure avait été développée et programmée en 2004 (programme DAVE). Une version commerciale améliorée (EVOHE) est sortie en décembre 2011. Fin 2016, une version entièrement revue de ce logiciel est en cours de test et sera diffusée. L'objectif est à terme de généraliser cet outil au sein l'OTHU afin d'homogénéiser les pratiques dans le but d'une amélioration continue des procédures et pratiques mérologiques.

La démarche de qualification de données comporte trois principales étapes :

- Importation des données brutes dans EVOHE et correction automatique via les fonctions d'étalonnage ;
- prévalidation automatique des données corrigées grâce à l'utilisation d'une série de tests d'évaluation des données (attribution des notes : 1 pour les données bonnes, 2 pour les données douteuses, 3 pour les données mauvaises) ;
- validation finale des données : les données notées 1 sont automatiquement retenues et l'utilisateur prend une décision par rapport aux données notées 2. Les données notées 3 sont éliminées.

#### ***Campagnes d'analyses ponctuelles***

Concernant les échantillons (mesures physico-chimiques ou biologiques réalisées sur des échantillons d'eau, de sols, de sédiments ou sur des micro-organismes), un protocole commun de formatage et d'échange des données avait également été établi en cohérence avec la base VIGILANCE. Cette partie de la base est accessible depuis le début de l'année 2002.

Le format n'est cependant pas optimal et les modalités peu pratiques pour les renseigner. Il n'est pas possible par exemple de détailler des analyses de plusieurs HAPs ou plusieurs PCBs si bien que les données ne sont jamais versées et qu'en cas de besoin le Grand Lyon préfère les demander directement aux équipes productrices pour notamment avoir le détail des résultats. D'un commun accord avec le Grand Lyon, seule les données continues ont été signalées comme prioritaires.

La base de métadonnées développée est également une réponse à la structuration de l'information sur les campagnes réalisées.

En 2016, un post doctorat spécifique OTHU a été lancé pour initier la réflexion et proposer un modèle d'archivage des données de campagnes OTHU pour homogénéiser les informations archivées, obtenues à partir des résultats des campagnes ponctuelles.

#### **b) Nombre de données acquises**

##### ***Données en continu :***

À titre d'information, plus de 85 millions de données élémentaires (180 millions de données brutes) avec les capteurs uniques, doublés ou triplés (pour permettre la validation) ont été acquises au sein de l'OTHU entre 2000-2015.

À titre d'exemple encore, au sein de l'OTHU (sites Chassieu et Écully), plus de 16,5 millions de données consolidées (30 millions de données brutes avec des capteurs parfois triplés pour la validation) ont été acquises et validées en 2 ans (2013-2014).

En 2015 et en raison de la réhabilitation complète du site de Chassieu et l'arrêt partiel de celui d'Écully, uniquement 78 800 données ont été acquises.

En 2016 et en raison de l'arrêt partiel d'Écully, uniquement 10.5 millions de données brutes ont été produites.

#### **Campagnes ponctuelles :**

Des campagnes de mesure de concentrations en polluants, ainsi que des analyses biologiques et microbiologiques sont faites de manière récurrente sur différents compartiments sur chaque site qu'il serait nécessaire de mieux repérer dans le temps et l'espace pour les rendre plus facilement accessible.

À titre d'illustration sur la période 2014 – 2016, 17 877 paramètres Physico-chimiques ont été analysés lors de campagnes ponctuelles.

#### **Partage et Valorisation des données**

*Définition : les métadonnées sont un ensemble de données structurées décrivant des ressources physiques ou numériques. Elles sont un maillon essentiel pour le partage de l'information.*

Depuis 2009 l'OTHU a décidé de constituer un catalogue des métadonnées de l'observatoire. Grâce à deux séminaires internes à l'OTHU sur les "données" organisés en 2009 et 2010, trois types de données ont été qualifiés et décrites (données continues, campagnes et données d'état). Leur stockage, leur accessibilité et leur référencement au sein du catalogue des données ont été définis.

Les champs de saisie des fiches du catalogue ont été définis et mis en cohérence avec le Géorépertoire de la ZABR. Fin 2011 un premier utilitaire de saisie en ligne a été réalisé sur Limesurvey pour tester la pertinence des formats arrêtés en septembre 2012.

Ce prototype simplifié a servi à construire le cahier des charges d'un vrai outil en ligne permettant :

- de saisir les métadonnées, de les consulter et d'effectuer des requêtes
- de disposer de plusieurs niveaux d'accès:
  - o niveau "consultation" = prise de connaissance
  - o niveau " exploitation "(en saisie, en correction et en consultation)
  - o niveau "administrateur"
- de répondre à la directive européenne "Etablissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (INSPIRE)" pour permettre le lien avec le géorépertoire de la ZABR.

Une première version de l'outil développé par la société Alison est disponible depuis janvier 2013.

La base est pour l'instant en consultation uniquement sur l'espace réservé du site web de l'OTHU mais le catalogue global en version pdf est accessible au public.[LIEN](#)

#### **Quelques grands chiffres :**

À ce jour et depuis sa mise en place en 2013, la base de métadonnées compte **171 fiches** de métadonnées dont 51 fiches relatives aux données produites en 2015. La saisie des fiches est rendue obligatoire avec le rendu de chaque rapport d'exécution annuel fourni par les équipes.

À ce jour, 88% des fiches présentes dans la base de métadonnées représentent des données produites dans le cadre de l'OTHU, les 22% restant étant des données acquises via des projets de recherche en appui sur l'observatoire.

Pour ce qui est des échanges entre observatoires, un premier diagnostic a été produit par la société SEPIA Conseil qui a analysé les données acquises dans les différents observatoires et leur mode de gestion et partage (SEPIA Conseil, 2012)<sup>3</sup>. Elle a également à la demande du SOERE URBIS fait un état des lieux des modalités de gestion des données d'observatoires plus anciennes notamment dans le cadre des ORE ou d'observatoires étrangers dans d'autres domaines. L'étude montre que les difficultés rencontrées sont largement partagées et que la gestion de données nombreuses, variées et de natures différentes reste un problème central de ce type d'organisation. Le travail s'est poursuivi dans le cadre d'URBIS (réseau interobservatoires structuré en SOERE) par l'embauche d'un CDD chargé de faire des propositions concrètes.

Cependant, aucune solution commune n'a pu être trouvée, principalement faute de moyens humains pour la gestion et également du fait de la multitude des paramètres à analyser dans les 3 observatoires. Le label SOERE n'a pas été reconduit en 2015. Les travaux de coordination entre observatoires se poursuivent et le réseau Urbis reste actif sur cette thématique.

En matière de valorisation - exploitation « grand public » systématique des données acquises dans l'OTHU (e.g. La température de la nappe lyonnaise a-t-elle subi globalement une évolution thermique en 10 ans? pour tenter de répondre à cette question, il faut analyser les températures mesurées en amont des sites d'infiltration) est toujours en projet mais n'a cependant pu être réalisé faute de temps sur la période.

En revanche, la synthèse des résultats obtenus dans le cadre du projet chronothu (financé par l'Agence de l'Eau RMC) avec des éclairages très concis sur l'analyse des chroniques de l'observatoire sur 15 ans est en cours de valorisation et une rubrique « *Saviez-vous que ....?* » avec ces grands messages sera prochainement disponible sur le site web.

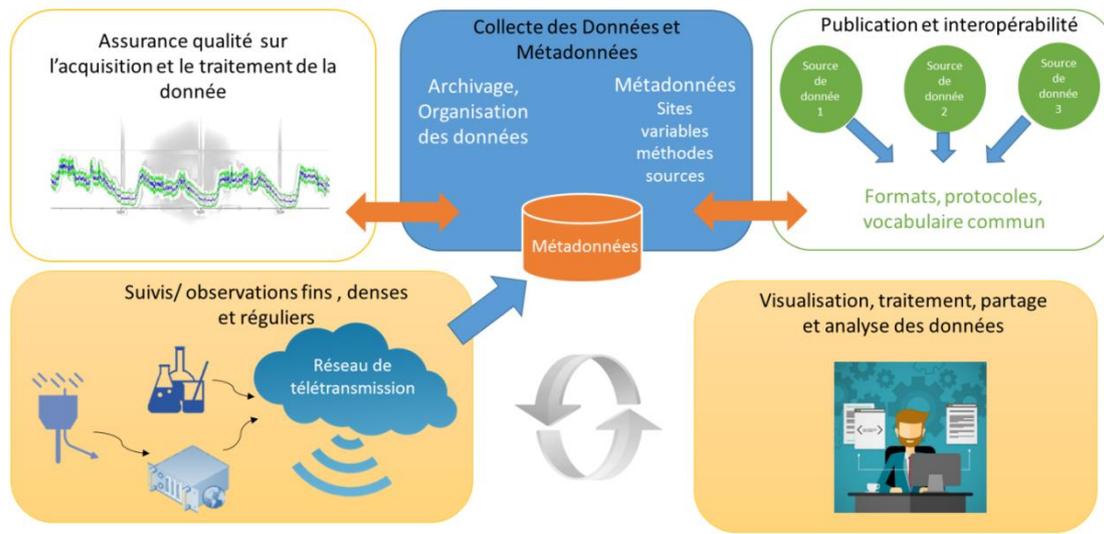
### c) Perspectives

Les perspectives s'articulent autour des points suivants :

- Poursuivre le développement et le renseignement de la base de métadonnées
- Poursuivre la systématisation du recours à une validation homogénéisée sur l'ensemble des sites
- Avancer sur les modalités d'échange entre observatoires
- Permettre une exploitation « élargie » des données en communiquant plus sur les données acquises et en s'intégrant dans la politique de BIG data de la métropole

---

<sup>3</sup>SEPIA Conseil (2012). *URBIS – Etude de faisabilité d'un outil de partage de données entre les 3 observatoires OPUR ONEVU ET OTHU*. Rapport d'études, Affaire 09A148, Septembre 2012.



GRAIE - Inspiré de Horsburgh *et al.* (2011)

Illustr. 1: Représentation schématique de la démarche de l'OTHU en matière de gestion, traitement et partage des données - inspire de Horsburgh *et al.* (2011)<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Horsburgh J. S., Tarboton D. G., Maidment D. R., Zaslavsky I. (2011). Components of an environmental observatory information system. *Computers & Geosciences*, 37 (2011), 207–218

## **C RESULTATS SCIENTIQUES ET OPERATIONNELS**

## C RESULTATS SCIENTIQUES ET OPERATIONNELS

### C.1. CONNAISSANCE DE LA PLUVIOMETRIE ET FACTEURS DE RISQUE ASSOCIES

#### C.1.1. ESTIMATION DES INTENSITES DE PLUIE A L'AIDE DE LA MODELISATION

##### a) Equipes et disciplines mobilisées

DEEP (hydrologie urbaine - métrologie, modélisation, incertitudes, statistiques), TU Innsbruck, Autriche (hydrologie urbaine, modélisation).

##### b) Objectif

Le mesurage des intensités des précipitations au sol au moyen de pluviographes est une pratique courante en hydrologie. Cependant, les intensités obtenues ponctuellement ne sont pas toujours représentatives à l'échelle du bassin versant du fait de la variabilité spatio-temporelle de la pluie, et les incertitudes associées doivent être évaluées. L'objectif de cette étude est d'évaluer deux approches fondées sur un modèle hydrologique pluie-débit permettant d'estimer les intensités de pluie qui auraient généré le débit mesuré à l'exutoire et leurs incertitudes.

##### c) Méthodes

Les deux approches étudiées sont : i) la formulation inverse du modèle hydrologique et ii) l'estimation des erreurs sur les intensités mesurées. La première approche permet de convertir le débit à l'exutoire du bassin versant en intensité de pluie. La deuxième est fondée sur une approche bayésienne qui détermine, à partir des débits et des intensités mesurées (considérées comme l'information *a priori*), les erreurs sur les intensités de pluie mesurées qu'il faut corriger pour que les intensités corrigées (information *a posteriori*) génèrent au mieux le débit mesuré à l'exutoire en utilisant le modèle pluie-débit préalablement calé (Leonhardt *et al.*, 2014). Les cinq paramètres de calage du modèle sont le décalage temporel, la constante de temps du réservoir linéaire (lag-time), les pertes initiales et continues et le débit de base (correspondant au débit de temps sec). Les deux approches utilisent des données de pluie et de débit collectées sur le site Django Reinhardt à Chassieu. Les incertitudes sur les paramètres du modèle et sur les données d'entrée sont prises en compte. Les incertitudes sur les intensités de pluie reconstituées ou corrigées sont estimées par la méthode de Monte Carlo.

##### d) Résultats clés scientifiques et opérationnels

Les deux approches permettent de déterminer les intensités de la pluie moyenne sur le bassin versant permettant de reproduire au mieux le débit observé à l'aide du modèle pluie-débit utilisé, et d'estimer leurs incertitudes. Le modèle bayésien de calcul d'erreurs fournit des incertitudes moins importantes sur les intensités corrigées car il utilise les intensités mesurées qu'il corrige. Le modèle inverse, quant à lui, n'utilise que les données de débit et le modèle calé : les incertitudes sur les intensités reconstituées sont donc plus importantes car l'information initiale est plus limitée. Dans les deux cas, les intensités reconstituées ou corrigées ne sont pas indépendantes du modèle pluie-débit utilisé.

Sur le plan opérationnel, le modèle inverse permet de reconstituer des intensités de pluie moyenne manquantes, le modèle bayésien de corriger des intensités mesurées ponctuellement pour qu'elles correspondent au mieux aux intensités moyennes sur le bassin versant.

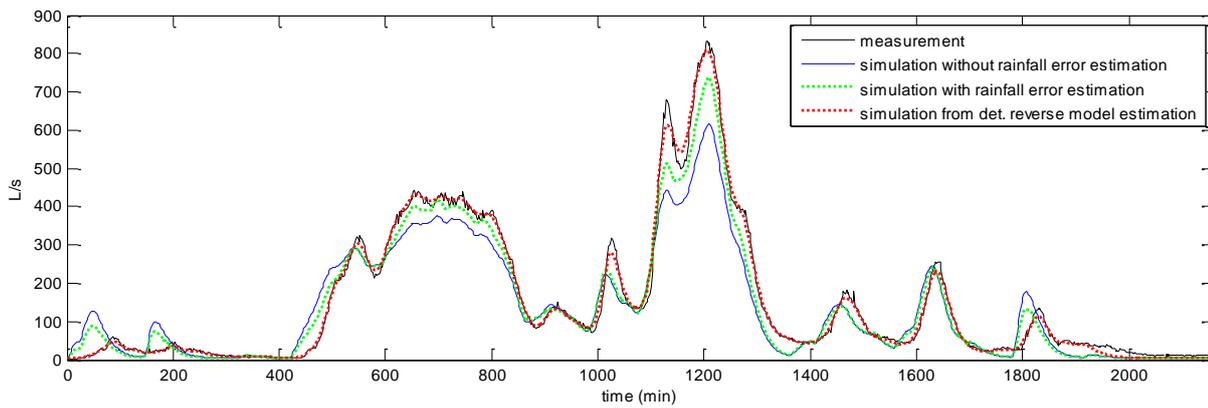


Figure 4 : Exemple de résultat - Débit mesuré (en noir), débit calculé avec la pluie mesurée (en bleu), débit calculé avec la pluie corrigée par le modèle bayésien (en pointillé vert) et débit calculé avec la pluie générée par le modèle inverse (en pointillé rouge).  
Extrait de Leonhardt *et al.*, 2014.

### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

- Leonhardt G., Sun S., Rauch W., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Comparison of two model based approaches for areal rainfall estimation in urban hydrology. *Journal of Hydrology*, 511, 880-890. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.048.
- Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Separately accounting for uncertainties in rainfall and runoff: Calibration of event based conceptual hydrological models in small urban catchments using Bayesian method. *Water Resources Research*, 49(9), 5381-53944. doi 10.1002/wrcr.20444.
- Sandoval S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Identification of errors in high temporal resolution rainfall time series by model based approaches. Proceedings of the 10th UDM - International Conference on Urban Drainage Modelling, Mont Sainte Anne, Quebec, Canada, 20-23 September, Oral Presentations II, 183-186.
- Sun S., Leonhardt G., Bertrand-Krajewski J.-L., Rauch W. (2014). Estimating Areal Rainfall and Accompanied Uncertainty by Combining Two Model-Based Approaches. Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8 p.
- Leonhardt G., Sun S., Rauch W., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Model based approaches for rainfall estimation in urban catchments. Proceedings of Novatech 2013, Lyon, France, 23-27 June, 10 p.

### f) Collaborations nationales, internationales et programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

Programme d'échange franco-autrichien (Bourse « visiting fellow » Marietta-Blau, Austrian Federal Ministry of Science and Research - Ministère de la recherche scientifique autrichien - pour G. Leonhardt), Programme FP7 PREPARED: Enabling change (DEEP et TU Innsbruck partenaires).

### g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)

L'une des perspectives concerne la combinaison des deux modèles : dans une première étape, application du modèle inverse pour générer les intensités de pluie manquantes (le cas échéant), puis dans une deuxième étape, application du modèle bayésien pour estimer les incertitudes sur les intensités de pluie.

## C.1.2. CONFIGURATIONS SYNOPTIQUES PROPICES AUX PRECIPITATIONS ET FACTEURS AGGRAVANTS

### a) Equipes et Disciplines mobilisées

UMR 5600 CNRS Environnement Ville Société CRGA

### b) Objectifs

Faiblement étudiés jusqu'à présent sur ce territoire, les types de circulation synoptique à l'origine des pluies à risque (intenses, abondantes ou durables) peuvent accroître la connaissance des phénomènes pluvieux et apporter des éléments significatifs sur l'adaptation des ouvrages aux changements climatiques.

### c) Méthodes

Les catalogues de détermination des régimes synoptiques en Europe de l'ouest sont nombreux, les méthodes de classification sont diverses et leurs origines, objectifs et applications variés, les plus anciennes remontant au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle (Baur et al., 1944)<sup>5</sup>. Après évaluation des principaux différents catalogues existants, notre choix s'est porté sur la classification de Hess-Brezowsky pour plusieurs raisons. Ce catalogue, initié par Baur et al. (1944), puis adapté par Hess et Brezowsky (1952)<sup>6</sup>, est mis à jour actuellement par le service du Deutscher Wetterdienst (Gerstengarbe et Werner, 1999 ; 2005)<sup>7</sup>. Le catalogue est librement accessible et remonte jusqu'à 1881. La méthode étudie la direction des flux sur l'Europe centrale, sans délaisser la situation synoptique générale. La nomenclature donnée par les auteurs est simple, intuitive et conventionnelle (James, 2007), elle repose sur 29 types de situations (Großwetterlagen : GWL), qui peuvent être regroupés en 5 types de circulations principales (Großwettertypen : GWT - Planchon et al., 2009<sup>8</sup>). Le pluviomètre de Lyon-Bron de Météo-France et les pluviomètres de la métropole de Lyon sont utilisés dans cette étude.

### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

31 % des circulations à l'origine de jours de pluie sont d'Ouest (contre 24 % pour les jours secs), 24 % sont des circulations de Nord-Ouest et de Nord (contre 25 %), et 22 % de Sud (contre 14 %). Les circulations de Nord-Est et d'Est et les situations à centre d'action sur l'Europe Centrale ferment la marche avec 11 % (contre 12 %) et 12 % (contre 24 %). Il existe de fortes évolutions des types de circulations lors de journées pluvieuses. En effet, nous assistons à une diminution de tous les types (dans des proportions différentes), à l'exception de la circulation de Sud, qui connaît une forte et constante augmentation ( $p$ -value < 0,0001 ; tau de Kendall = 0,48 – Figure 4).

<sup>5</sup> Baur F., Hess P., Nagel H., 1944 : *Kalender der Großwetterlagen Europas 1881-1939*. Bad Homburg, 35p.

<sup>6</sup> Hess P., Brezowsky H., 1952 : *Katalog der Großwetterlagen Europas (Catalog of the European Large Scale Weather Types)*. Ber. Dt. Wetterd. in der US-Zone 33, Bad Kissingen, Germany (in German).

<sup>7</sup> Gerstengarbe F.-W., Werner P., 1999 : *Katalog der Großwetterlagen Europas (1881–1998)*, nach Paul Hess und Helmut Brezowsky (Catalog of European weather types (1881–1998) after Paul Hess and Helmut Brezowsky). Potsdam, Germany. 138 p. (in German). <http://www.pik-potsdam.de/~uwerner/gwl/>

Gerstengarbe F.-W., Werner P.-C., 2005: *Katalog der Grosswetterlagen Europas (1881–2004) Nach Paul Hess Und Helmut Brezowsky*. 6. Verbesserte und Ergänzte Auflage, PIK Report No. 100, Potsdam Institut Fur Klimafolgenforschung, 153 p. (in German).

<sup>8</sup> Planchon O., Quénoel H., Dupont N., Corgne S., 2009 : Application of the Hess-Brezowsky classification to the identification of weather patterns causing heavy winter rainfall in Britta.ny (France). *Natural hazard and earth science systeme science*, **9**, 1161-1173

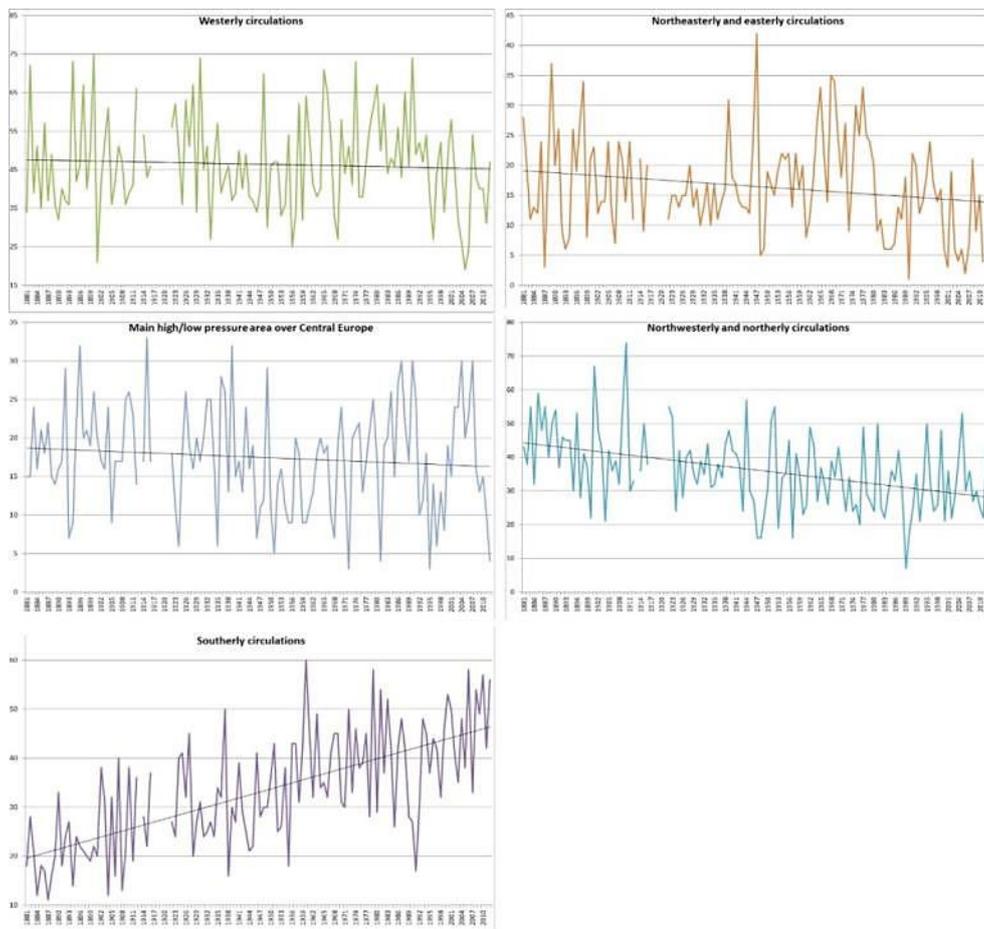


Figure 4: Types de circulation durant les journées pluvieuses, à Lyon, de 1881 à 2013 (respectivement de haut en bas et de gauche à droite : circulation d'Ouest, circulation de Nord-Est et d'Est, situations à centre d'action sur l'Europe Centrale, circulation de Nord-Ouest et de Nord et circulation de Sud)

Les caractéristiques des pluies peuvent être connues depuis 1988, date de l'installation du réseau de mesure au sol de la métropole. Des études précédentes ont montré que les pluies les plus intenses étaient à l'origine de la majorité des problèmes d'inondation, mais les pluies abondantes et de longue durée sont aussi à prendre en considération. De ce fait, des échantillons des 100 pluies les plus remarquables en termes d'intensité, de hauteur d'eau, et de durée ont été créés, pour être confrontés aux types de circulation concomitants. Concernant les pluies les plus abondantes, il peut être remarqué la part prépondérante des circulations de Sud, présentes lors de plus de la moitié des précipitations (56 %). Plus précisément, au niveau des GWL, nous constatons que le type TRW « talweg sur l'Europe occidentale » est présent à lui seul durant 29 % des précipitations. Le deuxième régime de précipitations est la circulation d'Ouest, et n'est présente que dans 19 % des situations. Ce constat très tranché se retrouve lorsque l'on s'intéresse aux 100 pluies les plus longues de la période 1988 – 2012. 45 % de ces pluies se retrouvent lors de circulations de Sud (et 29 % de TRW), et 22 % durant des circulations d'Ouest. La situation est très différente lorsqu'on étudie les circulations durant les précipitations intenses. Les circulations de Sud sont toujours les plus présentes, mais seulement à hauteur de 34 %. Les situations à centre d'action sur l'Europe centrale, qui ne sont présentes qu'à 11,6 % lors des journées pluvieuses, se manifestent à 23 % durant ces pluies intenses. Une étude approfondie des GWL révèle que le BM « dorsale anticyclonique sur l'Europe moyenne » est le plus représenté avec 13 % de l'échantillon des épisodes intenses. Il est suivi de près par les GWL WZ « circulation d'ouest cyclonique », SWZ « circulation de sud-ouest, cyclonique » et TRW « talweg sur l'Europe occidentale », tous à 11%. Outre la forte augmentation des types de circulations du sud d'une manière globale, les circulations TRW, SWZ et BM sont en forte augmentation depuis 1881.

### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

LANGLOIS de SEPTENVILLE W., RENARD F., SOTO D., 2016. Impacts du changement climatique sur l'utilisation des techniques alternatives pour une gestion durable de l'eau dans la métropole de Lyon. *Novatech 2016 – 9ème conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie*, Lyon, 10 p.

RENARD F., LEDEE B., LANGLOIS de SEPTENVILLE W., 2015. Intensification of rainfall related to climate change and its impact on urban water management. *10th International Workshop on Precipitation in Urban Areas. Rainfall in Urban and Natural Systems*, Pontresina (Suisse), 4 p.

RENARD F., LANGLOIS de SEPTENVILLE W., 2014. Les types de circulation à l'origine des pluies remarquables et de leurs évolutions : intérêt de la classification de Hess-Brezowsky appliquée aux précipitations lyonnaises. *27ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Dijon, 6 p.

### f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

Chaire de Recherche et d'Enseignement Supérieur « impact environnementaux » CNRS – Université Jean Moulin Lyon 3 (2011 – 2016)

### g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)

Actualisation de l'étude pour confirmer les tendances, utilisation du nouveau catalogue objectif des situations du DWD et étude des relations entre précipitations intenses et occupation des sols, topographie, NDVI et îlots de chaleur urbain.

## A RETENIR

Les types de circulation du Sud sont à l'origine de plus de la moitié des précipitations à risque (associée aux circulations à centre d'action sur l'Europe Centrale pour les pluies intenses).

Ces circulations du Sud et le GWL BM sont en nette augmentation depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Cela peut signifier qu'une augmentation des pluies à risque est à prévoir dans les prochaines décennies.

## C.2. PRODUCTION ET TRANSFERT DES FLUX D'EAU ET DE CONTAMINANTS A L'ECHELLE DES BASSINS VERSANTS

### C2.1. CAS DES BASSINS VERSANTS PERI-URBAINS - METROLOGIE ET SIMULATEUR

#### a) Equipes et Disciplines mobilisées

- Irstea (UR HHLY) : modélisation hydrologique spatialisée
- UMR EVS : évolution de l'occupation des sols en milieu périurbain et prospective territoriale
- Université Catholique du Chili et Université de Chile : modélisation hydrologique et prétraitements SIG

#### b) Objectifs

Les travaux menés sur ce thème ont pour objectif de caractériser l'impact de l'urbanisation et des modes de gestion des eaux pluviales sur le régime hydrologique et la géomorphologie des bassins versants périurbains à différentes échelles (du bassin de quelques km<sup>2</sup> au bassin de méso-échelle de 100-200 km<sup>2</sup>).

#### c) Méthodes

Les travaux menés se sont principalement appuyés sur les acquis du projet ANR AVuPUR (Assessing the Vulnerability of Peri Urban Rivers, 2008-2011) et ont permis de poursuivre l'exploitation et la valorisation des données collectées dans plusieurs directions :

- 1/ Evaluation des performances du modèle hydrologique distribué de bassins périurbains PUMMA (Jankowsky *et al.*, 2014) à l'aide des données de l'observatoire OTHU (débits), mais aussi développement méthodologique pour utiliser des données plus imprécises : données de niveaux d'eau collectés dans la thèse de Sarrazin (2012)<sup>9</sup> et données de teneur en eau de surface collectées par Dehotin *et al.* (2015)<sup>10</sup> à partir desquelles on a défini des signatures hydrologiques caractéristiques de certaines parties du régime hydrologique (Fuamba *et al.*, 2015, 2016<sup>11</sup>).
- 2/ Poursuite du développement des outils de prétraitements SIG pour la définition du maillage dans les bassins périurbains (Sanzana *et al.*, 2013, 2016<sup>12</sup>) (outil open-source GEO-PUMMA) et évaluation de l'amélioration du maillage sur les caractéristiques géomorphologiques du bassin (liées aux temps de transfert). Test sur le sous-bassin du Mercier (Yzeron) et un bassin Chilien (projet ECOS-Sud, Thèse P. Sanzana, Univ. Catholique du Chili)
- 3/ Développement, dans la plateforme de modélisation JAMS<sup>13</sup>, du modèle J200P, adapté aux bassins périurbains de méso-échelle incluant une représentation du réseau unitaire ou séparatif et une représentation spatialisée de l'urbanisation et de l'infiltration (Labbas, 2015). Evaluation sur le bassin de l'Yzeron mais aussi de la Chézine (observatoire ONEVU, Gudefin, 2013). Exploitation des cartes d'usages du sol produite durant AVuPUR et des différents scénarios prospectifs à l'horizon 2030 pour

<sup>9</sup> Sarrazin, B., 2012. MNT et observations multi-locales du réseau hydrographique d'un petit bassin versant rural dans une perspective d'aide à la modélisation hydrologique. Ecole doctorale Terre, Univers, Environnement. Institut National Polytechnique de Grenoble, 27/03/2012, 269 pp.

<sup>10</sup> Dehotin, J., Breil, P., Braud, I., de Lavenne, A., Lagouy, M., B. Sarrazin, 2015. Detecting surface runoff location in a small catchment using distributed and simple observation method, *Journal of Hydrology*, 525, 113-129,

<sup>11</sup> Fuamba, M., Branger, F., Braud, I., Sanzana P., Sarrazin, B., Jankowsky, S., Batchabani, E., 2016. Value of distributed water level and soil moisture data in the evaluation of a distributed hydrological model: application to the PUMMA model in the semi-rural Mercier catchment in France, *J. Hydrology*, in revision.

<sup>12</sup> Sanzana, P., Gironás, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Jankowsky, S., Vargas, X., Hirschfeld, N., Muñoz J.F., Vicuña, S., Meijja, A., 2016. Geo-PUMMA: Urban and Peri-urban landscape representation tool for hydrological distributed modeling, *Environmental Modelling & Software*, submitted.

<sup>13</sup> Just Another Modeling System, <http://jams.uni-jena.de/>

comparer différentes cartes d'occupation du sol mais aussi différents modes de gestion des eaux pluviales (connexion ou non au réseau unitaire).

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

- Développement et évaluation du modèle hydrologique spatialisé PUMMA (pour les petits bassins versants de quelques km<sup>2</sup>) à l'aide de signatures hydrologiques dérivées de données « proxy » et démonstration de l'intérêt de ces données, même si des informations quantitatives sur les capacités de stockage des sols et les débits spatialement réparties restent indispensables.

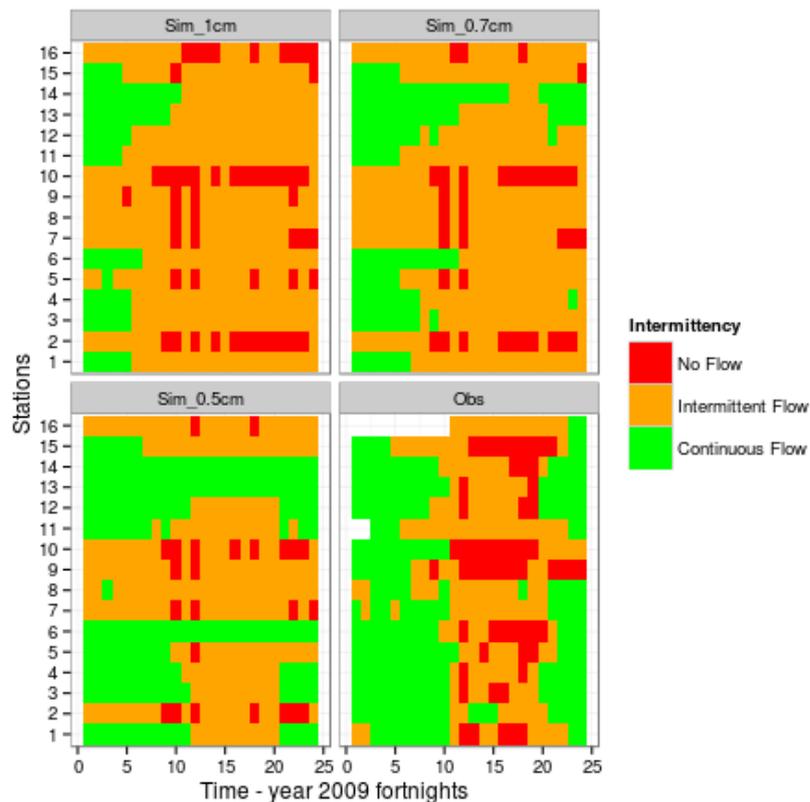


Figure 5: Comparaison d'un indicateur d'intermittence calculé à l'aide des données du réseau de limnimètres de la thèse de Sarrazin (2012) pour l'année 2009, divisée en 24 périodes de 15 jours (Obs en bas à droite) et des résultats d'une simulation à l'aide du modèle PUMMA sur le bassin du Mercier pour différents choix de seuils pour définir l'absence d'écoulement (1cm- en haut à gauche ; 0,7 cm- en haut à droite ; 0,5 cm- en bas à gauche). Les chiffres en ordonnée correspondent aux numéros des stations limnimétriques.

- Développement et évaluation du modèle J2000P (pour les bassins de méso-échelle) ; exploitation pour caractériser l'impact sur le régime hydrologique de scénarios d'évolution de l'urbanisation et des modes de gestion des eaux pluviales. Les résultats suggèrent que le mode de gestion a le d'impact sur la réponse hydrologique que le taux d'imperméabilisation du sol.
- Amélioration d'outils de prétraitements SIG adaptés à la génération de maillages pour les bassins périurbains et exploitation pour caractériser l'impact de l'urbanisation sur les chemins de l'eau.
- Les outils J2000P et GeoPUMMA sont open-source et utilisables librement (utilisateur éclairé, voire expert pour GeoPUMMA).

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

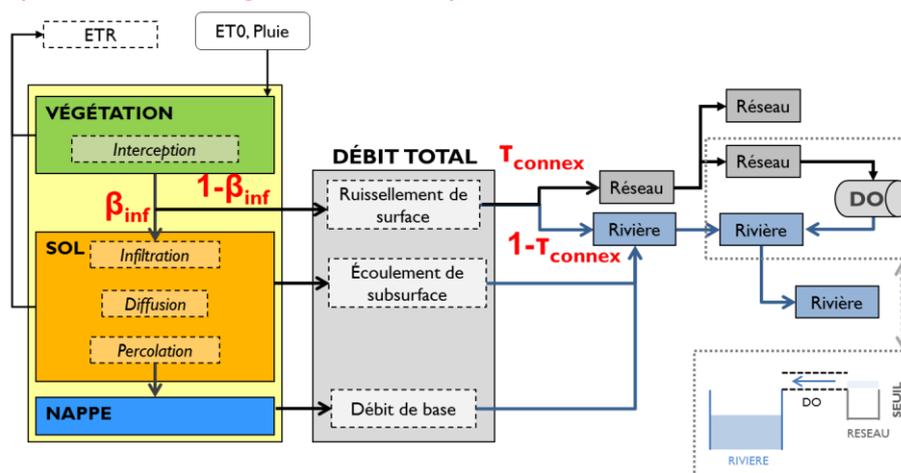


Figure 6: Structure du modèle J2000-P (Labbas, 2015)

### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

#### Thèses

Labbas, M., 2015. Modélisation hydrologique de bassins versants périurbains et influence de l'occupation du sol et de la gestion des eaux pluviales. Application au bassin de l'Yzeron (130 km<sup>2</sup>). Ecole doctorale Terre, Univers, Environnement. Université de Grenoble Soutenance le 24/02/2015, 364 pp.

#### Articles dans revues à comité de lecture

Branger, F., Kermadi, S., Jacqueminet, C., Michel, K., Labbas, M., Krause, P., Kralisch, S., Braud, I., 2013. Assessment of the influence of land use data on the hydrology of a periurban catchment using a distributed modelling approach, *Journal of Hydrology*, 505, 312-325

Braud, I., Breil, P., Thollet, F., Lagouy, M., Branger, F., Jacqueminet, C., Kermadi, S., Michel, K., 2013. Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France, *Journal of Hydrology*, 485, 5-23.

Braud, I., Fletcher, T.D., Andrieu, H., 2013. Preface: Hydrology of peri-urban catchments: processes and modelling, *Journal of Hydrology*, 485, 1-4.

Jankowsky, S., Branger, F., Braud, I., Gironas, J., Rodriguez, F., 2013. Comparison of catchment and network delineation approaches in complex suburban environments. Application to the Chaudanne catchment, France, *Hydrological Processes*, 27(25), 3747-3761.

Jankowsky, S., Branger, F., Braud, I., Rodriguez, F., Debionne, S., Viallet, P., 2014. Assessing anthropogenic influence on the hydrology of small peri-urban catchments: development of the object-oriented PUMMA model by integrating urban and rural hydrological models, *Journal of Hydrology*, 517, 1056-1071.

Jacqueminet C., Kermadi S., Michel K., Béal D., Branger F., Jankowsky S., Braud I., 2013. Land cover mapping using aerial and VHR satellite images for distributed hydrological modelling of periurban catchments: application to the Yzeron catchment (Lyon, France), *Journal of Hydrology*, 485, 68-83.

Labbas, M., Branger, F., Braud, I., 2015. Développement et évaluation d'un modèle hydrologique distribué périurbain prenant en compte différents modes de gestion des eaux pluviales. Application au Bassin de l'Yzeron (150 km<sup>2</sup>), *La Houille Blanche*, 5, 84-91.

Sanzana P., Jankowsky, S., Branger F., Braud, I., Vargas, X., Hirschfeld, N., Gironas, J., 2013. Computer-assisted mesh generation based on Hydrological Response Units for distributed 1 hydrological modelling, *Computers and Geosciences*, 57, 32-43.

#### Communications dans des congrès internationaux

Braud, I., Fuamba, M., Branger, F., Sanzana P., Sarrazin, B., Jankowsky, S., Batchabani, E., 2015. Use of distributed water level and soil moisture data in the evaluation of the PUMMA periurban distributed hydrological model: application to the Mercier catchment, France, EGU General Assembly 2016, 17-22/04/2016, Vienna, Austria, poster.

Fuamba, M., Branger, F., Braud, I., Sanzana Cuevas P., Sarrazin, B., Jankowsky, S., 2015. Interest of spatially distributed data to evaluate the object-oriented PUMMA model on the semi-rural Mercier catchment (Yzeron basin, France), 36th IAHR World Congress, June 28-July 3 2015, Delft, The Hague, The Netherlands, 8 pp, <http://89.31.100.18/~iahrpapers/80490.pdf>, poster.

- Labbas, M., Branger, F., Braud, I., Kralisch, S., Jacqueminet, C., Kermadi, S., Michel, K., Joliveau, T., Dodane, C., Volte, E., 2013. Multi-scale approach to assess the impacts of land use evolution and rainwater management practices on the hydrology of periurban catchments : application to the Yzeron catchment (150 km<sup>2</sup>), Novatech 2013, June 23-27, Lyon, France, 10 pp.
- Labbas, M., Branger, F., Braud, I., Kralish, S., 2013. Towards a distributed modelling of the long-term hydrology of a medium-sized periurban catchment subjected to land use and rainwater management changes, EGU General Assembly, 7-12 April 2013, Vienna, Austria, Poster.
- Labbas, M., Kermadi, S., Branger, F., Jacqueminet, C., Michel, K., Braud, I., 2013. Apport de l'imagerie très haute résolution pour la simulation du cycle hydrologique d'un bassin péri-urbain Français (Yzeron, ouest lyonnais), Colloque international eau et climat : regards croisés Nord/Sud : Eau : ressource, risque et développement durable dans les pays de la Méditerranée occidentale, 27-28 Novembre 2013, Fès, Maroc, 4 pp.
- Kermadi, S., Branger, F., Labbas, M., Jacqueminet, C., Michel, K., Braud, I., 2013. Apports des SIG à la compréhension et la simulation du cycle hydrologique dans un bassin versant périurbain. Application au bassin de l'Yzeron – Ouest Lyonnais, France. Actes du XXIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 3-7 Septembre 2013, Cotonou (Bénin), 304-309.
- Kermadi, S., Labbas, M., Branger, F., Braud, I., 2015. Apports de la modélisation distribuée horaire à la compréhension du régime hydrologique du bassin périurbain de l'Yzeron – Ouest Lyonnais, France, Actes du XXIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 1-4 Juillet 2015, Liège, Belgique, 6 pp, [http://www.climato.be/aic/colloques/actes/ACTES\\_AIC2015/1%20Modelisation%20Cryosphere%20et%20Teledetection/008-KERMADI-055-060.pdf](http://www.climato.be/aic/colloques/actes/ACTES_AIC2015/1%20Modelisation%20Cryosphere%20et%20Teledetection/008-KERMADI-055-060.pdf) ,poster.
- Sanzana, P., Gironas, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hitschfled, N., Munoz J.-F., Vicuna, S., 2015. Geo-PUMMA: urban and periurban landscape representation toolbox for distributed hydrological modelling, AGU 2015 Fall Meeting, December 14-18 2015, San Fransisco, USA, poster.
- Sanzana, P., Gironas, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hitschfled, N., Munoz J.-F., Vicuna, S., 2015. Geo-PUMMA: representación espacial de cuencas urbanas y periurbanas. Caso de aplicación en Estero Los Guidos, Lo Barnechea, XXII Congreso Chileno de Ingenieria Hidráulica, 22-23 Octubre de 2015, Santiago, Chile, 14 pp.
- Sanzana, P., Gironas, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hitschfled, N., Munoz J.-F., Vicuna, S., 2016. Urban and periurban representation of drainage network using Geo-PUMMA in the Mercier (France) and El Guindo (Chili) catchments, June 28- July 1 2016, Lyon, France 4 pp.
- Sanzana, P., Gironas, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hitschfled, N., Munoz J.-F., Vicuna, S., 2016. GEO-PUMMA: Urban and periurban landscape representation for distributed hydrological modelling, EGU General Assembly 2016, 17-22/04/2016, Vienna, Austria, poster.
- Communications dans des congrès nationaux**
- Chancibault, K., Rodriguez, F., Andrieu, H., Bocher, E., Bouyer, J., Branger, F., Braud, I., Breil, P., Brunet, Y., Brut, A., Calmet, I., Cohard, J.M., Colin, J., Emmanuel, I., Honegger, A., Irvine, M., Jacqueminet, C., Joliveau, T., Keravec, P., Kermadi, S., Labbas, M., Lagouarde, J.P., Launeau, P., Le Sant, V., Leblais, E., Lemonsu, A., Long, N., Maro, D. Mestayer, P., Michel, K., De Munck, C., Najjar, G., Nerry, F., Ramier, D., Rodriguez, V., Rosant, J.M., Rousseaux, F., Ruban, V., Sabre, M., Tavares, R., 2013. Rôle de l'occupation du sol sur la modélisation des flux énergétiques et hydriques en milieu urbain et périurbain, Colloque de restitution de la 3ème prospective nationale de recherche INSU 2013/2017 - Surfaces et interfaces continentales, 21-23 Mai 2013, Paris. Poster.
- Labbas, M., Branger, F., Braud, I., 2014. Développement et évaluation d'un modèle hydrologique distribué périurbain prenant en compte différents modes de gestion des eaux pluviales. Application au Bassin de l'Yzeron (150 km<sup>2</sup>), 6ème Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine, JDHU 2014, 1-3 Juillet 2014, Villeurbanne, France, 10 pp.
- Autres: mémoires d'étudiants, rapports**
- Braud, I., 2013. Impact de l'urbanisation sur l'hydrologie et la géomorphologie des rivières périurbaines, Les Cahiers de l'ANR, n°7, p. 168.
- Gudefin, L., 2013. Modélisation hydrologique spatialisée du bassin versant de la Chézine avec le modèle J2000, Mémoire de fin d'études, Ecole des Mines d'Alès, 53 pp.

#### **f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

- Ifsttar, Laboratoire Eau et Environnement, Département GERS
- Université Catholique de Santiago du Chili et Université du Chili (projet bilatéral ECOS-Sud 2015-2017)
- Polytechnique Montréal (séjour sabbatique de 6 mois, Musandji Fuamba à Irstea Lyon, 2014-2015)

### g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)

Suite à l'intégration du bassin de l'Yzeron dans le réseau RBV (Réseau de Bassins Versants), l'instrumentation va être renforcée sur les aspects mesures chimiques, dans un premier temps (2 ans) pour caractériser globalement l'ambiance chimique du bassin (concentrations moyennes, gamme de variation) sur les anions / cations majeurs et les taux de matières en suspension. À terme, on envisage l'acquisition de données exploitables pour tracer l'origine des écoulements (ruissellement de surface, écoulements de sub-surface, de base).

On poursuivra aussi les travaux sur la modélisation à petite échelle avec une comparaison entre les résultats sur le sous-bassin du Mercier en France et le bassin Estero El Guindo au Chili.

A la demande du SAGYRC, des travaux sont aussi en cours pour proposer un système de prévision des crues sur le bassin de l'Yzeron, contribuant à l'exploitation des données OTHU acquises sur le site.

## A RETENIR

Les outils de modélisation développés permettent de représenter les différents éléments du paysage périurbain et de caractériser leur contribution aux flux d'eau.

L'outil J2000P semble pertinent pour réaliser des tests de scénarios prospectifs d'urbanisation et de gestion des eaux pluviales sur des bassins de méso-échelle.

Des premiers tests à l'échelle d'un bassin comme l'Yzeron suggèrent que l'impact des modes de gestion de l'eau (en particulier la déconnexion des eaux pluviales du réseau d'assainissement) sur le régime hydrologique est plus important que la seule évolution de l'imperméabilisation des surfaces.

Le maillage d'un bassin périurbain doit être défini avec attention pour bien caractériser les chemins de l'eau et donc les temps de réponse du bassin

## C2.2. CAS DES BASSINS VERSANT URBAINS

### C2.2.1 Relation entre activités et contamination microbiologique

#### a) Equipes et Disciplines mobilisées

INSA Lyon, EVS (Socio-urbanisme), Equipe BPOE, UMR CNRS 5557 UMR INRA 1418 Ecologie Microbienne (LEM), Université Lyon 1 & VetAgro Sup (Microbiologie environnementale et clinique), DEEP INSA Lyon (Hydrologie urbaine et Génie Civil)

#### b) Objectifs

- Etudier la dissémination d'agents pathogènes bactériens dont le clade PA7 de *P. aeruginosa* (formes hypervirulentes et productrices d'exolysine A ; facteur impliqué dans la virulence e. g. Elsen *et al.* 2014. Cell Host & Microb. 15(2):164-76) en ville en s'appuyant sur l'analyse des eaux de ruissellement et des approches méta-taxogénomiques (résolution aux niveaux spécifiques et infra-spécifiques)
- Etudier l'incidence des morphologies urbaines du site d'étude (BV industriel mi-plaine alimentant de BR/BI de Django - OTHU) et des typologies au sein des morphotypes sur la qualité microbiologique des eaux de ruissellement dont certaines lignées de *P. aeruginosa* (génomique comparative)
- Inférer l'origine des bactéries fécales observables en ville, et étudier les relations avec l'occurrence de formes pathogènes dont le clade PA7 et de supports génétiques impliqués dans l'antibio-résistance
- Etudier le rôle des objets et dispositifs techniques du BV industriel mi-plaine (enquête sociotechnique *in situ* – sociologique, urbanistique, géographique) afin d'inférer les processus d'émission et de dissémination de contaminants microbiologiques *via* les eaux de ruissellement.

Les résultats contribuent à l'amélioration des connaissances concernant i) la qualité microbiologique des sédiments urbains piégés par les bassins de rétention (BR)/bassins d'infiltration (BI) et les transformations lors du transfert des contaminants présents dans les eaux de ruissellement vers la nappe de l'est lyonnais.

#### c) Méthodes

Le projet s'appuie expérimentalement sur le bassin-versant industriel Mi-Plaine qui est relié au BR/BI Django-Reinhardt de l'OTHU. Ce BV a révélé la présence du sous-clade PA7 de *P. aeruginosa* en zone urbaine.

**1. Site d'étude.** La zone étudiée s'étend sur trois communes de l'est lyonnais : Chassieu, Genas et Saint-Priest. Il est de 830 ha, dont 210 ha sur la commune de Chassieu. Les travaux se focalisent sur cette dernière partie bordée par l'autoroute A46, par l'avenue du Dauphiné, et Eurexpo. Selon les fichiers de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Lyon Est, cette zone industrielle compte 559 entreprises dont 107 secteurs d'activités. Ces secteurs, très variés, vont du commerce de gros aux activités comptables en passant par le génie civil ou l'enseignement. La gestion de la zone est sous la responsabilité conjointe de la métropole de Lyon et de l'association des Industriels.

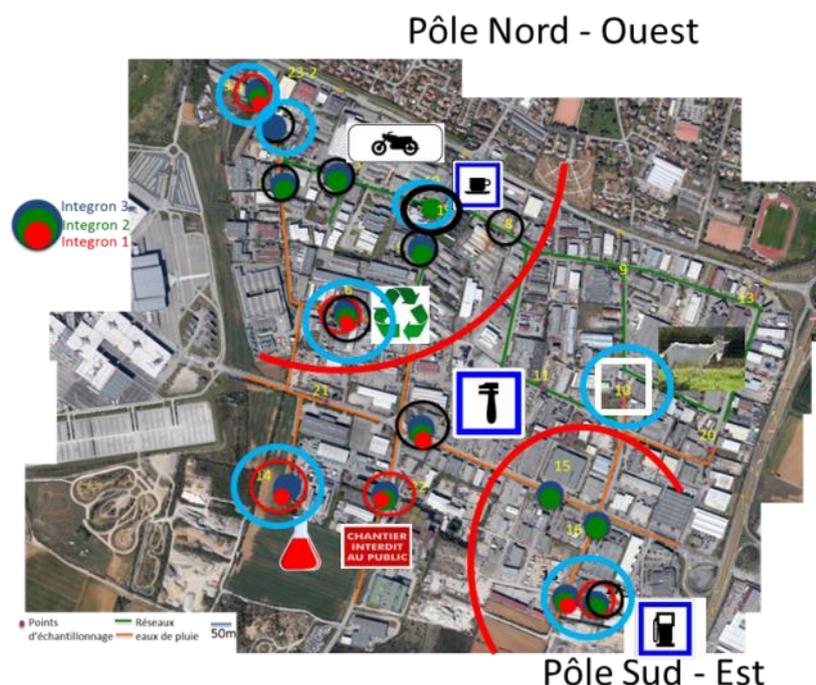


Figure 7 : Bassin-versant (BV) industriel (proximité d'eurexpo) alimentant le BR/BI Django-R de l'OTHU. Cette zone est connectée à un bassin de rétention (point 23) des eaux de ruissellement d'une superficie de 1 ha et pouvant contenir un volume maximal de 32 000 m<sup>3</sup>. Les cercles indiquent des concentrations élevées en indicateurs bactériens. Cercle vide bleu = E. coli, noir = P. aeruginosa, rouge = Bacteroidales spécifiques de l'homme; les cercles pleins indiquent la présence d'intégrons, rouge = type 1, vert = type 2, et bleu = type 3. Les intégrons sont des éléments génétiques pouvant exprimer des résistances aux biocides, antibiotiques et, parfois, éléments traces métalliques.

**2. Analyses socio-urbanistiques.** Les activités urbaines sont observées à travers les comportements individuels et collectifs. Leur description s'intéresse principalement aux espaces publics urbains. Les observations *in situ* effectuées par une approche de type enquête (n=3 enquêtes pour un total de 21 sites de prélèvement) ont été privilégiées. La description des activités urbaines permet symétriquement d'informer sur les relations établies entre humains et non-humains, d'identifier les objets et dispositifs techniques impliqués ainsi que leurs traces.

Ces enquêtes ont donné lieu à une méthodologie intégrant différentes campagnes d'observation, complémentaires les unes des autres. La première s'intéressant aux activités économiques et industrielles du BV ; la seconde aux objets et dispositifs techniques mobilisés dans l'activité (ainsi que les seuils entre les espaces privés des entreprises et l'espace public pour identifier les éventuelles incidences des activités des entreprises sur l'espace public) ; puis, une dernière campagne d'observation sur la temporalité des activités sociales, individuelles et collectives, présentes sur l'espace public et leurs incidences en termes de traces et de déchets produits.

**3. Microbiologie des eaux de ruissellement.** Les méthodologies impliquent des analyses de formes bactériennes cultivables et d'ADN extraits des eaux de ruissellement et/ou sédiments. Des dénombrements d'espèces bactériennes pathogènes et indicatrices d'une contamination fécale sont effectués par approches classiques impliquant l'utilisation de milieux de culture sélectifs dont des bouillons d'enrichissement. Des dénombrements sont également effectués par PCR quantitative de séquences d'ADN détectables dans les extraits d'ADN totaux obtenus des matrices environnementales. Ces données sont complétées par des séquençages d'amplicons PCR du marqueur universel *rrs* (16S rDNA) permettant des inférences taxonomiques depuis les super kingdom et phyla bactériens jusqu'aux genres. Ces inférences sont

complétées par des données de séquençage d'amplicons tpm permettant des classifications aux niveaux « espèces » et infra-espèces de taxons d'intérêt sanitaire. Ces séquences d'ADN permettent la définition d'unités taxonomiques opérationnelles (OTU). Des analyses de corrélation ou relation entre nombres de séquences obtenus par OTU et les autres paramètres mesurés sont effectuées et permettent de tester des hypothèses concernant l'incidence de certaines pratiques. Une hypothèse clé de ce travail a été l'étude de la relation entre activités susceptibles d'induire une contamination des surfaces e. g. contaminations par des hydrocarbures ou déchets, et la structuration des bactériomes urbains dont la prévalence d'espèces pathogènes comme *P. aeruginosa*. L'analyse des OTU permet d'estimer la richesse des peuplements bactériens, et de définir et suivre l'évolution de leur structure.

#### **d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels**

##### ***Socio-urbanisme***

Ces analyses ont permis l'observation de deux grands pôles d'activités : nord-ouest et sud-est (Fig. 8), et la sélection de 23 points d'observation pour la confrontation entre jeux de données d'occupation, d'hydrologie et de microbiologie.

Les campagnes d'observation et les recherches menées sur les activités économiques de la zone industrielle de Chassieu ont permis la production de données socio-urbanistiques variées dont :

- - la construction de typologies d'activités économiques et industrielles des entreprises entourant les points d'observation/prélèvement (comprenant un périmètre de 50m), recensement des effectifs salariaux des entreprises et des trafics routiers (poids lourd ou PL, utilitaires, voitures) compris dans le périmètre d'observation (Fig. 9)
- - l'identification de points « sensibles » en termes de contamination de l'espace public. Les déchets et traces compris dans les périmètres d'observation ont révélé une importante quantité de matières fécales à des endroits précis de la ZI, des déchets souillés type lingettes hygiéniques, préservatifs usagés, papiers toilettes souillés (Fig. 9), et autres.
- - les observations sur la temporalité des activités sociales ont révélé une incidence directe entre activité observée et traces produites (Fig. 9). Le processus le plus représentatif en termes de contamination fécale de l'espace public sur la ZI a été celui du « stationnement-déjection ». Chaque point d'observation sur lequel a été observé un stationnement de PL la nuit a révélé la présence de matière fécale sur l'espace public le matin suivant.

Certains points d'observation ont montré une relation entre le type d'aménagement de l'espace public (petite rue ou impasse), la taille et le type d'activités des entreprises (grande entreprise nécessitant un transport important de marchandises) avec les types d'activités sociales observées (stationnement de PL sur l'espace public) et la production de déchets et traces susceptibles de conduire à des contaminations microbiennes (Figure 8).

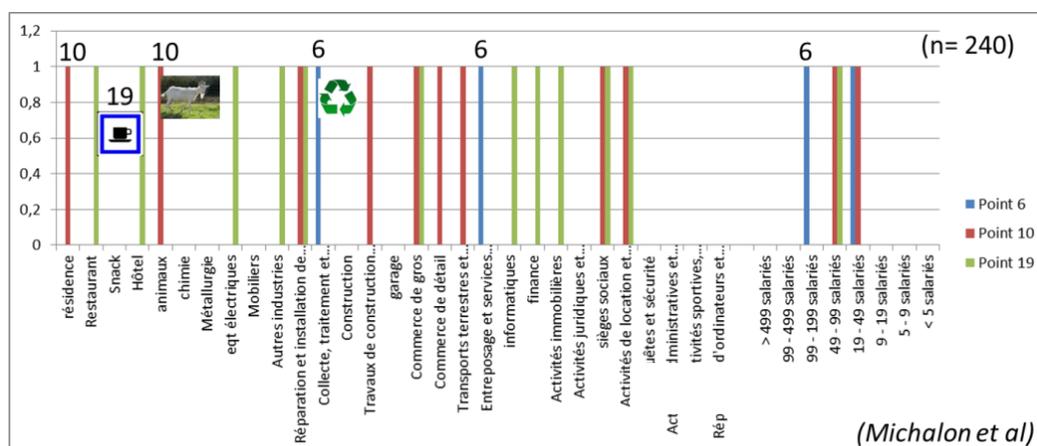


Figure 8 : Observations socio-urbanistiques du bassin-versant (BV) industriel alimentant le BR/BI Django-R de l'OTHU. La partie haute indique la présence de déchets comprenant des matières organiques (lingettes, préservatifs, papier toilette souillés) représentés par les cercles jaunes – Les cercles bleus foncés représentent les excréments humains relevés – le cercle bleu clair la présence d'animaux – les lignes rouges, le stationnement régulier et nocturne de poids lourds. La partie basse de la figure présente les scores en termes de présence / absence d'une sélection de descripteurs pour les points de prélèvement 6, 10 et 19.

### Bactériome du BV Django-R de l'OTHU et répartition des *P. aeruginosa*

Lors de la phase exploratoire de cette action de recherche (16 oct 2014), les concentrations en indicateurs fécaux dans les eaux de ruissellement sont ressorties comme étant élevées (Figure 9). L'OMS a établi la limite de 40 entérocoques / 100 mL comme concentration minimale pour écarter tout risque d'infection dans un contexte d'ingestion. Des concentrations en entérocoques 25 fois supérieure à cette limite ont été mesurées. Pour permettre la comparaison des données entre points de prélèvement et inférer les premières relations avec les typologies d'activités humaines, les concentrations ont été exprimées en ng d'ADN totaux /  $\mu\text{L}$  (Figure 9). Ceci a permis d'observer que le point C10 était le plus fortement contaminé en *E. coli*, et C14 était le plus contaminé en entérocoques ( $3,1 \times 10^4$  NPP / 100 mL). Les points du pôle nord-ouest (1 à 8), et les C17 et C18 ont montré des [*P. aeruginosa*] significatives. Les isolats de *P. aeruginosa* ont été analysés et comparés aux formes cliniques. Ces travaux ont permis la première description du clade PA7 de *P. aeruginosa* hors milieu clinique sur le territoire français.

Dans l'objectif de préciser les sources à l'origine de la présence d'indicateurs de la contamination fécale, des cribles utilisant la PCR quantitative et ciblant des signatures d'ADN d'espèces bactériennes spécialisées dans la colonisation du tractus intestinal humain (marqueur HF183) ou des éléments génétiques indicateurs d'adaptation à des anti-microbiens, les intégrons, ont été appliqués. Les résultats de ces cribles sont résumés sur la Fig. 8. Ces cribles ont permis d'observer une contamination fécale humaine significative pour les points 6, 14, 17, 22 et 23. Ceci confirme l'existence d'activités nocturnes induisant des contaminations fécales humaines sur le BV (Fig. 9). Par contre, d'autres sources contribueraient de façon plus forte aux émissions observées. Ces sources d'origine animale restent difficiles à documenter mais pourraient inclure les rongeurs, oiseaux, chiens et chats (Fig. 9). Le suivi de ces contaminations nécessiterait le développement d'autres marqueurs. Avant d'initier ce type de développement, des analyses des taxons bactériens présents sur le BV par des approches méta-taxogénomiques via le 16S rDNA et *tpm* ont été privilégiées. Ces données sont en cours d'analyse, et ont été produites pour trois campagnes de prélèvements (16 octobre 2014, 25 mars 2015 et 17 septembre 2015). Lors des deux campagnes supplémentaires, les indicateurs bactériens et physico-chimiques de la première campagne ont également fait l'objet de mesures. La Fig. 11 présente la répartition des séquences *tpm* de *P. aeruginosa* au sein du BV lors de la première campagne. Ces données ont permis de valider la puissance de l'outil *tpm*, avec une classification robuste au niveau de l'espèce et une inférence au niveau infra-spécifique. Des séquences *tpm* identiques à celle des clades PA14 et PAO1, contenant des formes cliniques ont été détectées et quantifiées. Leur répartition est présentée sur la Figure 9. Cette répartition fait ressortir une contamination plus importante du BV en *P. aeruginosa* que celle déduite par approche cultivable.

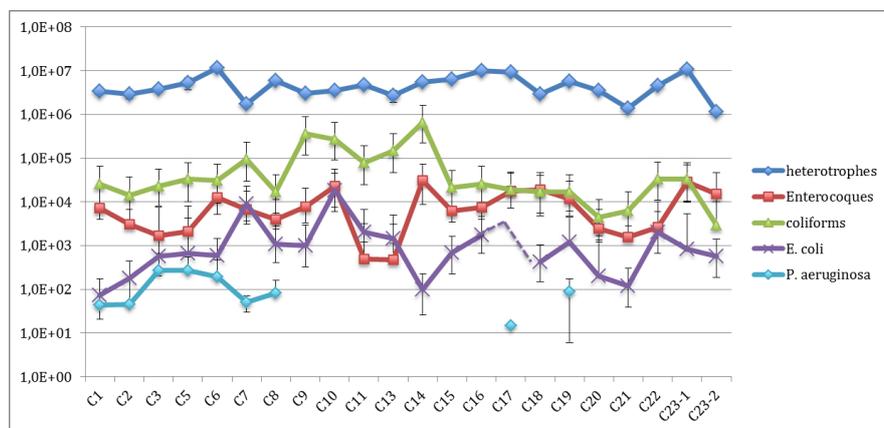


Figure 9 : Dénombrements bactériens à partir de prélèvements d'eaux de ruissellement obtenus des sites de la Fig. 8 du BV du BR/BI de Django-R (Chassieu). Données rapportées à une [ADN] de 20 ng / µL.

Par ailleurs, les analyses de PCR quantitative ont permis de mettre en évidence la présence d'intégrons. Ces intégrons peuvent porter un ou plusieurs gènes de Résistance aux Antibiotiques (GRA). Par exemple, *int1* est souvent associé au gène de résistance aux sulfonamides *sul1*. *int2* serait lui, plus souvent associé au GRA *aad(A)* qui code pour la résistance contre les aminoglycosides. Par ailleurs, les intégrons portant *int1* ou *int2* peuvent également posséder des gènes codant des β-lactamases. Concernant *int3*, peu de choses sont connues concernant leur écologie/répartition. Ainsi, au sein du BV, l'intégron de type 1 a été le moins détecté en termes d'occurrence, et ceux de type 3 étaient les plus prévalents. Ce résultat est plutôt surprenant dans la mesure où le type 1 avait été, à ce jour, considéré le plus prévalent dans l'environnement. Les milieux urbains pourraient constituer une exception. Cette analyse a permis de mettre en évidence des points chauds en intégrons : C6, C7, C18 et C23-1. C6 se situe à proximité d'un centre de tri de recyclage, et avait montré des [*P. aeruginosa* et Bactéroidales humains] significatives. C18 correspond à une décharge sauvage avec une forte abondance d'*E. coli*. C23-1 était à l'entrée du bassin de rétention Django-Reinhardt et avait montré une contamination fécale humaine. Ces résultats confirment la relation entre contamination humaine, *P.*

*aeruginosa*, et les intégrons de type 1. Le contenu des intégrons de type 3 nécessiterait d'être analysé pour déduire les avantages écologiques associés. Ces éléments pourraient contenir des gènes d'adaptation aux polluants urbains.



Figure 10 : Classification des séquences d'amplillons tpm produits à partir d'ADN extraits des eaux de ruissellement lors de la première campagne d'analyse du BV du site Django-R de l'OTHU. Les cercles vides noirs indiquent les détections de *P. aeruginosa* par approche cultivable. Les cercles pleins rouges indiquent la répartition des séquences identiques à celles du clade PAO1, et les cercles pleins bleus à celles du clade PA14 de *P. aeruginosa*.

#### e) Production scientifique associée (publications & communications 2013-2016)

- Boukerb, A., et B. Cournoyer. 2013. *Pseudomonas aeruginosa*, une espèce pathogène à forte fréquence de recombinaisons génétiques, abritant des lignées spécialisées et largement disséminées. Bull. Veille Sci. Anses 20 : 20-24
- Lipeme Kouyi, G., C. Cren-Olivé, B. Cournoyer. 2014. Chemical, microbiological, and spatial characteristics and impacts of contaminants from urban catchments. Env. Sc. Poll. Res. 21:5263-5266
- Cournoyer, B, Bernardin C., Marti R., Becouze-Lareure C., Barraud S., Lipeme-Kouyi G., Perrodin Y., Michallon J., Ribun S., Marjolet L., Gleizal A. , Toussaint J-Y, Vareilles S., Blaha D.. 2015. INTELLIGENCES DES MONDES URBAINS ET RISQUES SANITAIRES : CAS DES EXPOSITIONS AUX AGENTS INFECTIEUX VÉHICULÉS PAR L'EAU DE PLUIE. Journées Labex IMU, Lyon, 26 & 27 novembre.
- Marti, R., Michallon J., Ribun S., Marjolet L., Gleizal A., Toussaint J-Y, Vareilles S. , Cournoyer B. 2015. Évaluation de la diversité des espèces du genre *Pseudomonas* par meta-taxogénomique : Contexte d'un bassin versant industriel. GDR *Pseudomonas*, Bourgogne 2015.
- Lipeme Kouyi G., Marti R., Toussaint J.-Y., Perrodin Y., Aubin J.-B. Becouze-Lareure C., Wiest L., Barraud S. Vareilles S., Gleizal A., Gonzalez-Merchan C. Cournoyer. B. 2016. Intérêt de la pluralité scientifique pour identifier les sources et mieux caractériser les sédiments des bassins de retenue - Exemple du projet ANR Cabrres. Novatech, Ed. GRAIE, Lyon, France

#### f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

ANR Cabrres, projet labex IMU Pratic (phase exploratoire), projet labex IMU IOUQMER (nouveau), projet ANSES IOUQMER (nouveau)

### g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)

Deux projets sur ce thème ont démarré en octobre 2016. Ces projets permettront de finaliser les analyses de données produites (socio-urbanisme, hydrologie urbaine et microbiologie) à ce jour sur le site BV BR/BI Django-R. Des confrontations de données avec des secteurs résidentiels et commerciaux de la métropole de Lyon seront réalisées. Les secteurs résidentiels seront ceux du site Ecully de l'OTHU, et ceux de la rue Garibaldi qui traverse trois arrondissements (6ème, 3ème, 7ème). Ce prolongement permettra d'apprécier les relations qu'entretiennent les morphotypes urbains avec les types d'activités qui s'y déroulent, le fonctionnement hydrologique des sous-bassins versants et les contaminations produites.

Des souches urbaines de *P. aeruginosa* dont celle du clade PA7 auront leur génome complètement séquencé. Les signatures génétiques indicatives d'une « urbanisation » seront recherchées. La virulence de ces souches sera étudiée.

## A RETENIR

La phase exploratoire de cette action de recherche a permis de valider l'occurrence d'espèces bactériennes représentant une préoccupation sanitaire sur le BV du site BR/BI Django-R de l'OTHU.

Une vaste contamination du BV par des bactéries d'origine fécale a été observée. Parmi les sources de ces bactéries, l'homme a été démontré comme un émetteur significatif pour certains points du BV. Ces résultats sont en accord avec les données socio-urbanistiques indiquant des activités nocturnes susceptibles d'engendrer ce type de contamination. Ces contaminations humaines ont été associées à la présence d'intégrons et de l'espèce *P. aeruginosa*. Des analyses méta-taxogénomiques ont permis d'affiner l'analyse de la diversité des bactéries présentes sur le BV. Le marqueur *tpm* a permis d'observer une forte occurrence de *P. aeruginosa* sur le BV incluant des secteurs n'ayant pas permis d'obtenir des formes cultivables.

**Ces travaux ont permis l'isolement des premières formes non-cliniques du clade PA7 de *P. aeruginosa* sur le territoire français.**

## C2.2.2 Impact de l'urbanisation sur la production des flux d'eau et de polluants - résultats ChronOthu

### a) Equipes concernées

INSA DEEP, UCBL LEHNA E3S, IRSTEA HH

### b) Objectifs

Pour appréhender les effets des rejets urbains de temps de pluie, beaucoup de travaux sont menés sur les dynamiques courtes (principalement à l'échelle de l'évènement pluvieux) mais peu ont encore exploré l'évolution sur le long terme pour comprendre si des instationnarités sont présentes notamment en lien avec des effets potentiels des changements globaux. Si peu de recherches existent dans ce domaine, c'est en raison du manque de chroniques longues et continues présentes en hydrologie urbaine. L'acquisition des données de l'OTHU trouve ici tout son sens et son intérêt pour commencer à évaluer la diachronie des phénomènes. En effet, dans ce cadre, des chroniques sont acquises depuis plus de 10 ans sur des grandeurs nombreuses. Certaines sont acquises en continu (e.g. intensités de pluie, ou débits à l'exutoire de bassins versants suivis avec des pas temps de l'ordre de la minute ou bien hauteurs et températures de nappe au pas de temps horaire). Certaines autres sont acquises de manière discrète dans le temps lors de campagnes ponctuelles (concentrations en différents polluants par exemple). Il nous a paru important de mener une recherche visant à étudier la tendance d'évolution à long terme de variables caractérisant la quantité et la qualité des eaux transitant dans le milieu urbain et de leurs possibles impacts. Elle est basée sur les données collectées et mesurées sur les sites de Chassieu, Ecully et Yzeron (La Léchère).

### c) Méthode

Pour étudier l'évolution possible dans le temps de grandeurs d'intérêt (traitées en séries chronologiques annuelles, mensuelles ou évènementielles), une méthode statistique de test de tendance a été choisie et testée. Elle est basée classiquement sur le test statistique de Mann-Kendall qui a été adapté pour tenir compte de la saisonnalité et de l'autocorrélation des séries. Les grandeurs d'intérêt sont liées aux questions suivantes. La première est liée à l'évolution possible du climat (pluie et température d'air) qui pourrait impacter les modes de gestion des eaux pluviales en milieu urbain. La deuxième traite de l'évolution des caractéristiques quantitatives (flux d'eau) et qualitatives (flux de polluants) des rejets des bassins versants urbains et péri-urbains. La troisième concerne l'impact de l'urbanisation sur les nappes et l'impact de l'infiltration intentionnelle (via un bassin d'infiltration noté BI) tant en termes de niveau que de thermie. Cette dernière sera présentée au paragraphe C3.4. (impact sur la nappe).

Notons que les inflexions recherchées dans les séries sont de type monotonique (tendance à la hausse ou à la baisse) et enfin que la méthode a intégré les incertitudes (incomplétude des données et de mesure).

### d) Résultats clés : scientifiques et opérationnels

#### *Evolution possible du climat (pluie et température d'air)*

De 1986 à 2013 (soit 27 ans de données OTHU complétées par celles de Météo France), les caractéristiques des pluies sur les séries mensuelles, annuelles ou évènementielles n'ont montré aucune tendance d'évolution. Sur la même période en revanche un réchauffement a été détecté pour les températures moyennes, médianes annuelles et pour toutes les caractéristiques mensuelles avec un taux de croissance de +0.033 à 0.06°C/an (e.g. Figure 11). Sur des périodes plus courtes (celles des données OTHU), les caractéristiques pluviométriques et les températures d'air n'ont pas montré d'évolution.

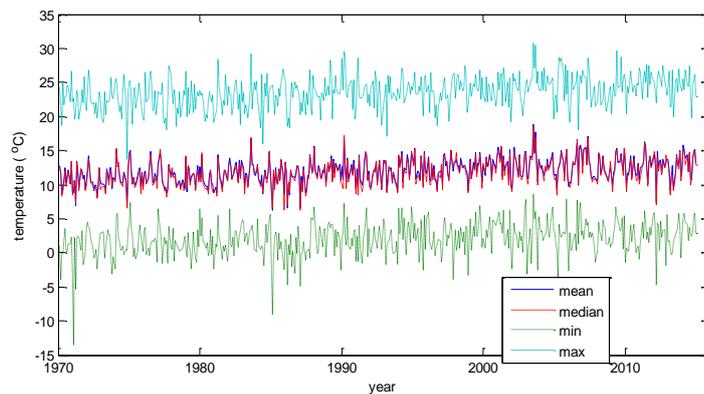


Figure 11: Chroniques des températures d'air mensuelles désaisonnalisées (moyennes, médianes, min et max)

Si à des échelles de plusieurs décennies (30 ans environ) on ne décèle pas d'évolution de la pluie, les températures d'air subissent des augmentations perceptibles. Pour les gestionnaires, souvent enclins à considérer la modification des régimes de pluies comme facteur majeur du changement climatique, on peut constater que l'évolution des températures est à considérer notamment vis-à-vis du développement de nouvelles techniques de gestion des EP (techniques alternatives (noues, tranchées, bassins, toitures végétalisées ... par exemple). La réflexion vis-à-vis de ces systèmes est double. Comme ils font appel pour beaucoup à de la végétalisation (i) prendre en compte ces inflexions de température dans la conception peut-être judicieux, (ii) s'en saisir pour lutter contre ce réchauffement pourrait être encore plus judicieux. Encore faudra-t-il savoir si les effets de ces techniques sont suffisants pour améliorer les conditions climatiques en milieu anthropisé.

#### ***Evolution des caractéristiques des rejets des bassins versants urbains et péri-urbains***

Alors que la pluviométrie est restée stationnaire, l'idée a été ensuite d'examiner si les bassins versants supposés stables en termes d'urbanisation (Chassieu et Ecully) montraient une évolution en matière de rejet (évolution des quantités et/ou de la qualité). La qualité a été évaluée en première approche par un indicateur de pollution particulaire suivi en continu : les MES. Une part importante des polluants est en effet portée par les phases particulières comme beaucoup de métaux et d'hydrocarbures. L'idée était également de voir si l'évolution d'un bassin péri-urbain (La Léchère) sur une période assez courte (10 ans) était détectable.

Une augmentation des quantités d'eau a été décelée logiquement sur La Léchère et moins logiquement sur le bassin de Chassieu qui n'était pas censé se développer. Ecully n'évolue pas, ni sur les caractéristiques de temps sec (eaux domestiques) ni sur celles de temps de pluie. Son urbanisation est stable. Pour Ecully et Chassieu, les concentrations en MES n'ont pas subi d'évolution, les apports sont donc assez stables de ce point de vue. En revanche, les masses qui dépendent des volumes laissent apparaître une augmentation sur Chassieu. C'est donc bien l'augmentation de l'urbanisation et du mode de drainage qui tend à accroître les rejets des flux polluants sur Chassieu. Une des solutions pour la collectivité aurait été de modifier les modes de drainage notamment pour les zones qui se sont densifiées.

Pour ce qui est de la distribution intra-événementielle (répartition des flux de MES au sein d'un événement), notre étude a montré qu'il n'y avait pas d'effet de premier flot au sens des courbes M(V) (fraction de masse en fonction de la fraction du volume) et qu'il n'y avait pas de tendance d'évolution en ce sens aussi bien sur Chassieu qu'Ecully.

En termes méthodologiques pour ce qui est de l'analyse des rejets polluants et l'évaluation de la tendance à long terme, notre recherche a clairement montré que les incertitudes liées à l'incomplétude des séries (débitmétriques, ou de MES en continu) sont bien plus importantes que les incertitudes de mesures.

#### **e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)**

- Sun S., Barraud S., Castebrunet H., Aubin J.-B., Marmonier P. (2015). Long-term stormwater quantity and quality analysis using continuous measurements in a French urban catchment. *Water Research*, 85 (2015) 432-442. DOI: 10.1016/j.watres.2015.08.054.
- Sun S., Barraud S., Castebrunet H., Aubin J.-B., Marmonier P. (2016). Long-term trend evolution of the temperature of the groundwater upstream and downstream a stormwater infiltration basin. 9th international conference NOVATECH, 28 June-1st July 2016, Lyon, 4 p.
- Sun S., Castebrunet H., Barraud S., Aubin J. -B., Marmonier P. (2015). Evolution of total suspended solids (TSS) in urban storm water. 22nd European Junior Scientists Workshop 'Monitoring urban drainage systems', 18-22 May 2015, Chichilianne, France, 8 p.
- Siao S., Barraud S., Branger F., Castebrunet H. (accepted 12/12/2016). Urban hydrologic trend analysis based on rainfall and runoff data analysis and conceptual model calibration. *Hydrological Processes*.

#### **f) Collaborations nationales, internationales et programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

Cette action s'est appuyée sur le projet CHRONOTHU financé par l'Agence de l'Eau RMC en lien avec une réflexion au sein de la ZABR. Elle a débuté en 2014 sur 18 mois. L'approche est donc encore récente pour engager des partenariats avec des laboratoires étrangers.

#### **g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)**

Ce travail nous a permis de définir des procédures permettant d'analyser les évolutions temporelles des flux produits tant en termes de quantités que de qualité. Sur un plan scientifique la poursuite de cette analyse de diachronie est prépondérante dans la compréhension des phénomènes d'anthropisation des milieux urbains, péri-urbains et de leurs effets.

Sur un plan opérationnel, la méthode développée pourrait gagner à être intégrée au logiciel de traitement des données de l'OTHU (Evohé). Elle pourrait l'être aussi pour les gestionnaires de données d'auto-surveillance de manière à mieux analyser leurs stratégies de gestion des flux polluants (quel impact leur stratégie a-t-elle réellement ?).

La recherche a permis également d'identifier certaines évolutions qui mériteraient d'être approfondies tant en termes de compréhension que d'actions. Le réchauffement de l'air, par exemple, questionne le rôle des dispositifs de gestion à la source aussi bien du point de vue de leur difficulté de gestion (non pérennité de la végétation lors d'épisodes secs) que de leurs potentialités (lutte contre les canicules urbaines). Il s'avère donc que des compétences sur la question de la thermo-aéraulique autour de ces dispositifs mériteraient d'être intégrées à nos analyses. C'est un des aspects qui sera étudié au niveau du site Eco-Campus La Doua prochainement.

## C2.2.3 Amélioration des connaissances en matière de suivi des micropolluants à l'exutoire d'un BV urbain - Résultats ANR Inogev

### a) Equipes concernées

DEEP, ISA, LEESU (OPUR), IFSTTAR (ONEVU)

### b) Objectifs

La recherche a pour objectif d'identifier, d'évaluer, de caractériser les flux de micropolluants dans les RUTP. Encore peu de chercheurs s'étaient intéressés à une gamme étendue de micropolluants (MP) présents en ville pouvant présenter un risque sanitaire et environnemental et pointés par ailleurs par la Directive Cadre sur l'Eau (EC 2000, 2000)<sup>14</sup>. Des travaux antécédents sur l'OTHU (Becouze-Lareure, 2010 ; Dembélé 2010<sup>15</sup> ; Becouze et al., 2015) avaient permis d'avancer sur la caractérisation, l'évaluation et la modélisation des flux de substances prioritaires issus des systèmes d'assainissement unitaire et séparatif (Chassieu et Ecully). Quelques travaux notamment en France avaient été menés en parallèle (Lamprea, 2009 ; Zgheib *et al.*, 2010 ; Bressy, 2010)<sup>16</sup>. De la rareté des mesures en ce sens d'une part et de la diversité des méthodes de mesure (méthodes de prélèvements et analyses) d'autre part était née l'idée de développer dès 2011 et à l'échelle française une recherche concertée permettant de décupler l'acquisition de mesures de flux de micropolluants sur des bassins versants drainés par un réseau séparatif pluvial. Le projet inter-observatoires (OPUR, ONEVU, OTHU) INOGEV financé par l'ANR intégrait cet objectif. Dans ce cadre, l'OTHU a travaillé sur le bassin versant de Chassieu. Une part importante des travaux pour l'OTHU a consisté à évaluer l'efficacité du bassin de retenue de Django-Reinhardt vis-à-vis des MP (Cf. § C3.2). Ici n'est présentée que la partie concernant les apports de micropolluants issus des bassins versants.

La recherche commune a concerné 14 métaux<sup>17</sup>, 16 HAP<sup>18</sup>, 30 pesticides<sup>19</sup>, 9 PBDE<sup>20</sup>, Alkylphénols et dérivés<sup>21</sup> et Bisphénol A. Des paramètres globaux ont également été analysés (concentration en MES, en DCO, COD et COP).

<sup>14</sup> EC 2000 (2000). *Directive of the European Parliament and of the Council n°2000/60/EC establishing a framework for the community action in the field of water policy.* JO-EU L 327:1-72.

<sup>15</sup> Becouze-Lareure C. (2010). *Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux.* Thèse de doctorat. Lyon (France): INSA de Lyon, 298 p.

Dembélé A. (2010). *MES, DCO et Polluants Prioritaires des Rejets Urbains de Temps de Pluie : Mesure Et Modélisation Des Flux Événementiels.* Thèse de doctorat. Lyon (France): INSA de Lyon, 267 p.

<sup>16</sup> Bressy A. (2010). *Flux de micropolluants dans les eaux de ruissellement urbaines. Effets de différents modes de gestion des eaux pluviales.* Thèse de doctorat. Paris (France). Université Paris-Est, 327 p.

Lamprea K. (2009). *Caractérisation et origine des métaux traces, hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs péri-urbains.* Thèse de doctorant. Nantes (France). Ecole Centrale de Nantes. 264 p.

Zgheib, S., Moilleron, R., Saad M. and Chebbo G. (2010). *Partition of pollution between dissolved and particulate phases: What about emerging substances in urban stormwater catchments?* *Water Research*, 2011, 45(2): 913-925.

<sup>17</sup> Arsenic (As), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Copper (Cu), Nickel (Ni), Lead (Pb), Zinc (Zn), Platinum (Pt), Vanadium (V), Cobalt (Co), Molybdenum (Mo), Strontium (Sr), Barium (Ba), Titan (Ti)

<sup>18</sup> Naphthalene (N), Acenaphthylene (Acyl), Acenaphthene (Acen), Fluorene (F), Phenanthrene (P), Anthracene (A), Fluoranthene (Fluo), Pyrene (Pyr), Benzo(a)anthracene (BaA), Chrysene (Chry), Benzo(b)fluoranthene (BbF), Benzo(k)fluoranthene (BkF), benzo(a)pyrene (BaP), Indeno(cd)pyrene (IP), Dibenzo(ah)anthracene (DahA), Benzo(ghi)perylene (BPer)

<sup>19</sup> Metaldehyde, Glyphosate, amino methyl phosphonic acid (AMPA), Glufosinate, Chlorfenviphos, Diuron, Endosulfan A, Folpel, Isoproturon, Aldrine, Dieldrine, Isodrine, Mecoprop, 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), 4-chloro-2-méthyl phenoxy acetic acid (2,4-MCPA), Trichlopyr, Carbendazim, Tsothiazolinone, Irgarol 1051, Terbutryne, Acetochlore, Metolachlore, Pendimethalin, Epoxiconazole, Tebuconazole, Fenpropidine, Chlorothalonil, Metazachlor, Diflufenicanil, Deltamethrine

<sup>20</sup> 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183, 205, 209

<sup>21</sup> Nonylphenol (NP), Nonylphenol monoethoxylate (NP1EO), Nonylphenol diethoxylate (NP2EO), Nonylphenol monocarboxylate (NP1EC), 4-tert-octylphenol (OP), Octylphenol monoethoxylate (OP1EO), octylphenol diethoxylate (OP2EO)

### c) Méthode

Les observations ont été menées sur 3 bassins versants : Sucy-en-Brie (région parisienne), Pin Sec (région Nantaise) et Chassieu présentant une diversité d'occupation du sol (respectivement pavillonnaire, habitat collectif et individuel et industriel). Leur surface et imperméabilisation sont de 228 ha (imperméabilisé à 27%), 30 ha (49%) et 185 ha (75%) respectivement. Les densités du trafic ont été évaluées à 60 000, 1200 et 10 000 véhicules.km j<sup>-1</sup>. Dans l'ensemble, la majorité des bâtiments et maisons date des années 1960 ou 1970.

Des procédures homogénéisées d'acquisition des données ont été publiées au début du programme (Sébastien *et al.*, 2011)<sup>22</sup>. Les incertitudes ont été également évaluées de manière commune. Sur chaque site, les retombées atmosphériques totales (RAT) et les eaux pluviales à l'exutoire des bassins versants ont été échantillonnées pour différents épisodes pluvieux (entre 7 et 24 évènements selon les sites pour des pluies présentant des hauteurs totales précipitées de 1.2 à 50 mm et des durées de 35 min à plus de 6h). En raison de l'importance des volumes nécessaires pour réaliser toutes les analyses (plus de 20 L afin d'accumuler suffisamment de masses pour la phase particulaire), il n'a pas été possible d'analyser tous les MP pour toutes les pluies. Les RAT ont été collectées dans un dispositif en acier inoxydable pour la majeure partie des MP organiques et dans des bacs en plastique pour les métaux, le glyphosate et l'AMPA. La collecte s'est faite sur la durée totale de l'évènement pluvieux étudié en intégrant la période de temps sec qui a précédé. A l'exutoire des bassins versants, les concentrations moyennes événementielles (CME) des eaux ont été échantillonnées au moyen de préleveurs automatiques proportionnellement au débit au moyen de tuyaux en Teflon®. Des flacons en verre ont été utilisés pour la plupart des polluants organiques et les flacons en plastique pour les métaux et pour trois pesticides (glyphosate, glufosinate et AMPA). Les comparaisons inter-sites ont été effectuées statistiquement avec un test de Kruskal-Wallis au seuil de  $\alpha=0,05$ .

### d) Résultats clés : scientifiques et opérationnels

Ces analyses confirment, qu'excepté pour quelques micropolluants pour lesquels le trafic automobile est une source importante de pollution (certains métaux, HAP lourds) ou pour certains PBDE (sans que l'on ait d'explication), aucune différence significative entre les trois sites n'a pu être mise en évidence. La variabilité inter-événementielle des concentrations sur un même site reste du même ordre de grandeur que la variabilité inter-sites. Les niveaux de concentrations sont donnés au

---

<sup>22</sup> Sébastien C., Ruban V., Moilleron R., Barraud S., Chebbo G., Gromaire M-C., Lorgeoux C., Gasperi J., Cren C., Wiest L., Demare D., Millet M., Saad M., Percot S., Maro D. (2011). INOGEV project – an original French approach in micropollutant characterization assessment in urban wet weather effluents and atmospheric deposits. 12<sup>nd</sup> International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011 - 8 p

Tableau 1. Il n'a pas été observé non plus de différence inter-sites pour ce qui concerne la distribution des polluants entre phases dissoute et particulaire.

Celle-ci dépend des propriétés physico-chimiques des molécules. La recherche confirme que les métaux, y compris pour une gamme plus large, sont préférentiellement associés aux particules (à plus de 50% pour As, Cd, Mo, Ni, V, Cu et Zn et à plus de 80% pour Co, Cr, Pb et Ti). Les HAP y sont également préférentiellement associés. Ils peuvent donc être piégés par décantation et ou adsorption sur les particules de sols. Pour les composés organiques, les tendances sont plus diverses et semblent assez bien expliquées par le log du coefficient de partage octanol /eau log (log  $K_{ow}$ ) qui, sans être complètement prédictif donne cependant une bonne indication de la prépondérance de la phase sous laquelle se trouve le MP organique.

Les pesticides les plus couramment détectés sont le glyphosate et son produit de dégradation l'AMPA, le diuron et le glufosinate, l'isoproturon et la carbendazime. Ces MP sont en phase principalement dissoute et difficilement piègeables par filtration dans les sols ou par décantation. Cela a été bien démontré dans la thèse de Sébastien (2013)<sup>23</sup> sur le bassin de rétention décantation de Django Reinhardt ou sur les effets sur les nappes (Marmonier *et al.*, 2013a).<sup>24</sup>

La recherche confirme en outre, et là encore pour une gamme plus importante de polluants, que les RAT ne contribuent que minoritairement à la pollution observée aux exutoires des bassins versants. Leur contribution n'excède généralement pas 30%. La lutte contre ces polluants est donc à trouver sur les bassins versants eux-mêmes. L'ensemble des résultats sont détaillés dans (Gasperi *et al.*, 2014 a et b).

<sup>23</sup> Sébastien C. (2013): Mesure et modélisation des flux de micropolluants à l'échelle d'un bassin versant urbain muni d'un système de rétention – Approche globale. Thèse de doctorat de l'INSA de Lyon, 354 p.

<sup>24</sup> Marmonier P., Maazouzi C., Foulquier A., Navel S., François C., Hervant F., Mermillod-Blondin F., Vieney A., Barraud S., Togola A., Piscart C. (2013). The use of crustaceans as sentinel organisms to evaluate groundwater ecological quality. *Ecological Engineering*. **57**(2013), 118-132.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.009>

## A RETENIR

Les concentrations en MP sont très variables et peuvent être importantes. La variabilité inter-événementielle des concentrations sur un même site reste du même ordre de grandeur que la variabilité inter-sites.

Il n'a pas été observé de différence inter-sites pour ce qui concerne la distribution des polluants entre phases dissoute et particulaire. Celle-ci dépend des propriétés physico-chimiques des molécules. Les métaux, y compris pour une gamme plus large, sont préférentiellement associés aux particules (à plus de 50% pour As, Cd, Mo, Ni, V, Cu et Zn et à plus de 80% pour Co, Cr, Pb et Ti). Ainsi que les HAP à plus de 50%. Ils peuvent donc être piégés par décantation et ou adsorption sur les particules de sols.

Les pesticides les plus couramment détectés sont le glyphosate et son produit de dégradation l'AMPA, le diuron et le glufosinate, l'isoproturon et la carbendazime qui sont en phase principalement dissoute et difficilement piègeables par filtration dans les sols ou par décantation.

La recherche confirme en outre pour une gamme plus importante de polluants que les RAT ne contribuent que minoritairement à la pollution observée aux exutoires des bassins versants. La lutte contre les micropolluants à l'échelle des bassins versants concernés a donc un sens.

Tableau 1. Concentrations totales en polluants dans les eaux pluviales (Gasperi *et al.*, 2014)

		Moyenne	Ecart type	20 <sup>ème</sup> percentile	80 <sup>ème</sup> percentile	Références pour comparaison
<b>Métaux</b> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) (n=28)	Cd	0,32	0,31	0,11	0,39	0,5-2,2 (1) / 0.13-2.3 (5)
	Co	3,45	3,13	1,00	3,68	1.7 -23.5 (5)
	Mo	7,68	13,09	1,10	12,05	1.9 -191 (5)
	Pb	21,52	20,73	6,79	33,22	175-131 (2) / 2- 37 (5)
	Ti	27,80	28,60	9,70	37,50	21-229 (5)
	V	4,86	2,84	2,55	6,79	0.5-12.5 (5)
<b>Pesticides</b> ( $\text{ng L}^{-1}$ ) (n=19)	Glyphosate	337	806	95	198	
	Glufosinate	756	10 121	6	389	
	AMPA	824	7 077	16	469	
	Diuron	1 213	10 784	25	795	3- 43 (5)
	Isoproturon	88	929	3	53	2.00- 135 (5)
	Carbendazime	213	1355	7	195	
	Mécoprop	3	7	1	2	
<b>APnEO/BPA</b> ( $\text{ng L}^{-1}$ ) (n=21)	BPA	552	510	207	817	<LOD-107 000 (3)
	OP	61	37	35	72	
	OP1EO	23	25	9	22	
	OP2EO	10	11	4	14	
	NP	359	228	187	509	< LOQ-7 300(3) /160-920 (4) / 132.6 - 1312.5 (5)
	NP1EO	347	543	69	428	
	NP2EO	164	216	52	141	
	NP1EC	466	1179	160	324	

1) Rossi (1998)<sup>25</sup>, 2) base de données NURP (Smullen *et al.* 1999)<sup>26</sup>, Valeurs moyennes et médianes, 3) Kalmykova *et al.* (2013)<sup>27</sup>, 4) Bressy *et al.* (2012)<sup>28</sup>, (5) Min - Max (Becouze- Lareure, 2010)<sup>15</sup>

### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

Becouze-Lareure C., Dembélé A., Coquery M., Cren-Olivé C., Barillon B., Bertrand-Krajewski J. L. (2015). Source characterisation and loads of metals and pesticides in urban wet weather discharges. *Urban Water Journal*, 13(6), 600-617. Published online 10 March 2015. DOI: 10.1080/1573062X.2015.1011670.

Gasperi J., Sebastian C., Ruban V., Delamain M., Percot S., Wiest L., Mirande C., Caupos E., Demare D., Diallo Kessoo M., Saad M., Schwartz J.-J., Dubois P., Fratta C., Wolff H., Moillon R., Chebbo G., Cren C., Millet M., Barraud S., Gromaire M.-C. (2014a) Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations and atmospheric contribution for a wide range of contaminants on three French catchments. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8), 5267-5281. DOI: 10.1007/s11356-013-2396-0

Gasperi J., Sebastian C., Ruban V., Delamain M., Percot S., Wiest L., Mirande C., Caupos E., Demare D., Diallo Kessoo M., Saad M., Schwartz J.-J., Dubois P., Fratta C., Wolff H., Moillon R., Chebbo G., Cren C., Millet M., Barraud S., Gromaire MC. (2014b). Micropollutant concentrations and loads in urban stormwater in three French catchments, 13rd International Conference on Urban Drainage, 7-11 September 2014, Kuching, Malaysian Borneo. 10 p.

### f) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)

Il est important de continuer à alimenter la base de données pour confirmer les tendances acquises par ces recherches. Sachant que l'on peut agir localement, le suivi des dispositifs de gestion des EP à la source a donc semblé être l'action à mener en continuité de cette recherche et à nouveau sur le territoire français. 3 projets inter-observatoires ont démarré (Micromégas, Roulépur et Matriochkas) financés par l'ONEMA et les agences de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Loire Bretagne et Seine Normandie.

<sup>25</sup> Rossi L 1998: Qualité des eaux de ruissellement urbaines. PhD Thesis Thesis, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 303 pp

<sup>26</sup> Smullen JT, Shallcross AL, Cave KA (1999) Updating the US nationwide urban runoff quality data base. *Water Science & Technology* 39, 9-16.

<sup>27</sup> Kalmykova Y, Bjorklund K, Stromvall A-M, Blom L (2013): Partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons, alkylphenols, bisphenol A and phthalates in landfill leachates and stormwater. *Water Research* 47, 1317-28.

<sup>28</sup> Bressy A, Gromaire MC, Lorgeoux C, Saad M, Leroy F, Chebbo G (2012): Towards the determination of an optimal scale for stormwater quality management: Micropollutants in a small residential catchment. *Water Research* 46, 6799-6810.

## C2.3. INONDATIONS URBAINES: IMPACTS DES EMBACLES ET MARCHES SUR LES ECOULEMENTS INONDANTS

### a) Equipes et Disciplines mobilisées

Irstea (UR HHLY) : apporte des compétences en modélisation numérique hydrodynamique 2D et couplage 1D-2D et élaboration d'un nouveau dispositif expérimental

LMFA (site INSA Lyon) : apporte des compétences expérimentales

### b) Objectifs

Les travaux traitant des inondations urbaines pour la période 2013-2016 se sont principalement focalisés sur trois objectifs, les deux premières étant centrées autour de la fin de la thèse de doctorat de l'UCBL de Pierre Henri Bazin (doctorant à Irstea (HHLY), coencadré par le LMFA et l'université de Kyoto) :

1. Une évaluation et un début de quantification des incertitudes associées au calcul d'inondations urbaines.
2. Le couplage entre un modèle de calcul d'écoulement de surface déjà bien maîtrisé (résolvant les équations de Saint Venant 2D au sein des rues : Rubar20) et un modèle de calcul des écoulements au sein du réseau d'assainissement (résolvant les équations de Saint Venant 1D au sein des conduites : Rubar3).
3. L'élaboration du cahier des charges et le lancement d'un marché pour une nouvelle installation expérimentale d'inondation urbaine (dénommée MURI) qui sera mise en place dans le laboratoire d'hydraulique d'Irstea en février 2017.

### c) Méthodes

Pour l'objectif 1 : Une évaluation et un début de quantification des incertitudes associées au calcul d'inondations urbaines. En effet, lorsqu'un calcul d'inondation est effectué sur une ville donnée, les résultats en termes de hauteur d'eau et de vitesse distribuée sur la surface de la ville au cours du temps sont entachés d'erreur du fait des simplifications incontournables effectuées lors de cette modélisation. L'idée était alors de lister les principales simplifications (ne pas prendre en compte le réseau d'assainissement, les obstacles dans les rues, les trottoirs et ainsi épurer la géométrie des rues, etc) puis de tenter de quantifier, en fonction des conditions de l'événement d'inondation, l'effet de ces simplifications sur l'écoulement.

Pour l'objectif 2 : Le couplage entre un modèle de calcul d'écoulement de surface déjà bien maîtrisé (résolvant les équations de Saint Venant 2D au sein des rues : Rubar20) et un modèle de calcul des écoulements au sein du réseau d'assainissement (résolvant les équations de Saint Venant 1D au sein des conduites : Rubar3). La difficulté majeure d'un tel couplage (au-delà des problèmes numériques de stabilité aux moments de la saturation du réseau et de l'assèchement des rues) est l'évaluation des échanges de flux entre la surface et le réseau, ces échanges pouvant se faire dans les deux sens : de la surface vers le réseau lors de la collecte et du réseau vers la surface lors des débordements. Une formalisation de type perte de charge basé sur la géométrie exacte des lieux d'échange a montré ses capacités (Bazin *et al.*, 2014). Cependant, une telle approche sur le terrain nécessiterait une connaissance de la géométrie de tous les lieux d'échange, ce qui constitue aujourd'hui un point bloquant pour une utilisation opérationnelle. (Paquier *et al.*, 2015 ; Paquier et Bazin, 2014)

#### **d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels**

Estimation quantitative de l'impact des obstacles présents dans les rues sur les flux inondants et notamment leurs distributions aux carrefours de rues.

Couplage, et validation expérimentale de ce couplage, d'un code 1D en réseau d'assainissement et 2D en surface lors de l'inondation d'une zone urbanisée équipée d'un réseau d'assainissement.

#### **e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)**

- Mignot E., Zeng C., Dominguez G., Li C.W., Rivière N., Bazin P.-H. 2013. Impact of topographic obstacles on the discharge distribution in open-channel bifurcations, *Journal of Hydrology*, 494 (28), pp. 10-19.
- Bazin, P.H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Paquier, A., Mignot, E. - 2014. Modeling Flow Exchanges between a Street and an Underground Drainage Pipe during Urban Floods. *Journal of Hydraulic Engineering-ASCE*, vol. 140, 10 p.
- Paquier, A., Bazin, P.H. - 2014. Estimating uncertainties for urban floods modelling. *Houille Blanche-Revue Internationale de l'eau*, n° 6, p. 13-18
- Paquier, A., Mignot, E., Bazin, P.H. - 2015. From hydraulic modelling to urban flood risk. *Procedia Engineering*, vol. 115, p. 37-44
- Bazin, P.-H., Mignot, E and Paquier, A. (2016). "Computing flooding of crossroads with obstacles using a 2D numerical model", in press at *Journal of Hydraulic Research*, <http://dx.doi.org/10.1080/00221686.2016.1217947>

#### **f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

DPRI, université de Kyoto, Japon

Polyu, Hong Kong.

#### **g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)**

Le nouveau dispositif expérimental MURI prochainement mis en place à Irstea (février 2017) va donner lieu à de nombreux travaux notamment concernant les échanges de flux inondants entre rues, parcelles et réseau d'assainissement.

## **A RETENIR**

Un obstacle présent dans une rue peut influencer la distribution de débit au carrefour le plus proche de l'ordre de 10%, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que nombres d'autres sources d'incertitudes.

Un couplage efficace entre le calcul de l'écoulement dans une rue et l'écoulement dans le réseau d'assainissement requiert une connaissance précise de la géométrie des structures d'échange (trou d'homme, bouche d'égout...)

### C.3. IMPACT DES RUTP SUR LA QUALITE DES SEDIMENTS ET SUR LA NAPPE

#### C.3.1. SEDIMENTS DES EAUX PLUVIALES: BIODIVERSITE ET CARACTERISATIONS MICROBIO-PHYSICOCHIMIQUE ET ECOTOXICOLOGIQUE

##### C.3.1.1 Caractérisations de la végétation, des vers de terre et des invertébrés terrestres

###### a) Equipes et disciplines mobilisées

Le LEHNA au travers des équipes : Impacts des Polluants sur les Ecosystèmes (IPE) [*Compétences : Botanique, écologie, chimie; Ecophysiologie*], comportement et conservation (E2C) ; Ecologie, Evolution et Eaux Souterraines (E3S) [*Compétences : Entomologie et Myrmécologie*]

###### b) Objectifs

Nous souhaitons suivre sur certains sites l'évolution/la dynamique de la végétation depuis les travaux entrepris dans le cadre de la thèse de Muriel Saulais (2011). Nous avons, en outre, dans le cadre du programme GESSOL (fonctions environnementales des sols - GESTion du patrimoine SOL, financé par le ministère de l'écologie et du développement durable), tenté de généraliser sur 18 bassins, l'identification des espèces végétales dominantes et leurs teneurs bio-accumulées en contaminants métalliques. Enfin, nous avons abordé la biodiversité en terme d'abondance et de nombres, ou types d'espèces, de vers de terre sur deux sites et sur 7 bassins pour ce qui est des invertébrés terrestres, en particulier les araignées et les fourmis. La structure des bassins présente toujours deux éléments d'habitat : un fond plat, potentiellement inondable une partie de l'année ou par périodes brèves, parfois végétalisé, et des bords en pentes douces à fortes, la plupart du temps végétalisés, volontairement ou de façon spontanée. Ces deux éléments forment des habitats potentiels pour nombre de plantes et d'animaux ; ce sont des habitats originaux et peu fréquents, en particulier dans la zone urbaine et périurbaine. Les fonds de certains bassins, caractérisés par des séries d'assecs et de mises en eau, sont similaires à celui de certaines zones humides, et à ce titre pourraient représenter un habitat important pour des espèces spécialisées actuellement en forte contraction. Les bords, en particuliers lorsqu'ils sont exposés au sud, peuvent eux aussi permettre l'installation d'espèces spécialisées des milieux ouverts, secs et drainants.

###### c) Méthodes

###### *Pour les plantes*

Sites : Django Reinhardt, Minerve, ZAC des Pivolles ; ZAC Paul Claudel ; ZAC du Chêne ; PAE Mi-plaine ; Centre routier ; Charbonnier ; Triangle de Bron ; Savoir ; Revaison ; Pierre blanche ; Grange blanche ; Leopha ; Epine ; Dauphiné ; Chemin de Feyzin ; Carreau.

**Méthodes:** On a choisi 18 bassins d'infiltration sur des critères de taille, d'âge, de volume et sur le type d'environnement urbain d'où proviennent les eaux de pluie qui seront par la suite infiltrées dans ces bassins. Trois types de tissus sont identifiés : les Zones Industrielles et Commerciales (ZIC), les Tissus Urbains Discontinus (TUD, les zones résidentielles et centre-ville) et les Zones Agricoles (ZA). Dans chacun de ces bassins le même observateur se déplace pour procéder à un relevé floristique. Les informations recueillies sur les bassins sont compilées en fiches synthétiques. Cette fiche contient les informations relatives à la structure même du bassin et la diversité biologique observée, aux espèces présentes dans le bassin et à la périphérie et l'environnement urbain immédiat. Un schéma du bassin est compris dans la fiche où sont précisées les espèces dominantes, leurs aires de répartition et un indice qui représente le pourcentage de recouvrement-abondance. Le recouvrement désigne la surface occupée par une espèce par rapport à la surface totale de la zone. L'abondance est le nombre d'individus de cette espèce.

On utilise pour cela l'échelle de Braun-Blanquet qui recoupe à la fois l'abondance et le recouvrement. Pour le suivi de l'évolution, les végétaux des bassins de Minerve et Django Reinhardt ont été étudiés de façon plus précise.

#### **Vers de terre :**

Sites : Django Reinhardt ( Chassieux); Carreau (Meyzieu)

**Méthodes :** Pour récupérer les vers de terre, il est nécessaire de les faire sortir du sol/substrat. Pour cela, on réalise deux arrosages avec un temps de 15 min entre chaque arrosage. La solution arrosée contient 300 g de moutarde Amora® Fine et Forte diluée dans 10 litres d'eau. Ce protocole a été mis en place dans le cadre de l'Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT : [http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT\\_accueil.php](http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php)), C'est un programme de recherche financé par l'ADEME qui propose un outil d'évaluation simplifiée de la biodiversité animale à l'aide des vers de terre. Suite au premier arrosage, on récupère les vers qui remontent à la surface et qui sont alors placés dans une bassine remplie d'eau. Après 15 min, le deuxième arrosage est effectué et les vers sont de nouveau récoltés. Si les individus continuent à sortir au bout du premier quart d'heure, il faut retarder le deuxième arrosage et collecter les vers avant tout nouvel arrosage. Au vu du nombre de quadrats effectués, il a été impossible de tous les réaliser la même journée. Ainsi les caractéristiques de chaque journée sur le terrain ont été enregistrées afin de voir si de possibles variations en abondance peuvent être expliquées notamment par les conditions climatiques du jour de prélèvement.

#### **Invertébrés terrestres :**

Sites : Django Reinhardt (Chassieux) ; Le Carreau (Meyzieu) ; Minerve (Saint-Priest) ; Pesselière (Mions) ; IUT (Villeurbanne) ; Paul Claudel (Saint priest) ; Triangle de Bron (Bron)

**Méthodes :** Trois sessions d'inventaire ont été organisées pour chacun des sept bassins, en avril, mai et juillet 2013. Chaque session comportait les éléments suivants : 1) relevé de végétation simple sur l'ensemble du bassin, 2) piégeage et chasse à vue des abeilles suivant le protocole « Urbanbees », 3) pose de nombreux (13-69) pièges à trappe neutres (28 mm d'ouverture, 70 mm de profondeur, liquide refroidissement avec éthylène-glycol, 4 m minimum entre deux pièges) au fond et sur les bords des bassins, relevés après 48 h de temps sec.

#### **d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels**

Un nombre conséquent de bassins présente une végétation typique de milieu eutrophe caractéristique d'un sol anthropisé. La présence de ces végétaux traduit la formation rapide d'anthroposol dans les bassins d'infiltration. La présence de certaines familles et espèces dans les bassins est multifactorielle. Le premier facteur observé est la profondeur de sédiment qui jouerait un rôle clé dans la diversité des espèces. Certaines plantes qu'on ne retrouve que dans un seul bassin, comme l'*Iris pseudacorus*, ont besoin de 21 centimètres de sédiments. D'autres plantes qui ne nécessitent pas de profondeur minimale sont aussi les plantes les plus répandues. Ainsi les *Rumex* de la famille des Polygonaceae sont présents dans 88% des bassins. Le second facteur serait le tissu urbain même s'il ne joue pas un rôle sur la diversité propre, il influence la présence ou non des espèces par un effet du bassin versant. De plus en croisant les données entre les familles présentes dans certains tissus urbains et la pousse d'espèces en fonction de la couche de sédiment on remarque des familles dont la présence est favorisée (comme les *Rubiaceae* à Dauphiné) ou limitée par le tissu urbain. Ainsi les *Rosaceae* ne poussent pas en ZIC, peut-être à cause d'un effet de la pollution. Si on relie les informations d'état des bassins au type de tissu urbain, on remarque que la présence d'azote, confirmée par la présence d'espèces nitrophiles (Comme *Galium mollugo* dans le bassin Dauphiné), est corrélée avec un environnement agricole. Mais un autre

facteur qui a également un impact direct est l'entretien de ces bassins. Beaucoup de bassins sont régulièrement entretenus (comme Leopha) et sont curés et nettoyés de leurs sédiments. Sans sédiment seules certaines espèces comme *Rumex sp.* et *Populus sp.* arrivent à pousser sous la couche de cailloux qui compose le fond des bassins. Les genres *Rumex* et *Populus* sont des espèces rudérales, elles supportent les fortes perturbations : le fauchage, les inondations ou encore l'enlèvement des sédiments. D'autres bassins, comme Le Carreau ou Dauphiné sont tondu et faucardés, diminuant fortement la diversité et rendant impossible les identifications. De ce fait, la connaissance de la diversité peut être très fortement biaisée par le moment où s'est faite l'identification.

Nous avons identifié sur 10 ans l'évolution de la flore en regardant la richesse et l'abondance des espèces dominantes sur deux types de bassins végétalisés: Minerve où la végétation a été plantée volontairement, l'autre qui s'est naturellement colonisée (appelé Django Reinhardt). Pour Minerve, nous avons observé un gradient de l'amont (près de l'entrée de l'eau) à l'aval (partie la plus éloignée de l'entrée de l'eau) pour les paramètres comme la teneur en matière organique, la hauteur de sédiment déposé et les teneurs en éléments traces. Pour Django Reinhardt, la distribution est moins claire, mais nous avons aussi observé des zones avec des contenus contrastées en matière organique et en métaux lourds. La régression de la communauté des *hélophytes* sur Minerve au profit d'espèces rudérales pionnières marque l'évolution de ce site. Depuis 1999, plus de 93% des espèces implantées ont disparu, mais la diversité des *hélophytes* semble s'être stabilisée depuis 2008 avec seulement 12,5% de la variation du nombre de ces espèces. Sur le bassin de Django Reinhardt, le nombre d'espèces est resté stable depuis 2008. Mais la diminution de près de 50% du taux de recouvrement des macrophytes, réduit à *Phalaris arundinacea*, *Typha latifolia* et *Schoenoplectus tabernamontanii*, souligne un changement des débits d'eau entrants. La flore dominante trouvée dans des bassins d'infiltration évolue donc au fil du temps avec des espèces euryèces de pseudo-métallophytes des macrophytes (*Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Iris pseudacorus*, *Phalaris arundinacea*), des espèces rudérales typiques des prairies sèches (*Asteraceae*, *Poaceae*, *Brassicacées*) et des espèces des zones humides (*Rumex sp.*).

Quant aux vers de terre, les abondances totales obtenues pour chaque quadra présentent de fortes variations. Certains quadras ont des valeurs élevées allant jusqu'à 300 vers de terre au mètre carré, tandis que pour d'autres on ne retrouve pas un seul lombric. Cette variabilité est visible pour les deux bassins étudiés et peut être corrélée avec la hauteur de sédiment mesurée à chaque emplacement de prélèvement. La détermination des espèces de l'ensemble des quadras nous donne des résultats assez similaires pour un même bassin mais avec un contraste important entre les deux lieux d'études.

Tout d'abord quel que soit le bassin on ne retrouve absolument pas d'Anéciques. Ensuite la diversité se visualise par les différences de proportion entre Endogés et Epigés. On remarque que le nombre d'Endogés est majoritairement supérieur à la quantité d'Epigés retrouvée dans le bassin de Django Reinhardt pour une proportion de 60% d'endogés et 40% d'épiques. Alors que pour le bassin Le Carreau la tendance inverse entre ces deux familles semble s'observer, 80% d'épigés et 20% d'endogés.

Pour l'ensemble des invertébrés, malgré un plus grand nombre de tubes-pièges posés sur les fonds (372), que sur les bords (343), davantage d'individus ont été capturés sur les bords (6083) que sur les fonds (4474). Les Hyménoptères (dont 99% de fourmis) sont de loin le groupe le plus abondant, davantage sur les bords que sur les fonds de bassins, mais avec une répartition assez régulière. Les Collemboles et Acariens arrivent ensuite pour les bords, les Coléoptères pour les fonds. Cette abondance très élevée des Coléoptères sur les fonds est due essentiellement à une pullulation de larves sur le bassin de Django Reinhardt, et doit donc être relativisée ; un phénomène similaire s'observe pour les Isopodes, très nombreux sur les bords du bassin Minerve. Les Araignées

arrivent ensuite, avec une répartition plus régulière entre les sites. Les Fourmis et les Araignées constituent donc les groupes les plus représentatifs des communautés d'invertébrés terrestres vivant au sol.

#### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

##### Revues internationales

Bedell J.-P., Mourier B., Provot J. and Winiarski T. (2013). Influences on the establishment and dominance of vegetation in stormwater infiltration basins. *Water Sciences and Technology* 68(12): 2576-2583.

Gonzalez-Merchan C., Barraud S., Bedell J.-P. (2014). Influence of spontaneous vegetation in stormwater infiltration system clogging. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8), 5419-5426. DOI: 10.1007/s11356-013-2398-y.

Manceau A., Simionovici A., Lanson M., Perrin J., Tucoulou R., Bohic S., Fakra S. C., Marcus M. A., Bedell J.-P. and Nagy K. L. (2013) Thlaspi arvense binds Cu(II) as a bis-(L-histidinato) complex on root cell walls in an urban ecosystem. *Metallomics* : DOI :10.1039/c3mt00215b

##### Conférences nationales :

Bedell J.-P., Mourier B., Piron D., Sarles L., Marchand P., Hammada M. et Winiarski T.(2014). Les vers de terre : indicateurs et acteurs d'évolution des anthroposols et des pollutions associées au sein des Bassins d'Infiltration? Les 12èmes Journées d'Etude des Sols, Bourget du Lac, 30 juin-4 juillet.

Hechelski M., Saulais M., Danjean M., LAssabatère L., Attard G., Bedell J.-P. (2016). Occurrence, spatial distribution and succession of plants in contaminated sediments in urban stormwater basins. Résumé N°177. 9ème conférence internationale NOVATECH, Lyon, 28 juin-1 juillet.

#### f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

Travaux entrepris dans le cadre du projet Gessol. Pour la partie sur les vers de terre, une collaboration avec Laberca Oniris (Nantes) pour le développement de méthode liées à l'extraction, et la quantification du dosage dans ces organismes des PCBs, PCDD/F. Collaboration avec Daniel CLUZEAU (OPVT - OSUR/Université de Rennes) sur cette thématique. Ces échanges ont donné lieu au montage et à la réponse à l'appel à projet EC2CO (CNRS) en 2014 avec ces deux partenaires mais sans succès.

#### g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)

L'ensemble des investigations sur les organismes présents nous laisse penser que certains d'entre eux pourraient être des « bioindicateurs » de sites voire d'ouvrage.

## A RETENIR

Avant tout, les plantes sont principalement divisée/distribuée dans les bassins en fonction des facteurs hydrologiques, à savoir la disponibilité de l'eau.

La hauteur de sédiment, la typologie du bassin versant de l'ouvrage (typologie, activités...) sont des facteurs à prendre en compte également pour expliquer la présence ou la distribution de certaines familles ou espèces végétales.

La gestion des ouvrages (tonte...) a aussi mis en évidence un effet sur la biodiversité végétale installée.

### C.3.1.2 Caractérisation écotoxicologique - Résultats ANR CABRRES

#### a) Equipes et disciplines mobilisées

Laboratoire LEHNA, équipe IPE (écotoxicologie), Laboratoire DEEP (échantillonnage et chimie des sédiments)

#### b) Objectifs

Des travaux précédents ont montré que les sédiments des bassins de rétention sont riches en micropolluants (e.g. Sébastien, 2013). Toutefois, l'analyse chimique ne permet pas de tous les identifier, ni de prendre en compte l'effet « cocktail » des polluants, en vue de l'évaluation de leurs effets potentiels sur les organismes. Cette connaissance est pourtant nécessaire en vue de la définition d'une gestion optimisée de ces matériaux pollués. C'est dans ce contexte qu'une action OTHU sur la caractérisation de l'écotoxicité des sédiments a été proposée.

Les objectifs de cette action sont plus précisément : (1) de caractériser le niveau et la répartition de l'écotoxicité des sédiments au sein du bassin de rétention pilote pour le projet (Bassin Django-Reinhardt) (dynamique spatiale), (2) de suivre l'évolution de cette écotoxicité au cours du temps (dynamique temporelle). Les sédiments ont été prélevés aux mêmes points (Points de prélèvement des sédiments du bassin de rétention Django-Reinhardt de l'OTHU (Figure 12) que les échantillons destinés à d'autres actions du programme (analyse chimique, de micro-organismes pathogènes,...) dans l'objectif de discuter ensuite les résultats de manière croisée.



Figure 12: Points de prélèvement des sédiments du bassin de rétention Django-Reinhardt de l'OTHU

#### c) Méthodes

Afin d'évaluer l'écotoxicité des sédiments accumulés dans le bassin, une batterie de bio-essais a tout d'abord été testée. A l'issue de celle-ci, le test « ostracodes » sur « *Heterocypris incongruens* » a été retenu pour la suite des travaux, compte-tenu de sa sensibilité, de son bon pouvoir discriminant sur ce type de matériaux et de la possibilité de réaliser à la fois un essai de d'écotoxicité aiguë (mortalité des organismes) et un essai de d'écotoxicité chronique (croissance des organismes).

#### d) Résultats clés : scientifiques et opérationnels

##### **Variabilité spatiale de l'écotoxicité**

Les Figure 13: Mortalité des ostracodes      Figure 14: Croissance des ostracodes correspondent à la mesure de l'écotoxicité pour les ostracodes des sédiments accumulés dans le bassin depuis plusieurs années (72 mois). Elles montrent la variabilité de l'écotoxicité des sédiments selon les points de prélèvements, avec une différence accentuée pour le point P12 (fosse dite « à hydrocarbures »).

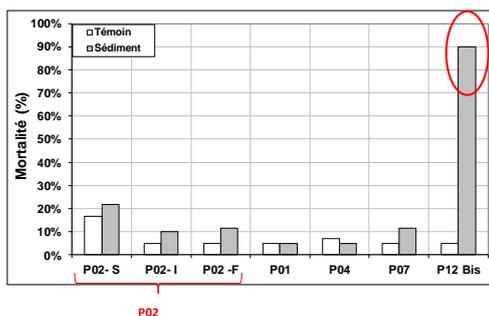


Figure 13: Mortalité des ostracodes

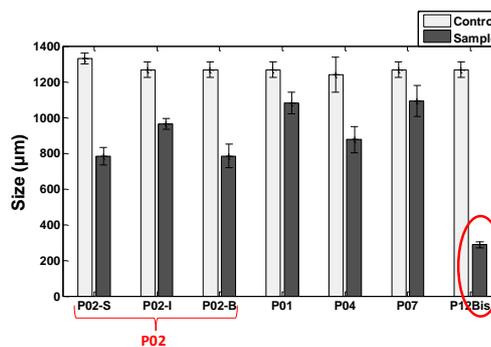


Figure 14: Croissance des ostracodes

### Variabilité temporelle de l'écotoxicité

La Figure 15 correspond à l'évolution de l'écotoxicité des sédiments accumulés, de 6 à 72 mois après le curage. Elle montre que cette évolution est modérée au niveau de chacun des points de prélèvement. Cette figure confirme la plus forte écotoxicité au niveau du point P12.

La Figure 16 montre que l'écotoxicité des sédiments « frais », prélevés à l'aide de pièges à sédiments, est nettement plus importante que l'écotoxicité des sédiments « maturés » accumulés au sein du bassin. Ce phénomène pourrait être dû à la volatilisation de composés volatils (ammoniac, solvants chlorés, BTX et autres COV), ainsi qu'à la biodégradation/photodégradation de composés organiques écotoxiques.

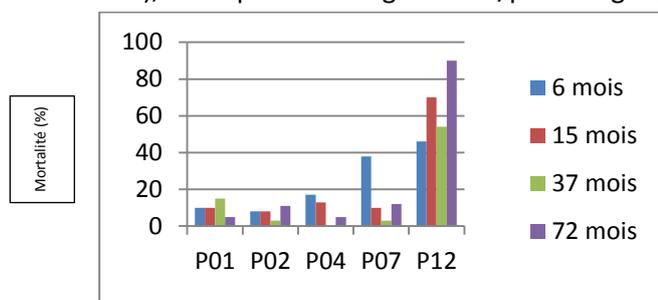


Figure 15 : Evolution de l'écotoxicité des sédiments accumulés au cours du temps

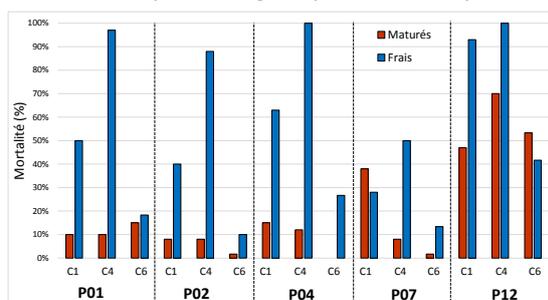


Figure 16 : Ecotoxicité comparée des Sédiments « accumulés » et « frais » (campagnes C1, C2 et C3)

## e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

### Revue internationale

Gonzalez-Merchan C., Perrodin Y., Barraud S., Sébastien C., Becouze-Lareure C., Bazin C., & Lipeme Kouyi G. (2014). Spatial variability of sediment ecotoxicity into a large stormwater detention basin. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(8), 5357-5366.

Gonzalez-Merchan C., Perrodin Y., Barraud S., Sébastien C., Becouze-Lareure C., Bazin C., Winiarski T. (2014). Ecotoxicological characterization of sediments from five stormwater detention basins. *Water, Science and Technology*, 69(5), 1045-1051.

Sébastien C., Barraud S., Gonzalez-Merchan C., Perrodin Y., Visiedo R. (2014). Stormwater retention basin efficiency regarding micropollutants loads and ecotoxicity. *Water Science & Technology*. 69(5), 974-981. DOI:10.2166/wst.2013.807.

Gonzalez Merchan C., Perrodin Y., Barraud S., Sébastien C., Becouze-Lareure C., Bazin C., Lipeme Kouyi G. (2014). Spatial variability of sediment ecotoxicity in a large stormwater detention basin. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8), 5357-5366

### Revue Nationale

Becouze-Lareure C., Gonzalez-Merchan C., Sébastien C., Perrodin Y., Barraud S. & Lipeme Kouyi G. (2016). Caractérisation spatio-temporelle des sédiments accumulés dans un bassin de retenue décantation pour une meilleure gestion. *Techniques, Sciences et Méthodes*, 4. 43-55.

### Conférences internationales

Becouze-Lareure C., Gonzalez-Merchan C., Sébastien C., Perrodin Y., Barraud S., Lipeme Kouyi G. (2014) Évolution des caractéristiques physico-chimiques et écotoxicologiques des sédiments accumulés dans un bassin de retenue – décantation : premiers résultats du projet CABRES. 6emes Journées doctorales de l'hydrologie urbaine. Lyon, 1-3 juillet 2014, 114-127.

#### **f) Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

Les deux programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support à ces travaux sont : (i) l'ANR CABRRES, (ii) l'action BR-TOX de la ZABR soutenue par l'AE Rhône Méditerranée et Corse.

#### **g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)**

Dans l'objectif d'une généralisation, ces résultats sont à consolider par des travaux équivalents sur d'autres bassins de rétention.

La période de chute de l'écotoxicité des sédiments, entre quelques jours et 6 mois, reste à préciser.

Sur la base de ces résultats encourageants, des scénarios de valorisation des sédiments « maturés » peuvent maintenant être construits, et faire l'objet d'une évaluation des (non) risques associés.

## **A RETENIR**

Le test d'écotoxicité sur ostracode « *Heterocypris incongruens* » est adapté en vue de détecter et d'établir le niveau d'écotoxicité des sédiments des bassins de rétention, et correspond à un outil opérationnel pour une aide à la gestion de ces derniers.

Les travaux effectués au sein de cette action ont mis en évidence la plus forte écotoxicité des sédiments « frais » par rapport aux sédiments « maturés » au sein du bassin de rétention. Ils ont également montré la plus forte contamination des sédiments accumulés au niveau du point P12, ce qui est en accord avec les analyses chimiques et microbiologiques réalisées par les autres équipes de l'OTHU. Les sédiments « maturés » du bassin, hors P12, sont peu écotoxiques, et ouvrent des perspectives de valorisation intéressantes. L'ensemble de ces éléments seront utiles aux gestionnaires en vue de la définition d'une gestion optimisée des sédiments des bassins de rétention.

### C.3.1.3 Caractérisation microbiologique et relations avec les caractéristiques physico-chimiques

#### a) Equipes et Disciplines mobilisées

Microbiologie environnementale et clinique : Equipe BPOE, UMR CNRS 5557, UMR INRA 1418 Ecologie

Microbienne (LEM), Université Lyon 1 & VetAgro Sup

Hydrologie urbaine et génie civil : DEEP INSA Lyon

Stratification sédimentaire : ENTPE – LEHNA

Chimie analytique : ISA

#### b) Objectifs

- Préciser le « core » bactériome associé aux sédiments urbains (dépôt de bassins de retenue et d'infiltration / zone industrielle)
- Identifier les espèces bactériennes dominantes et déduire les éléments clés de leur développement par analyse des corrélations avec les jeux de données de chimie environnementale
- Evaluer les dangers de flambée environnementale de formes bactériennes pathogènes dans les sédiments de Bassin de retenue (BR) et sols de bassins d'infiltration (BI)
- Définir le rôle relatif des sédiments urbains dans le cycle épidémiologique de certaines formes bactériennes pathogènes

#### c) Méthodes

##### **Sites/dispositifs : sédiment du BR et sols du BI du site Django-Reinhardt de Chassieu**

Les eaux ayant circulé sur des surfaces anthropisées sont chargées en polluants chimiques et en micro-organismes pouvant atteindre des concentrations très significatives. La composante microbienne des eaux de ruissellement a fait l'objet de peu d'études, et les dangers microbiologiques associés n'ont pas été définis. Les conséquences de l'imperméabilisation ont conduit au développement des réseaux d'eau pluviale, permettant, classiquement, une meilleure gestion des eaux de ruissellement par un déversement dans un cours d'eau récepteur ou vers des bassins de retenue-décantation favorisant leur stockage et parfois leur infiltration. Ces bassins développent de véritables écosystèmes mais requièrent une caractérisation de leurs dépôts dans l'objectif de définir les risques associés et traitements appropriés pour leur dépollution.

Dans ce contexte, nous avons défini des actions de recherche permettant de préciser l'écologie microbienne des sédiments d'un BR/BI, et d'identifier des composantes bactériennes pouvant représenter un danger pour l'homme (Figure 18 & Figure 17). Le BR/BI Django-Reinhardt (R) situé à Chassieu (Est lyonnais) a été utilisé pour ces actions de recherche. Ces actions ont été développées dans l'objectif de tester des hypothèses concernant le dépérissement/l'enrichissement de bactéries observées sur le bassin-versant de Chassieu (Partie C2.2.1) dont l'espèce pathogène *Pseudomonas aeruginosa* et certaines bactéries d'origine fécale. Des travaux de l'équipe ont montré un dépérissement rapide de certains clones de *P. aeruginosa* dans les sols agricoles mais les alimentations soutenues en eau de ruissellement des BR pourraient représenter un facteur favorable au développement de cette espèce. Ces premières études ont permis de tester l'hypothèse d'une implantation pérenne de certains taxons dans un BR/BI et d'une occurrence de flambées (enrichissement) ponctuelles liées aux activités sur le bassin-versant urbain (mi-plaine) alimentant le BR. Pour permettre l'identification de ces taxons bactériens, une approche sans *a priori* basée sur des analyses métaxénomiques a été développée, et a été complétée d'études sur les formes cultivables des espèces observées.

## 2. Les « core » microbiotes des bassins de retenue et d'infiltration

Les bilans méta-taxogénomiques ont été effectués avec le marqueur *rrs* (16S rDNA) mais ont nécessité le développement d'un nouveau marqueur, *tpm*, pour les inférences aux niveaux « espèces » et infra-espèces de taxons d'intérêt sanitaire. Ces marqueurs permettent la définition d'unités taxonomiques opérationnelles (OTU) sur la base de l'analyse de séquences produites à partir d'amplicons PCR amplifiés d'ADN extraits des sédiments ou sols du site d'étude. Des ADN extraits de sédiments ont été analysés depuis 2010 pour le BR (Figure 17) et depuis 2015 pour le BI (Figure 18). Depuis 2016, ces travaux ont été complétés par une analyse des ADN extraits de particules aérosolisées. Voir également la partie C3.5 pour les analyses sur les eaux de la nappe en amont et aval du BI, et la partie C2.2.1 pour les analyses d'eau de ruissellement sur le BV industriel de la commune de Chassieu qui alimente le BR Django-Reinhardt.

L'analyse des OTU permet une estimation de la richesse des peuplements bactériens, et de définir et suivre l'évolution de leur structure. Cette étude a permis de définir une liste de taxons bactériens dominants mais également de groupes pouvant représenter une préoccupation sanitaire. Les espèces bactériennes pathogènes ou indicatrices d'une contamination fécale ont fait l'objet d'analyses microbiologiques via des dénombrements de formes cultivables.

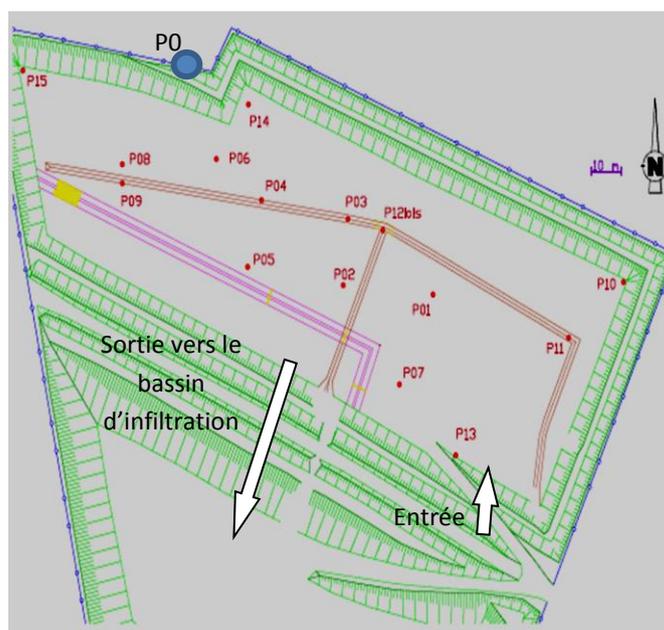


Figure 17 Zones de prélèvement des dépôts du bassin de retenue. Une zone de 40 cm<sup>2</sup> a été prélevée jusqu'au niveau de la dalle de béton ; les anthroposols des points P0, P1, P2, P4, P7, et P12 (fosse de décantation) ont été analysés par méta-taxogénomique « *rrs* » et « *tpm* ». Des pièges à particules ont été installés sur ces différents points pour obtenir des dépôts récents obtenus après une forte pluie. Nombre de métagénomomes = 50 points x méta-*rrs* + 50 méta-*tpm* + aérosols = >100 méta-analyses « taxonomiques »

Pour les actions de recherche sur le bassin d'infiltration, trois grandes zones d'échantillonnage ont été définies. Ces zones sont représentatives de l'hétérogénéité des compositions et textures des sédiments (Figure 18). En effet, les différences de hauteur du sol ainsi que l'éloignement de l'entrée du bassin d'infiltration entraînent un remplissage inégal du bassin. Lors de faibles événements pluvieux, certaines zones du bassin (celles éloignées de la zone d'entrée) sont rarement inondées. Ceci se traduit directement par une végétation bien caractéristique de chaque zone, mais se répercute surtout sur la hauteur, la texture et l'humidité des sédiments. La zone d'entrée possède des sédiments colmatés sur une vingtaine de

centimètres. La zone haute présente des sédiments très aérés et riches en débris végétaux sur 2 à 3 cm de hauteur. La zone basse présente des caractéristiques intermédiaires aux deux zones. Les sédiments du BI ont été prélevés sur trois périodes (Novembre 2015 et Avril-Juillet 2016) afin d'étudier l'influence de la température, de la pluviométrie, et autres paramètres et mesures dont les concentrations de certains polluants chimiques.

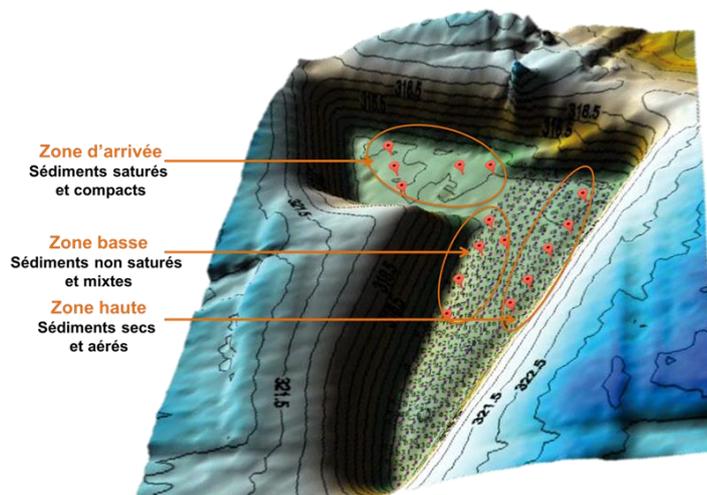


Figure 18: ZONES et points de prélèvements des sédiments du bassin d'infiltration de Django-Reinhardt.

### 3. Dynamiques spatio-temporelles des espèces bactériennes d'intérêt sanitaire.

Les espèces ou groupes d'espèces suivants ont fait l'objet d'un suivi par approches cultivables : *P. aeruginosa*, *Aeromonas caviae*, *E. coli*, entérocoques intestinaux, et les *Nocardia*. Des suivis ont également été faits par approches PCRq (quantitatives) ciblant l'ADN des *Nocardia cyriacigeorgica*, *Bacteroidales* totales, *Bacteroidales* de l'homme (marqueur HF183), et des gènes codant des intégrases appartenant aux intégrons de type 1, 2 et 3 (voir également Partie C2.1.2). Les intégrons sont des supports génétiques susceptibles de véhiculer des gènes impliqués dans certaines antibio-résistances mais également dans le métabolisme de biocides et polluants chimiques variés dont les éléments traces métalliques. Des typages moléculaires infra-spécifiques d'isolats bactériens ont été effectués pour étudier leur proximité avec des isolats cliniques.

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

##### Bactériome du BR

L'analyse du bactériome du BR a été effectuée sur des échantillons prélevés en 2010, 2012, 2013 et 3 fois en 2014 permettant d'étudier son évolution et les biais d'organisation en fonction du temps, de la position des sédiments au sein du BR (dont la fosse de décantation) et de leur composition chimique, et des descripteurs globaux de fonctionnement du BR et des conditions climatiques. Du point de vue de sa structure, le bactériome montre une organisation qui dépend de la période d'échantillonnage ainsi que de la position. L'évènement de curage du bassin qui a eu lieu début 2013 a marqué une ligne de fracture dans les organisations (Figure 19).

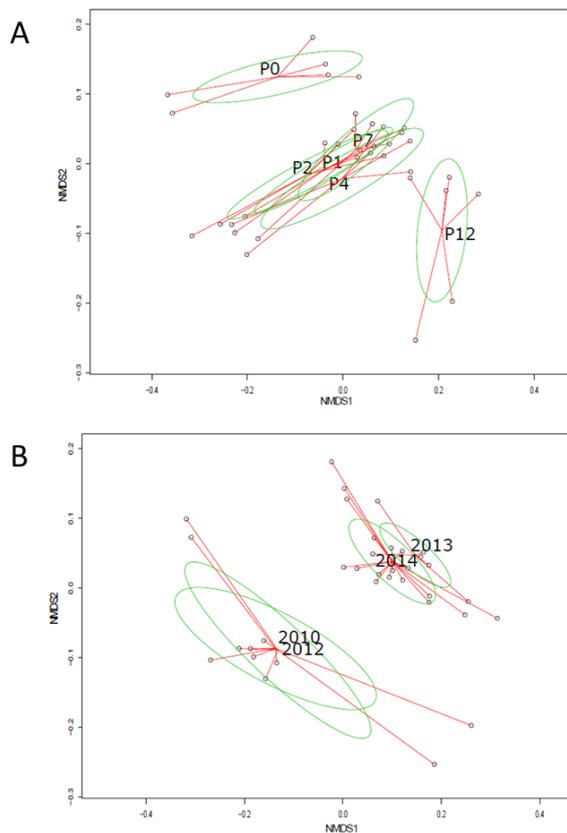


Figure 19 : Ordination NMDS des dissimilarités Bray-Curtis déduites du tableau de contingence des OTU par point d'échantillonnage (P0, P1, P2, P4, P7 and P12) et en fonction du temps. Valeur du stress test = 0.08. Les traits rouges relient les points en fonction (a) du site, et (b) de l'année. L'ellipse verte illustre la variance et une AMOVA a confirmé la significativité du regroupement ( $p < 0.01$ ) s'il n'y avait pas de superposition.

Par ailleurs, parallèlement à cette ligne de séparation temporelle, la localisation des sites de prélèvement au sein du BR a permis de mettre en évidence 3 types d'organisation : (1) une organisation regroupant les échantillons provenant des sédiments de la fosse de décantation, (2) une organisation regroupant les points de prélèvement de surface, et (3) celle du point extérieur au BR. Une organisation dépendante du temps a été confirmée par l'analyse comparative des « cores » (taxa communs) bactériomes 2010/2012 et 2013/2014. Bien que les phyla les plus présents soient retrouvés

dans les deux types d'organisation, leur occurrence n'est pas la même, de même, les phyla minoritaires semblent spécifiques d'une période (Figure 20). Ce jeu de données a également été utilisé pour identifier les genres susceptibles de contenir des espèces pathogènes. Ceci a permis d'observer un nombre significatif de reads pour les Mycobactéries (2189 reads) > *Pseudomonas* (810 reads) > *Acinetobacter* (711) > *Aeromonas* (133) > *Nocardia* (122) > *Enterococcus* (103) > *Escherichia* (9) > *Staphylococcus* (5) > *Streptococcus* (4). Les *Pseudomonas* et *Aeromonas* peuvent contenir des espèces pathogènes comme *P. aeruginosa*, *A. caviae* et *A. hydrophila*. Ces espèces sont associées à des infections d'origine hydrique. Elles pourraient donc être enrichies par les dispositifs de rétention. Les actinobactéries représentent également une préoccupation sanitaire en fonction des espèces présentes. L'observation de concentrations significatives en *Nocardia* nous a conduit à réaliser une analyse de leur diversité pour préciser les dangers associés. Cette analyse est présentée dans la section suivante.

Pour permettre de préciser la diversité des *Pseudomonas* et *Aeromonas* retrouvées dans le BR/BI de Django-R, des analyses méta-taxogénomiques du marqueur *tpm* ont été effectuées. Ces analyses ont permis d'observer la présence de reads *tpm* de *P. aeruginosa*, *P. mendocina*, *P. alcaligenes*, *P. pseudoalcaligenes*, *P. composti*, *P. stutzeri*, *P. fluorescens*, *P. brasicaearum*, et *P. toyotomiensis*, dans les ADN extraits des sédiments. Les reads en *P. aeruginosa* étaient peu nombreux et suggèrent un dépérissement de l'espèce au sein du BR. Des quantités élevées de reads *tpm* de *P. aeruginosa* avaient été obtenues des eaux de ruissellement du BV industriel de Chassieu (partie C2.2.1). La Figure 21 présente la diversité observée pour les espèces du genre *Aeromonas* en fonction des points de prélèvement des années 2013 et 2014. *A. caviae* et *A. hydrophila* semblent plus susceptibles de se maintenir dans le BR que *P. aeruginosa*. *A. caviae* et *P. aeruginosa* ont été choisies pour préciser l'incidence du BR sur les dynamiques d'enrichissement et dépérissement de leurs formes cultivables.

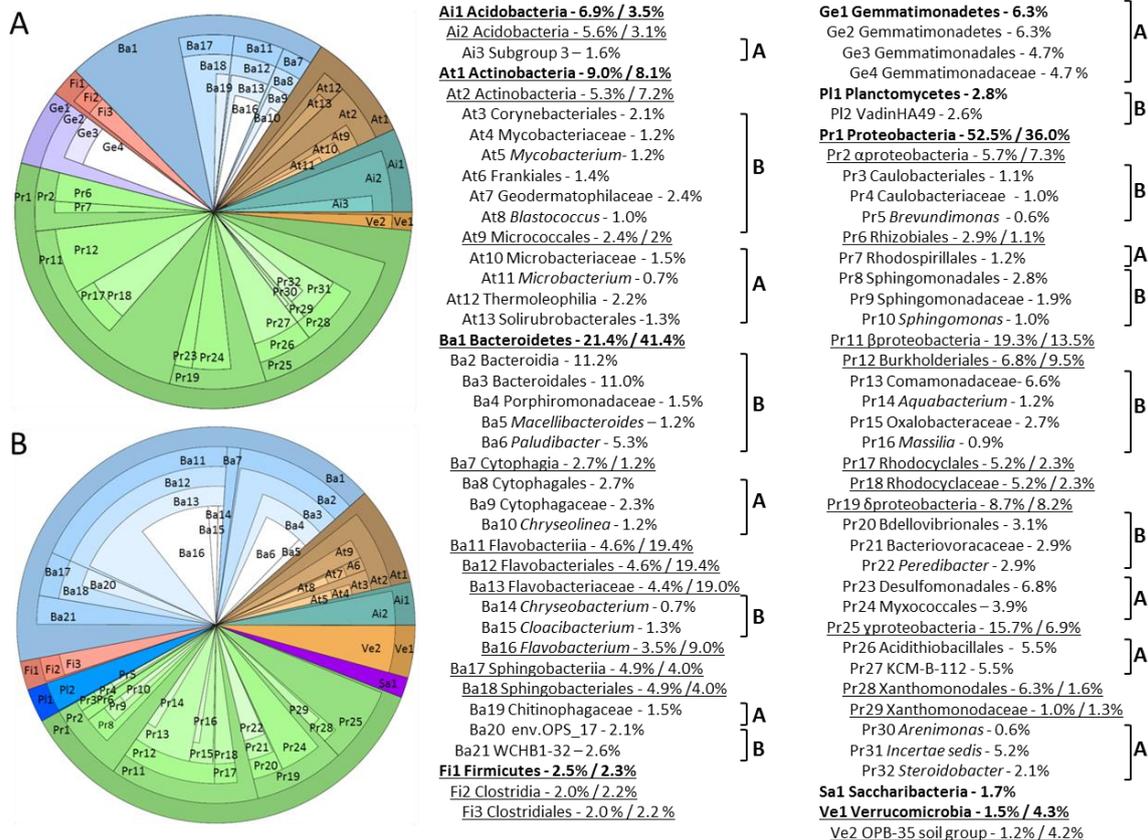


Figure 20 : Core bactériome inféré pour les périodes (a) 2010/2012, et (b) 2013/2014. Seuls les taxa représentant > 1% des OTU au niveau famille, et > 0.5% au niveau genre sont présentés. Les phyla sont indiqués en gras. Les groupes soulignés sont communs aux deux groupes. Les % indiquent l'abondance relative des taxons.

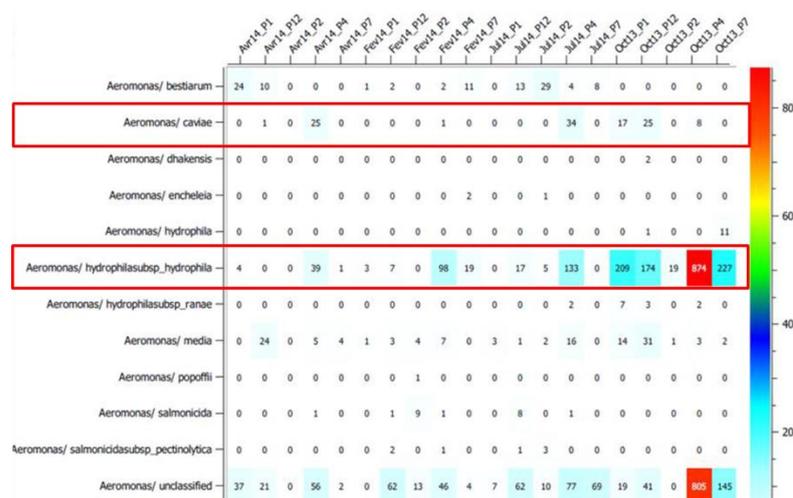


Figure 21 : Classification des séquences d'amplicons PCR tpm au sein des *Aeromonas* qui ont été obtenus d'ADN extraits du BR Django-R. Les nombres de reads sont indiqués par prélèvement. Les reads « unclassified » représentent un groupe hétérogène avec des allocations taxonomiques au sein de plusieurs espèces non-décrites à ce jour chez les *Aeromonas*.

### Dynamiques spatio-temporelles BR

Cette partie repose sur six campagnes de prélèvements qui ont été réalisées entre 2013 et 2015. Durant ces campagnes, des sédiments du bassin ont été collectés en 5 points (Figure 22). Les variations en concentration des bactéries cultivables sélectionnées dans la section précédente (*Escherichia coli*, entérocoques, genre

*Nocardia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas caviae*) ont été confrontées aux paramètres physiques, chimiques ainsi qu'aux contextes climatiques et hydrologiques des campagnes. Des analyses statistiques (analyse de corrélation et ACP) du jeu de données ont permis de mettre en évidence des relations entre ces composantes. Pour évaluer la capacité du bassin à piéger les bactéries, les eaux d'entrée et de sortie ont été analysées lors de périodes de temps de pluie et périodes sèches.

Les sédiments du BR ont montré des concentrations significatives en formes cultivables pour l'ensemble des indicateurs bactériens choisis dans la section précédente. Des variations temporelles et spatiales très importantes ont été observées (Figure 22). Les analyses en composantes principales (ACP) ont montré que les dénombrements bactériens étaient positivement corrélés avec le pourcentage d'humidité des sédiments (lors du prélèvement) sauf pour *P. aeruginosa* et *A. caviae*.

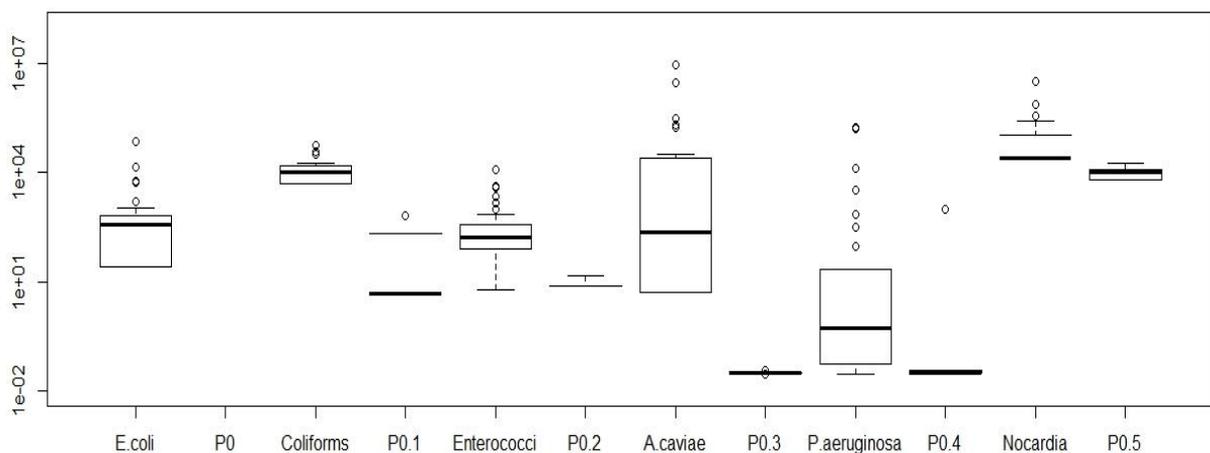


Figure 22 Boxplot des dénombrements bactériens (UFC par g. de matière sèche) pour les 5 points de prélèvements du BR Django-R, les six campagnes, et le témoin P0 (contrôle). Voir Fig. 1 pour les positions dans le BR.

Les sédiments du BR ont, en effet, montré de faibles quantités de *P. aeruginosa*. Ceci est en accord avec la méta-taxogénomique *tpm*. Cependant, la somme des HAP mesurés est ressortie positivement corrélée aux [*Pseudomonas aeruginosa*], en particulier sur les cinq premières campagnes, et pour le point P12. Par contre, cette somme était inversement corrélée aux indicateurs fécaux. Les HAP pourraient être toxiques pour ces indicateurs et favoriser leur dépérissement. Les dénombrements des formes cultivables d'*A. caviae* étaient significativement plus faibles dans le point P0 que les points du bassin. *A. caviae* a été confirmée comme un bon indicateur de la performance d'épuration des formes bactériennes à risque pour la santé humaine. Cependant, les dénombrements bactériens pour les eaux d'entrée et de sortie indiquent des abattements très variables en fonction des périodes et indicateurs utilisés. Il est à noter que la température de l'air était corrélée positivement avec les [*P. aeruginosa* et *A. caviae*]. Ceci est en accord avec les températures de croissance optimale pour ces bactéries (Martin-Carnahan *et al.*, 2005).<sup>29</sup>

Le bassin de rétention a présenté des concentrations significatives en bactéries fécales (*E. coli*, entérocoques intestinaux et coliformes thermotolérants). Ceci est en accord avec la partie C2.2.1. Les concentrations de ces bactéries étaient élevées,  $10^3$  à  $10^4$  UFC /g de matière sèche pour les coliformes et  $10^2$  à  $10^4$  UFC /g de matière sèche pour les entérocoques. Pour comparaison, les matières fécales ont des concentrations de  $10^7$ -

<sup>29</sup> Martin-Carnahan A., Joseph S.W. (2005) Aeromonadales ord. nov. Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology [http://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-28022-7\\_12](http://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-28022-7_12)

$10^9$  UFC /g de matière sèche pour les coliformes, et  $10^5$ - $10^9$  UFC/ g de matière sèche pour les entérocoques (Flahaut *et al.*, 1997<sup>30</sup>). Les coliformes sont à la concentration de  $10^4$ - $10^6$  UFC/g de matière sèche dans les boues d'épuration (Edmonds, 1976<sup>31</sup>). Des relations positives et significatives ont été observées entre les [entérocoques et *E. coli*] et les niveaux de précipitation (hauteur et intensité maximale au pas de temps de 5 min ( $I_{max5}$ )). Le lessivage des voies, avec remise en suspension des particules et érosion, aurait contribué à ces augmentations.

Les sédiments étaient fortement colonisés par les *Nocardia* spp. Ces bactéries apparaissent très répandues dans l'environnement urbain avec des apports réguliers du BV industriel. Une corrélation positive a été mise en évidence entre la taille des particules et [*Nocardia*] suggérant une répartition préférentielle sur des particules fines et légères, donc plutôt mobilisables. Une forte corrélation négative entre les quantités totales d'HAP et *Nocardia* a été trouvée au point P04. Cette corrélation négative a été obtenue pour les HAP pris séparément, mais de façon très variable, suggérant l'absence d'un lien causal. Une corrélation positive avait été trouvée par Le Thi Nhi-Cong *et al.*, (2010)<sup>32</sup> entre les [*Nocardia cyriacigeorgica*] et les hydrocarbures (aliphatiques et aromatiques) de sols contaminés.

La relation entre les valeurs de *Nocardia* totales et les dangers microbiologiques n'est pas démontrée et requière une analyse des espèces et sous-espèces. Pour permettre ces études, un marqueur méta-taxogénomique pour les actinobactéries a été développé sur la base de l'analyse du gène *hsp65*. Des purifications des formes cultivables ont également été effectuées. Ces isolats ont été classés par approches classiques (séquençage du 16S ADNr et analyses des propriétés). Ces travaux ont permis d'observer des nombres significatifs d'isolats des espèces *N. farcinica* et *N. cyriacigeorgica*. Ces résultats présentent les premiers éléments de compréhension des sources de *N. cyriacigeorgica* sur le territoire français. Il est à noter que les *Nocardia* ont été très rarement détectées dans les eaux d'entrée et de sortie suggérant des dénombrements liés à un enrichissement dans les anthroposols et une faible re-mobilisation lors des périodes de temps de pluie. Pour compléter ce travail, de nouveaux outils diagnostics ont été développés et permettent un suivi simplifié des *N. cyriacigeorgica* par PCR quantitative, dans un extrait d'ADN de matrices environnementales. Cet outil a été utilisé sur les ADNs extraits du BR Django-Reinhardt. Ceci a permis de confirmer la présence de *N. cyriacigeorgica* et d'obtenir un premier aperçu des concentrations ( $10^4$  -  $10^5$  équivalent génome par g de sédiment sec).

### **Dynamiques spatio-temporelles BI**

Les travaux présentés dans cette partie s'inscrivent dans le cadre d'une thèse débutée en octobre 2015. Les résultats suivants sont donc préliminaires, et nécessiteront des validations complémentaires. Les variations des concentrations en *E. coli*, coliformes, entérocoques intestinaux et *Nocardia* ont été étudiées dans les anthroposols du BI Django-R en Novembre 2015, Avril et Juillet 2016. Des formes cultivables de *N. cyriacigeorgica* ont été retrouvées à une concentration de  $1,7 \cdot 10^3$  bactéries/g de sol sec. Une collection d'environ 1000 souches a été constituée avec les bactéries *Nocardia*-like isolées du BI. Ces souches ont été identifiées à l'aide d'une technique de spectrométrie de masse (MALDI-TOF) (Vautrin *et al.*, 2016).

Comme observé pour le BR, la température a eu un impact direct sur les dénombrements en entérocoques (Figure 23a). De plus, les caractéristiques physico-chimiques des sédiments (*i.e.* pH, granulométrie, humidité, taux de carbone et azote, HAP, végétation...) expliqueraient certaines variations dans les dénombrements

<sup>30</sup> Flahaut *et al.*, 1997. Canadian Journal of Microbiology. 43(8):699-708.

<sup>31</sup> Edmonds, 1976. Applied Environmental Microbiology. 32(4):537-46.

<sup>32</sup> Le Thi Nhi-Cong *et al.*, (2010). Journal of Basic Microbiology. 50(3):241-53.

d'entérocoques entre les zones du bassin, variant d'un facteur 2 à 10. La période de prélèvement serait le principal facteur explicatif des variations.

Afin d'aller plus loin dans ces résultats, une analyse méta-taxogénomique sera réalisée avec les marqueurs *rrs* et *tpm*. Pour l'étude des *Nocardia*, et plus largement des actinobactéries, un marqueur méta-taxogénomique *hsp65* est en cours de développement. Il devrait permettre une identification fine des actinobactéries pathogènes présentes dans l'environnement.

L'hétérogénéité spatiale du bassin d'infiltration ainsi que la saisonnalité semblent influencer les dénombrements en bactéries totales. Une estimation par PCRq ciblant le gène *rrs* (Figure 23b) des bactéries montre une variabilité tant spatiale que temporelle. Il semblerait tout de même que les variations spatiales soient le facteur le plus discriminant, notamment pour le cas de la zone haute, *i.e.* celle qui n'est que rarement en eau. C'est dans cette zone que les plus fortes variations d'abondances bactériennes sont observées, tant pour les communautés bactériennes totales, que pour les indicateurs de pollution fécale.

La virulence de souches environnementales de *Nocardia cyriacigeorgica* isolées des sédiments du BI de Django-Reinhardt a été comparée à celle d'une souche clinique de référence (*N. cyriacigeorgica* GUH-2 ; Beaman et al., 1978) dont la physiopathologie a déjà été largement étudiée. Cette étude a été réalisée sur un modèle murin d'immunodépression (Restagno et al., 2016)<sup>33</sup> en collaboration avec l'équipe APCSe de du campus Vétérinaire (VetAgro Sup, Marcy l'Etoile). Différentes doses de *N. cyriacigeorgica* ont été inoculées ( $10^6$  et  $10^7$  UFC.mL<sup>-1</sup>). Les premiers résultats montrent un pouvoir pathogène de la souche environnementale isolée du BI (EML) comparable à la souche clinique (GUH-2). Un taux de mortalité de 40% chez les souris injectées a été obtenu pour les deux souches. Une analyse génétique par génomique comparative et MLSA (16S rDNA, *hsp65*, *sodA* et *secA*) est en cours d'étude pour préciser les proximités phylétiques entre souches environnementales et cliniques (Vautrin et al., 2016). Une large collection de souches cliniques de l'OFN (Observatoire Français des Nocardioses, laboratoire de référence à Lyon qui est adossé à l'équipe BPOE) est utilisée dans ces comparatifs (Conférence - Bilan d'activités de l'Observatoire Français des Nocardioses (2014-juillet 2016) : analyse de 539 cas de nocardiose. RICAI, Paris. 12 et 13 décembre 2016). Ces analyses apporteront des éléments explicatifs concernant les réservoirs environnementaux de *N. cyriacigeorgica* contribuant à leur dissémination et susceptible de contribuer aux expositions humaines.

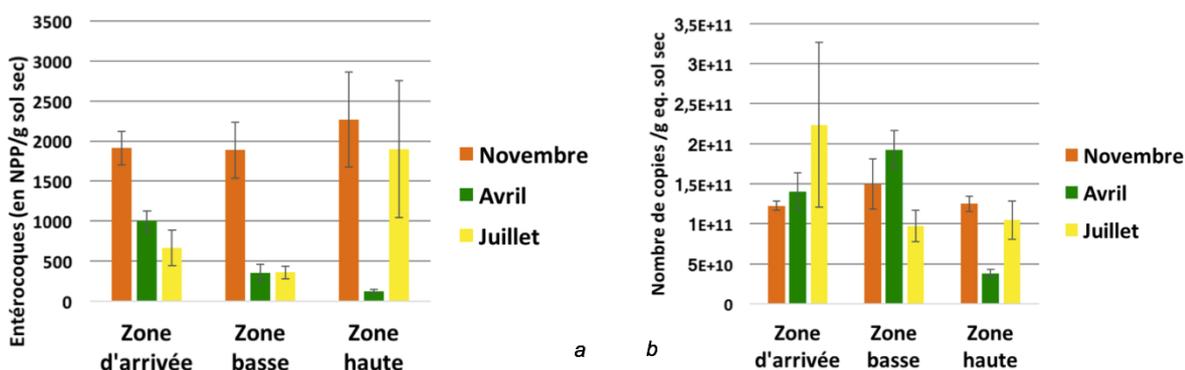


Figure 23 : Dénombrements (a) des entérocoques intestinaux (méthode culturale) et (b) des bactéries totales (PCRq ciblant le gène *rrs*) dans les anthroposols du BI Django-Reinhardt en fonction des zones de la Figure 17.

<sup>33</sup> Restagno et al., 2016. PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0162109

## e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

- Lipeme Kouyi G., Cren-Olivé C., Cournoyer B. 2014. Chemical, microbiological, and spatial characteristics and impacts of contaminants from urban catchments. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8) 5263-5266.
- Sebastian C., Barraud S., Ribun S., Zoropogui A., Blaha D., Becouze-Lareure C., Lipeme Kouyi G., Cournoyer. (2014). Accumulated sediments in a detention basin: chemical and microbial hazards assessment linked to hydrological processes. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8), 5367-5378.
- Marti, R., Bernardin C., Bécouze C., Ribun S., Marjolet L., Gleizal A., Aubin J.-B., Barraud S., Lipeme Kouyi G., Wiest L., Blaha D., Cournoyer B. (2016). Bacteriome genetic diversity changes among trapped urban sediments mobilized by runoffs are impacted by chemical pollutants. Sc. Report, en préparation
- Marti, R., Michallon J., Ribun S., Marjolet L., Gleizal A., Toussaint J.-Y., Vareilles S., Cournoyer B. (2015). Évaluation de la diversité des espèces du genre *Pseudomonas* par meta-taxogénomique : Contexte d'un bassin versant industriel. GDR *Pseudomonas*, Bourgogne 2015.
- Bernardin C., Bécouze C., Gonzalez-Merchan C. Barraud S., Blaha D., Cournoyer B. (2014). Caractérisation microbiologique et risques sanitaires associés aux dépôts sédimentaires dans le Bassin de rétention de Django-Reinhardt (Chassieu, Rhône)- Journées doctorales de l'Hydrologie Urbaine Juillet 2014.
- Bernardin C., Blaha D., Barraud S., Cournoyer B. (2016). Distribution spatio-temporelle des pathogènes d'un bassin de rétention en fonction de la composition chimique des sédiments. 9e conférence internationale Novatech, Lyon, 28 juin – 1er juillet 2016. 4 p.
- Lipeme Kouyi G., Marti R., Toussaint J.-Y., Perrodin Y., Aubin J.-B., Becouze-Lareure C., Wiest L., Barraud S., Vareilles S., Gleizal A., Gonzalez-Merchan C., Cournoyer B. (2016). Intérêt de la pluralité scientifique pour identifier les sources et mieux caractériser les sédiments des bassins de retenue - Exemple du projet ANR Cabrres. 9e conférence internationale Novatech, Lyon, 28 juin – 1er juillet 2016.
- Vautrin et al., 2016. *Nocardia*, un pathogène au fil de l'eau. Journée FST- Université Lyon 1. « l'eau dans tous ses états », Lyon, 21 juin 2016.
- Lipeme Kouyi G., R. Marti, B. Misery, C. Bernardin, J.-Y. Toussaint, Y. Perrodin, J.-B. Aubin, C. Becouze-Lareure, L. Wiest, S. Barraud, D. Blaha, S. Vareilles, A. Gleizal, C. Gonzales-Merchan, C. Bazin, B. Cournoyer. 2016. Sources, évolution et gestion des contaminants urbains véhiculés par les eaux de ruissellement – une approche interdisciplinaire. U. Lyon 1. Lyon, Conférence « l'eau dans tous ses états », 21 juin 2016.
- Vautrin et al., 2016. *Nocardia*, un nouvel indicateur de pollution anthropique. JDHU (Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine), Nantes. 11 et 12 octobre 2016.
- Vautrin et al., 2016. *Nocardia cyriacigeorgica*, de l'environnement au patient. RICAI (Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie Anti-Infectieuse), Paris. 12 et 13 décembre 2016.
- Vautrin et al., 2016. Identification des *Nocardia* par spectrométrie de masse BrukerBiotyper. RICAI, Paris. 12 et 13 décembre 2016
- Durand T., Vautrin F., Chanard E., Mallet B., Bergeron E., Laurent F., Dauwalder O., Rodriguez-Nava V. Identification des *Nocardia* par spectrométrie de masse BrukerBiotyper. RICAI (Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie Anti-Infectieuse), Paris. 12 et 13 décembre 2016.
- Rodriguez-Nava V. & Bergeron E. Bilan d'activité de l'Observatoire Français des Nocardioses (2014-juillet 2016) : analyse de 539 cas de nocardiose. RICAI (Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie Anti-Infectieuse), Paris. 12 et 13 décembre 2016.

#### f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

(1) Projet IMU-MIC (coord. B. Cournoyer), et Allocation doctorale IMU – C. Bernardin (resp. D. Blaha et S. Barraud), labex IMU ; Projet ANR CESA Cabrres (coord. G. Lipeme Kouyi); Allocation doctorale Région Auvergne Rhône-Alpes – F. Vautrin (resp. V. Rodriguez-Nava et T. Winiarski)

(2) Collaboration VetAgro Sup – campus vétérinaire, équipe Agressions Pulmonaires et Circulatoires dans le Sepsis. Sujet : Virulence de souches environnementales et cliniques de *Nocardia* sur modèle murin d'immunodépression.

#### g) Perspectives

Les observations suggérant une évolution des bactériomes des anthroposols des BR vers des structures similaires après une période de maturation doivent être vérifiées par des études sur une période de temps plus longue, et/ou en analysant d'autres BR. Les analyses des jeux de données tpm pour l'ensemble des périodes de prélèvement du BR entre 2010 et 2015 permettront de préciser les limites de cette reproductibilité en augmentant la profondeur des classifications jusqu'au niveau des espèces et sous-espèces. Les premières analyses des données tpm tendent à confirmer une évolution des structures 2013 - 2015 puis vers l'organisation 2012, observée avant curage. Cette meilleure connaissance de l'écologie des peuplements bactériens du BR pourrait permettre de définir les temps de maturation des anthroposols nécessaires avant de procéder à un curage. Il est à noter que ces anthroposols matures pourraient être associés à une meilleure épuration des polluants chimiques. Il serait donc souhaitable d'étudier l'efficacité d'épuration des anthroposols en fonction de leur bactériome.

Des analyses des phénomènes de résistance des bactériomes d'anthroposols matures face à une installation de certaines espèces pathogènes indésirables seraient possibles. Des antagonismes entre espèces pourraient être à l'origine de cette résistance. Une meilleure connaissance de ces antagonismes permettrait de développer un concept de « contrôle biologique » des populations indésirables au sein d'un BR, et potentiellement d'un BI. Certains taxa bactériens pourraient faire l'objet d'inoculation pour lutter contre des enrichissements de certaines espèces (e.g. lutte biologique contre *P. aeruginosa*).

## A RETENIR

Les sédiments d'un BR accumulent des particules ayant des composantes bactériennes très diversifiées mais représentatives de la complexité des habitats ou pollutions en amont d'un BV. L'analyse du bactériome via l'étude des séquences du 16S rDNA des sédiments a permis l'identification des taxa les plus abondants dans ce type de dispositif. Les BR sont dominés par des bactéries ayant un tropisme reconnu pour les milieux aquatiques comme les *Flavobacterium* et *Aquabacterium* mais également des bactéries référencées dans les sols e.g. *Peredibacter* et *Paludibacter*. Certains genres fortement prévalents dans les contaminations fécales d'un réseau unitaire tels qu'*Acidovorax* et *Acinetobacter* ont également été retrouvés de façon significative.

Des genres pouvant inclure des formes pathogènes ont été référencés : *Mycobactéries* > *Pseudomonas* > *Acinetobacter* > *Aeromonas* > *Nocardia* > *Enterococcus* > *Escherichia* > *Staphylococcus* > *Streptococcus*. Les marqueurs tpm et hsp65 ont été développés pour approfondir les niveaux de classification au sein de certains de ces groupes. Le marqueur tpm a permis de dresser des bilans concernant la répartition des espèces de *Pseudomonas* et *Aeromonas* dans un BR dont les formes pathogènes. Ces données ont induit un suivi par l'observatoire de certains indicateurs bactériens : *Escherichia coli*, entérocoques, *Nocardia*, *N. cyriacigeorgica*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas caviae*.

Les analyses des variations spatiales et temporelles des indicateurs bactériens ont permis d'observer des dynamiques impactées par les forçages environnementaux. Les périodes estivales avec température élevée seraient susceptibles de favoriser l'accumulation voire le développement de certaines de ces bactéries. Cette observation permet de recommander un curage des sédiments en période hivernale. De plus, les corrélations positives entre les dénombrements et le contenu en eau des sédiments suggèrent qu'il serait préférable d'effectuer ces curages après une période de temps sec.

### C.3.2. QUANTIFICATION DES PBDE ET ALKYLPHENOL DANS LES SEDIMENTS: NOUVELLE METHODE ET RESULTATS

#### a) Equipes et Disciplines mobilisées

ISA TRACES (Chimie analytique), DEEP (échantillonnage)

#### b) Objectifs

L'objectif était de développer des techniques d'analyses multi-résidus, multi-familles de substances prioritaires listées dans le directive cadre européenne sur l'eau (polybromodiphénylethers (PBDE), alkylphénols) à l'état de traces dans les matrices sédiments, ce qui requiert des procédures analytiques rigoureuses, fiables, robustes et suffisamment sensibles pour obtenir des limites de détection compatibles avec l'analyse de traces. Cette étude comprend deux volets :

- Analyse de neuf PBDE (BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154, et 209)
- Analyse des alkylphénols (AP) et alkylphénols éthoxylés (APEO) : cinq AP (para-ter-octylphénol (4-t-OP), 4-n-nonylphénol (4-NP), bisphénol A (BPA), tétrachlorobisphénol A (4-Cl-BPA), tétraméthylbisphénol A (4-CH3-BPA)) et quatre APEO (nonylphénol di- (NP2EO) et monoéthoxylé (NP1EO), octylphénol di- (OP2EO) et monoéthoxylé (OP1EO))

Ces composés sont utilisés dans de nombreux domaines, avec une production annuelle européenne allant de 10000 tonnes pour le BDE 209 à 1 million de tonnes pour le bisphénol A. De plus, leurs propriétés physico-chimiques leur confèrent une affinité assez forte pour les matrices solides. C'est pourquoi nous avons décidé de les rechercher dans les sédiments du bassin de retenue-décantation de Chassieu.

#### c) Méthodes

Les sédiments du bassin de retenue-décantation Django Reinhardt à Chassieu ayant des propriétés physico-chimiques particulières, notamment une forte proportion en matière organique, les méthodes ont directement été mises au point sur des sédiments prélevés sur ce bassin.

L'objectif premier était de développer une méthode d'extraction commune à tous ces composés, en se basant sur une technique très utilisée pour les pesticides, appelée QuEChERS qui consiste en une extraction liquide-liquide assistée par les sels avec de l'acétonitrile suivie d'une purification. Cette méthode n'a pas donné de résultats satisfaisants pour les PBDE, AP et APEO pour diverses raisons : les PBDE étant très apolaires, un solvant moyennement polaire comme l'acétonitrile n'est pas assez apolaire pour les extraire. Et en ce qui concerne les AP et APEO, ils sont relargués par les tubes à centrifuger en polypropylène, indispensables à la centrifugation utilisés dans la méthode QuEChERS et également présents à l'état de traces dans les sels commercialisés. Compte-tenu de ces éléments, le choix a été fait de développer trois méthodes d'extraction distinctes: une extraction liquide liquide (PBDE) et deux extractions assistées par ultra-sons (AP et APEO). En ce qui concerne l'analyse, deux méthodes ont été mises au point: chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse par temps de vol (PBDE) et chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (AP et APEO).

Une fois optimisées, ces méthodes d'analyse ont été validées, aboutissant à des limites de quantification satisfaisantes pour l'analyse de traces: de 10 à 150 ng/g pour les PBDE et de 6 à 90 ng/g pour les AP et APEO. Enfin ces méthodes ont été appliquées à l'analyse d'échantillons réels.

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

Les méthodes d'analyse validées ont été appliquées à 46 échantillons prélevés sur le bassin de retenue-décantation Django Reinhardt à Chassieu (Est Lyonnais), de mai 2012 à mai 2016. Certains échantillonnages avaient été réalisés dans le cadre de la thèse de Christel Sébastien (2013).

Sur les 9 PBDE recherchés, 4 ont été détectés et quantifiés : BDE 47, BDE 99, BDE 183 et BDE 209 à des concentrations allant de 11 à 506 ng/g. Ce sont les mêmes qui avaient déjà été détectés par Sébastien (2013) dans sa thèse avec des niveaux de contamination équivalents. La présence de BDE 47, 99 et 209 est cohérente avec la littérature et correspond par ailleurs aux mélanges commerciaux penta-, octa- et déca-mix (Hites 2004). Cependant, les fréquences de quantification sont faibles : 2 sur 46 pour le BDE 47, 6 sur 46 pour le BDE 99, 1 sur 46 pour le BDE 183 et 2 sur 46 pour le BDE 209. Nous avons vu que la variabilité était grande dans les apports liés aux eaux pluviales. Cela pourrait constituer une première explication d'une occurrence très hiératique. Plusieurs explications sont possibles : d'une part, les études précédentes concernant la présence de PBDE dans les eaux de pluie (Zgheib et al. 2011<sup>34</sup>, Zgheib et al. 2012) n'avaient pas détecté de PBDE, ce qui est cohérent avec notre étude. D'autre part, la présence de PBDE a été rapportée dans divers sédiments de lacs et de mer (Hites, 2004<sup>35</sup>), mais à des concentrations souvent inférieures au ng/g, ce qui n'était pas détectable avec notre instrument. Enfin, les PBDE ont été analysés uniquement sur les sédiments de temps sec et ont donc pu être dégradés et débromés (Rodenburg *et al.*, 2014<sup>36</sup>).

Sur les 9 AP et APEO recherchés, 5 ont été détectés et quantifiés : 4-t-OP, BPA, 4-NP, NP1EO et NP2EO à des concentrations allant de 7 ng/g (NP2EO) à 4642 ng/g (4-NP). Les gammes de concentrations retrouvées sont cohérentes avec la littérature (Sébastien, 2013<sup>37</sup> ; Berge *et al.*, 2012<sup>38</sup>). Les nonylphénols et nonylphénols éthoxylés font partie des composés émergents les plus retrouvés et présentant le plus de risques (Thomaidi *et al.*, 2016<sup>39</sup>). Les concentrations les plus élevées en AP et APEO ont été quantifiées au point P12 (cf. Annexe 1, site de Chassieu), sauf pour le bisphénol A, qui présente les concentrations les plus hautes au point P07. La solubilité dans l'eau du bisphénol A est beaucoup plus élevée que celle des autres AP, ce qui peut expliquer son comportement différent. Les points présentant les concentrations les moins élevées sont les points P01 et P02. Les AP et APEO retrouvés correspondent à ceux qui avaient été quantifiés dans les eaux de ruissellement sur le site de Chassieu (Sébastien *et al.*, 2015<sup>40</sup>), avec quelques différences notables : les alkylphénols éthoxylés sont en concentrations plus faibles, ce qui peut s'expliquer par les processus de photo et biodégradation de ces composés en AP (Berge *et al.* 2012). D'autre part, les concentrations en Bisphénol A dans les sédiments sont plus faibles proportionnellement au 4-NP, ce qui peut s'expliquer par sa plus grande solubilité dans l'eau. Enfin, les concentrations retrouvées sont assez homogènes sur les 4 années de campagnes avec des coefficients de variation entre 27 et 54%, sauf pour le 4-NP et le NP2EO au point P12.

<sup>34</sup> Zgheib et al. 2011. *Water Research* 45, 913-925; Zgheib et al. 2012. *Water Research* 46, 6683-6692

<sup>35</sup> Hites 2004 *Environmental Science & Technology* 38, 945-956

<sup>36</sup> Rodenburg et al. 2014 *Chemosphere* 106, 36-43

<sup>37</sup> Sébastien C. (2013): *Mesure et modélisation des flux de micropolluants à l'échelle d'un bassin versant urbain muni d'un système de rétention – Approche globale*. Thèse de doctorat de l'INSA de Lyon, 354 p.

<sup>38</sup> Berge et al. 2012 *Environmental Science and Pollution Research* 19, 3798-3819

<sup>39</sup> Thomaidi et al. 2016 *Science of the Total Environment* 548, 280-288

<sup>40</sup> Sebastian et al. 2015 *Water Research* 72, 239-250

### e) Production scientifique

Sébastien C., Becouze-Lareure C., Lipeme Kouyi G. , Barraud S. (2015). Event-based quantification of emerging pollutant removal for an open stormwater retention basin - loads, efficiency and importance of uncertainties, *Water Research*. 72(1), 239–50. Doi:10.1016/j.watres.2014.11.014

Becouze-Lareure C., Wiest L., Barraud S., Gislain Lipeme Kouyi G. (2016). Accumulated sediments in a retention/detention basin: What about the contamination in terms of emerging pollutants? 9th international conference NOVATECH, 28 June-1st July 2016, Lyon, 5 p.

### f) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)

Le traitement statistique de ces données permettra de déterminer des corrélations entre la présence de certains polluants, la quantification de certains polluants et les caractéristiques physico-chimiques des sédiments et les relations entre les concentrations en polluants et les durées de périodes de temps sec.

D'autre part, l'utilisation de la spectrométrie de masse par temps de vol pour l'analyse des PBDE a permis d'acquérir des données sur d'autres polluants que les composés ciblés. Ces données sont en cours d'interprétation.

## A RETENIR

Ces nouvelles méthodes d'analyse ont permis d'acquérir des données sur la présence de composés persistants et perturbateurs endocriniens (4-n-nonylphénol, bisphénol A et BDE 209) dans le bassin de décantation de Chassieu.

Les concentrations retrouvées restent dans l'ordre de grandeur des traces sauf pour le 4-n-nonylphénol avec des concentrations allant jusqu'au mg/kg. D'autre part, cette étude a permis de révéler différents points du bassin où les concentrations de micropolluants dans les sédiments sont plus élevées.

### C.3.3. QUALITE DES SEDIMENTS DES BI - ETUDE DE CAS DE 19 BASSINS - RESULTATS FAFF GESSOL

#### a) Equipes et disciplines mobilisées

LEHNA-IPE UMR 5023 (géophysiques, caractérisation des sédiments, infiltrométrie), DEEP (comparaison travaux antérieurs)

Hors OTHU : UJF, LTHE UMR 5564 : géophysique, CETE Lyon, LRPC d'Autun, géophysique, valorisation auprès des gestionnaires, CARTELL, pédologie

#### b) Objectifs

L'objectif général du projet FAFF (Formation et évolution d'un Anthroposol et évaluation de sa Fonction Filtration) dans le cadre du programme GESSOL est de caractériser et modéliser la fonction filtration d'un **sol anthropique** composé d'une **couche de sédiments d'origine urbaine** et d'un **dépôt alluvionnaire** de type fluvioglaciaire dans un contexte de bassin d'infiltration d'eaux pluviales de l'est lyonnais. L'accent a été mis sur la caractérisation des sédiments des bassins d'infiltration. Lors du déroulement du projet, les résultats obtenus sur le bassin d'infiltration Django Reinhardt (DJR) ont montré que l'horizon de surface composé de sédiments urbains est le facteur essentiel de la mise en place d'un anthroposol dans un bassin d'infiltration. Plusieurs questions se sont posées : la qualité des sédiments urbains est-elle en lien avec les activités anthropiques mises en place sur les bassins versants urbains ? Quelle est la variabilité de la qualité de ces horizons de surface ? La nature des activités humaines du bassin versant urbain (BV) a-t-elle une influence sur la fonction support de vie ? Quels types de végétations peut-on rencontrer ? Ce type de sol peut-il être un lieu de vie pour les vers de terre et qu'elle peut être leurs rôles ? Afin d'étendre ces résultats nous nous sommes focalisés essentiellement sur l'horizon de surface formé de sédiments urbains de 18 autres bassins d'infiltration situés dans l'Est lyonnais et nous les avons étudiés en fonction de leurs paramètres invariants et des caractéristiques géochimiques et pédologiques de leurs sédiments. Nous ne présentons ici que la partie concernant la géochimie en lien avec l'étude exploratoire concernant l'écologie des lombrics (Cf. §C3.1.)

#### c) Méthodes

Nous rappelons que 19 bassins d'infiltration situés dans l'Est lyonnais ont été sélectionnés à partir de données invariantes (type d'activités humaines : Zones industrielles et commerciales (ZIC), Tissu urbain discontinu (TUD), Zones agricoles (ZA) ; surface et pente moyenne du bassin versant, surface et volume du bassin d'infiltration ; caractéristiques du réseau associé, ...). Ils ont été échantillonnés en réalisant des prélèvements représentatifs de la surface de chacun d'eux (suivant le guide technique du LCPC d'avril 2006 « Recommandations pratiques pour la gestion des produits de l'assainissement pluvial »), puis ont été analysés : épaisseurs, granulométrie, mesures des concentrations en phosphore, azote, rapport C/N, matière organique, ETM, et autres micropolluants organiques (HAP, pesticides, PCB, ...).

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

Le projet a permis de collecter un jeu de données très riche sur les sédiments de 19 bassins d'infiltration. L'analyse simultanée de nombreux paramètres géochimiques et structuraux mesurés sur ces anthroposols a permis de mettre en évidence une très forte variabilité de leurs propriétés autour d'un type central, caractérisé comme un sol noir riche en matière organique (naturelles ou d'origine anthropique), limoneux, carbonaté, à C/N relativement élevé mais à forte capacité d'échange cationique (CEC) et disponibilité en P, à forte activité de la pédofaune, bien macrostructuré et à structures stables. On observe toutefois une forte

dispersion des propriétés. Les paramètres descriptifs des bassins versants drainant les eaux pluviales infiltrées ne permettent pas de discriminer fortement les propriétés géochimiques de ces anthroposols. La présence systématique de certains éléments (Corg, Ptot, Polsen, TiO<sub>2</sub>, métaux lourds, HAP, Dioxines, PCB, Alkylphénols) traduit le fait que ces anthroposols ne sont pas différenciés par la typologie de l'activité ou des caractéristiques physiques du bassin versant. La surface des bassins présente donc une "signature chimique urbaine" et concentre sur des petites surfaces de sols les éléments chimiques qui circulent en milieu urbain.

Tableau 2 : Moyenne, médiane, min et max de quelques teneurs (n=19)

n=19	MO (%)	COT	Ptot	Zn	Pb	ΣPCB	ΣDioxines	ΣHAP	Diuron
	%	g/kg	mgP/g	g/kg	mg/kg	µg/kg	ng/kg	µg/kg	ng/g
Moyenne	15,95	81,11	1,55	0,90	148,91	151,28	16,46	3643,89	5,18
Max	28,80	151,00	3,10	3,80	341,22	546,00	39,00	46611,70	19,80
Min	2,71	13,70	0,60	0,06	20,30	3,71	2,02	39,50	0,00
Mediane	17,53	83,950	1,41	0,56	142,77	91,90	15,90	1013,00	3,00

Ce projet a permis de confirmer les concentrations fortes de métaux lourds et HAP dans les anthroposols de bassins (Tableau 2 : Moyenne, médiane, min et max de quelques teneurs (n=19)). Ce projet a également permis de montrer leur capacité à piéger d'autres contaminants (PCB, Dioxines, pesticides Alkylphénols, TiO<sub>2</sub>). Il existe toutefois à l'heure actuelle très peu d'informations sur les mobilités potentielles des alkylphénols, ou même des PCB dans des matériaux de surface et dans le sous-sol récepteur.

#### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

- Goutaland D., Roux G. et Winiarski T. (2015). Les ouvrages d'infiltration, la fonction infiltration – Recommandations à l'usage des gestionnaires. 34 p.
- Winiarski T. (2014). Fonction Filtration d'un ouvrage urbain – conséquence sur la Formation d'un Anthroposol (FAFF). Programme GESSOL, rapport final, 200 p.
- Slimene E.B., Lassabatere L., Winiarski T. and Gourdon R. (2015) Modeling Water Infiltration and Solute Transfer in a Heterogeneous Vadose Zone as a Function of Entering Flow Rates. *Journal of Water Resource and Protection*, 7, 1017-1028.
- Bedell J.-P.; Mourier B.; Provot J.; Winiarski T. (2013). Dominant vegetation and influence by the type of urban tissue on its establishment in several stormwater infiltration basins of the East Lyon. *Water Science and Technology*. 68(12), 2576-2583.
- Goutaland D., Winiarski T., Lassabatere L., Dubé J.-S., Angulo-Jaramillo R. (2013). Sedimentary and hydraulic characterization of a heterogeneous fluvio-glacial deposit: application to the modeling of unsaturated flow. *Engineering Geology*, 166 (2013), 127-139.
- Winiarski T., Lassabatere L., Angulo-Jaramillo R. and Goutaland D. (2013). Characterization of the heterogeneous flow and pollutant transfer in the unsaturated zone in the fluvio-glacial deposit. *Procedia Environmental Sciences*, 19, 955 – 964.

#### f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

Projet FAFF dans le cadre du programme GESSOL (2011-2014)

Projet international CAPES-COFECUB (coordonnateur français : T. Winiarski) avec la ville de Recife au Brésil et l'Universidade Federal de Pernambuco : « Evaluation du potentiel d'infiltration et de stockage d'eau pluviale de la ville de Recife – Nord-Est du Brésil ».

Projet EC2CO (INSU CNRS 2013-2014, C. Delolme, L. Lassabatere) avec des chercheurs du laboratoire DEEP (INSA de Lyon) et l'UQAT(Québec).

### g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)

En termes de perspectives, un dosage des polluants dans les végétaux recensés pourra nous renseigner sur leurs facultés et/ou potentiel d'accumulation. Cette étude pourrait permettre de voir s'il existe une bioconcentration voire un transfert des contaminants des anthroposols vers les plantes.



Figure 24: Nuance des couleurs naturelles des 19 échantillons prélevés dans l'horizon de sédiments urbains.

## A RETENIR

L'étude des concentrations en contaminants des sédiments de bassins d'infiltration de l'Est Lyonnais a permis de mettre en évidence une pollution de ces matériaux (notamment métaux lourds, HAP, présence de PCB et dioxines). La présence de contaminants organiques et métalliques, connus pour leur toxicité chronique à faible dose, met en évidence les enjeux de gestion de ces ouvrages et de la surface de ces sols utilisés pour l'infiltration.

D'un point de vue opérationnel, cela confirme la nécessité d'un suivi régulier de ces sédiments par les gestionnaires, et ce quelles que soient les activités sur le bassin versant. Ces résultats ont permis d'identifier des indicateurs de suivi de la pollution de ces sols. Actuellement, le principe de précaution implique toutefois la réalisation d'opérations de curage régulières afin de limiter le risque de migration des contaminants en profondeur.

### C.3.4. IMPACTS PHYSICO-CHIMIQUE ET BIOLOGIQUES DES EAUX D'INFILTRATION SUR LA NAPPE

#### a) Equipes et Disciplines mobilisées

DEEP (Hydrologie), LEHNA (équipes E3S et IPE, écologie urbaine, hydrogéologie), LEM (équipe BPOE, microbiologie)

#### b) Objectifs

La recherche menée dans ce domaine a pour but de mieux comprendre et modéliser (i) le fonctionnement de l'ensemble sol - zone non saturée en présence des eaux de ruissellement pluvial et (ii) l'impact de ces infiltrations sur les eaux souterraines. Les objectifs opérationnels sont quant à eux (i) d'améliorer la conception et la gestion des systèmes d'infiltration, (ii) d'en évaluer les risques potentiels pour le sol et les nappes et (iii) d'améliorer les méthodes de suivi de la qualité des eaux souterraines. Enfin, l'évolution sur le long terme de l'impact de l'urbanisation et de l'infiltration intentionnelle par bassin d'infiltration a été étudiée.

#### c) Méthodes

Pour atteindre ces objectifs, nous avons développé des observations *in situ*, dont l'OTHU est le support, qui permettent de dégager des propriétés de ces interfaces. Elles ont été complétées par des approches expérimentales sur le terrain et au laboratoire permettant d'avancer sur la compréhension des mécanismes fins inobservables et non reproductibles sur site. L'impact des infiltrations d'eau pluviale sur la nappe souterraine a été estimé en combinant suivis de terrain, expérimentation *in situ* ou au laboratoire. Pour les suivis de terrain 6 bassins sont utilisés comme sites ateliers (dont 3 comportant une zone non saturée importante, Django-Reinhardt, Chemin de Feyzin, Chemin de Raquin depuis 2015 seulement) et 3 où le niveau de la nappe est proche de la surface (Minerve, IUT et Grange-Blanche). Ces sites ont été instrumentés en amont (point de référence) et en aval (nappe impactée par les infiltrations) en sonde d'enregistrement en continu (niveau piézométrique, température, conductivité et oxygène dissous). Ils font l'objet d'analyses ponctuelles de la qualité chimique des eaux à quatre saisons (ions majeurs, nutriments) ou à une seule reprise au printemps (pour les COV et HAP). Des expérimentations à court terme sont menées dans certains de ces bassins, sur le devenir de la matière organique ou de l'Azote au cours d'épisodes pluvieux. Au laboratoire, le devenir des nutriments au cours de l'infiltration de l'eau (particulièrement des matières organiques dissoutes) est étudié sur colonne de sédiment et les effets toxiques des eaux d'infiltration ou des sédiments des bassins sur les organismes sont mesurés en microcosmes. Ces suivis de terrain et ces expérimentations contribuent à l'amélioration des stratégies d'étude de l'autoépuration dans le fond des bassins d'infiltration et d'estimation de la perturbation subie par la nappe. L'évolution de l'impact de l'urbanisation et des eaux d'infiltration intentionnelle sur les variations de la thermie et de la hauteur de nappe a été suivie à l'aide de la méthode présentée au § C2.2.2.

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels : 4 exemples

##### **Observations et suivis à long terme sur le terrain**

L'hydrologie de la nappe souterraine est modifiée par les infiltrations d'eaux pluviales, les changements globaux (dont les modifications climatiques) pourraient donc impacter cette hydrologie. Les suivis à long terme menés dans l'OTHU permettent de mieux préciser les effets en cours et de proposer des stratégies de gestion pour les années à venir. Ainsi, l'analyse de mesures en continu des quantités d'eau pluviale arrivant

au bassin de Django-Reinhardt (716 évènements pluvieux entre 2004 et 2011, Sun et al., 2015) n'a montré aucun changement significatif de la pluviosité mais une augmentation des eaux de ruissellement arrivant au bassin d'infiltration. Cette tendance a pu être mise en lien avec l'imperméabilité croissante des sols autour de ces bassins liée à l'augmentation de l'urbanisation. Du point de vue de la qualité de ces eaux de ruissellement, même si les concentrations en matières en suspension ne changent pas au cours de cette période, la masse totale apportée augmente avec l'augmentation des quantités d'eau qui ruissellent. Enfin, du point de vue des températures, les eaux de ruissellement induisent une plus grande variabilité saisonnière de la température de la nappe en aval. Ce phénomène s'ajoute à une tendance à long terme : la température de l'eau de nappe a augmenté de 0,2 à 0,3°C en 11 ans (Figure 25). L'effet du BI sur le régime thermique à long terme n'est pas à écarter. Foulquier et al (2009)<sup>41</sup> avaient expliqué par comparaison avec d'autres BI que le rapport surface active / surface d'infiltration jouait un rôle majeur dans la perturbation du régime thermique des eaux en aval de BI. Cette perturbation s'observe également sur le long terme. Ces résultats renforcent l'intérêt des techniques de gestion des eaux pluviales à la source qui présentent des rapports surface active / surface d'infiltration bien plus équilibrés. Alors que sur des périodes similaires, on ne constate pas d'évolution de température d'air, ni de la température d'eau d'alimentation, la température de la nappe en amont du BI subit une augmentation de l'ordre de +0.2 à +0.3°C d'origine probablement anthropique liée à des usages spécifiques (e.g. pompes à chaleur). Sur la période 2003-2014 (12 ans) les variations de hauteurs de nappe n'ont pas évolué en aval du bassin d'infiltration. En amont la tendance n'est pas claire. Si elle existe, elle est encore faiblement perceptible et irait plutôt dans le sens d'une baisse. Cela pourrait être expliqué par l'imperméabilisation du bassin versant étudié.

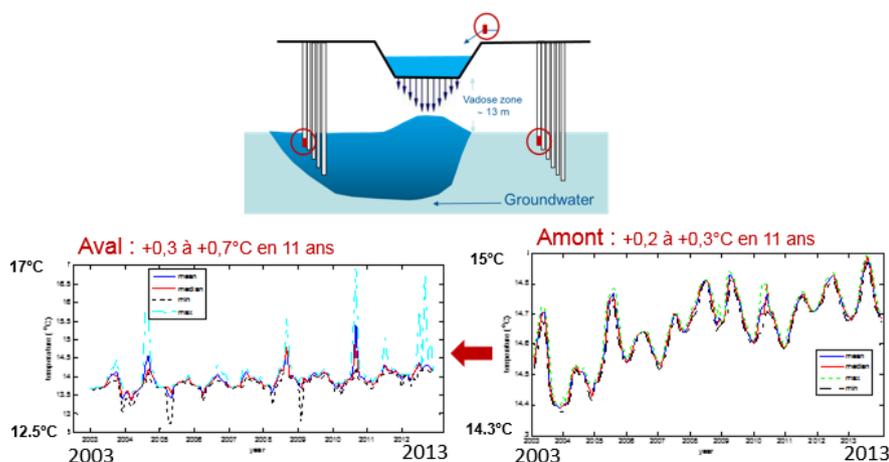


Figure 25: Evolution sur 11 années de la température de l'eau de nappe en amont (à droite) et en aval (à gauche) du bassin d'infiltration de Django-Reinhardt (Sun et al., 2015).

### **Expérimentations in situ : devenir de l'Azote et des matières organiques pendant l'infiltration.**

Des suivis des caractéristiques des eaux de pluie au cours de leur infiltration vers la nappe ont montré une très grande efficacité du sol et de la zone non saturée pour l'autoépuration aussi bien pour les formes de l'Azote (oxydation rapide des formes réduites de l'Azote, comme l'ammonium, en nitrate ; publication en préparation) que pour le Carbone Organique Dissous dont les teneurs augmentent légèrement entre de l'eau de pluie et l'eau interstitielle (activité biologique intense) puis diminuent drastiquement avant son arrivée à la nappe (Figure 26). Cette diminution est particulièrement marquée pour la fraction biodégradable, c'est-à-dire la fraction consommée par les bactéries lors d'expérience en microcosmes. Le maintien d'une zone

<sup>41</sup> Foulquier A., Malard F., Barraud S., Gibert J. (2009) Thermal influence of urban groundwater recharge from stormwater infiltration basins. *Hydrological Processes*. 23: 1701-1713.

insaturée suffisamment développée pour assurer cette autoépuration est donc essentiel à la protection de la nappe souterraine.

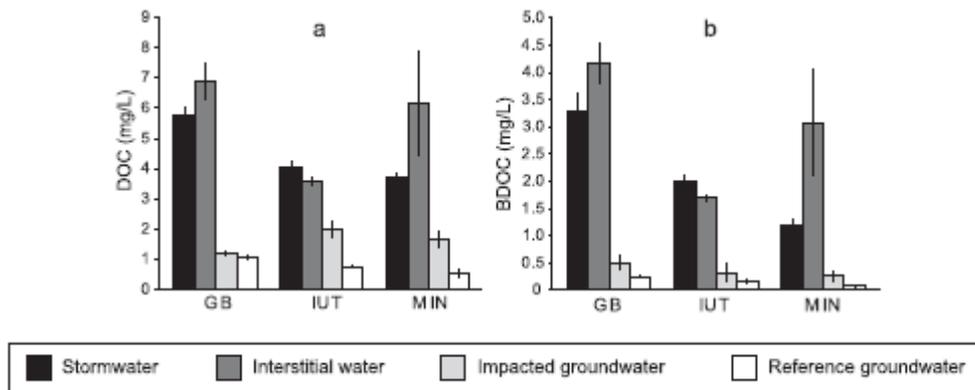


Figure 26: Teneurs en Carbone Organique Dissous total (en a) et de sa fraction biodégradable (en b) dans trois bassins d'infiltration d'eau pluviale, dans l'eau de ruissellement (noir), interstitielle (gris sombre) dans la nappe en aval des bassins (gris clair) et dans la nappe en position de référence (en blanc). Mermillod-Blondin et al., 2015

### Expérimentations de laboratoire : conséquence écotoxicologique sur les bioturbateurs

Les expérimentations en laboratoire menées depuis 2013 se sont focalisées sur les effets de la présence de polluants dans les eaux ou les sédiments des bassins d'infiltration, sur la physiologie des organismes bioturbateurs (ici des oligochètes *Limnodrilus*). Ces organismes résistent bien au stress oxydatif induit par les métaux lourds (Figure 28A), ils compensent en consommant plus d'oxygène en première partie d'incubation (Figure 28B) et la présence de polluants stimule leur activité de bioturbation des sédiments. Cette hausse de leur activité conduit à une amélioration de la biodégradation de la matière organique, le CO<sub>2</sub> produit par cette dégradation augmentant de 100 à 200% selon les microcosmes (Figure 27). Les vers oligochètes sont donc à la fois des indicateurs de la pollution des sédiments et des acteurs de leur épuration.

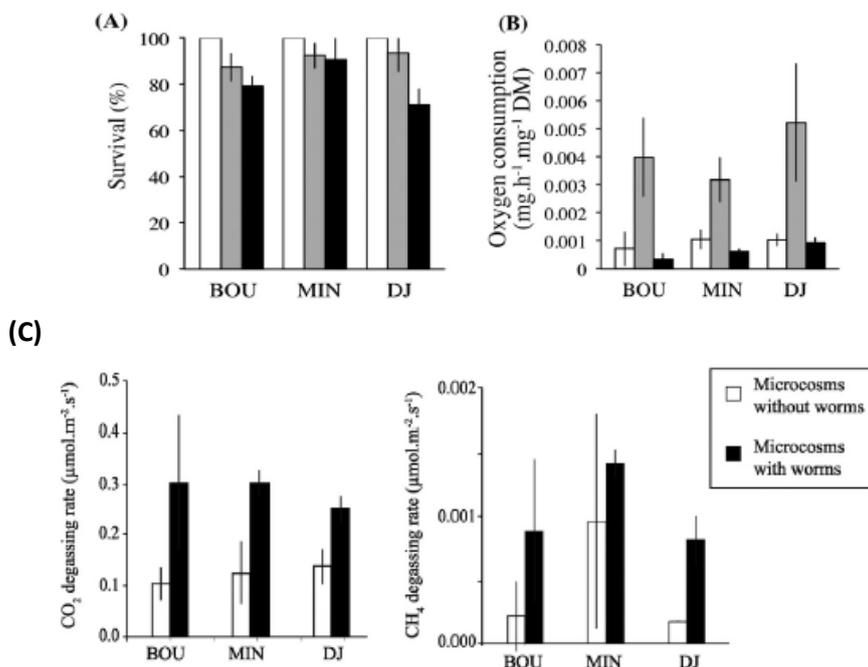


Figure 27: Taux de survie (A), consommation d'Oxygène (B) par les organismes en début (blanc), milieu (15 jours, gris) et fin d'expérience (1 mois, noir). Quantités de CO<sub>2</sub> et de CH<sub>4</sub> dégazées par des microcosmes avec ou sans vers (C), dans des sédiments faiblement pollués (BOU) ou provenant des bassins de Minerve (MIN) ou Django-Reinhardt (DJ, Pigneret et al., 2016).

## e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

### Articles dans les revues internationales :

- Mermillod-Blondin, F., Foulquier, A., Maazouzi, C., Navel, S., Negrutiu, Y., Vienney, A., Simon, L., Marmonier, P. (2013) Ecological assessment of groundwater trophic status by using artificial substrates to monitor biofilm growth and activity. *Ecological Indicators*, 25: 230–238.
- Marmonier P., Maazouzi C., Foulquier A., Navel S., François C., Hervant F., Mermillod-Blondin F., Vieney A., Barraud S., Togola A., & Piscart C. (2013). The use of crustaceans as sentinel organisms to evaluate groundwater ecological quality. *Ecological Engineering*, 57: 118-132.
- Mermillod-Blondin F., Foulquier A., Gilbert F., Navel S., Montuelle B., Bellvert F., Comte G., Grossi V., Fourel F., Lecuyer C. & Simon L. (2013). Benzo(a)pyrene inhibits the role of the bioturbator *Tubifex tubifex* in river sediment biogeochemistry. *The Science of the Total Environment* 450-451: 230–241.
- Mermillod-Blondin F., Simon L., Maazouzi C., Foulquier A., Delolme C., Marmonier P. (2015). Dynamics of dissolved organic carbon (DOC) through stormwater basins designed for groundwater recharge in urban area: assessment of retention efficiency. *Water Research*, 81: 27-37.
- Sun S., Barraud S., Castelbrunet H., Aubin J-B., Marmonier P. (2015). Long-term stormwater quantity and quality analysis using continuous measurements in a French urban catchment. *Water Research*, 85: 432-442.
- Voisin J., Cournoyer B., Mermillod-Blondin F. (2015) Utilisation de billes de verre comme substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. *La Houille Blanche*, 4 : 52-57.
- Voisin, J., Cournoyer, B., & Mermillod-Blondin, F. (2016). Assessment of artificial substrates for evaluating groundwater microbial quality. *Ecological Indicators*, 71, 577-586.
- Pigneret M., Mermillod-Blondin F., Volatier L., Romestaing C., Maire E., Adrien J., Guillard L., Roussel D., Hervant F. (2016) Urban pollution of sediments: impact on the physiology and burrowing activity of tubificid worms and consequences on biogeochemical processes. *Science of the Total Environment* 568: 196-207.

### Communications en congrès

- Mermillod-Blondin F., Navel S., Foulquier A. & G. Nogaro (2014). Links between hydrological exchanges and biogeochemical processes at the water-sediment interface: when does bioturbation matter? Joint Aquatic Sciences Meeting, 18-23 Mai 2014, Portland, Oregon, USA.
- Voisin J. (2014). Utilisation de substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. 6ème Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine, 1-3 juillet 2014, Villeurbanne, France.
- Mermillod-Blondin F., Voisin J., Hervant F., Vienney A., Maazouzi C., Pigneret M., Cournoyer B., Marmonier P. (2015) Ouvrages d'infiltration : indicateurs biologiques de leurs impacts sur les nappes (transfert de la matière organique et organismes sentinelles). 6ème Journées Techniques de l'OTHU, 17 septembre, Lyon, France.
- Pigneret M., Volatier L., Mermillod-Blondin F., Roussel D., Hervant F. (2015) Réponses physiologiques à une pollution d'origine anthropique chez un organisme sentinelle et conséquences sur le fonctionnement de bassins d'infiltration. 2ème Colloque d'Ecophysologie Animale (CEPA), 4-6 novembre, La Rochelle, France.
- Pigneret M., Mermillod-Blondin F., Volatier L., Roussel D. & Hervant F. (2015). Réponses physiologiques à une pollution d'origine anthropique chez un organisme ingénieur et conséquences sur le fonctionnement du bassin d'infiltration. Séminaire OTHU, 10 juillet 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Utilisation de substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : Mise au point méthodologique. Séminaire doctorants ZABR, 2 Mars 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Utilisation de substrats artificiels pour l'échantillonnage passif des bactéries dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. Animation scientifique du LEM, 19 mai 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Séminaire doctorants ARC Environnement Axe Ecotechnologies, 8 juin 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Séminaire OTHU, 10 Juillet 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Journée scientifique de l'ARC Environnement, 1er octobre 2015, Lyon, France.
- Barraud S., Mermillod-Blondin F. (2016) L'eau dans la ville. Journée Scientifique de la FST - L'eau dans tous ses états. 21 Juin, Villeurbanne, France.

Sun S., Barraud S., Castebrunet H., Aubin J.-B., Marmonier P. (2016). Long-term trend evolution of the temperature of the groundwater upstream and downstream a stormwater infiltration basin. 9th International congress Novatech, 28th June-1st July 2016, Lyon, France.

**Thèses en cours :**

Pigneret M. (2014-2017). Réponses physiologiques d'organismes sentinelles face à une pollution d'origine anthropique et conséquences sur la qualité de l'eau des nappes phréatiques. Thèse Université Lyon 1

Voisin J. (2013-2017). Diversité microbienne dans les nappes phréatiques : influence de la connectivité hydrologique sur le transfert et le développement de bactéries pathogènes pour l'Homme. Thèse Université Lyon 1.

**f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

**Collaboration :**

UMR-CNRS 6553 Ecobio Université Rennes 1 (analyses de protéomes d'organismes sentinelles)

UMR-CNRS 5510 MATEIS, INSA de Lyon (imagerie par tomographie)

**Programmes de recherche :**

Chronothu – Etude de l'évolution et de la variabilité des quantités et de la qualité des eaux urbaines en temps de pluie sur la dernière décennie – Capitalisation des chroniques de l'OTHU. Projet accord cadre ZABR – Agence de l'Eau Rhône Méditerranée. 2014-2015

**g) Perspectives**

Les observations seront poursuivies sur les bassins d'infiltration à fortes et faibles épaisseurs de zone insaturée, en combinant des suivis en continu de paramètres physico-chimiques simples (niveau piézométrique, température, conductivité) et des caractéristiques intégrant les processus biologiques.

Ainsi l'instrumentation de ces bassins en sondes d'enregistrement de l'Oxygène dissous devrait permettre d'étendre notre compréhension des processus en jeu dans la dynamique de ces systèmes pendant leur maturation et leur vieillissement.

Les démarches d'expérimentation *in situ* et au laboratoire devraient continuer avec la mise en place de sous-bassins expérimentaux sur le site de l'IUT et d'une plateforme expérimentales d'étude des échanges eau-sédiment (plateforme SEDAQUA) dans les locaux de l'Université Lyon 1. Ces deux projets sont financés dans le cadre du prochain Contrat de Plan Etat-Région.

Les biomarqueurs d'impact sont de bons indicateurs de la qualité des eaux, car de très nombreux polluants impactent la physiologie et le comportement des organismes. Nous cherchons actuellement à développer des marqueurs spécifiques aux métabolismes énergétique et mitochondrial, qui nous permettront d'obtenir plus de précision dans le diagnostic. Nous chercherons aussi à préciser les capacités d'accumulation et de détoxification des organismes utilisés (post-doctorat Delphine Bertin, financement Université Lyon 1).

## A RETENIR

(1) les quantités d'eau pluviale arrivant au bassin d'infiltration augmentent en raison de l'imperméabilisation croissante des sols urbains, l'utilisation de techniques d'infiltration à la source est donc souhaitable ;

(2) l'ensemble sol – zone non saturée situé sous le bassin est le support d'une intense auto-épuration des eaux pluviales (oxydation des formes réduites de l'Azote, biodégradation du Carbone Organique Dissous), son épaisseur est donc cruciale ;

(3) les organismes vivant dans le fond des bassins, comme les vers Oligochètes bioturbateurs, sont à la fois des indicateurs de la qualité des sédiments présents dans les bassins et des acteurs de la biodégradation des polluants ;

(4) il convient de développer des stratégies de suivi de la qualité des nappes combinant enregistrement *in situ* à long terme (comme la température qui permet de mieux cerner les effets des changements climatiques) et des indicateurs biologiques intégrés (comme la croissance des biofilms sur substrats artificiels qui permet de suivre l'état trophique des nappes).

### C.3.5. MISE AU POINT D'UNE METHODE DE SUIVI DE LA MIGRATION DES PATHOGENES VERS LA NAPPE

#### a) Equipes et disciplines mobilisées

LEHNA (équipes E3S, Ecologie souterraine), LEM (équipe BPOE, microbiologie)

#### b) Objectifs

La recherche menée sur ce thème a pour but de mieux comprendre et quantifier l'impact des infiltrations d'eaux de ruissellement pluvial sur la qualité microbiologique des eaux souterraines. Pour atteindre cet objectif, nous avons développé des procédures permettant de mieux appréhender l'échantillonnage des micro-organismes dans des systèmes présentant de fortes variabilités temporelles (générées par des infiltrations liées au temps de pluie). En effet, comme dans tout système dynamique, il est difficile voire quasi impossible d'évaluer correctement la quantité de bactéries pathogènes par litre d'eau de nappe en effectuant des échantillonnages ponctuels. De plus, ces méthodologies ne permettent pas d'apprécier les capacités de colonisation des zones d'infiltration. Les développements méthodologiques menés dans le cadre de la thèse de Jérémy Voisin ont donc consisté à tester des substrats artificiels de différentes natures (billes de verre, graviers, billes d'argile) et de différentes tailles (diamètres de 4, 6, 8 et 10 mm) pour capter les bactéries transitant vers la nappe et pouvant s'y développer.

#### c) Méthodes

Les tests sur les différents substrats artificiels ont été réalisés lors d'expérimentations de laboratoire permettant de tester la capacité des substrats à capter les bactéries retrouvées dans des eaux de qualités différentes. Pour cela, les trois matériaux « inertes » (billes de verre dépolies, billes d'argile, graviers) ont été incubés dans 3 types d'eau (eaux usées, eaux de surface, eaux souterraines) pendant au maximum 28 jours. Dans un premier temps, la croissance du biofilm sur des substrats présentant des diamètres de 4, 6, 8 et 10 mm ont été comparés pour les trois matériaux testés. Dans un second temps, des sacs remplis de billes de verre, de billes d'argile et de gravier du diamètre sélectionné précédemment ont été incubés pendant 28 jours dans neuf aquariums contenant des eaux provenant de Grézieu la Varenne (eaux usées), du bassin de rétention de Django-Reinhardt (eaux de surface), et de la nappe en aval du bassin d'infiltration de Django-Reinhardt (eaux de nappe). Trois aquariums ont été utilisés par type d'eau afin de disposer des répliquats de mesure nécessaires aux tests statistiques. Des prélèvements ont été réalisés au cours de l'expérimentation (prélèvement à jour 7, jour 14, jours 21 et jour 28) afin de quantifier la biomasse et l'activité microbienne sur les substrats. Des mesures de diversité bactérienne (RISA et métagénomiques 16S) ont été réalisées pour tester la fiabilité des matériaux à capter la diversité bactérienne présente dans les eaux. Plusieurs paramètres physico-chimiques des eaux (nitrate, ammonium, phosphate, carbone organique dissous) ont aussi été mesurés au cours du temps.

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

Dans un premier temps, il a été démontré que, quel que soit le matériau, le diamètre des substrats utilisés influençait le développement microbien : des diamètres de 8 et 10 mm étaient plus efficaces que des diamètres plus petits (4 et 6 mm) pour le développement de biomasse microbienne (Voisin et al. 2015). Aussi, un diamètre de 8 mm a été sélectionné pour comparer la capacité des trois matériaux à capter les micro-organismes présents dans les eaux.

La comparaison des développements de biomasse (estimée par les protéines) sur les trois matériaux montre globalement une biomasse plus importante sur les billes d'argile et le gravier en comparaison avec les billes

de verre pour les eaux usées et les eaux de surface (Figure 29 et illustration par microscopie électronique en Figure 30). Le résultat inverse est observé pour les eaux de nappe avec un développement très élevé pour les billes de verre qui n'est cependant pas cohérent avec les activités microbiennes mesurées (Figure 28 pour l'activité hydrolytique) ni avec la charge en matière organique des eaux testées. Les billes de verre n'apparaissent donc pas comme les supports les plus pertinents pour travailler sur une large gamme de conditions environnementales.

La comparaison de biomasse entre billes d'argile et gravier montre globalement un plus fort développement sur billes d'argile. Les mesures d'activités hydrolytique et déhydrogénasique confirment cette observation et indique que le biofilm développé sur billes d'argile est le plus actif pour les eaux usées et les eaux de nappe (Figure 28 pour l'activité hydrolytique). Ces résultats témoignent du développement d'un biofilm plus actif et épais sur les billes d'argile en comparaison avec les deux autres matériaux.

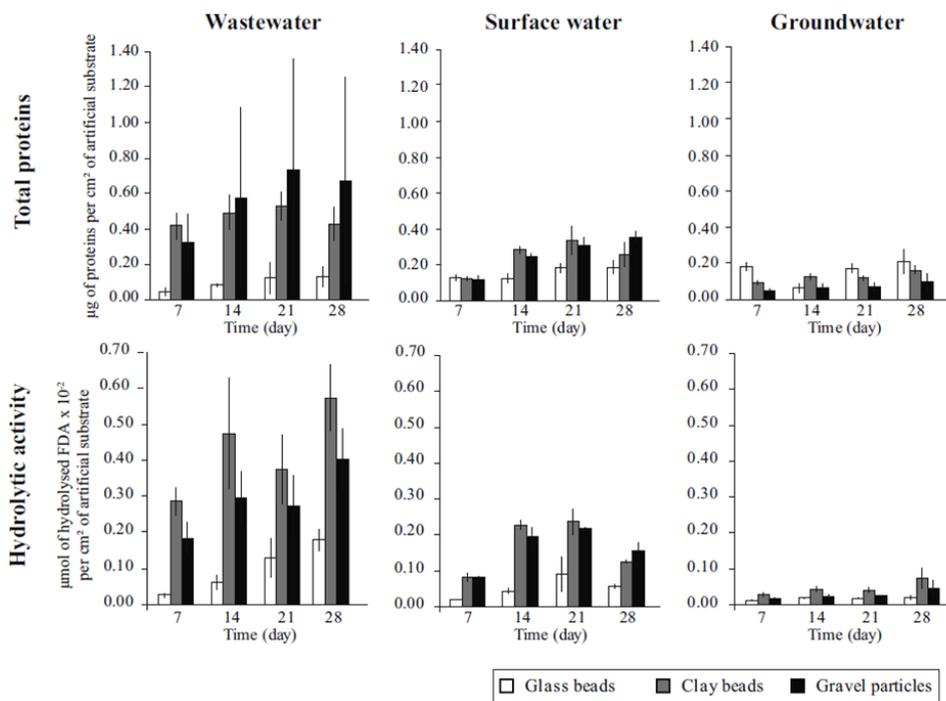


Figure 28: Evolution temporelle de la quantité de protéines et de l'activité hydrolytique mesurées sur les trois matériaux pour des diamètres de 8 mm

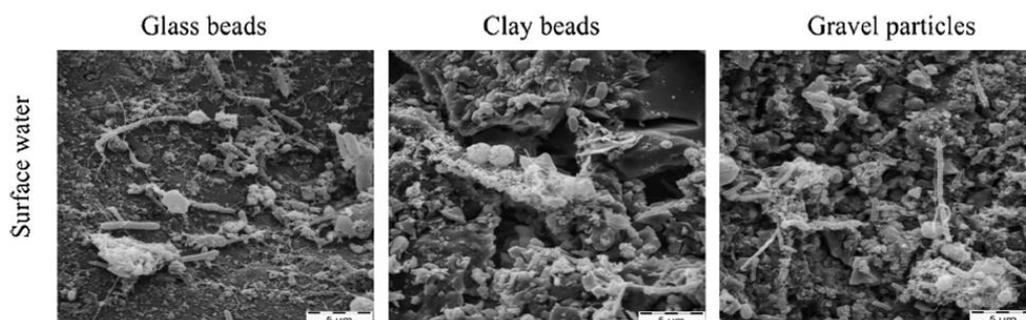


Figure 29: Images de microscopie électronique illustrant le développement microbien sur les trois matériaux supports après incubation dans des eaux de surface durant une semaine.

En terme de diversité microbienne, les résultats d'empreinte ADN de type ARISA (analyse des variations de taille de la zone entre les gènes codant les 16S et 23S rRNA) montrent que les trois matériaux permettent de

différencier la diversité microbienne des trois eaux testées (Figure 30). En effet, il existe une forte correspondance entre la diversité retrouvée sur les supports et celle retrouvée dans les eaux. De plus, une semaine d'incubation semble suffisante pour enregistrer la signature microbienne des eaux testées. Néanmoins, l'abondance relative des genres bactériens déterminés par analyse métagénomique (sur la variabilité de la région V5-V6 du gène codant pour l'ARN 16S des bactéries) diffèrent entre les trois substrats utilisés. Les structures des communautés bactériennes retrouvées sur les billes d'argile et graviers sont comparables et plus proches de la structure retrouvée dans les eaux testées (entre 45 et 67% de similarité pour les trois eaux) que ne l'est la structure retrouvée sur les billes de verre (entre 36 et 43% de similarité pour les trois eaux). A ce titre, graviers et billes d'argile sont plus efficaces pour évaluer la diversité microbienne dans les eaux.

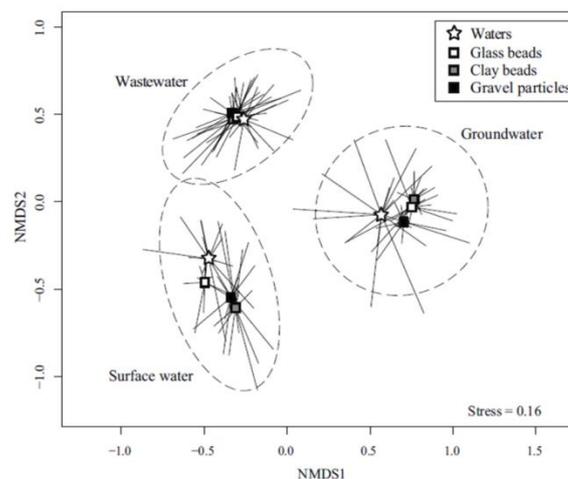


Figure 30 : Analyse multivariée (NMDS avec une « stress value » de 0,16) illustrant les profils ARISA obtenus pour chaque eau et substrat pour les 4 dates d'échantillonnage. Les symboles sont placés au niveau du centre de gravité des profils ARISA obtenus pour l'ensemble des dates. Les ellipses représentent les intervalles de confiance à 95%.

### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

#### Articles dans des revues internationales :

- Mermillod-Blondin, F., Foulquier, A., Maazouzi, C., Navel, S., Negrutiu, Y., Vienney, A., Simon, L., Marmonier, P. (2013) Ecological assessment of groundwater trophic status by using artificial substrates to monitor biofilm growth and activity. *Ecological Indicators*, 25: 230–238.
- Voisin J., Cournoyer B., Mermillod-Blondin F. (2015) Utilisation de billes de verre comme substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. *La Houille Blanche*, 4 : 52-57.
- Voisin J., Cournoyer B., Mermillod-Blondin F. (2016) Assessment of artificial substrates for evaluating groundwater microbial quality. *Ecological Indicators*, 71, 577-586.

#### Communication en congrès

- Voisin J. (2014). Utilisation de substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. 6ème Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine, 1 -3 juillet 2014, Villeurbanne, France.
- Mermillod-Blondin F., Voisin J., Hervant F., Vienney A., Maazouzi C., Pigneret M., Cournoyer B., Marmonier P. (2015) Ouvrages d'infiltration : indicateurs biologiques de leurs impacts sur les nappes (transfert de la matière organique et organismes sentinelles). 6ème Journées Techniques de l'OTHU, 17 septembre, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Utilisation de substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : Mise au point méthodologique. Séminaire doctorants ZABR, 2 Mars 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Utilisation de substrats artificiels pour l'échantillonnage passif des bactéries dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. Animation scientifique du LEM, 19 mai 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Séminaire doctorants ARC Environnement Axe Ecotechnologies, 8 Juin 2015, Lyon, France.

Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Séminaire OTHU, 10 juillet 2015, Lyon, France.

Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Journée scientifique de l'ARC Environnement, 1er octobre 2015, Lyon, France.

Barraud S., Mermillod-Blondin F. (2016) L'eau dans la ville. Journée Scientifique de la FST - L'eau dans tous ses états. 21 Juin, Villeurbanne, France.

#### **Thèse en cours :**

Voisin J. (2013-2017). Diversité microbienne dans les nappes phréatiques : influence de la connectivité hydrologique sur le transfert et le développement de bactéries pathogènes pour l'Homme. Thèse Université Lyon 1.

#### **f) Collaborations nationales, internationales et programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

Programmes de recherche : Région Rhône-Alpes : Allocation Doctorale de Recherche 2013 – ARC Environnement attribuée à Jérémy Voisin sur le sujet «Influence des pratiques de ré-infiltration des eaux pluviales sur le transfert et le développement de micro-organismes pathogènes dans les nappes phréatiques »

#### **g) Perspectives**

Suite à ces tests méthodologiques, les substrats ont été incubés sur les sites de l'OTHU (voir § C.3.4) lors d'un épisode pluvieux. Les résultats semblent prometteurs avec des changements de communautés bactériennes dans les zones impactées par l'infiltration d'eau pluviale. Ces travaux sont partie intégrante de la thèse de Jérémy Voisin qui s'achèvera lors du premier semestre 2017.

Ces travaux ont aussi permis l'obtention d'un financement par l'ANR (projet FROG : Functional Responses Of Groundwater ecosystems to managed aquifer recharge in urban area) débutant en janvier 2017. Celui-ci permettra de quantifier plus précisément la réponse des communautés microbiennes en termes de structure et de fonction aux pratiques d'infiltration des eaux de ruissellement pluvial. L'approche « substrats artificiels » sera déployée sur les sites de l'OTHU et sera couplée avec de la modélisation hydrogéologique (collaboration avec le LTHE) et des analyses de micropolluants (collaboration avec l'ISA). L'ensemble permettra d'aboutir en une quantification plus fine des interactions entre les modifications physiques, chimiques et biologiques engendrées par les pratiques d'infiltration d'eau pluviale en milieu urbain.

## **A RETENIR**

Ces travaux ont permis de proposer l'utilisation de billes d'argile de 8 mm afin de mesurer l'impact des techniques d'infiltration des eaux pluviales sur la qualité biologique de la nappe.

Si l'avantage principal de cette approche est d'enregistrer des événements sans la nécessité d'effectuer des prélèvements ponctuels, travailler sur biofilm a aussi l'avantage de considérer les micro-organismes capables de s'accrocher sur des supports physiques, première étape essentielle au développement pérenne d'une population bactérienne significative.

## C.4. IMPACT DES RUTP SUR LES RIVIERES

### C.4.1. DYNAMIQUE HYDRO-SEDIMENTAIRE AU NIVEAU DE LA RIVIERE CHAUDANNE

#### a) Equipes et Disciplines mobilisées

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet PyoEau (2012-2015), financé par l'ANSES et coordonné par Benoit Cournoyer (UMR LEM). C'est un travail pluridisciplinaire impliquant microbiologie, hydraulique fluviale, hydrologie et géomorphologie fluviale. Il a mobilisé différentes équipes de l'UMR5600 Environnement-Ville-Société, IRSTEA unité Hydraulique-Hydrologie et de l'UMR5557 Laboratoire d'Ecologie Microbienne.

#### b) Objectifs

L'axe "sédiment" de ce projet de recherche s'est focalisé sur l'étude des facteurs hydro-sédimentaires pouvant expliquer la variabilité des concentrations de bactéries que l'on peut retrouver dans l'eau et les sédiments de rivière dans la zone benthique et hyporheïque. Dans cette étude, nous nous sommes focalisés sur le rôle complexe des crues et des matières en suspension vis-à-vis du transfert, de la persistance et/ou de l'extinction des populations bactériennes dans le cours d'eau (*E. coli*, *Enterocoques*, *Hétérotrophe Totaux HT, caviae*) avec une attention toute particulière pour *Pseudomonas aeruginosa* (notée PA dans la suite du rapport), bactérie pathogène opportuniste. Les crues peuvent être tout d'abord vues comme des événements clés d'apport de bactéries dans le cours d'eau via les RUTP, notamment lors des déversements des déversoirs d'orages (notés DO). Ces crues sont donc des périodes privilégiées d'apport par les DO, de propagation et de transfert dans la rivière des populations bactériennes des zones sources, vers l'aval du cours d'eau. Ces mêmes crues peuvent aussi être vues comme des périodes très contraignantes pour les populations bactériennes dans le cours d'eau en raison des contraintes fortes qui s'exercent sur le milieu : des contraintes hydrauliques en raison du transport sédimentaire par charriage et physico-chimiques (forte turbidité, ...). Dans cette étude, nous nous sommes aussi focalisés sur les matières en suspension (notées MES) qui représentent à la fois un support de vie pour les bactéries, mais aussi un vecteur de propagation des bactéries le long du réseau hydrographique pendant les crues (dépôt et remobilisation de ces sédiments fins dans la rivière). L'hypothèse des relations entre les fractions les plus fines et les bactéries est très présente dans la littérature (Characklis *et al.*, 2005) notamment au niveau des matières organiques, sources d'énergie qui stimulent les processus biologiques et les métabolismes microbiens. Nous avons souhaité tester trois hypothèses sur le petit bassin périurbain de la Chaudanne, site OTHU pour lequel nous disposons d'un équipement de mesure des flux liquides, chroniques physicochimiques, MES et de prélèvement d'eau et sédiment: (Hypothèse 1 - H1) les bassins ruraux peuvent aussi être source de bactéries (e.g. bovins) mais le DO apporte l'essentiel des bactéries, dont PA, à la rivière; (Hypothèse 2 - H2) Une fois introduites dans la rivière par un déversement de DO, les PA peuvent se développer dans la rivière. Seules les crues d'une certaine intensité peuvent contraindre leur développement dans le milieu aquatique; (Hypothèse 3 - H3) Les bactéries portées par les MES en crue sont transférées rapidement dans la rivière depuis le DO et interagissent avec le lit de la rivière et les berges.

#### c) Méthodes

La source de bactérie urbaine provenant du DO peut être quantifiée sous la forme de flux de bactéries vers le milieu aquatique, à l'échelle de l'événement de crue. Nous avons utilisé les données hydrologiques de trois crues et les données de débit et de turbidité disponibles dans les trois bungalows (amont/aval DO et DO) ainsi que de nombreux prélèvements de MES et d'eau pour estimer les concentrations de bactéries (thèse de Boukerb, 2015). Nous disposons de deux jeux de données avec des mesures des concentrations de

*Pseudomona aeruginosa* sur les sédiments benthiques à l'aval du DO. Nous disposons de chroniques de débit et de hauteur d'eau sur la zone d'étude, juste à l'aval du DO. Une modélisation hydraulique a été réalisée sur la zone juste à l'aval du DO afin de définir finement les contraintes hydrauliques s'exerçant sur les sédiments du lit du cours d'eau (HEC-RAS 1-D, en régime permanent). Pour compléter nos analyses et identifier les mouvements des sédiments et des formes du fond de la rivière, nous avons aussi installé un appareil photo numérique réflex sur le bungalow, à l'aplomb de notre zone d'étude (une image/30 minutes). Ces images permettent (1) de valider des observations en crue, (2) d'observer le cours d'eau lors du déclenchement du DO, (3) d'évaluer les conditions d'assecs sur la zone d'étude, (4) et d'identifier les variations de forme du fond de la rivière. Pour quantifier les teneurs en bactéries le long de la Chaudanne pendant les crues, nous avons installé 9 trappes à sédiment inspirées des travaux de Phillips *et al.* (2000)<sup>42</sup>. Les trappes à sédiment fonctionnent selon un processus de décantation dans le corps du piège. Les sédiments qui entrent dans le tube décantent au fond du préleveur, tandis que l'écoulement d'eau le traverse. Les sédiments sont ensuite récoltés et analysés (concentration en bactéries, granulométrie...).

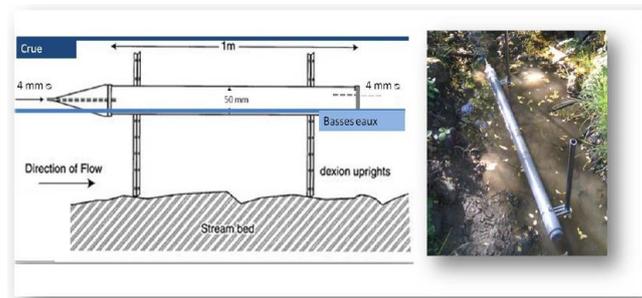


Figure 31: Trappe à sédiment

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

H1: Nous avons trouvé que les apports du DO en bactéries étaient très largement supérieurs aux apports de l'amont de la rivière (rapport de 10 à 1 000) sauf pour de rares cas. Les résultats issus des analyses de MES montrent des variations importantes entre l'amont et l'aval du DO (9 cas sur 13) avec des rapports aval/amont de l'ordre de 10 à 100, montrant ainsi l'impact significatif du DO en termes d'apport de bactéries dans le cours d'eau par rapport aux bactéries qui proviennent de l'amont du bassin.

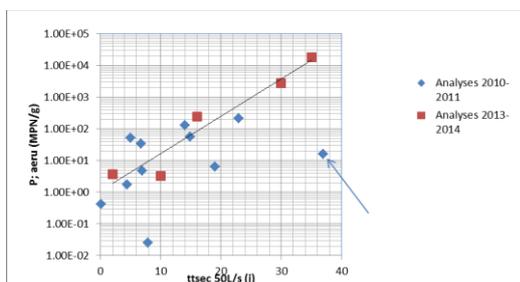


Figure 32 : Concentrations en *P. aeruginosa* en fonction du temps de résidence (temps séparant le moment du prélèvement et la dernière crue morphogène)

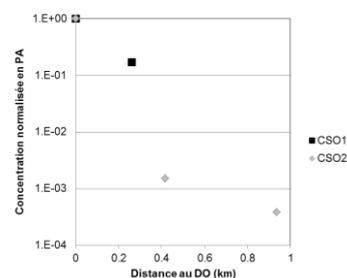


Figure 33 : Concentrations en *P. aeruginosa* en fonction de la distance au rejet du DO

<sup>42</sup> Phillips JM, Russell MA, Walling DE. (2000). Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology for small catchements. *Hydrological Processes* 14: 2589–2602.

H2: Une fois introduites dans la rivière, les populations de bactéries peuvent survivre ou s'éteindre. En ce qui concerne *P. aeruginosa*, la relation statistique très forte (Figure 32) montre une augmentation exponentielle des concentrations de *P. aeruginosa* avec le temps de résidence  $tt_{sec\_50L/s}$  dans un milieu qui ne subit pas de perturbation hydro-sédimentaire (seuil de  $Q < 50L/s$ ). Cette relation est similaire pour les sédiments de surface et les sédiments benthiques. A l'inverse de *P. aeruginosa*, pour *E. coli* et *caviae*, nous avons observé une diminution lente des concentrations en fonction du temps de séjour dans le milieu, sans crue morphogène.

H3: L'analyse des sédiments dans les pièges à sédiments implantés tout le long de la Chaudanne ont permis de mettre en évidence une tendance décroissante significative des concentrations en bactérie de 3-4 log pour les *P. aeruginosa* sur 1 km à l'aval des DO (Figure 33). Ces abattements en concentration ne peuvent pas s'interpréter seulement par la dilution des flux de MES de l'amont vers l'aval du bassin de la Chaudanne. Les eaux pluviales sont en grande partie drainées par le réseau d'assainissement unitaire et sont déversées par le DO. Cette diminution pourrait alors s'interpréter par la capacité d'autoépuration de la rivière et le dépôt progressif des sédiments le long du cours d'eau, dans son lit mineur et sur les berges.

#### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

- Petit S., Boukerb A., Caurel C., Travers V., Marjolet L., Gleizal A., Fantino G., Schmitt L., Breil P., Navratil O. and Cournoyer B. *En préparation*. Spatio-temporal dynamics of *Pseudomonas aeruginosa* along a peri-urban river. *Appl. Env. Microbiol.*
- Petit S., Boukerb A., Marjolet L., Gleizal A., Moulin B., Fantino G., Schmitt L., Breil P., Navratil O., McCarthy D. T., Prigent-Combaret C., Breil P. and Cournoyer. 2015 – *submitted*. Hydrologically-driven population changes of clinically relevant *Pseudomonas aeruginosa* adhering on river macrophytes and inert surfaces. *J. Env. Quality*
- Navratil O., M. A. Boukerb, Lejot J., P. Breil, B., Petit, S., David T. McCarthy, Cournoyer. *En préparation*. Aquatic habitat analysis of an opportunistic human pathogen in a small peri-urban river.
- Cournoyer et al. 2015. *Habitats préférentiels et dangerosité des Pseudomonas aeruginosa introduits dans les cours d'eau par les rejets d'eaux usées par temps de pluie (2011/1/137)*. Rapport final ANSES.

#### f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

Collaboration Monash University, Australie

#### g) Perspectives ( vis-à-vis de la recherche et des observations)

Pour confirmer les relations étroites entre géomorphologie fluviale, transport de sédiment et vie bactérienne, des mesures complémentaires devront être apportées. La plupart des crues échantillonnées dans cette étude sont de petites crues très fréquentes. Il serait important de valider ces premières observations pour des événements plus importants et évaluer si une composante saisonnière peut être identifiée vis-à-vis du développement des bactéries dans la rivière et leur transfert dans le réseau naturel.

## C.4.2. RELATIONS ENTRE MORPHOLOGIE DES COURS D'EAU ET QUALITE DES SEDIMENTS

### a) Equipes et Disciplines mobilisées

Irstea, HHLY, Hydrologie; Lyon 2, UMR 5600, EVS, géomorphologie;  
Lyon 1, UMR 5280, ISA, chimie des milieux aquatiques

### b) Objectifs

L'objectif est d'étudier la relation entre la morphologie et la qualité des sédiments au niveau du fond de la rivière Chaudanne. D'un point de vue opérationnel, il s'agit de démontrer la possibilité (TRL 3-4) d'orienter la capacité d'assimilation de rivières par action sur leur géomorphologie dans le but de stimuler un service écosystémique : l'auto-épuration en rivière (lien avec § C.4.3).

### c) Méthodes

Cette recherche s'appuie sur les données hydrologiques, hydro-géomorphologiques et chimiques du site OTHU de la Chaudanne, à Grézieu-la-Varenne. Deux secteurs ont été échantillonnés en zones benthique (5 premiers cm<sup>43</sup>) et hyporhéique (30 cm de profondeur<sup>44</sup>) tous les 2 mètres. Un secteur de 24 m était situé en amont du déversoir d'orage et l'autre de 32m en son aval. Les échantillons stockés dans des flacons en polyéthylène de 5L à environ 4°C ont été acheminés au laboratoire pour analyse (Corg, Norg, Ptot, Cr, Pb) sur sédiments benthique (< 2 mm, séchés à 60 °C) et hyporhéiques (centrifugés 3000 g, 20 min à 5°C, et séchés à 60°C). Les données de débit de la station OTHU ont permis d'évaluer le contexte hydrologique de l'étude. La mesure de la conductivité hydraulique a été réalisée, par « slug test » (Hvorslev, 1951) tous les deux mètres à 30 cm sous la surface du sédiment. La mesure de la ligne d'eau en rapport avec le contexte hydrologique moyen de la campagne a été utilisée pour évaluer les valeurs des gradients hydrauliques longitudinaux entre les points de prélèvement hyporhéiques.

### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

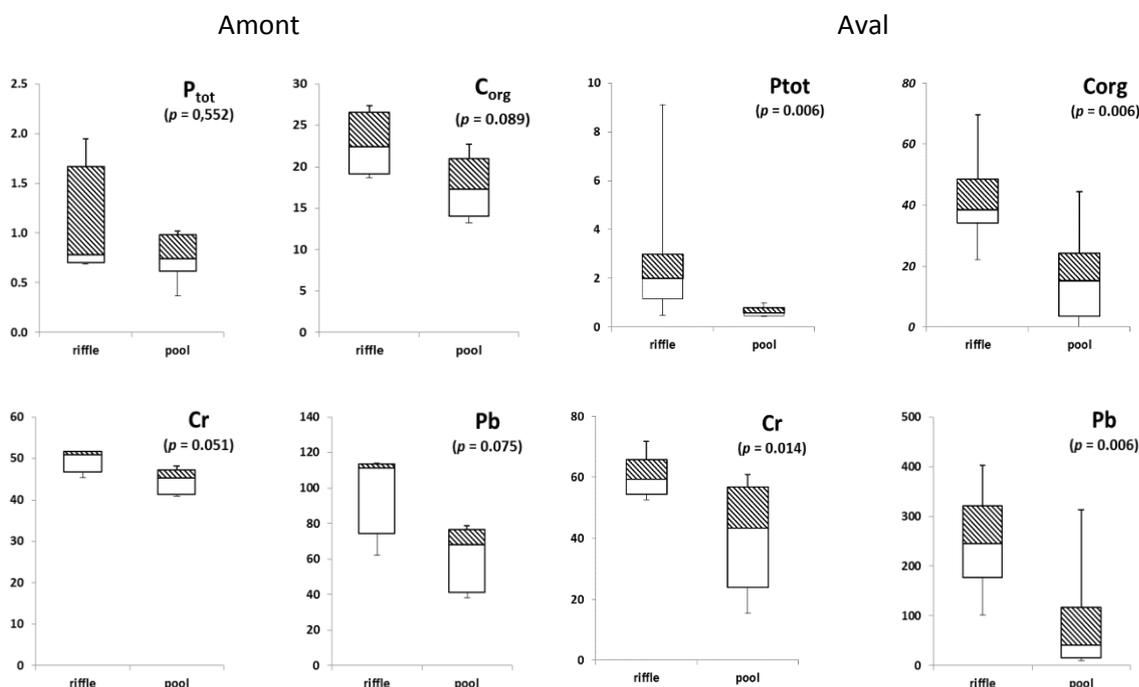


Figure 34 : Boîte de Tukey et tests statistiques montrant les différences entre les concentrations de Corg, Ptot, Cr et Pb dans la zone hyporhéique. Les boîtes représentent les médianes et les 25e et 75e percentiles, et les lignes donnent les valeurs minimale et maximale pour chaque paramètre. La valeur p du test de Mann-Whitney est donnée en haut à droite de chaque tracé. Ordonnées : Corg (g/kg), Ptot (g/kg), Cr (mg/kg), Pb (mg/kg). Figure tirée de Namour et al. 2015, Science of the Total Environment, 532:80-90.

<sup>43</sup> Rofes, G. 1980, Etude des sédiments, méthodes de prélèvement et d'analyses pratiquées au laboratoire de sédimentologie, CTGREF, Ministère de l'Agriculture, Antony (France), 50.

<sup>44</sup> Bou, C. 1974, Les méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles. Annales de Spéologie, 29:611-619.

Les tests non-paramétriques de Mann-Whitney montrent que :

- les concentrations de la station aval sont bien supérieures à celles de l'amont ;
- les concentrations dans les radiers (rifles) sont significativement supérieures à celles mesurées dans les plats et les mouilles (pool).

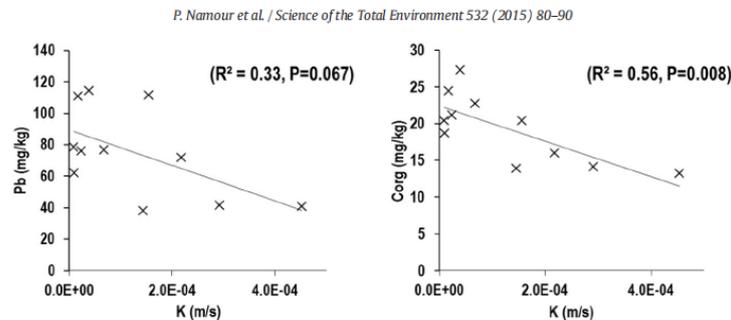


Fig. 8. Relationship between concentration of  $C_{org}$  and Pb with K values at the upstream reach with probability for  $R^2$  to equal zero.

Figure 35: Relation entre les concentrations Corg et Pb et les valeurs de K à l'amont avec la probabilité que R2 soit égal à zéro.

Les résultats montrent aussi que les concentrations hyporhéiques en plomb et en carbone organique diminuent quand le gradient hydraulique augmente.

Les radiers présentent systématiquement une chute de conductivité hydraulique dans leur zone descendante. Le contrôle hydraulique de la ligne d'eau peut créer une situation de ralentissement brutal de l'écoulement hyporhéique le long de séquences hydro-géomorphologiques « radier-mouille ». Ce ralentissement favorise l'accumulation des particules fines qui créent ainsi un milieu favorable à l'accumulation de métaux lourds adsorbés et de matière organique.

#### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

- Schmitt L., Grosprêtre L., Breil P., Namour Ph., Lafont M., Delile H., Eschbach D., Nicolas J., Cournoyer B. 2016, L'hydromorphologie, une dimension-clé pour l'étude interdisciplinaire des petits hydrosystèmes périurbains (bassin de l'Yzeron, France), Bulletin de la Société Géographique de Liège, 67:161-179.
- Lareure C., Thiebaud L., Bazin Ch., Namour Ph., Breil P., Perrodin Y. 2016, Dynamic of ecotoxicity within different compartments of a peri-urban river subject to discharges of a Combined Sewer Overflow, Science of the Total Environment, 539:503-514.
- Namour Ph., Pons M.N., Wachs S., France X. 2016, Suivi en continu de la qualité d'un cours d'eau : apports et difficultés des méthodes optiques Instrumentation, Mesure, Métrologie (I2M), vol15, 1-2/2016, 65-78.
- Namour Ph., Schmitt L., Eschbach D., Moulin B., Fantino G., Bordes C., Breil P. 2015, Stream pollution concentration in riffle geomorphic units (Yzeron basin, France), Science of the Total Environment, 532:80-90.
- Namour Ph., Picot, M., Lapinsonnière L., Barrière F., Jaffrezic-Renault N. 2014, Energy harvesting from river sediment using a microbial fuel cell: preliminary results, Sensors & Transducers Journal, 27:290-294.
- Aucour A-M, Bariac T., Breil P., Namour Ph., Schmitt L., Raouf G., Zuddas P. 2013, Nitrogen patterns in subsurface waters of the Yzeron stream: effect of combined sewer overflows and subsurface-surface water mixing, Water Science & Technology, 68:(12), 2632-2637.
- Aucour A.M., Bariac T., Breil P., Namour Ph., Schmitt L., Sebilo M., Zuddas P. 2013, Nitrogen changes between rural and peri-urban stream subsurface waters (Yzeron stream, France), Procedia Earth & Planetary Science, 7:36-39.

**f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

ANR EcoTech Projet EPEC 2010-2014 Epuración en eau courante ;  
Partenaires : IRH environnement (coord J. Boisson) ; Fluvial.is ; UMR 5280  
ISA, Irstea, HHLY ; UPR CNRS 3349, LRGP

**g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)**

Les perspectives sont les suivantes : a) Connaître les flux de matière et d'énergie ; et b) Agir par la conception de dispositifs innovants de remédiation et de conservation des hydro-systèmes sous pression anthropique.

## A RETENIR

Les sédiments hyporhéiques piègent plus de polluants que les sédiments benthiques, en particulier dans les unités géomorphologiques de type radier. Ces premiers résultats présentent d'ores et déjà des implications pour l'élaboration de stratégies plus pertinentes pour la surveillance et l'atténuation de la pollution des cours d'eau.

Ces séquences de type radier-mouille doivent donc être suivies en priorité dans l'évaluation de la qualité chimique d'un cours d'eau. Elles constituent aussi une mémoire des événements car elles totalisent les événements polluants éprouvés par la rivière, et permet de détecter un événement de pollution fugace, non décelée dans la zone d'eau de surface.

### C.4.3. AMELIORATION DE LA CAPACITE AUTO-EPURATOIRE DE PETITS COURS D'EAU SOUMIS AUX RUTP

#### a) Equipes et Disciplines mobilisées

ISA-Biochimie, Irstea-Ecohydrologie, Irstea-Hydraulique,  
Hors OTHU : LRPG(Nancy) génie des procédés épuratoires.

#### b) Objectifs

La dégradation des petits cours d'eau intermittents, exposés au développement urbain, entraîne celle des cours d'eau principaux soumis aux objectifs de la DCE du bon état chimique et écologique (Figure 36). Suite à ce constat, les objectifs visés sont les suivants :

(1)Caractériser les facteurs d'altération de la capacité auto-épuratoire des petits cours d'eau à faible capacité de dilution- en particulier les cours d'eau intermittents de tête de bassin, (2) tester des solutions de réhabilitation et d'augmentation du potentiel auto-épuratoire, (3)définir des indicateurs d'impact, (4) définir des indicateurs de résilience.

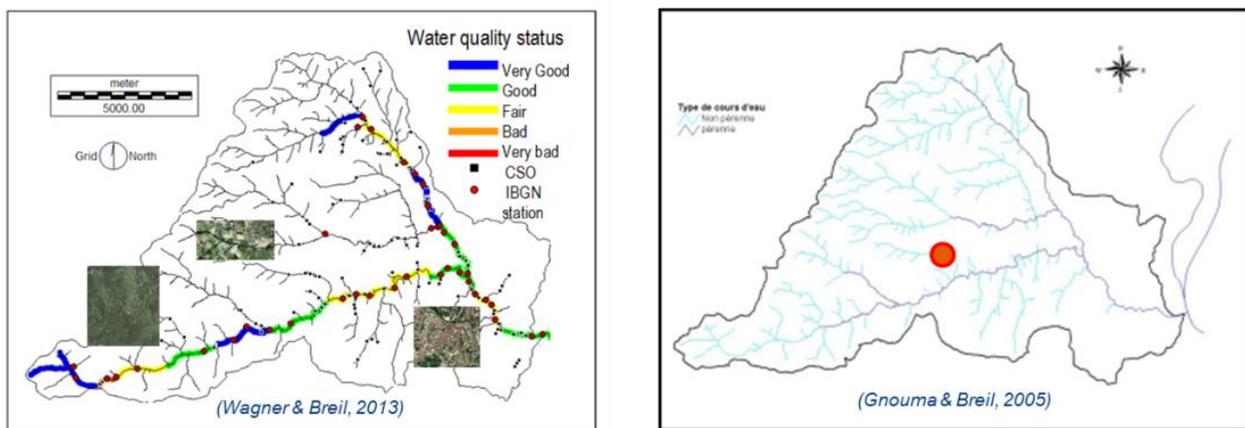


Figure 36: Qualité des cours d'eau principaux du bassin de l'Yzeron et visualisation du réseau non permanent (bleu clair) et de la station OTHU

#### c) Méthodes

Un dispositif pilote composé d'une série de 3 seuils artificiels poreux a été inséré au niveau d'un tronçon de rivière du site OTHU de Grézieu-la-Varenne (Figure 37). Les seuils sont constitués de longrines de bois imbriquées, qui se sont naturellement remplis de sable en amont des marches ainsi créées. Leur rôle est de stabiliser l'incision générée par les rejets du déversoir d'orage. Il est observé que pendant les périodes de faible débit, ces seuils piègent les polluants des RUTP. Les mesures complémentaires visaient à vérifier le devenir de la pollution piégée et sa dynamique.

Mesures OTHU : données de pluie, débit et de qualité physico-chimique de l'eau de rivière et des surverses du DO (RUTP)

Mesures complémentaires : physico-chimie classique (dont sels azotés) sur échantillons hebdomadaires pendant 1 an, dans les eaux de surface et eaux hyporhéiques, au niveau des 3 seuils. Mesures au pas de temps de 10 minutes, pendant 1 an, avec des sondes multiparamètres (dont l'oxygène dissous) au niveau de tous les points échantillonnés.



Figure 37 : vue d'ensemble du dispositif et vue d'un seuil poreux.

#### d) Résultats clés Scientifiques et opérationnels

- Mise au point d'un dispositif de mesure en rivière des gaz produits par les sédiments (DUT 2013, J.Gervais). La production de gaz est évaluée à 1 litre/ m<sup>2</sup>.j (entre 60 et 80% de N<sub>2</sub> complété pour l'essentiel par du CH<sub>4</sub>).
- Calage d'un modèle hydraulique 2D pour représenter les circulations d'eau hyporhéiques du seuil 1, à l'aide de la température de l'eau entre surface et zone hyporhéique (Master 2014, R. Bouzidi)
- Mise en évidence du rôle de piégeage de la pollution délivrée par les RUTP du déversoir d'orage (ANR-EPEC, 2015). Démonstration de l'efficacité du dispositif (Figure 38).
- Adaptation du modèle BSM1(Benchmark Simulation Model n°1) pour simuler la biodégradation microbienne (Master 2016 de M.Doumbia). Le modèle permet de simuler la dynamique de la consommation de l'oxygène.

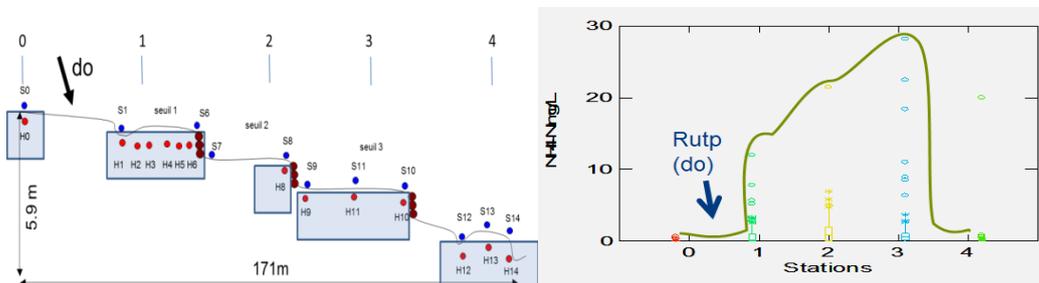


Figure 38 : Illustration des points de mesure dans les stations et du piégeage du NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans les 3 seuils.

#### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

- Breil, P.; Pons, M.-N.; Potier, O.; Namour, P. (2016). How to reduce the impact of combined sewer overflows on rivers having a natural weak flow? 9e conférence internationale NOVATECH, Lyon, France – 28 juin- 1er juillet 2016. <http://hdl.handle.net/2042/60448>
- Gervais J., Poly F., Breil P., Namour P. (2015). Measuring of the bacterial gaseous emission in river sediment. EcoHydrology'2015 - poster session. <http://ecohydrologie.sciencesconf.org>.
- Lareure C., Thiebaud L., Bazin Ch., Namour Ph., Breil P., Perrodin Y. 2016, Dynamic of ecotoxicity within different compartments of a peri-urban river subject to discharges of a Combined Sewer Overflow, Science of the Total Environment, 539:503-514.
- Namour P., Breil P., Schmitt L., Grosprêtre L., Lafont M. (2015). Paysages périurbains. Dynamique des hydrosystèmes périurbains en réponse aux changements paysagers : l'exemple de l'ouest lyonnais In: Aux marges de la ville. Paysages, sociétés, représentations. Paris : l'Harmattan. Chapitre 2 : Paysages Urbains, Editeurs Collin-Bouffier S, Brelot C-I, Menjot D, La Martinière, Lyon (France), 123-139. ISBN : 9782343060064.

Namour, P., Schmitt, L., Eschbach, D., Moulin, B., Fantino, G., Bordes, C., Breil, P. (2015). Stream pollution concentration in riffle geomorphic units (Yzeron basin, France). Science of the Total Environment, 532:80-90.

Navratil O., Breil P., Schmitt L., Grosprêtre L., Albert M.B.(2013). Hydrogeomorphic adjustments of stream channels disturbed by urban runoff (yzeron river basin, France). Journal of Hydrology, Vol. 485: 24-36.

#### f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

Projet ANR-Ecotech EPEC (2011-2015)

Projet ANR-OH Risques El Hamico (2015-2018)

#### g) Perspectives ( vis-à-vis de la recherche et des observations)

- Finaliser la modélisation de la biodégradation du seuil artificiel n°1
- Finaliser la modélisation hydrodynamique des écoulements à travers le seuil artificiel n°1 au cours du régime hydrologique intermittent observé au niveau de la rivière
- Elaborer un modèle couplé « simple » pour dimensionner des seuils artificiels en fonction des charges organiques à traiter et de l'intermittence des cours d'eau.
- Installer ces seuils sur d'autres petits cours d'eau afin de disposer de sites de démonstration supplémentaires

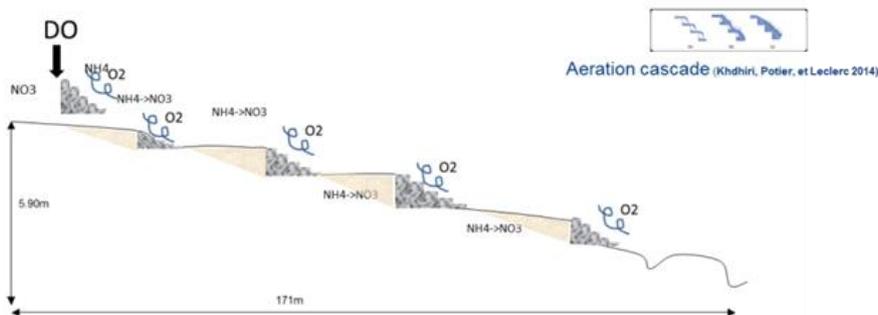


Figure 39: Projet de séquence de rampes poreuses avec aération gravitaire pour favoriser la biodégradation aérobie

## A RETENIR

La séquence des 3 seuils, qui cumule une longueur de 65 m dans un lit de 1.5m de large, permet de piéger 95% de la pollution durant la période de faible débit ;

Cette pollution est entièrement biodégradée ;

La pollution n'est donc plus propagée en aval sur 1.6km et ne décline plus l'état chimique de l'Yzeron de bonne à médiocre.

#### C.4.4. IMPACTS MICROBIOLOGIQUE DES RUTP SUR LA QUALITE DES RIVIERES PERI-URBAINES

##### a) Equipes et Disciplines mobilisées

Microbiologie environnementale et clinique : Equipe BPOE, UMR CNRS 5557, UMR INRA 1418 Ecologie Microbienne (LEM), Université Lyon 1 & VetAgro Sup : A. Boukerb, R. Marti, S. Petit, S. Ribun, A. Gleyzal, L. Marjolet, B. Tilly, B. Cournoyer

Hydrologie: IRSTEA Lyon : P. Breil, M. Lagouy, P. Namour

Géomorphologie - géographie: UMR5600 EVS – U. Lyon 2 : O. Navratil, G. Fantino, B. Moulin

##### b) Objectifs

- Estimer les quantités de *P. aeruginosa* déversées par un déversoir d'orage en fonction de l'intensité des événements de pluie
- Etudier la répartition des *P. aeruginosa* rejetés (allochtones) par un DO au sein des compartiments d'un cours d'eau récepteur ; définir les habitats préférentiels
- Définir les conditions favorables à la persistance et multiplication des populations aquatiques de *P. aeruginosa* dont le rôle des forces hydrauliques et de la morphodynamique
- Préciser en conditions contrôlées (laboratoire) la spécificité des interactions entre *P. aeruginosa*, les algues, bryophytes et/ou plantes aquatiques
- Dédire la dangerosité des formes aquatiques de *P. aeruginosa* par étude de leur potentiel de virulence

##### c) Méthodes

Ces travaux s'appuient sur des résultats de l'OTHU ayant permis d'observer une présence significative de *P. aeruginosa* dans le réseau unitaire de la commune de Grézieu-la-Varenne, particulièrement au niveau de la station expérimentale de la rivière Chaudanne (Figure 40) qui est connectée sur le déversoir d'orage, et sur les parois de ce déversoir.

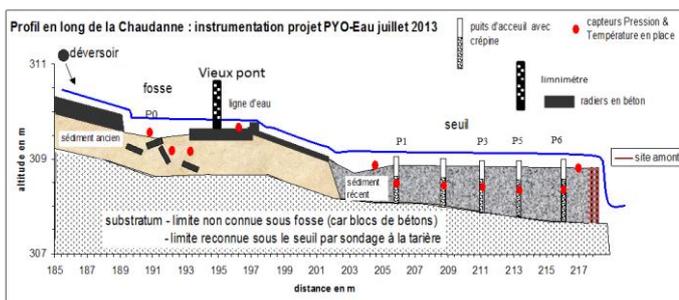


Figure 40: Profil en long du secteur fortement impacté par le déversoir d'orage de la station expérimentale de la rivière Chaudanne à Grézieu-la-Varenne, et photos du (A) canalisation de décharge du déversoir d'orage, (B) canal de dérivation pour la collecte des eaux du DO, (C) zone de rejet du DO au niveau de la rivière Chaudanne (amont fosse), et (D) réseau unitaire.

Nous avons cherché à préciser les dynamiques spatio-temporelles de *P. aeruginosa* en fonction des régimes hydrauliques, des faciès géo-morphologiques et leur érosion, des variations de température et compartiments du cours d'eau dont les macrophytes. La dangerosité des souches aquatiques a été évaluée.

En laboratoire, nous avons étudié la reproductibilité des phénomènes observés dont la spécificité des interactions entre algues/bryophytes et *P. aeruginosa*.

Les mesures directes de gradients hydrauliques verticaux ont également été effectuées. Le dispositif comprenait des sondes de pression et de mesure de paramètres physico-chimiques en surface, et en profondeur (-30 cm) (via des piézomètres et puits). La mesure de la conductivité hydraulique (Kh) du substrat a été effectuée par la méthode dite du slug test.

En ce qui concerne la répartition de *Pseudomonas aeruginosa* dans le cours d'eau, des systèmes d'échantillonnage et de mesure de la station expérimentale ont été utilisés pour l'obtention d'échantillons permettant la réalisation d'analyses viables et cultivables (NPP PCR) mais également l'extraction d'ADN des communautés bactériennes pour quantification de certaines cibles génétiques par PCR quantitative et analyse de la diversité génétique par séquençage massif d'amplicons *rrs* (16S rDNA). Les échantillons prélevés et données microbiologiques ont été remis dans les contextes hydro-géomorphologiques. Des prélèvements directs (« grab sample » ou via un pompage bou-rouch dans la zone hyporhéique) ont également été réalisés pour compléter les jeux de données. Les relations entre concentrations en *P. aeruginosa* et paramètres physico-chimiques ont ainsi été étudiées. Les charges totales et flux de *P. aeruginosa* ont pu être calculés en fonction des masses d'eau ou sédiments analysés.

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

**1. Géomorphologie.** Un modèle hydraulique 1D de la zone d'étude a été construit, et a permis de reconstituer une chronique de contraintes hydrauliques s'exerçant sur le fond sableux de la fosse en période de crue. La modélisation suggère qu'un (a) débit (Q)  $Q > 40$  L/s provoque un déplacement des particules de diamètre  $D < 500 \mu\text{m}$ ; (b) si  $Q > 50$  L/s, les particules  $D < 1\text{mm}$  commenceront à se mobiliser; et (c) si  $Q > 120$  L/s celles ayant un diamètre  $D < 2\text{mm}$ . Les images prises avant et après les crues confirment les mouvements de sédiments déduits dont celles ayant eu lieu avant les prélèvements pour évaluation de l'incidence des crues sur les concentrations en *P. aeruginosa*. Les images montrent que les crues au-dessus de 50 L/s (débit rivière) peuvent initier un déplacement des sables fins ( $200 \mu\text{m} < D < 2 \text{mm}$ ) et de la matière organique (FIGURE 41 : MOUVEMENT DU LIT EN PERIODE DE CRUE. CRUE DU 08/04/2014 A 08:04 (TU+2),  $Q_{\text{MAX}} = 52$  L/s. TRAIT NOIR = DEBIT RIVIERE (Q) ; TRAIT GRIS = DEBIT DO ( $Q_{\text{CSO}}$ ). CERCLE BLEU= VOIR IMAGE CORRESPONDANTE.

).

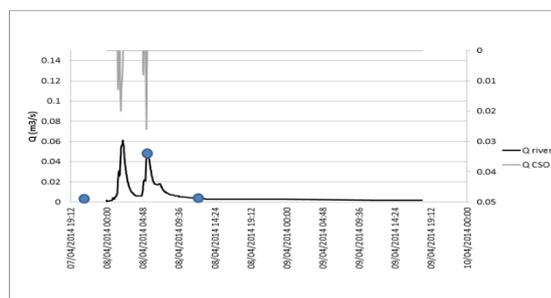


FIGURE 41 : MOUVEMENT DU LIT EN PERIODE DE CRUE. CRUE DU 08/04/2014 A 08:04 (TU+2),  $Q_{\text{MAX}} = 52$  L/s. TRAIT NOIR = DEBIT RIVIERE (Q) ; TRAIT GRIS = DEBIT DO ( $Q_{\text{CSO}}$ ). CERCLE BLEU= VOIR IMAGE CORRESPONDANTE.

**2. Hydrologie.** Dans la fosse, un Kh de  $1 \times 10^{-2}$  m/s a été mesurée. Cela indique une très forte perméabilité. Un flux hyporhéique vers le seuil adjacent en passant sous le radier du pont (Figure 40) est probable compte tenu de la différence d'altitude. Dans le seuil, le Kh varie de  $1,17 \times 10^{-4}$  à  $3,8 \times 10^{-3}$  (sortie de seuil) avec une moyenne de  $1,76 \times 10^{-3}$  m/s. Pour la fosse, la différence de charge hydraulique horizontale, amont-aval, entre les deux points de mesure, suggère un gradient d'infiltration de 5 à 6 cm/m. Les montées de débit liées aux crues ne semblent pas perturber l'amplitude de cette infiltration. Ces mesures ont été effectuées pour plusieurs débits, et elles suggèrent un écoulement hyporhéique toujours orienté de la surface

vers le substrat avec une composante verticale forte (0,167m/m en verticale contre 0,07m/m en horizontale) (e. g. Figure 42). Ces données suggèrent qu'une proportion des *Pseudomonas aeruginosa* rejetées avec les eaux du déversoir peut migrer dans le substrat et pourrait s'installer dans la zone hyporhéique. La section suivante présente les jeux de données concernant les dynamiques spatio-temporelles de *P. aeruginosa* dans cette zone.

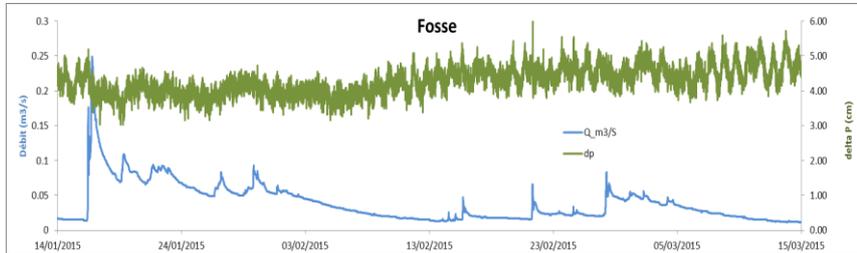


Figure 42 : Evolution conjointe du débit du cours d'eau et du gradient hydraulique vertical de la zone hyporhéique de la fosse en aval de la zone de rejet du déversoir d'orage.

**3. Répartition de *P. aeruginosa* dans le cours d'eau.** *P. aeruginosa* a été dénombrée à des concentrations de l'ordre de  $10^3$  à  $10^4$  UFC ou NPP/100 mL au niveau du réseau unitaire. Lors d'une surverse du réseau d'assainissement unitaire, jusqu'à  $10^9$  cellules de *P. aeruginosa* peuvent être déversées dans la rivière expérimentale. L'historique de temps de pluie conditionnerait cette charge bactérienne (voir Breil *et al.* 2013). Ces concentrations dans les réseaux peuvent également varier en fonction des périodes de la journée et de l'année (Boukerb, 2015). Il est apparu qu'en période de basses eaux, les concentrations étaient plus élevées en *P. aeruginosa* qu'en période de hautes eaux. La période estivale serait plus propice au développement de biofilm sur les parois du collecteur ou en association avec les dépôts au sein du réseau. Selon Passerat *et al.*, 2010 (Water Res. 45 : 893-903), les dépôts de sédiments dans les réseaux unitaires pourraient expliquer en grande partie la charge en matière en suspension et la charge bactérienne des eaux déversées par un DO.

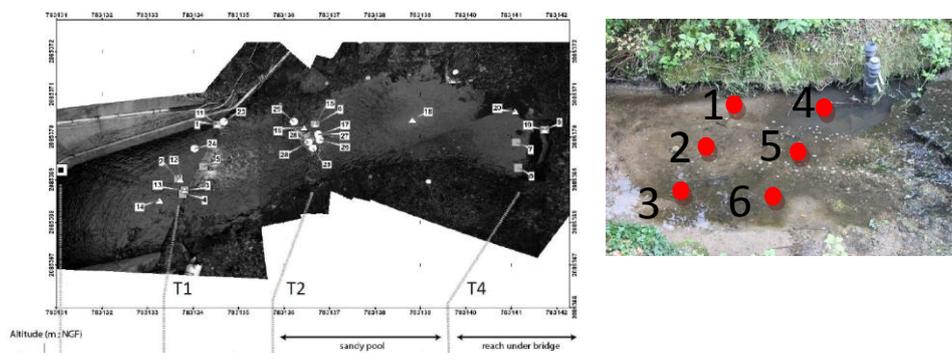
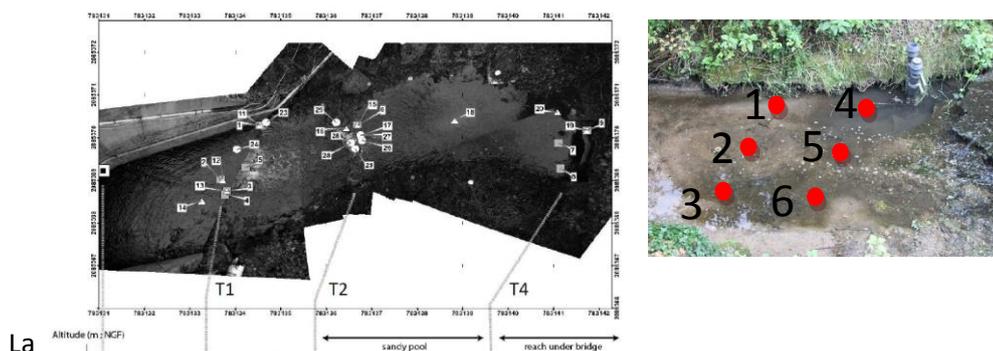


Figure 43: Zones de prélèvement (a) du périphyton, de macrophytes, et (b) sédiments en aval du déversoir d'orage (fosse à l'aval de la zone de rejet du DO selon Fig. 1).



La

Figure 43 indique les points échantillonnés au niveau du lit de la rivière recevant les rejets du DO et ayant permis d'observer des populations significatives de *P. aeruginosa* dans les sédiments, galets, biofilm épilithique et macrophytes. *Pseudomonas aeruginosa* a été retrouvée à une forte prévalence (i) en association avec le bryophyte *Fontinalis antipyretica* (65%,  $10^2$  à  $10^4$  NPP/g poids mouillé), se développant sur des surfaces en béton immédiatement en aval du DO, et (ii) sous la forme de biofilm à la surface de galets (70%,  $10^1$  à  $10^3$  NPP/g poids sec). Dans une moindre proportion, *P. aeruginosa* a été retrouvée en association avec l'algue *Cladophora* sp.

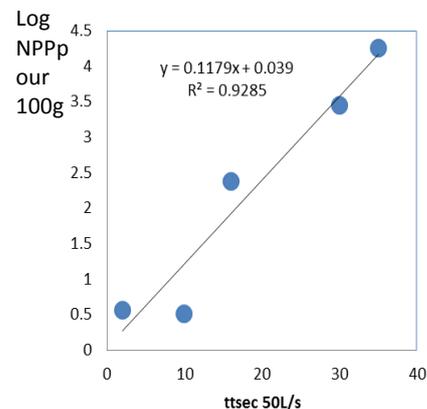


Figure 44: Relation entre dénombrements de *P. aeruginosa* et la durée de temps sec pour  $Q > 50L/s$ .

L'influence des facteurs hydrologiques et géomorphologiques sur les concentrations en *P. aeruginosa* sur le sédiment benthique a été étudié et les résultats ont été présentés au § C4.1.. Les analyses de corrélation de Pearson ont été significatives entre concentrations en *P. aeruginosa* et COT (carbone organique total), confortant l'hypothèse d'une relation étroite avec les particules organiques. L'indice ttsec 50L/s a été estimé pour chaque période de prélèvements, et la relation étudiée en fonction des concentrations de *P. aeruginosa* (Figure 44). Une relation statistique forte ( $R^2 = 0.93$ ) a été observée entre l'augmentation exponentielle des concentrations en *P. aeruginosa* et le temps de résidence, défini comme une période sans crue d'intensité supérieure au seuil de  $Q < 50L/s$ . Ces résultats suggèrent que les *P. aeruginosa* pourraient se multiplier dans les sédiments.

**4. Dangerosité des génotypes de *P. aeruginosa* dans les compartiments aquatiques.** Les analyses de diversité génétique des souches isolées du déversoir d'orage (DO), du réseau unitaire, des sites aval du DO (sédiments, périphyton, macrophytes) ont permis de déduire l'ampleur de la dissémination de certains clones d'intérêt clinique de *P. aeruginosa* dans l'environnement, ainsi que leur aptitude à coloniser certains supports aquatiques ou masse d'eau. Ces analyses ont nécessité l'étude de plusieurs centaines de souches ( $n=850$ ) par électrophorèse en champ pulsé (PFGE) *SpeI* des ADN totaux (selon Römling et al, 1994. Appl. Environ. Microbiol. 60 :1734-1738). Un ensemble de clones PFGE a été analysée par MLST (Curran et al., 2004. J. Clin. Microbiol. 42 :5644-5649). Ces analyses ont permis de suivre, au niveau local, certaines génotypes depuis le réseau unitaire jusqu'aux cours d'eau récepteur. La comparaison avec les banques de données a permis de déduire la proximité des souches avec des isolats cliniques d'origine géographique variée, et d'étudier leur dissémination au niveau mondial. Des isolats des ST27, ST845, ST649, ST179, ST348, ST640, ST395, ST564, ST446, ST244, ST309, ST267, ST252, ST235, et ST198 ont été obtenus. Ces ST ont été référencés dans des prélèvements cliniques dont des tissus mous, sang, urine, expectorations, liquides de lavage broncho-alvéolaire, confirmant le caractère dangereux des souches isolées de la « rivière ».

## e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

### Publications à comité de lecture

- Lavenir, R., S.M.C. Petit, N. Alliot, S. Ribun, L. Loiseau, L. Marjolet, J. Briolay, S. Nazaret, and B. Cournoyer. 2014. Structure and fate of a *Pseudomonas aeruginosa* population originating from a combined sewer and colonizing a wastewater treatment lagoon. *Env. Sc. Poll. Res.* 21:5402-18
- Boukerb, AM, A. Decor, S. Ribun, R.Tabaroni, A. Rousset, L. Commin, S. Buff, A. Doléans-Jordheim, S. Vidal, A. Varrot, A. Imberty and B. Cournoyer. 2016. Genomic rearrangements and functional diversification of *lecA* and *lecB* lectin-coding regions impacting the efficacy of glycomimetics directed against *Pseudomonas aeruginosa*. *Frontiers Microbiol.* 00811
- Boukerb, A.M., R. Marti, B. Cournoyer. 2015. Genome Sequences of Three Strains of the *Pseudomonas aeruginosa* PA7 Clade. *Genome Announcement* 13 (6). pii: e01366-15
- SCHMITT, L., L. GROSPRÊTRE, P. BREIL, P. NAMOUR, M. LAFONT, H. DELILE, D. ESCHBACH, N. JACOB-ROUSSEAU, B. COURNOYER. 2016. L'HYDROMORPHOLOGIE, UNE DIMENSION-CLÉ POUR L'ÉTUDE INTERDISCIPLINAIRE DES PETITS HYDROSYSTÈMES PÉRIURBAINS (BASSIN DE L'YZERON, FRANCE). *BSGLg*, 67 :161-179

### Autres publications

- Cournoyer, B. 2013. Les habitats préférentiels et la dangerosité des bactéries pathogènes opportunistes de l'espèce *Pseudomonas aeruginosa*. Les cahiers de la recherche – Santé, Environnement, Travail, Anses. Pp. 30-31
- Visiedo, R., Lipeme Kouyi G., Volte E., Momplot A., Cournoyer B. 2013. Conception et réalisation d'un dispositif de surveillance et de maîtrise des flux déversés au milieu naturel. 93<sup>e</sup> congrès de l'ASTEE « au service de villes durables et responsables », 4-7 juin 2013. Nantes, 7 pp
- Breil P., Petit S., Boukerb A., Namour Ph., McCarthy D., Cournoyer B. An approach to pathogens flux simulation in a combined sewer system. *Proceedings of Novatech' 2013. International Conference on Sustainable Urban Water Management.* 23-27 June; Lyon (France). 10p.
- Boukerb, A., et B. Cournoyer. 2013. *Pseudomonas aeruginosa*, une espèce pathogène à forte fréquence de recombinaisons génétiques, abritant des lignées spécialisées et largement disséminées. *Bull. Veille Sci. Anses* 20 : 20-24
- Boukerb, A., et B. Cournoyer. 2012. Exposition aux bactéries pathogènes : cas de la pluie et du sable de plage. *Bull. Veille Sci. Anses* 18 : 14-18

### Participation à des manifestations scientifiques : posters et présentations

- Boukerb A., S. Ribun, Navratil O., Lejot J., P. Breil, A. Rousset, C. Prigent-Combaret, A. Imberty, S. Vidal, B. Cournoyer. 2014. *Pseudomonas aeruginosa* en milieu aquatique: sources, diversité et colonisation des macrophytes. GDR *Pseudomonas*, Marseille. Novembre 2014.
- Boukerb A., Petit S., MacCarthy D., Breil P., Cournoyer B.. 2013. Amplitude du transfert par un déversoir d'orage de *Pseudomonas aeruginosa* et devenir en milieu aquatique. 9<sup>e</sup> Congrès SFM. Lille, France
- Navratil O., M. A. Boukerb, Lejot J., P. Breil, B. Cournoyer. 2014. AQUATIC HABITAT ANALYSIS OF AN OPPORTUNISTIC HUMAN PATHOGEN IN A SMALL PERI-URBAN RIVER. 10th Symposium on Ecohydraulics. Trondheim, Norway, 23-27 June 2014
- Breil P; Petit S. ; Boukerb A. ; Namour Ph. ; McCarthy D. ; Cournoyer B. An approach to pathogens flux simulation in a combined sewer system. *Novatech' 2013 international conference.* 23-27 June 2013; Lyon (France).
- Boukerb A., S. Ribun, A. Rousset, C. Prigent-Combaret, A. Imberty, S. Vidal, B. Cournoyer. 2013. Étude des phénomènes d'agrégation de *Pseudomonas aeruginosa* en interaction avec des glycoconjugués calix[4]arène: rôle des lectines. Groupe Lyonnais des Glyco-Sciences - Université Lyon1. 6 décembre 2013.

## f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support

Projet Nationaux ANSES « pyo-eau » et ANR CES « INVASION ». Programme bilatéral d'échanges avec l'Australie (accueil D. McCarthy, U. Monash, et échanges avec T. Fletcher, U. Melbourne)

## g) Perspectives

- (1) Elaborer un modèle pour la prédiction des [*P. aeruginosa*] déversées par un DO en fonction des descripteurs de la qualité des eaux dont la conductivité, la turbidité, le COT, et d'autres paramètres (voir la conceptualisation à la figure 45).
- (2) Evaluer la dangerosité des *P. aeruginosa* introduits en milieux aquatiques sur la faune et meio-faune ; quelle incidence sur leur viabilité, quelles pathologies ? (relation entre taux d'infection et pollution chimique)
- (3) Développement d'outils d'analyse de la diversité génétique des populations de *P. aeruginosa* retrouvées dans un cours d'eau et analyse des dynamiques spatio-temporelles
- (4) Analyser le devenir d'autres formes pathogènes e. g. *Aeromonas caviae*, *Listeria monocytogenes*, susceptibles d'être introduites dans les milieux aquatiques suite à des surverses de réseau unitaire
- (5) En système sécurisé, évaluer les capacités de colonisation de supports aquatiques par des formes hautement pathogènes comme les *E. coli* O157:H7 ; groupe de bactéries susceptibles d'être rejetés par un DO ou zones d'élevage de bovin.

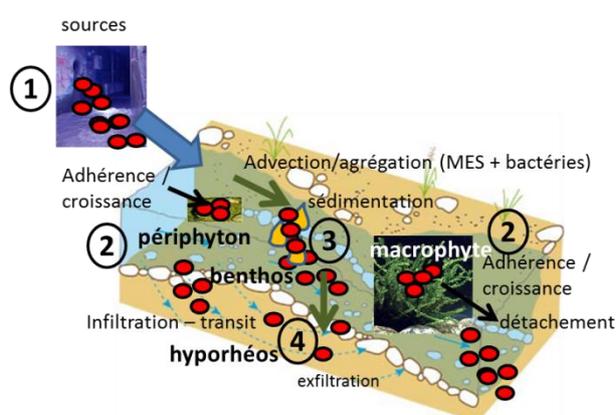


Figure 45. Schéma conceptuel de la répartition de *P. aeruginosa* en milieu aquatique. Flèche bleue, incidence des débits du cours d'eau et des rejets (déversoir ou autres) sur les transferts de *P. aeruginosa* (PA) Flèche pointillée, infiltration de PA dans les sédiments selon la conductivité hydraulique. (1) dynamiques des PA au niveau des sources e. g. activités sur le réseau, autres contaminants ; (2) adhérence sur les supports physiques dont galets et macrophytes ; (3) agrégation et sédimentation au niveau des sédiments de surface (flèches vertes) ; (4) transferts vers la zone hyporhéique, transit, et exfiltration.

## A RETENIR

Ce projet a permis d'évaluer la pertinence de *P. aeruginosa* comme indicateur de la qualité microbiologique des milieux aquatiques. Cet indicateur avait été suggéré dans un rapport d'expertise de l'Anses pour le suivi de la qualité microbiologique des baignades artificielles (également appelées « piscines écologiques »). Pour permettre de préciser l'intérêt de l'indicateur *P. aeruginosa*, nous avons étudié sa répartition et son accumulation au sein d'un cours d'eau intermittent, la rivière Chaudanne à Grézieu-la-Varenne. Le schéma de la Fig. 6 présente un résumé des observations réalisées durant cette action.

Aucune flambée « épidémique » environnementale (sur la base des écarts dans les concentrations observées) n'a été observée à ce jour malgré des concentrations parfois élevées dans le périphyton et sur les macrophytes. Ces derniers supports montrent des ratios *P. aeruginosa* sur *E. coli* suggérant un tropisme plus élevé que celui observé pour les sédiments. Ces concentrations pourraient avoir augmenté par un phénomène d'accumulation mais également des propriétés d'adhérence plus fortes pour les composantes à la surface des organismes photosynthétiques exposés à des polluants chimiques e. g. fucose, galactose (e. g. Andrade et al. 2010, Mar Pollut Bull. 60(9):1482-8). Cette hypothèse nous a conduit à étudier les propriétés d'adhérences des formes aquatiques de *P. aeruginosa*.

Un calcul systématique du nouvel indice hydrologique, ttsec 50L/s (en plus de ceux présentés dans Breil et al., 2013), a été effectué, et a permis d'observer une relation significative entre les augmentations log de *P. aeruginosa* et la durée des périodes de temps sans crue >50L/s. Les crues de  $Q > 50L/s$  induiraient un détachement de *P. aeruginosa* ou une remobilisation des dépôts ayant sédimenté et fixés *P. aeruginosa* que ce soit dans les sédiments benthiques ou hyporhéiques.

## C.5. ANALYSE PERFORMANTIELLE DES SYSTEMES DE GESTION DES EAUX URBAINES

### a) Equipes et Disciplines mobilisées

Equipes: DEEP, Lyre Suez-Environnement, Grand Lyon, ENGEES, UMR 5600 EVS; Disciplines: Génie civil, Economie, Sociologie des organisations, Science de l'environnement.

### b) Enjeux, Problématique et Objectifs

Les systèmes de gestion des eaux (potable, pluviale, usée notamment) ont évolué depuis leur mise en place pour s'adapter à la ville et à nos modes de vie. Leur évolutions ont conduit à une diversification des dispositifs et des organisations. De plus, l'ensemble de ces systèmes ont souvent évolué indépendamment les uns des autres et sans réelle cohérence. A la multiplication des dispositifs et des organisations, s'ajoute également la multiplication des enjeux. Les maîtres d'ouvrage publics doivent donc faire évoluer leurs systèmes de façon à intégrer ces nouveaux objectifs tout en maintenant les finalités. Cette évolution est de plus contrainte par la nécessité de limiter les dépenses publiques et de tenir compte d'une possible évolution climatique : la rationalisation des choix devient donc à la fois de plus en plus impérative et de plus en plus difficile. L'image de l'eau en ville a changé, tout comme ces usages. Le système tout réseau a certes permis de gérer l'évacuation des eaux usées et de résoudre les problèmes sanitaires liés à ces eaux mais a aussi contribué à cacher ces infrastructures, connues des seuls gestionnaires responsable de leur entretien et leur pérennité. L'eau cachée est passée au stade d'eau source d'agrément comme l'illustrent bien les différents articles de l'ouvrage « Peurs et plaisirs de l'eau » (Barraqué B. & Roche P. A., 2010)<sup>45</sup>. L'eau retrouve sa place dans les aménagements urbains et péri-urbains : miroir d'eau, aménagements de berges, remise à ciel ouvert de ruisseaux canalisés... Carré *et al.* (2010) considèrent la nécessité d'une nouvelle gestion de proximité des eaux urbaines, tout en constatant que même si les solutions territorialisées de contrôle à la source progressent, la proximité organisationnelle semble difficile à se mettre en place. On parle aujourd'hui plus facilement de « services à l'environnement » ce qui montre bien qu'il y un changement de pratiques et une prise en compte de nouveaux enjeux à une échelle différente. L'approche purement technique considérant la gestion de l'eau exclusivement du point de vue de l'ingénieur n'est pas viable (Chocat *et al.*, 2007)<sup>46</sup>: il est indispensable d'associer l'ensemble des acteurs de l'eau (techniques et non techniques) à l'évaluation du service fourni et au fonctionnement des dispositifs et organisations (Toussaint, 2009)<sup>47</sup>. Les eaux produites par et transitant à travers la ville doivent être intégrées au cœur des réflexions sur la conception, l'organisation et la gestion de la ville. Elles doivent également être considérées à l'échelle des bassins versants. Ceci nécessite de trouver les modalités d'interaction et surtout de coopération entre l'ensemble des organisations et des acteurs concernés, à l'échelle du territoire urbain comme à celle du bassin versant hydrologique. Il s'agit en fait d'un changement profond de paradigme. Ce changement doit concerner à la fois les dispositifs techniques (objets, ouvrages) et les organisations (collectivités, entreprises, syndicats, associations, collectifs, etc.) qui concourent à la gestion des eaux en assurant des fonctions pour rendre un service.

<sup>45</sup> Barraqué B., Roche P.A. (sous la direction de) (2010) « Peurs et plaisirs de l'eau », éditions Hermann, 553 p.

<sup>46</sup> Chocat, B.; Ashley, R.; Marsalek, J.; Matos, M.; Rauch, W.; Schilling, W. & Urbonas, B. (2007) Toward the Sustainable Management of Urban Storm-Water Indoor and Built Environment, 16, 273-285

<sup>47</sup> Toussaint J.-Y. (2009) Usages et Techniques, in JM Stébé et H Marchal (dir.) Traité sur la ville, Paris, PUF, mai 2009.

L'enjeu principal actuel est donc le passage d'une gestion optimisée d'un système d'assainissement au développement d'un système durable de gestion des eaux urbaines – SGEU (Cherqui *et al.*, 2013b)<sup>48</sup>. Ces changements vers un système de gestion durable des eaux urbaines s'accompagnent nécessairement d'un changement de territoires à trois niveaux :

- Spatial (Figure 45 a): passer du réseau d'assainissement au système de gestion des eaux urbaines (SGEU) nécessite de raisonner sur la globalité des systèmes de gestion des eaux (usées, pluviales, potables, naturelles et d'agrément), et sur l'ensemble du cycle de l'eau sur le territoire. Ces systèmes sont en interactions à la fois au niveau des dispositifs, des acteurs et des services rendus.
- Organisationnel (Figure 45 b) : passer du service d'assainissement à un processus interservices en relations avec les services de la voirie, de la propreté, des espaces verts (souvent gérés à l'échelon communal), de l'urbanisme, des transports et grands travaux... Certaines collectivités ont d'ores et déjà mis en place certaines collaborations interservices : utilisation d'eaux usées pour le nettoyage des bennes à ordures, entretien des techniques alternatives par le service des espaces verts, nettoyage combiné de la voirie et des réseaux, etc. La collaboration doit également être renforcée avec les aménageurs publics/privés, les institutionnels...
- Au niveau des acteurs (Figure 45 c) : au-delà de la multiplicité des intervenants pour la conception et l'entretien des dispositifs ; la place du citoyen s'élargit pour aller d'usager du service de l'assainissement et de l'eau, payeur de la facture d'eau, de victime en cas de dysfonctionnement vers un rôle plus dynamique, à titre individuel ou au sein d'associations. Il s'agit également d'utilisation et parfois d'appropriation des ouvrages de gestion de l'eau, de co-décision dans certaines opérations d'écoquartier par exemple, de responsable du bon fonctionnement des dispositifs installés à la parcelle ou en pied ou toit d'immeuble...

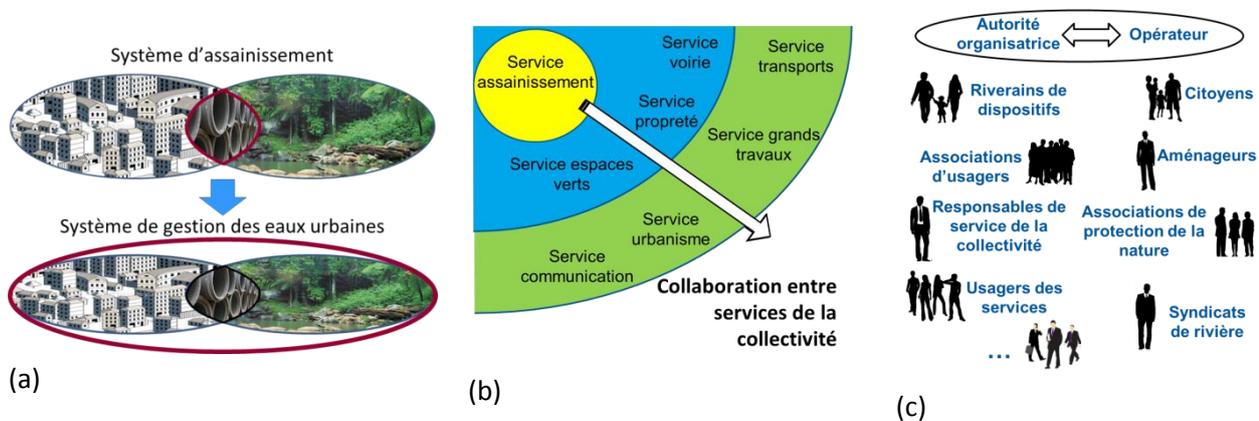


Figure 45 : changements vers un système de gestion des eaux urbaines, (a) changement d'échelle spatiale, (b) changement organisationnel et (c) changement au niveau des acteurs

### c) Approche scientifique et technique

Dans le projet ANR villes durables OMEGA, le SGEU est étudié au travers de fonctions traduisant les services rendus par le système de gestion des eaux urbaines dans ses différentes dimensions.

<sup>48</sup> Cherqui F., Wery C., (2013b) « Pour un service intégré de la gestion des eaux urbaines » dans Urbanisme et services publics urbains : l'indispensable alliance, Ouvrage introductif au 92ème congrès de l'ASTEE, 4-7 juin 2013 à Nantes p. 64-67.

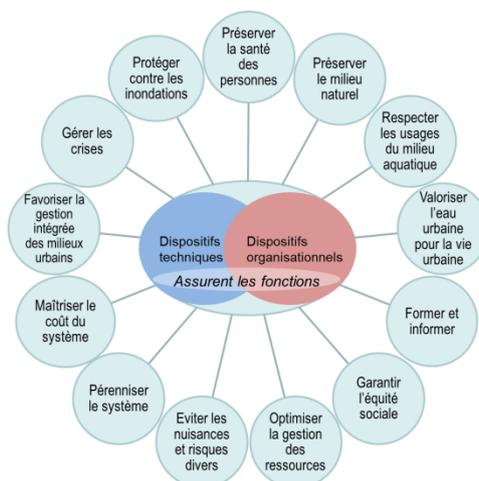


Figure 46 : marguerite des fonctions du système de gestion des eaux urbaines - synthèse des services à rendre. (Cherqui *et al.*, 2013a)

L'enjeu majeur est de croiser les visions économiques, sociales (urbaines), environnementales, techniques (approche ingénieur), organisationnelles et opérationnelles (réalités du terrain). Il est donc nécessaire de produire des outils à usage opérationnel permettant de mesurer de la façon la plus objective le niveau de service rendu par le système mis en place et d'utiliser cette évaluation pour aider les différents acteurs à choisir les stratégies les plus performantes. L'objectif du projet OMEGA est donc de développer et de tester une méthodologie d'évaluation pluridisciplinaire permettant de répondre à ce besoin. La méthodologie proposée, nommée EAR, s'inscrit dans la suite logique de la boucle de la qualité dite roue de Deming : « Plan – Do – Check - Act » (Deming, 1982, cité par Anderson *et al.*, 1994)<sup>49</sup>. La méthodologie est basée principalement sur l'écoute des attentes et des besoins des différents acteurs, elle se compose de 5 étapes : Evaluation, décision, Action, suivi, Rétroaction. Ces différentes étapes sont présentées dans la figure suivante.

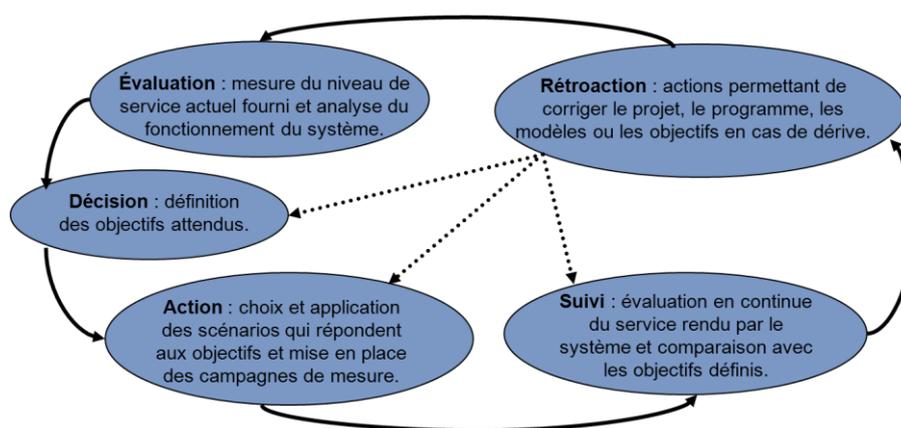


Figure 47: les cinq étapes de la méthodologie EAR (Granger, 2009)

Le projet OMEGA vise à produire les connaissances et les éléments méthodologiques permettant la mise en œuvre opérationnelle de l'étape d'évaluation de la méthode EAR. Considérant l'évolution du système d'assainissement et par extension l'évolution du système de gestion des eaux urbaines, l'élaboration d'un

<sup>49</sup> Deming, W.E. (1982). *Out of the Crisis*. Press Syndicate of the University of Cambridge. Melbourne.

guide méthodologique permettant d'accompagner le changement de paradigme nécessaire repose sur un ensemble de principes fondateurs :

- Principe n°1 « Offrir une vision globale »,
- Principe n°2 « Intégrer les besoins et attentes des acteurs des territoires superposés »
- Principe n°3 « Intégrer les différents acteurs à la prise de décision »
- Principe n°4 « Adopter une gestion adaptative »
- Principe n°5 « Utiliser les connaissances locales »
- Principe n°6 « Ajuster la méthode et les ambitions aux ressources disponibles sur un territoire et réciproquement »

La construction de la méthode d'évaluation d'EAR nécessite : de développer de nouveaux éléments de méthode, d'expérimenter l'ensemble des éléments de méthode pour identifier les manques, et de proposer des améliorations. Le schéma de la Figure 48 présente le mode de questionnement suivi pour élaborer les éléments de méthodes.

Elle demande également de bien connaître les systèmes urbains et les niveaux de service que l'on peut en attendre. C'est à ce niveau très précis que réside le lien avec l'OTHU qui a permis de disposer d'une bonne de connaissances importante.

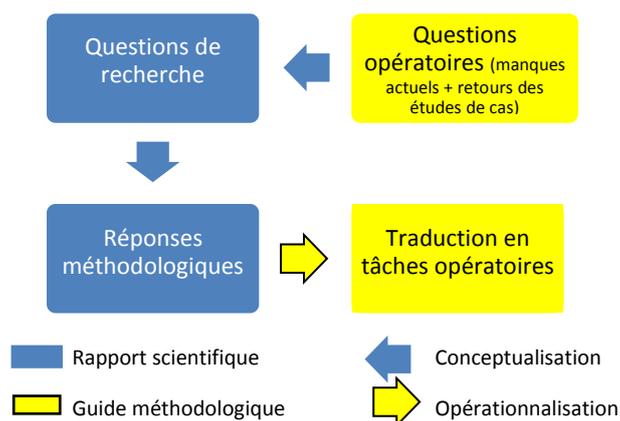


Figure 48: démarche de questionnement suivi dans le cadre du projet OMEGA

La définition des questions de recherche à étudier provient de plusieurs sources :

- La « traduction » ou conceptualisation de questions opératoires, c'est-à-dire de questions posées (difficultés d'application, manques, etc.) lors de l'expérimentation des éléments de méthodes sur les différentes études de cas,
- L'analyse bibliographique concernant des projets similaires mettant en évidence des questions spécifiques,
- Le croisement de la démarche opératoire avec les principes fondateurs de la démarche OMEGA (questionnement sur l'adéquation des éléments de méthode avec les principes),
- La démarche de questionnement systématique inhérente au processus de recherche,

#### d) Résultats obtenus

Le résultat de cette recherche réside dans le développement d'une méthodologie à destination de la communauté scientifique qui a fait l'objet guide procédural intégrant la constitution de connaissances et de

méthodes sur la gestion de l'eau en milieu urbanisé<sup>50</sup>. Cette action a également permis d'élaborer un guide méthodologique à destination des praticiens (autorité organisatrice ou gestionnaire), afin de les aider à dépasser les difficultés soulevées par la gestion actuelle des eaux urbaines et à mettre en œuvre une gestion intégrée de ces eaux. Ce guide décrit l'ensemble des étapes et outils nécessaires pour : (i) la réalisation d'un diagnostic sur un territoire concernant l'ensemble des services à rendre, (ii) la mise en œuvre d'une gestion multi-enjeux et multi-acteurs sur ce territoire. Enfin la méthodologie intègre des études de cas et s'est traduit par un prototype de logiciel informatique, développé sur la base d'un SIG qui permet de faciliter la mise en œuvre de la démarche OMEGA sur un territoire.

### e) Production scientifique

#### Publications dans des revues internationales à comité de lecture

Belmeziti A., Cherqui F., Tourne A., Granger D., Wery C., Le Gauffre P., Chocat B. (2015) Transitioning to sustainable urban water management systems: how to define expected service functions? *Civil Engineering and Environmental Systems*, 32(4), 316-334.

Cherqui F., Belmeziti A., Granger D., Sourdril A. & Le Gauffre P. (2015) Assessing urban potential flooding risk and identifying effective risk-reduction measures, *Science of The Total Environment*, 514(1), 418-425.

Nafi A., Bentarzi Y., Granger D. & Cherqui F. (2014) Eco-EAR: A method for the economic analysis of urban water systems providing services, *Urban Water*, 11(6), 467-481.

#### Contribution à un ouvrage

Nafi A., Bentarzi Y., Granger D., Wery C., Cherqui F., Loubiere B., Trognon-Meyer C., Gsell S. et Perret P. (2014) « Comment évaluer le coût acceptable du Système de Gestion des Eaux Urbaines ? » dans *Le service public d'eau potable et la fabrique des territoires*, sous la coordination de Antoine Brochet et Bernard Pecqueur, éditions l'Harmattan, 203-220.

Cherqui F., Wery C., (2013) « Pour un service intégré de la gestion des eaux urbaines » dans *Urbanisme et services publics urbains : l'indispensable alliance*, Ouvrage introductif au 92ème congrès de l'ASTEE, 4-7 juin 2013 à Nantes p. 64-67. (en français et en anglais)

#### Publications dans des revues scientifiques ou techniques à comité de lecture

Granger D., Schmidt M., Cherqui F., Rousseau JP., Darribere C., Chambolle M., Ventura, A., Rouillet M. (2015) Evaluation du risque de nuisances liées au système d'assainissement. Application sur le territoire de Bordeaux Métropole, *Techniques - Sciences - Méthodes*, 5, 15-28.

Granger D., Sourdril A., Cherqui F., Rousseau JP., Darribere C., Garcia-Alcubilla R., Paillou P., Loubière B., Le Gauffre P. (2014) Evaluation de l'aléa débordement du système d'assainissement. Application sur le territoire de la communauté urbaine de Bordeaux, *Techniques - Sciences - Méthodes*, 3, 38-48.

Tourne A., Rousseau JP., Darribere C., Chambolle M., Cherqui F., Granger D., Le Gauffre P., Loubière B. (2014) Directive Cadre Européenne sur l'Eau : proposition d'un outil d'analyse et de participation pour améliorer la qualité des milieux aquatiques, *Techniques - Sciences - Méthodes*, 4, 25-36.

#### Communications internationales avec actes

Cherqui F., Granger D., Sourdril A. & Le Gauffre P. (2013) Recurrent urban flooding hazard assessment based on operational databases – full-scale implementation for the urban community of Bordeaux, LESAM 2013 – 5th Leading-edge conf. on Strategic Asset management. IWA (Int. Water Assoc.), 10-12 September, Sydney, Australia, poster.

---

<sup>50</sup> Anderson, J.C., Rungtusanatham, M. and Schroeder, R.G., (1994). A theory of quality management underlying the Deming management method. *Academy of Management Review* 19, pp. 472–509.

Carré C, Chouli E., Deroubaix J.F., (2010) « La recomposition territoriale à l'aune de la proximité – le cas de la gestion des eaux de pluie en ville », développement durable et territoires, dossier 7 : proximité et environnement, novembre.

Cherqui F., Baati S., Bentarzi Y., Chocat B., Le Gauffre P., Granger D., Loubiere B., Nafi A., Patouillard C., Tourne A., Toussaint J.Y., Vareilles S. & Wery C. (2013a) Quels enjeux pour la gestion des eaux urbaines ? Contribution à la formulation des services à rendre par le système de gestion des eaux urbaines, 8th Novatech International Conference, 23-27 June, Lyon, France.

Granger, D. (2009), *Méthodologie d'aide à la gestion durable des eaux urbaines*, thèse de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (INSA), septembre, 180 p. + annexes.

Tourne A., Rousseau J-P., Darribere C., Chambolle M., Cherqui F., Granger D., Le Gauffre P. et Loubiere B. (2013) Water Framework Water Framework Directive: proposition of a method to involve stakeholders in actions and decision process, 10th IWA Leading Edge Conference on Water and Waste Water Technologies, Bordeaux, 2-6 June, poster.

Granger D., Sourdril A., Rousseau J.P., Darribère C., Cherqui F. & Le Gauffre P. (2013) Evaluation de l'aléa débordement sur un territoire : valorisez vos données ! 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France, poster.

Cherqui F., Granger D., Métadier M., Fletcher T., Barraud S., Lalanne P. & Litrico X. (2013) Indicators related to BMP performances: operational monitoring propositions, 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France, poster.

Ah-leung S., Baati S., Patouillard C., Toussaint J.-Y. & Vareilles S. (2013). Que fabrique-t-on avec les eaux pluviales urbaines ? Les dispositifs techniques et les usages du parc Kaplan dans l'agglomération lyonnaise. 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France.

Nafi A., Bentarzi Y., Granger D. & Cherqui F. (2013) Eco-EAR : méthode d'analyse économique des services rendus par le système de gestion des eaux urbaines, 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France, poster.

Cherqui F., Baati S., Bentarzi Y., Chocat B., Le Gauffre P., Granger D., Loubiere B., Nafi A., Patouillard C., Tourne A., Toussaint J.Y., Vareilles S. & Werey C. (2013) Quels enjeux pour la gestion des eaux urbaines ? Contribution à la formulation des services à rendre par le système de gestion des eaux urbaines, 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France.

#### **Communications nationales avec actes**

Granger D., Sourdril A., Cherqui F., Rousseau J-P., Darribere C., Garcia-Cubilla R., Paillou P., Loubiere B. et Le Gauffre P. (2013) Évaluation de l'aléa débordement du système d'assainissement – application sur le territoire de la Communauté Urbaine de Bordeaux, 92ème Congrès de l'ASTEE, Nantes, 4-7 juin.

Tourne A., Rousseau J-P., Darribere C., Chambolle M., Cherqui F., Granger D., Le Gauffre P. et Loubiere B. (2013) Outil d'analyse et de participation pour améliorer la qualité des milieux aquatiques : application sur le territoire de la Communauté Urbaine de Bordeaux, 92ème Congrès de l'ASTEE, Nantes, 4-7 juin.

**Logiciels** : Granger D., Cherqui F., Loubière B., Tourne A. (2014) Outil informatique OMEGA Drive. Livrable L8, programme OMEGA ANR Villes Durables L2009, février. [www.omega-anrvillesdurables.org](http://www.omega-anrvillesdurables.org)

#### **f) Collaboration internationale**

UFMG avec Marcio Baptista: Programme Cofecub avec visites mutuelles pour traiter du sujet.

#### **g) Perspectives**

La démarche OMEGA sera appliquée dans le cadre du projet ONEMA Micromégas (définition d'une marguerite pour caractériser le service rendu par les techniques de gestion à la source).

## **A RETENIR**

La démarche OMEGA permet de réaliser un diagnostic sur un territoire dans le but d'identifier l'ensemble des services à rendre par un système de gestion des eaux urbaines.

Un guide méthodologique à destination des décideurs et gestionnaires est disponible en ligne sur le site de l'othu comprenant notamment des recommandations pour aider à mettre en œuvre une gestion multi-enjeux et multi-acteurs sur un territoire donné.

## C.6. METROLOGIE : amélioration des outils et dispositifs métrologiques

### C.6.1. DISPOSITIF DE SURVEILLANCE ET DE MAITRISE DES FLUX D'EAU - DSM-FLUX

#### a) Equipes et disciplines/compétences mobilisées

INSA DEEP: mécanique des fluides numérique, hydraulique à surface libre ; LMFA : Mécanique des fluides expérimentale ; Métropole de Lyon : financement du pilote DSM, gestion de chantier, conduite de travaux, aspects juridiques ; Société SADE : Conception du DSM, Génie Civil ; PROVADEMSE : Exposition et valorisation du pilote DSM ; Pulsalys (SATT Lyon-Saint-Etienne): Communication autour du produit DSM ; INSAVALOR : Gestion de la convention partenariale et aspects juridiques.

#### b) Objectifs

Les réseaux d'assainissement n'ont pas été conçus à l'origine pour permettre d'y réaliser des mesures. Les écoulements y sont complexes (turbulents, à surface libre ou sous pression, multiphasiques), notamment au droit d'ouvrages spéciaux tels que les déversoirs d'orage. Les rejets des réseaux d'assainissement, en particulier ceux rejetés par les déversoirs d'orage, sont en grande partie responsable de la dégradation des milieux aquatiques récepteurs (Passerat et al., 2010<sup>51</sup> ; Namour et al., 2015<sup>52</sup>). Aucun dispositif métrologique ne permet aujourd'hui de surveiller en continu les quantités et la qualité de ces rejets. C'est pourquoi le dispositif de surveillance et de maîtrise des flux (DSM-flux) a été mis au point. Ce dispositif est breveté au niveau international (Lipeme Kouyi et al., 2013) et les objectifs principaux sont de simplifier la mesure des débits, des concentrations en polluants et d'intercepter les polluants particuliers véhiculés par les rejets urbains par temps de pluie (rejets des déversoirs d'orage, des stations de traitement, au niveau des exutoires d'eau pluviale).

#### c) Méthodes

La Modélisation 3D des écoulements a été mise en œuvre pour concevoir le pilote DSM-flux. La validation préalable des modèles 3D utilisés a été faite en utilisant les données OTHU (hauteurs, vitesses moyennes) récoltées au niveau du déversoir d'orage du site Ecully. Ensuite, les expérimentations sur le pilote DSM à l'échelle 1/5 (mesures de hauteurs d'eau pour des débits variant de 1 à 10 l/s) ont été réalisées au sein du hall PROVADEMSE dans le but d'établir la relation hauteur-débit à partir d'une seule mesure de hauteur d'eau. Des tests ont également été effectués pour évaluer la capacité du DSM-Flux à intercepter les polluants particuliers. Les premiers essais ont été faits à l'aide des particules de sable de taille variée (de 100 µm à 2 mm de diamètre). 10 Kg de sable ont été utilisés.

#### d) Résultats clés : scientifiques et opérationnels

Le DSM est une alternative au canal venturi, composé d'un élargissement progressif, de deux rangées de dissipateurs d'énergie, d'une zone de décantation (tranquillisation à l'aval des dissipateurs) et d'une zone de déversement. Une relation hauteur-débit a été établie et permet d'obtenir le débit déversé à l'aide d'une

<sup>51</sup> Passerat J, Ouattara NK, Mouchel JM, Rocher V, Servais P. (2011). Impact of an intense combined sewer overflow event on the microbiological water quality of the Seine river. *Water Research*, 45, 893-903.

<sup>52</sup> Philippe Namour, Laurent Schmitt, David Eschbach, Bertrand Moulin, Guillaume Fantino, Claire Bordes, Pascal Breil (2015). Stream pollution concentration in riffle geomorphic units (Yzeron basin, France), *Science of The Total Environment*, Volume 532, 1, Pages 80-90

seule mesure de hauteur d'eau, quelles que soient les conditions d'écoulement amont (régimes fluvial, torrentiel, critique, présence d'un obstacle à l'entrée, présence de dépôt, etc.) (Figure 49).

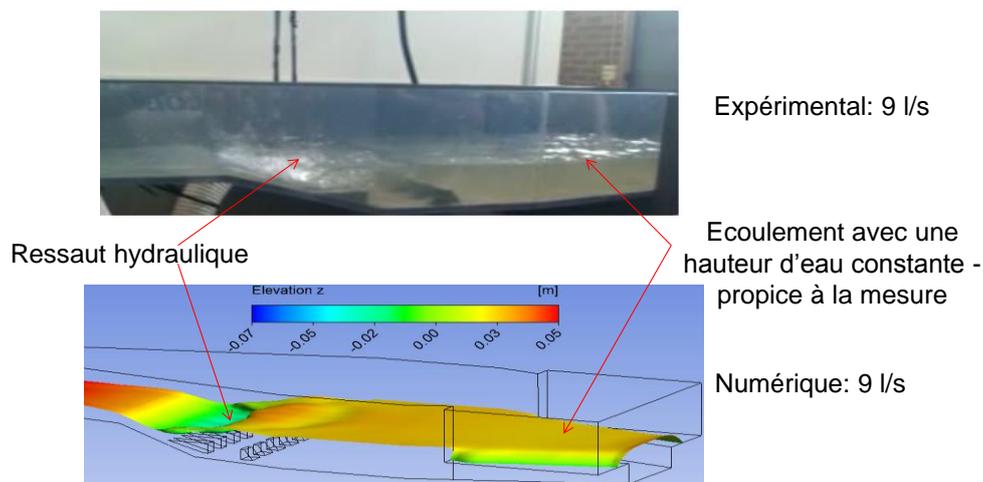


Figure 49: mesure et simulation des écoulements au sein du DSM. Le ressaut hydraulique apparaît au niveau des dissipateurs, permettant l'établissement d'un régime fluvial et d'une hauteur d'eau constante au niveau de la zone de déversement.

Le taux d'interception atteint 90 % et les dépôts sont localisés au niveau de la zone de tranquillisation (entre les dissipateurs et la zone de déversement – voir Figure 50) simplifiant ainsi l'enlèvement des dépôts et donc l'exploitation du dispositif.

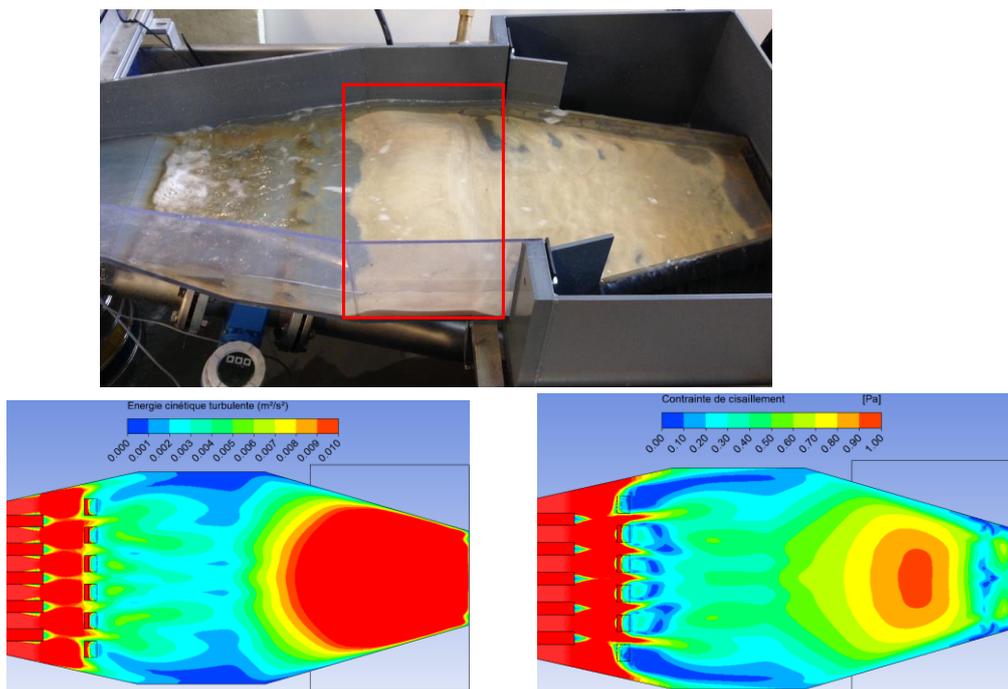


Figure 50: Localisation des sédiments de sable dans la zone de tranquillisation (à l'aval des dissipateurs). La décantation a lieu au niveau de la zone où l'énergie cinétique turbulente (en bas à gauche) et les contraintes de cisaillement (en bas, à droite) sont faibles.

### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

#### Brevet:

Lipeme Kouyi G., Visiédo R., Volte E. (2013). Ouvrage pour surveiller et maîtriser le débit et la qualité des effluents dans un collecteur de décharge. Brevet Européen (n° d'enregistrement national 11 61428, CPI n°94-0312), en partenariat avec la direction de l'eau du Grand Lyon, publié dans la base de données de l'institut national de la propriété industrielle -INPI.

Article dans une revue à comité de lecture :

Adrien Momplot, Gislain Lipeme Kouyi, Emmanuel Mignot, Nicolas Rivière & Jean-Luc Bertrand-Krajewski (2016). Typology of the flow structures in dividing open channel flows. *Journal Of Hydraulic Research*.  
<http://dx.doi.org/10.1080/00221686.2016.1212409e>

**Articles dans les actes de conférences internationales:**

Mate Marin Ainhoa, Nicolas Rivière, Gislain Lipeme Kouyi (2016). Stage-discharge Relationship of the DSM-flux® to Measure overflow Rates in Combine Sewer Systems. 8th international conference on Sewer Processes and Networks – SPN8, Rotterdam, Netherlands, 31 Aug.-2 Sept.

Lipeme Kouyi Gislain, Nasri Ahmed Amin, Momplot Adrien (2015). Velocity field in a best overflows monitoring structure. *In: E-proceedings of the 36th IAHR World Congress*, 28 June – 3 July, The Hague, the Netherlands.

MOMPLOT, A., LIPEME KOUYI, G., VISIEDO R., VOLTE, E., COURNOYER, B. (2014). Best CSOs monitoring and management: the OMMD technology. *Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage - ICUD*, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8p.

**Articles dans les actes de conférences nationales:**

Visiédo R., Lipeme Kouyi G., Volte E., Momplot A., Cournoyer B. (2013). Conception et réalisation d'un Dispositif de Surveillance et de Maîtrise des Flux déversés au milieu naturel. 92ième congrès de l'ASTEE « au service de villes durables et responsables », 4-7 juin, Nantes, 7p.

**Chapitre d'ouvrage international:**

Lipeme Kouyi G., Momplot A., Hmedi N., Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L., Visiedo R., Volte E., Sollicec L. (2015). Chapter 3.7 - Sensor placement (micro location) for discharge measurements in sewers. In *Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction*, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakeridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 168-174. ISBN 9781780404998.

**Autre:**

Philippe Ronan, Lipeme Kouyi Gislain (2016): DSM flux: outil pour mieux surveiller la qualité des masses d'eau. Conférence "Forum EAU", Pollutec Lyon.

**f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

ANR Mentor (développement de procédures, d'outils et dispositifs opérationnels pour maîtriser les débits et les concentrations au droit d'ouvrages spéciaux en réseau d'assainissement), FP7 PREPARED (optimisation de l'emplacement des capteurs débitmétriques au niveau des sites sous influence d'une singularité), Projet DSM Grand Lyon-INSA (évaluation in situ des performances hydrauliques et règles d'exploitation du DSM-flux), Thèse d'Ainhoa Mate Marin financée par la Région Auvergne Rhône Alpes (2015-2018).

**g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)**

Au niveau du pilote DSM situé dans le hall EEDEMS, des mesures de champ de vitesse vont être entreprises à l'aide des capteurs ADV (mesures 3D des vitesses) dans le but d'évaluer l'impact de ce champ de vitesse sur le transport sédimentaire. Ce travail va être réalisé en étroite collaboration avec le LMFA site INSA Lyon. Des essais de transport solide au sein du DSM vont se poursuivre à l'aide de particules de différentes densités (entre 1.1 et 2). Un DSM a été installé sur le site Grand Lyon de Sathonay Camp (site soumis à l'autosurveillance). L'objectif est d'évaluer in situ les performances hydrauliques (robustesse de la relation hauteur-débit établie sur pilote) du dispositif et le taux d'interception des polluants particuliers. Des analyses de sédiments interceptés seront réalisées dans le but de quantifier la teneur en micropolluants piégés, ainsi que la qualité microbiologique et l'écotoxicité de ces mêmes sédiments (partenariat avec le LEM et LEHNA). Ces travaux de recherche seront menés dans le cadre de la thèse d'Ainhoa MATE MARIN.

recommandations seront également formulées en matière d'entretien, de maintenance et d'exploitation du DSM-flux. Enfin, un projet franco-autrichien sera monté avec TU Graz (Dr. Günter Gruber).

## A RETENIR

Le DSM est une alternative au venturi et permet de mesurer les débits déversés et les concentrations en polluants. Une loi hauteur débit a été établie et est robuste (valide quelles que soient les conditions d'écoulement à l'entrée). Le taux d'interception de polluants particuliers obtenu sur pilote est de 90 %. Les dépôts sont localisés simplifiant ainsi l'exploitation du dispositif.

## C.6.2. MICRO-CAPTEURS ET BIO-INDICATIONS : CAPTEURS PASSIFS POUR LES BIOFILMS, BIOESSAIS ET CAPTEURS ALGAUX

### a) Equipes et disciplines/compétences mobilisées

LEHNA (équipes E3S et IPE), LEM (équipe BPOE)

### b) Objectifs

La recherche menée sur ce thème a pour but de mieux évaluer l'état des milieux aquatiques en entrée et à l'aval des systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales. Plusieurs stratégies ont été mises en œuvre au cours des dernières années dans le cadre de l'OTHU.

L'utilisation de bioindicateurs permet d'évaluer l'effet de la qualité des rejets d'eaux pluviales sur le fonctionnement des écosystèmes récepteurs. Pour cela différents types de bioessais ont été développés au moyen d'organismes représentatifs : algues vertes unicellulaires (*Chlorella v.*, *Pseudokirchneriella s.*, *Chlamydomonas r.*) et microcrustacée (*Ceriodaphnia d.*).

Une approche « capteurs » a simultanément été développée afin de mesurer *in situ* la réponse du système à des arrivées de contaminants organiques, inorganiques et métalliques. Deux types de capteurs basés sur l'utilisation de la réponse biologique des organismes ont été utilisés : 1- les biocapteurs algaux pour la surveillance de l'arrivée de contaminants dans les systèmes de collectes en eau pluviale et 2- les biofilms microbiens développés sur substrats artificiels pour évaluer la qualité trophique de la nappe phréatique en fonction de la recharge en eaux pluviales.

Les critères d'évaluation de la qualité des eaux de surface et souterraines ne peuvent pas se limiter à des caractéristiques physiques et chimiques. Outre la possibilité de détecter la présence de contaminants, les capteurs algaux évaluent la réactivité des algues unicellulaires, à la base des chaînes trophiques et permettent ainsi d'identifier des menaces pour l'équilibre des écosystèmes de surface. De la même façon, nous avons donc proposé une stratégie originale d'évaluation du degré de perturbation des écosystèmes souterrains en utilisant les biofilms microbiens se développant sur des substrats artificiels immergés dans des puits.

### c) Méthodes

#### 1- Bioessais :

Ils ont été réalisés sur les algues et les microcrustacés préalablement exposés à des rejets collectés en sortie de bassin de rétention de Django Rheinhardt, sur le bassin d'infiltration de l'IUT sur le campus de la Doua et au niveau de la surverse du bassin excréteur de crues sur le torrent du Couloup sur la commune de Miribel (Ain). Les bioessais sur les algues évaluent la perméabilité membranaire, différentes activités enzymatiques comme les phosphatases et estérases, témoins du métabolisme global des algues et des marqueurs du stress oxydant (superoxyde dismutase, ascorbate peroxydase, peroxydation lipidique), ainsi que l'émission des chlorophylles en tant que marqueur de l'activité photosynthétique. Le bioessai sur microcrustacés est un test mutigénérationnel de l'inhibition de la reproduction.

#### 2- Capteurs algaux :

Ils sont développés à partir des résultats obtenus avec les bioessais. Les impacts les plus marqués sur les algues après exposition portent sur la fluorescence des chlorophylles. Les capteurs développés sont donc des capteurs optiques, le dispositif devant permettre la mise au contact des algues et d'une fibre optique de manière à détecter les modifications éventuelles du niveau de fluorescence après contact avec les rejets. Différents types de techniques sont développées pour cela : une double encapsulation des algues dans une

matrice sol-gel alginate silice placée au contact de la fibre optique, cette technique permet une bonne protection des algues contre les agressions externes, mais le sol gel peut constituer une barrière pour un certain nombre de contaminants. L'utilisation de la microfluidique permet de résoudre le problème de barrière entre le rejet et les algues en utilisant des microcapillaires permettant un contact permanent entre algues et rejets. La fluorescence est détectée au moyen d'un système optique (incluant LED et photodétecteurs) incluse dans un dispositif portable (Figure 51).

### 3- Biofilms :

Pour deux saisons, les substrats artificiels ont été incubés durant 2 mois dans les piézomètres amont et aval des bassins d'infiltration de l'IUT, Minerve et Grange Blanche. Lors de l'expérimentation, des mesures physico-chimiques des nutriments présents dans les eaux souterraines ont été collectées à 3 occasions dans chacun des piézomètres. A la fin de l'incubation, les substrats ont été collectés et analysés pour estimer la quantité de protéines et carbohydrates développés au cours des 2 mois ainsi que les activités hydrolytiques et déhydrogénasiques des biofilms associés aux substrats. La comparaison des données obtenues en amont et aval des bassins avait pour objectif de quantifier l'effet de la recharge sur le développement du biofilm.

#### d) Résultats clés : Scientifiques et opérationnels

##### 1 - Bioessais et capteurs algaux

Les deux types d'indicateurs utilisés (algues et microcrustacés) mettent en évidence une atteinte de l'équilibre des écosystèmes récepteurs. Les résultats présentent toutefois une forte variabilité spatio-temporelle de l'impact des prélèvements.

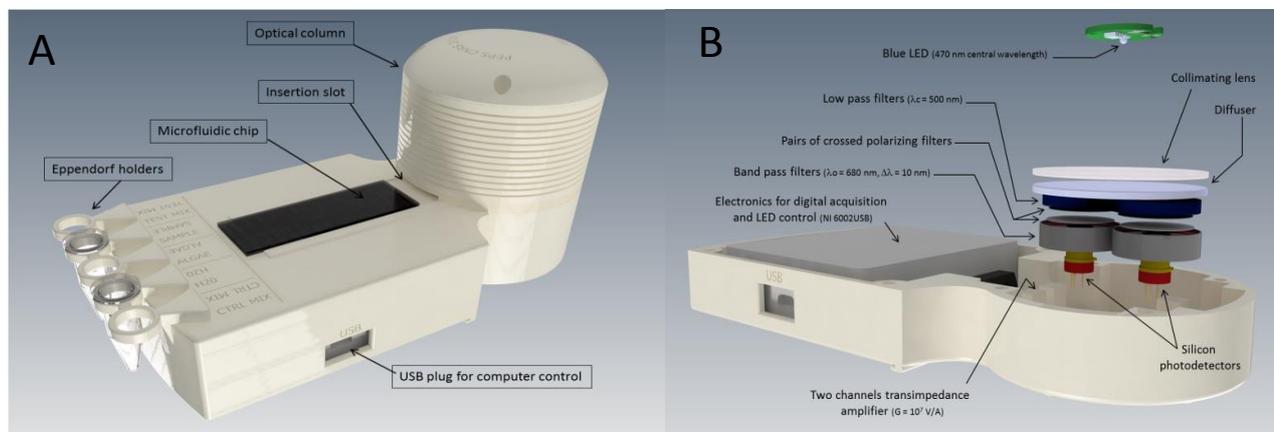


Figure 51 : capteur algal microfluidique A : vue externe ; B : vue interne, principe de fonctionnement.

Avec le développement de la station microfluidique (Figure 51) nous répondons à toutes les contraintes d'utilisation sur le terrain. Les premiers résultats obtenus en laboratoire laissent espérer des résultats prometteurs pour la détection des composés phytosanitaires agissant directement sur le niveau de fluorescence des algues.

##### 2 - Les biofilms comme indicateurs de qualité trophique des nappes.

La mesure de la croissance et des activités enzymatiques des biofilms ayant poussé sur des billes après deux mois d'incubation dans l'eau souterraine ont permis de nous renseigner sur la disponibilité en nutriments (principalement Carbone Organique Dissous et Phosphore) et sur la contamination de la nappe par les apports d'eau de surface en aval des bassins. Les biofilms étaient plus développés et plus actifs en aval des bassins en comparaison avec les zones témoin. De plus, les biomasses et activités mesurées étaient

corrélées positivement avec les teneurs en Carbone Organique Dissous et, secondairement, aux teneurs en orthophosphates (Figure 52). Cette méthode permet donc d'obtenir une évaluation intégrée dans le temps du degré de perturbation de la nappe.

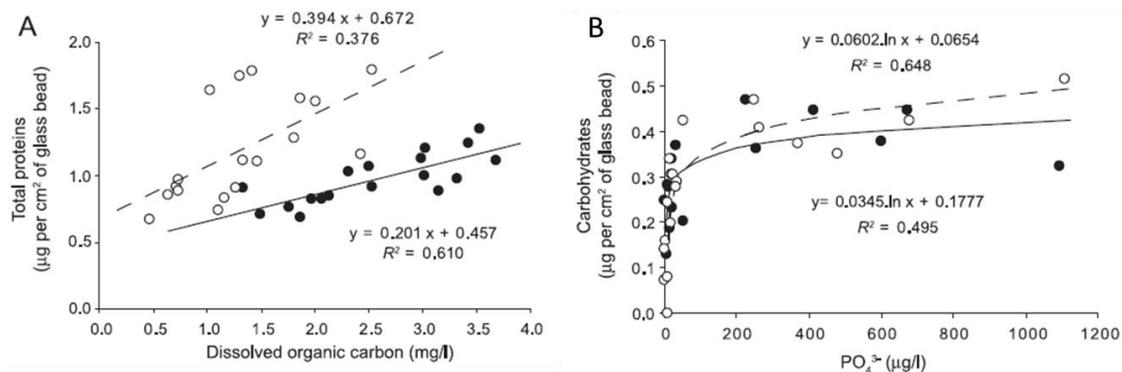


Figure 52 : Relation entre qualité de l'eau de nappe (Carbone Organique Dissous en C et orthophosphates en B) et biomasse des biofilms après 2 mois d'incubation (protéines en A, carbohydrates en B) à deux périodes de l'année (automne en noir, printemps en blanc). Mermillod-Blondin *et al.*, 2013

### e) Production scientifique associée (publications 2013-2016)

#### Articles dans des revues internationales :

- Mermillod-Blondin, F., Foulquier, A., Maazouzi, C., Navel, S., Negrutiu, Y., Vienney, A., Simon, L., Marmonier, P. (2013) Ecological assessment of groundwater trophic status by using artificial substrates to monitor biofilm growth and activity. *Ecological Indicators*, 25: 230–238.
- Durrieu, C., Ferro, Y., Perullini, M., Gosset, A., Jobbagy, M., Bimes S.A. (2016) Feasibility of using a translucent inorganic hydrogel to build a biosensor using immobilized algal cells. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (1): 9-13
- Gosset, A., Ferro, Y., Durrieu, C. (2016) Methods for evaluating the pollution impact of urban wet weather discharges on biocenosis: a review. *Water Research*, 89: 330-354.

#### Communication en congrès :

- Mermillod-Blondin F., Voisin J., Hervant F., Vienney A., Maazouzi C., Pigneret M., Cournoyer B., Marmonier P. (2015) Ouvrages d'infiltration : indicateurs biologiques de leurs impacts sur les nappes (transfert de la matière organique et organismes sentinelles). 6ème Journées Techniques de l'OTHU, 17 septembre, Lyon, France.
- Barraud S., Mermillod-Blondin F. (2016) L'eau dans la ville. Journée Scientifique de la FST - L'eau dans tous ses états. 21 Juin, Villeurbanne, France.
- Gosset A., Ferro Y., Perullini M., Jobbagy M., Bimes S., Durrieu C. (2016) Des biocapteurs algaux au service de la surveillance des milieux aquatiques vulnérables. 9ème conférence internationale NOVATECH, 28 Juin-1 Juillet, Ed. Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau, GRAIE, Lyon, URI : <http://hdl.handle.net/2042/60434>, 5 p.
- Gosset A., Chateaux J.-F., Renaud L., Bayard R., Barbe P., Durrieu C. (2016) Construction of a microfluidic optical algal biosensor in a portable system for the on-line monitoring of urban wet-weather discharges. 10èmes journées Maghreb-Europe Matériaux et Applications aux Dispositifs et Capteurs (MADICA 2016), 9-10 Novembre, Madhia, Tunisie.

#### Thèse en cours :

- GOSSET Antoine (2014-2017). Thèse dirigée par Rémy Bayard (MCU HDR, DEEP) et Claude Durrieu (IDTPE, LEHNA) : Amélioration de l'évaluation écotoxicologique des Rejets Urbains par Temps de Pluie : Proposition de développement d'une batterie de biomarqueurs, bioessais et application au monitoring de terrain (biocapteurs).

#### Mémoires de stage de Licence et de Master :

- Stage de Master 2 : Marie Morin (Avril-Aout 2016) : Développement de biomarqueurs du stress oxydant sur des microalgues: Application aux Rejets Urbains par Temps de Pluie.

**f) Collaborations nationales, internationales et Programmes de recherche supplémentaires ayant servi de support**

**Collaborations :**

Jean-François Château et Louis Renaud : Institut de Nanotechnologie de Lyon

Sara Aldabe-Bilmes, Université de Buenos Aires, Departamento de Química Inorgánica Analítica y Química Física

Arnaud Foulquier (LECA, Grenoble)

**Programmes de recherche :**

ECOS-sud France-Argentine 2013-2015

PEPS Université de Lyon-CNRS 2016

**g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche et des observations)**

Pour les capteurs algaux, la station de mesure développée par le LEHNA en collaboration avec l'INL sera testée sur sites dès le début 2017. Tout comme les travaux menés dans la partie C.3.5, l'étude des biofilms pour mesurer la qualité trophique des nappes a été à l'origine de l'obtention d'un financement par l'ANR à travers le projet FROG (Functional Responses Of Groundwater ecosystems to managed aquifer recharge in urban area) débutant en janvier 2017.

## A RETENIR

Les travaux réalisés sur algues, micro-crustacés et biofilms soulignent l'intérêt prometteur de ce type d'indicateurs biologiques intégrés pour les eaux de surface et souterraines

(comme la modification du métabolisme des algues, témoin de la présence d'éléments perturbateurs pour l'équilibre des écosystèmes aquatiques de surface et la croissance des biofilms sur substrats artificiels qui permet de suivre l'état trophique des nappes).

## **D BILAN ET PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES**

## D BILAN ET PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

Les travaux de recherche menés en appui sur les observations de l'OTHU ont pour objectifs i) de comprendre les mécanismes à la base de la circulation des flux d'eau et de contaminants en milieu urbain, ii) de comprendre les effets des rejets urbains par temps de pluie sur le fonctionnement des nappes et des rivières périurbaines, iii) de promouvoir une gestion multi-échelle et multi-acteurs (notamment les organisations) des eaux urbaines. Les résultats présentés dans ce rapport ont été obtenus dans le cadre de projets interdisciplinaires, en appui sur les sites et les données de l'OTHU.

### D.1 ORIGINALITE, INNOVATION, EXCELLENCE SCIENTIFIQUE

Ces travaux sont originaux (e.g. relations entre activités socio-économiques et contamination microbiologique des eaux de ruissellement, relations dynamique hydro-sédimentaire/morphologie/contamination chimique et microbiologique en rivière, relations écotoxicologie et bioturbation) et sont porteurs d'innovation (développement analytique, performances des bassins de retenue vis-à-vis des micropolluants, brevet européen DSM, développement de bio-capteurs, études prospectives concernant l'impact des nouvelles pratiques de gestion des eaux pluviales sur le fonctionnement hydrologique d'un bassin périurbain, etc.). Des dispositifs, outils et méthodes sont proposés pour mieux mesurer, mieux surveiller et gérer de façon intégrée (démarche OMEGA, plateforme de modélisation J2000P) les eaux urbaines. Ces outils méthodes et dispositifs sont extrapolables à et applicables dans d'autres contextes et permettent par exemple d'analyser les effets liés au changement d'échelle spatiale ou à la modification des pratiques de gestion des eaux pluviales.

L'interdisciplinarité, les collaborations et le travail spécifique des chercheurs dans l'OTHU ont entraîné une production scientifique abondante et de haut niveau, avec une diffusion à travers des revues internationales sélectives. On dénombre :

- **10** thèses soutenues (et 18 thèses en cours fin 2016)
- **4** HDR (Philippe NAMOUR, Gislain LIPEME KOUYI, Frédéric CHERQUI, Jean-Philippe BEDELL)
- **158** publications internationales dont :
  - articles dans revues internationales : **84** (86% pluri-partenaires)
  - ouvrages ou chapitres d'audience internationale : **9**
  - communications dans conférences internationales : **65**
- **98** publications nationales dont :
  - communications dans revues nationales : **21**
  - communications dans conférences nationales : **51**
  - ouvrages ou chapitres d'audience nationale : **4**
  - autres : **22** (stages, documents internes, séminaires ...)

On constate que la production scientifique a progressé en termes de publications dans des revues internationales avec une forte composante pluripartenaire (Cf. Annexe 2 pour l'évolution des productions depuis le début de l'OTHU). On note également une production plus modérée d'ouvrages techniques et scientifiques. Notre volonté d'ancrage opérationnel nécessitera de faire des efforts en ce sens.

### D.2 QUALITE ET EXPLOITATION CONJOINTE DES DONNEES

Les données sont qualifiées, stockées et certaines sont intégrées à la base VIGILANCE de la métropole. Les bases de métadonnées et BDOH permettent l'accès de l'information à l'ensemble des équipes membres. Le séminaire « Données » qui aura lieu à l'issue du conseil scientifique permettra de continuer la réflexion

collective sur l'archivage et la valorisation des données. Grâce à un financement ZABR/Agence de l'eau RMC, les chroniques OTHU consolidées ces 15 dernières années ont été exploitées et valorisées de façon collective (collaboration INSA DEEP, Lyon 1 LENHA, Agence de l'eau RMC) dans le cadre du projet ChronOthu. Ces efforts doivent être poursuivis en lien avec les autres observatoires (réseau URBIS) de manière à valoriser les données à destination de la communauté scientifique et technique aussi bien française qu'internationale. Cependant ces tâches de fourniture et gestion de données sont consommatrices de temps et nécessiteraient un temps plein ce qui est loin d'être le cas pour l'OTHU.

### **D.3 ELEMENTS DE REPONSE AUX DEFIS SANTE, POLLUTION/CONTAMINATION, ET INONDATIONS EN VILLE ET MEILLEURE INTEGRATION DES COMPOSANTES SOCIALES**

Plusieurs résultats obtenus entre 2013 et 2016 apportent des éléments de réponse pour faire face aux défis liés à la santé (qualité microbiologique et écotoxicité des sédiments, dispositif de suivi de la migration des microorganismes vers la nappe – intérêt pour la préservation de la ressource en eau), à la circulation des Polluants et microorganismes et à la problématique des inondations en ville.

Pour l'intégration plus forte de composantes sociales, là encore, l'OTHU a progressé. La quasi-totalité des programmes ANR intègre de manière directe cette composante. Le label du labex IMU (Intelligence des mondes urbains) obtenu par l'OTHU a également permis grandement d'œuvrer en ce sens. Citons les relations entre usages sur le bassin versant de Chassieu et risques sanitaires ou bien encore la perception et les représentations autour des micropolluants et de la gestion des eaux pluviales à la source. Ces recherches sont davantage intégrées et moins menées en parallèle comme au début de l'OTHU.

### **D.4 FORTE INTERACTION AVEC LE MILIEU SOCIO-ECONOMIQUE**

L'OTHU interagit fortement avec le milieu socio-économique. L'Agence de l'Eau RMC et la métropole de Lyon (souvent partenaire) sont impliqués dans les projets de recherche menés en appui sur les sites et/ou sur les données OTHU. Plusieurs collaborations sont également établies avec le secteur privé (Suez Environnement, Veolia, SADE...) ou d'autres acteurs publics comme le Sagyrc.

Ces interactions sont également renforcées dans le cadre des activités du GRAIE. Le GRAIE est un partenaire incontournable qui, à travers ses actions de valorisation et d'aide à la coordination, établit et renforce les relations entre les chercheurs de l'OTHU et les opérationnels. Le GRAIE a également pris une part prépondérante en ce qui concerne l'aide au montage et à la gestion/l'animation des projets de recherche en appui sur les sites et/ou les données de l'OTHU (e.g. ANR CABRRES, ANR OMEGA, ANR AVUPUR, Micromégas, etc.) et permet de transférer les procédures et les résultats des recherches via ses groupes de travail. Les chercheurs de l'OTHU avec le GRAIE sont également présents dans l'aide à la définition de doctrine en matière de gestion des eaux pluviales (contribution à la réflexion du GCEDD, participation au groupe de travail sur la doctrine du SAGE de l'Est Lyonnais, ...).

### **D.5 PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU CONSEIL SCIENTIFIQUE DE 2013**

*Rappel: Le Conseil scientifique de l'OTHU de 2013 (examen des travaux de recherche OTHU sur la période 2009-2012) avait formulé les recommandations suivantes: i) mener une réflexion transversale sur les liens entre l'hydrologie et la microbiologie des eaux urbaines, ii) réflexion générale stratégique sur les objectifs métrologiques poursuivis (densité des points de mesure, pas de temps d'échantillonnage, protocole d'analyse), iii) collaboration entre OTHU et laboratoires régionaux réputés dans le domaine de la chimie, iv) généralisation des résultats des recherches.*

- Liens entre l'hydrologie et la microbiologie : les relations entre l'hydrologie et la qualité microbiologique des eaux urbaines et des sédiments ont été au cœur des actions de recherche

dans le cadre de plusieurs projets entre 2013 et 2016. Citons par exemple le projet ANR CABRRES au sein duquel une tâche était dédiée à l'étude des relations entre les activités socio-économiques développées sur un bassin versant urbain et la qualité microbiologique des eaux de ruissellement. En outre, des campagnes régulières sont effectuées sur le site OTHU de la chaudanne (intégré au bassin versant de l'Yzeron) pour évaluer la qualité microbiologique des rejets des déversoirs d'orage et les conséquences sur la qualité (chimiques et microbiologique) des rivières périurbaines. Les synergies entre la microbiologie et les autres disciplines de l'hydrologie urbaine sont donc aujourd'hui bien établies et vont se renforcer (projet ANSES IOUQMER pour généraliser l'approche initiée dans le cadre de l'ANR CABRRES). Une thèse en co-tutelle a même été financée entre le LEM et DEEP (Thèse de Claire Bernardin-Souibgui qui sera soutenue le 6 février 2017).

- Réflexion stratégique sur les objectifs métrologiques : Cette réflexion a été entreprise et a débouché sur le renouvellement des stations de mesure et le changement de paradigme en matière d'instrumentation. En 2015, les stations de mesure du site de Chassieu (Est Lyon) ont été rénovées après plus de 10 ans de fonctionnement. Les objectifs visés sont : l'amélioration de la qualité des données, le pilotage des stations à distance dans le but d'optimiser la maintenance des sites, et le transfert de certaines pratiques et procédures métrologiques vers les services opérationnels. L'utilisation d'ordinateurs connectés (ADSL) et de châssis équipés de cartes d'acquisition ou de contrôle offre également d'importantes opportunités d'interactions et d'alertes en temps réel. Les pas de temps d'acquisition sont plus fins, débouchant ainsi sur des données brutes de très bonne qualité. En outre, dans le cadre du projet ANR Inogev, un consensus a été trouvé concernant les bonnes pratiques et procédure en matière de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse des micropolluants véhiculés par les eaux pluviales et se poursuit pour des problématiques de gestion à la source dans le cadre de l'appel à projets ONEMA Micropolluants. Un séminaire "données" sera organisé à l'issue du conseil scientifique 2017 pour poursuivre les discussions sur les aspects métrologiques (notamment la densité des points de mesure, le nombre et la durée des campagnes en lien avec les objectifs scientifiques).
- Les compétences en chimie sont apportées par le partenaire ISA. L'implication de ce partenaire a été prépondérante, notamment dans le cadre des projets ANR CABRRES (développement d'une nouvelle méthode analytique pour l'extraction des PBDE dans les sédiments des bassins de retenue) et l'ANR Inogev pour les HAPs. Les méthodes analytiques et de détection fondées sur le screening non ciblé sont en cours de développement et permettront d'accéder à un spectre plus large de nouvelles molécules présentes dans les effluents urbains.
- Un séminaire scientifique a été organisé le 12 mai dernier et avait pour objectif de discuter de la généralisation des résultats OTHU, ainsi que de la question du changement d'échelle (passer de l'échelle de l'ouvrage à celle du bassin versant, et de celle du bassin versant à celle de la ville). Un post-doctorat sera financé en 2017 pour faire l'inventaire du degré de "généralisabilité" des résultats. Ces résultats serviront de support pour l'élaboration d'un ouvrage collectif autour de l'interaction entre l'observation, la modélisation et l'action (amélioration des pratiques en matière de gestion des eaux urbaines).

#### **D.6 PERSPECTIVES**

Outre les perspectives mentionnées dans la partie « Résultats » de ce rapport, les points suivants indiquent de façon sommaire les travaux qui seront poursuivis. La majorité des actions de recherche seront menées dans le cadre du programme finalisé 2015-2018 (LIEN).

Le lecteur est invité à s'y référer s'il souhaite avoir plus d'informations sur certaines actions de recherche indiquées ci-après. Nous citons les actions prioritaires.

- Sédiments: i) utilisation des formes du Fer comme indicateur dans les sédiments des bassins d'infiltration et de rétention (collaboration INSA DEEP, BRGM, Grand Lyon); ii) traitabilité des sédiments (projet à construire, financement à trouver car axe de recherche jugé prioritaire).
- Performances des systèmes de gestion à la source – techniques alternatives (TA): i) une étude exploratoire a été menée sur la recherche du moustique tigre au sein des structures de gestion des eaux pluviales (bassin d'infiltration, toitures végétalisées, etc.). Il nous paraît judicieux de poursuivre cette étude au sein d'une thématique à développer autour de « la ville comme chemin de la biodiversité » (Collaboration Lyon 1 LENHA, Métropole de Lyon, INSA DEEP, GRAIE); ii) Influence des chemins préférentiels au sein des bassins d'infiltration (dépôt d'un projet ANR, collaboration ENTPE LENHA, INSA DEEP dans le cadre de la thèse de Sofia Bouarafa); iii) le projet ONEMA/Agence de l'eau RMC Micromégas est en cours et porte sur la comparaison des performances des systèmes centralisés et de gestion à la source vis-à-vis des polluants (Collaboration INSA DEEP, métropole Lyon, Agence de l'eau RMC, EVS, GRAIE, observatoire parisien OPUR, observatoire nantais ONEVU); iv) la gestion patrimoniale des TA (collaboration INSA DEEP, métropole de Lyon, Agence de l'eau RMC); v) Perception des TA dans le cadre de Micromegas (collaboration INSA DEEP, EVS, GRAIE); vi) Fonctionnement des toits végétalisés et intérêt pour limiter les îlots de chaleur (Collaboration INSA DEEP, métropole de Lyon, Agence de l'eau RMC).

Le site de Lyon Tech La Doua va devenir un site très important tant en termes de vitrines des techniques que d'observation de nouvelles formes urbaines (très végétalisées, très autonomes énergétiquement, ...) rendu possible dans le cadre du plan campus. Des moyens importants seront mis en investissement dans le cadre du plan Etat Région (1,7 M€). Ce site devrait être un point d'attractivité fort pour des collaborations internationales et des collaborations plus étroites entre enseignement et recherche.

- Impacts sur santé humaine: i) Poursuite du projet IMU Patho-AIR (Collaboration Lyon 3, Lyon 1/VetAgro LEM), ii) Transfert et dispersion des gaz toxiques et corrosifs (collaboration INSA DEEP, Métropole de Lyon, IRSTEA, ISA, Ecole Centrale sur l'identification des sources d'émission de gaz à l'aide de modèles inverses). Les travaux à mener feront suite à la thèse de Lucie Carrera sur le transfert liquide-gaz de H<sub>2</sub>S à travers l'interface. La recherche de financement est en cours (dépôt d'un projet ANR franco-allemand, préparation d'un dépôt H2020).
- Effets sur le fonctionnement des nappes et rivières: i) Démarrage du projet de recherche ANR FROG (Collaboration ENTPE et Lyon 1); ii) Mélanges à l'aval d'une confluence d'écoulements en rivière (collaboration LMFA, INSA DEEP, IRSTEA dans le cadre d'une thèse financée par la région Auvergne Rhône Alpes).



**E ACTIONS DE  
VALORISATION/TRANSFERT DES  
RESULTATS DE L'OTHU**

## E ACTIONS DE VALORISATION/TRANSFERT DES RESULTATS DE L'OTHU

Le rôle d'animation, de valorisation et de transfert des résultats de l'OTHU est tenu par le GRAIE<sup>53</sup> depuis la mise en place du projet en 1999. Le GRAIE assiste les Directeurs de l'OTHU dans diverses tâches dont celle-ci. A l'inverse, l'implication de l'OTHU dans le GRAIE se traduit par la participation de ses membres aux différents groupes de travail (autosurveillance des réseaux, gestion des eaux pluviales, etc.), aux comités de programme des journées d'information du GRAIE et enfin aux exposés de résultats lors de ces journées. Les actions de valorisation, de transfert et de diffusion des connaissances produites par l'OTHU sont définies et mises en place afin de toucher la communauté scientifique ainsi que les praticiens de la gestion urbaine de l'eau à l'échelle de l'observatoire, à une échelle régionale, nationale voire internationale. Si l'on regarde plus précisément au cours de ces 4 dernières années, on peut distinguer plusieurs actions :

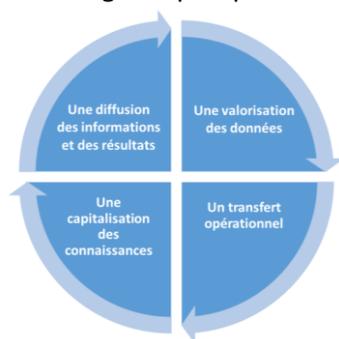


Figure 53: Schématisation du rôle de valorisation, transfert et animation du GRAIE au sein de l'OTHU

### Grands Chiffres "visibilité OTHU" sur 2013-2016:

12 réunions comité de Gestion - 12 réunions de Sites - 5 séminaires internes  
1 journée technique (162 participants) - 1 journée thématique (ANR OMEGA 85 participants)  
Soit Plus de 650 personnes touchées

28 Fiches techniques produites - 22 fiches météorologiques Autosurveillance  
3 Guides techniques - 1 site internet avec un nombre de vues x 2 en 3 ans =  
96 000 vues (2015)

#### a) Une valorisation des données

Les chercheurs et partenaires de l'OTHU ont énormément investi depuis plus de 15 ans dans l'acquisition de données de bonne qualité, en quantité importante, avec un suivi dans le temps. Il était donc indispensable d'accompagner la constitution de cette base de données, exceptionnelle dans le domaine de l'hydrologie urbaine, par un effort particulier pour mettre les données à la disposition d'un grand nombre de chercheurs, représentant le maximum de disciplines scientifiques.

Hormis le catalogue de métadonnées disponible en ligne au format pdf chaque année depuis l'année 2015, les éléments supplémentaires suivants peuvent être mentionnés.

#### b) Une capitalisation des connaissances

Du fait du caractère pluridisciplinaire de l'observatoire, un effort très important doit être fait pour capitaliser les connaissances produites par des équipes nombreuses manipulant des concepts scientifiques variés.

Les actions et les outils développés depuis la création de l'OTHU sont les suivants :

- favoriser le montage de **projets pluridisciplinaires** (e.g. ANR CABRES, ANR FROG,

<sup>53</sup> Le GRAIE – Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau - est une association créée en 1985 qui vise à mobiliser et mettre en relation les acteurs de la gestion de l'eau et de l'aménagement urbain, à contribuer à la diffusion des informations et des résultats de recherche dans ce domaine, sur les aspects juridiques, méthodologiques et techniques, et à faire évoluer les pratiques opérationnelles par l'information et la formation des acteurs. Il regroupe près de 300 adhérents, essentiellement des collectivités territoriales, des bureaux d'études, des organismes de recherche et des services de l'Etat.

Ses thèmes de réflexion : aide à la décision publique en matière de gestion urbaine de l'eau, les solutions durables de gestion des eaux urbaines par temps de pluie, la gestion intégrée des cours d'eau et des bassins versants, la problématique Eau et santé, sur le volet assainissement, les aspects juridiques de la gestion de l'eau  
Ses modes d'actions : animation de réseaux & groupes de travail, animation de dispositifs de recherche (OTHU, ZABR, SIPIBEL), organisation de réunions d'échanges, journées d'information & conférences, rédaction d'ouvrages techniques, scientifiques & de sensibilisation

Programme MicroMegas , Chronothu parmi les plus récents...)

- organiser régulièrement des **séminaires inter-chercheurs** (5 Séminaires internes réunissant parfois jusqu'à 50 participants - sur la période se sont déroulés : 2 séminaires stratégiques, un séminaire données, un séminaire campagnes de mesures et un séminaire sur le changement d'échelle et la généralisabilité des résultats);
- organiser en alternance et une fois par an, soit des **journées techniques** à destination des techniciens et des décideurs locaux, soit des **colloques scientifiques** nationaux et internationaux à destination des chercheurs (une conférence et une 6<sup>e</sup> journée technique se sont déroulées en 2015 voir ci-dessous)
- **structurer les actions de recherche par des projets finalisés**, construits avec les partenaires opérationnels de l'OTHU, portant en particulier sur une meilleure conception ou gestion des ouvrages d'assainissement (lancement d'un travail conjoint avec la métropole sur l'instrumentation des DO règlementaires, suivi particulier des moustiques dans les ouvrages de gestion des Eaux pluviales).

On peut citer **quelques illustrations au cours de la période 2013-2016** :

- **Participation à l'organisation des 6e JDHU - Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine en 2014** du 1er au 3 juillet 2014 à Villeurbanne

*70 participants.*

L'OTHU et le Graie se sont mobilisés en juillet pour organiser les 6<sup>e</sup> JDHU Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine, ASTEE-SHF qui se sont tenues à l'INSA . Ces journées ont pour objectif de permettre aux étudiants en thèse et aux jeunes post-doctorants francophones de publier et de créer un réseau d'échange.



[Lien sur le recueil des interventions](#)

- **L'organisation de la 6e Journée technique OTHU**, le 17 septembre 2015, à Lyon (69) portant sur "La gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages".

*162 participants*

Partenaires : Agence de l'eau RMC, DREAL, Région Rhône Alpes, CEREMA

Les principaux résultats opérationnels présentés au cours de cette journée concernaient notamment :

- la qualité des eaux pluviales et des sédiments présents dans les ouvrages de retenue-décantation et d'infiltration ;
- Les outils de modélisation, les pratiques et les dispositifs permettant de mieux gérer les flux d'eau et les polluants, à différentes échelles ;
- Les enseignements pour une meilleure conception et gestion des dispositifs (aménagements, ouvrages) et des milieux.

*Chaque thème a fait l'objet d'interventions complémentaires de scientifiques de l'OTHU et de partenaires opérationnels, avec quelques éclairages extérieurs à l'OTHU*

→ Cette journée a donné lieu à un recueil des interventions disponible en ligne et à une synthèse [lien](#)

- **L'organisation d'un Séminaire scientifique interne "OTHU" - Changement d'échelle et généralisation des résultats OTHU** le Jeudi 12 mai 2016 à l'ENTPE

37 participants

Depuis 15 ans, l'OTHU a produit de nombreuses connaissances à différentes échelles d'observation et de nombreux mécanismes physiques, hydrauliques, biologiques, chimiques... ont pu être mis en évidence.

Certains ont pu être généralisés et ont débouché sur des politiques et pratiques dans la métropole, mais aussi en France. D'autres sont plus difficilement généralisables car site-dépendant. A partir de cette constatation, deux pistes ont été explorées au cours de ce premier séminaire grâce à des exposés de cadrage et des groupes de travail :

1. Identification des mécanismes bien étudiés et bien décrits au sein des recherches déjà entreprises depuis 15 ans et n'ayant pas encore fait l'objet d'une généralisation.
2. La volonté de généraliser nos résultats par un changement d'échelle

→ Ce séminaire a donné lieu à un recueil des interventions et une note de cadrage et un plan d'action sur les prochaines années

- **Rapport Chronothu publié en novembre 2015** :

valorisation de 10 années de chroniques de l'observatoire, principalement recueillies sur les sites de Chassieu, Écully et La Léchère (Yzeron) suite au programme de recherche financé par AE RMC. [Lien sur le rapport](#) .



**c) Une diffusion des informations et des résultats**

Outre les publications traditionnelles des laboratoires de recherche (revues, actes de conférences et de colloques, mémoires de thèses ou de Masters), et les rapports d'activité annuels (Rapport d'activité), inscription dans la ZABR, dans URBIS et WSSTP, les programmes de recherche qui s'appuient sur l'OTHU dépassent souvent le cadre strict de l'agglomération lyonnaise et des équipes membres : Programmes ANR, Axelera, Appel à projets ONEMA, programmes européens.

Le Graie se charge également de la diffusion des informations et résultats de l'observatoire via :

- **La mise en forme des informations techniques et scientifiques issus des acquis de l'OTHU à travers :**

- les groupes de travail régionaux du Graie (autosurveillance, gestion des eaux pluviales), au sein desquels sont produites les fiches techniques et méthodologiques en matière de métrologie (Lien), et est élaboré le programme de formation continue en partenariat avec Insavalor ;
- La diffusion en ligne des fiches techniques de l'OTHU : 28 fiches téléchargeables; 2 nouvelles fiches éditées à l'occasion de la 6e Journée technique (*fiche OTHU N°27 : "Echantillonnage des sédiments décantés dans un bassin de rétention/décantation" et fiche OTHU N°28 : "Echantillonnage des eaux pluviales à l'exutoire d'un bassin versant"*) ;
- La mise à jour régulière du site internet de l'OTHU avec les éléments d'actualités et les résultats de l'OTHU (215 094 vues sur la période) ;
- Le développement de la base de métadonnées et l'édition d'un 2e catalogue de métadonnées en 2014 (disponible en ligne)
- La mise en ligne de brèves synthèses "le saviez-vous ?" ;
- La création d'une page Twitter de l'observatoire (Lien) ;
- La diffusion d'informations dans des magazines spécialisés (contacts presse) ;
- La proposition de communications OTHU dans le cadre de manifestations techniques régionales, nationales et internationales, notamment via le comité joint IWA-IAHR d'hydrologie urbaine ;



- lettres d'information et brèves OTHU à l'attention du comité de gestion, des chercheurs OTHU et des partenaires (80 personnes) (rythme 3/an environ).

Enfin, l'OTHU s'inscrit aisément dans un cadre plus large avec **Novatech**, la conférence internationale sur les techniques et stratégies de gestion des eaux urbaines par temps de pluie. Le Graie organise cette manifestation tous les trois ans à Lyon depuis 1992.

Elle permet aux acteurs de l'OTHU, de diffuser et valoriser les résultats de recherche et de favoriser le montage de projets internationaux notamment via les visites des sites expérimentaux proposés à chaque nouvelle édition de la conférence.

Autre point annexe, Novatech est également un très bon éléments fédérateurs entre doctorants de l'observatoire, fortement mobilisés avec le GRAIE sur l'organisation pratique, développant ainsi l'esprit d'équipe.

#### **d) Un transfert opérationnel (Formation)**

Depuis 2010, le Graie, l'OTHU et particulièrement le laboratoire DEEP de l'INSA Lyon ont mis en place un partenariat avec INSAVALOR (organisme de formation) pour contribuer au développement d'une culture commune de la gestion de l'eau, au-delà des rencontres informatives du GRAIE et des journées « Autosurveillance ». Ainsi plusieurs stages sont organisés annuellement plus particulièrement sur les thèmes suivants :

- Pratique de l'étalonnage des capteurs
- Validation et utilisation des données
- Pratique du traçage en réseau - Outil de vérification des débitmètres
- Calculer les incertitudes sur ses données, c'est possible !
- Instrumentation des déversoirs d'orages dans le cadre de l'autosurveillance.

Cette notion de transfert est en cours de développement. Des projets de films didactiques sur les méthodes et outils OTHU sont envisagés ainsi que d'autres thèmes de formation.



## **F ORGANISATION, STRUCTURATION ET OUVERTURES/EVOLUTION DE L'OTHU**

## F ORGANISATION, STRUCTURATION ET OUVERTURES/EVOLUTION DE L'OTHU

Comme nous l'avons évoqué dans les derniers rapports d'activité, l'ambition de l'OTHU est non seulement d'assurer l'acquisition d'observations sur le long terme mais également de développer des programmes de recherche permettant de répondre à des questions scientifiques et opérationnelles qui mobilisent et couplent des disciplines diverses et complémentaires.

**Cela suppose d'assurer l'interface entre chercheurs et entre scientifiques et acteurs opérationnels de manière à garantir à la fois un travail interdisciplinaire et inter cognitif à tous les niveaux.**

### F.1. ORGANISATION ET GOUVERNANCE

L'exploitation scientifique de l'observatoire est actuellement assurée par 12 équipes ou laboratoires de recherche appartenant à neuf établissements (BRGM, IRSTEA, Ecole Centrale de Lyon, ENTPE, INSA, Université Lyon 1, Université Lyon 2, Université Lyon 3, VetAgro Sup).

Ces 9 établissements ont signé une convention portant création de la fédération d'équipes de recherche OTHU en janvier 1999, puis un avenant en janvier 2003, en 2006, en 2010 et ont renouvelé cet engagement en décembre 2014 pour prolonger la fédération jusqu'en décembre 2018. Elle est depuis 2011 une structure fédérative (FED 4161) reconnue par le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur. Elle s'inscrit parfaitement dans l'esprit de l'IDEX local.

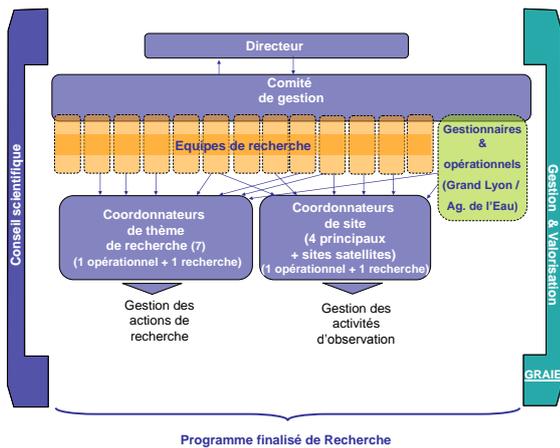
L'OTHU bénéficie également du soutien technique de la direction de l'eau de la Métropole de Lyon (signature d'une convention de partenariat en mai 1999, renouvelée en avril 2003, en décembre 2006, 2010, en décembre 2014), de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, ainsi que différents partenaires susceptibles de diffuser efficacement les résultats obtenus, notamment le GRAIE et le CEREMA.

L'acquisition de données et les programmes de recherche sont également financés dans le cadre d'appels d'offre auxquels répondent les équipes, soit au nom de l'OTHU, soit en associant uniquement une partie des équipes.

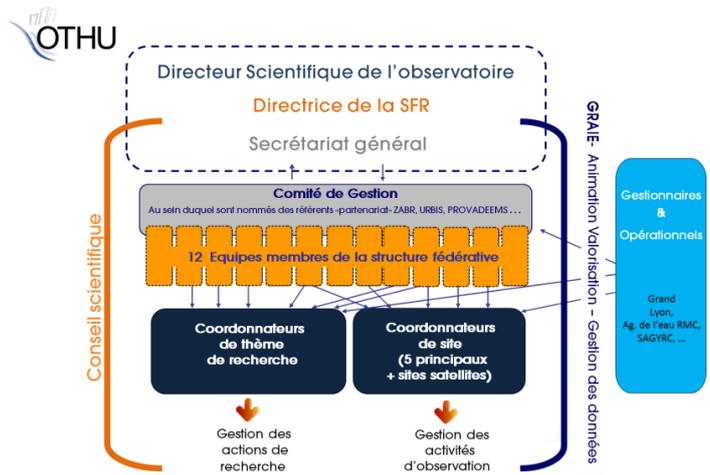
#### a) une coordination scientifique renforcée depuis 2014 :

Ce renforcement est notamment motivé par un travail important en termes de coordination scientifique au cours de la période, induite en partie par la rénovation des sites, l'implantation de nouveaux, la définition d'outils, la nécessité de mieux gérer les données et enfin le besoin de dynamiser les tâches d'observation. Cette période charnière est également dans une phase moins prospère d'un point de vue financier (la convention avec la métropole de Lyon a été signée avec un rabais de 5% des financements, c'est également le cas pour d'autres conventions signées par la Métropole). Par ailleurs, certains projets ANR déposés n'ont pas été retenus. Il y a donc vraisemblablement un travail de recherche de financement plus important à mener.

Cette nouvelle structuration permet d'adjoindre à la Direction actuelle, une Direction scientifique technique chargée de l'observatoire. Ainsi le nouvel organigramme de l'équipe de direction est modifié comme indiqué à la figure 54.



ORGANISATION 2014



ORGANISATION 2015

Figure 54 : ORGANIGRAMME OTHU

L'OTHU est ainsi doté :

**D'instances de pilotage**

- **L'équipe de Direction de l'OTHU** : Direction scientifique et technique (Gislain Lipeme Kouyi, INSA LYON DEEP) et Direction de la SFR/FED 4161 (Sylvie Barraud, INSA LYON DEEP) et Secrétariat général (Laëtitia Bacot, GRAIE)
- **Le Comité de Gestion (CG)**
- **Le Conseil Scientifique (CS)**

**D'instances fonctionnelles**

- d'un coordonnateur par site d'observation
- d'un coordonnateur par action de recherche.
- d'une instance d'animation et de valorisation assurées par le GRAIE<sup>54</sup> (structure porteuse pour le montage du projet)

On trouvera le détail de cette organisation interne de l'OTHU à l'annexe 3.

**b) Participants :**

On trouvera à l'annexe 4 la liste des équipes membres et le détail des enseignants chercheurs ou personnels de recherche membre de l'OTHU faisant partie des unités membres.

A l'heure actuelle, les personnels sous contrat employés par les équipes membres et le GRAIE et mis à disposition de la structure OTHU telle qu'elle existe (hors ceux des unités membres) sont au nombre de trois, ce qui est très insuffisant :

- un secrétariat à 55% pour la gestion administrative et financière et la valorisation (GRAIE)
- un technicien de site (temps plein fonctionnaire INSA DEEP qui s'investit dans le cadre de l'OTHU)
- un technicien chargé à mi-temps de la validation et de la gestion des données et à mi-temps de la maintenance des sites (GRAIE).

Un poste d'ingénieur de recherche complémentaire pour la FED a été demandé en 2016 au sein de l'INSA structure porteuse, malheureusement sans succès. Cet IR aurait pour mission de contribuer aux activités scientifiques et de recherche de l'OTHU, notamment sur les volets métrologie, bases de données, analyses

<sup>54</sup> GRAIE : Groupe Rhône Alpes sur les Infrastructures et l'Eau dont les fonctions sont : la mise en relation des professionnels de la gestion de l'eau et de l'assainissement, la mobilisation des équipes de recherche sur des sujets nécessitant des compétences multiples, la valorisation des compétences régionales tant scientifiques qu'opérationnelles et la diffusion de l'information - <http://www.graie.org>

des campagnes, incluant la valorisation des données et la participation à l'activité et production scientifique. Cette demande de poste sera représentée à la campagne d'emploi 2018.

## F.2. STRUCTURATION ET FONCTIONNEMENT DE L'OTHU

Une structuration spécifique, des actions de coordination, de transfert et de communication a ainsi été développée au sein de l'OTHU depuis sa création en appui sur le GRAIE.

Les éléments clés qui ont permis et qui permettent encore de répondre aux ambitions énoncées tiennent à divers points :

- **Un travail sur la durée** (17 ans de travail en commun aujourd'hui) permettant de dépasser les clivages disciplinaires. Il permet de « rentabiliser » une base de culture commune dans les différentes disciplines. La formule a bien résisté à l'évolution des membres des équipes scientifiques. Aucune n'a quitté l'observatoire y compris quand certains membres actifs étaient partis dans le cadre d'évolution de carrière. Au contraire, l'observatoire s'enrichit de nouvelles compétences. Le domaine des sciences sociales notamment développe sa présence au sein de l'Observatoire depuis 2011. La formule résiste peut-être moins bien à l'évolution des équipes opérationnelles pour lesquelles un travail de re-légitimation est périodiquement nécessaire.
- **Un travail commun dicté par des intérêts collectifs notamment des sites communs** qui force à l'acquisition conjointe d'informations et au phasage des opérations.
- **Un travail élaboré dans un cadre organisé et contractuel.** Une convention inter-établissements de création de la fédération d'équipes de recherche OTHU lie les membres et permet de maintenir l'appartenance à une structure fédérative de recherche (FED 4161). Un règlement intérieur définit de façon explicite les règles de fonctionnement de l'observatoire.
- **Un travail sur les bases d'une programmation scientifique co-construite avec les opérationnels** et les chercheurs en l'occurrence la Direction de l'Eau de la Métropole de Lyon ou l'Agence de l'eau RMC. Cela impose une appréhension particulière de la recherche soit en termes de sujets, soit en termes d'approches soit encore en termes de transférabilité des connaissances et d'outils. La co-construction des axes de recherche est une formule éprouvée même si elle reste compliquée à mettre en place et à faire fonctionner. Elle permet de ne pas opérer en mode « pilotage par l'aval » mais de formuler conjointement et anticiper les questionnements.
- **Un travail évalué régulièrement par un conseil scientifique** composé d'experts scientifiques extérieurs, des principaux partenaires opérationnels de l'observatoire, des responsables de chaque établissement membre de l'OTHU permettant d'avoir une vision externe du fonctionnement, des choix stratégiques et une appréciation de la qualité de la production susceptible de nous aider à évoluer.

## F.3. PARTENARIATS ET IMPLICATIONS AU PLAN LOCAL, REGIONAL, NATIONAL ET INTERNATIONAL

### a) Partenariats et implications au plan local et régional

Le bon fonctionnement de l'observatoire, en dehors de la solide implication des équipes de recherche, repose fortement sur le soutien technique, logistique et/ou financier apporté à l'OTHU par ses partenaires opérationnels ou institutionnels locaux traduisant l'intérêt socio-économique de cet observatoire.

- **La métropole de Lyon**<sup>55</sup> est un partenaire essentiel et très actif au sein de l'OTHU. Il apporte systématiquement le point de vue des collectivités locales dans les différentes instances et rencontres

<sup>55</sup> La Fédération de recherche OTHU et la Communauté urbaine de Lyon ont signé en 1999 une convention de recherche, définissant le cadre de leur collaboration sur le projet. Un avenant prolongeant cet accord pour quatre ans a été signé en janvier 2003.

organisées par l'OTHU. La Direction de l'Eau apporte un soutien technique et financier important au projet, tant en investissement qu'en fonctionnement. La Direction de l'Eau met à disposition son système d'assainissement et du temps de ses personnels pour installer les sites expérimentaux de l'OTHU. Elle contribue avec l'Agence de l'eau à formuler les questions de recherche du programme finalisé et apporte sa vision prospective.

- **L'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse** soutient financièrement l'acquisition des données par les aides qu'elle apporte à la Métropole de Lyon dans le cadre du contrat d'agglomération (à hauteur de 50 %) jusqu'en 2018 et par un soutien spécifique au GRAIE pour les tâches de valorisation. Par le biais de l'accord cadre Agence de l'eau RMC / ZABR ou d'appel à projets, elle soutient sur la période, des actions de recherche en appui sur les données de l'OTHU comme "CHRONOTHU" et apporte sa vision prospective.
- **Les équipes de l'OTHU** par l'intermédiaire de leur participation physique à l'acquisition des données et d'un auto-financement obligatoire de 20% du budget total
- **La Région Auvergne Rhône-Alpes.** La mise en place de l'OTHU répond à un objectif structurel : mobiliser le potentiel de recherche existant dans le domaine de l'eau sur la région Auvergne Rhône-Alpes, et sur la région lyonnaise en particulier, pour développer un centre de recherche de dimension internationale sur le thème de la gestion de l'eau dans les zones urbaines. Le paysage régional a beaucoup évolué et s'est fortement structuré, l'OTHU a joué un rôle constructif significatif dans ces évolutions.
  - Participation au pôle Envirhonalp. Le pôle Envirhonalp s'est mis en place à l'initiative de l'IRSTEA, du CNRS, de l'INPG, de l'INSA de Lyon, de l'Université Claude Bernard Lyon 1 et de l'Université Joseph Fourier de Grenoble. L'objectif est de structurer le potentiel régional de recherche en environnement autour d'un ensemble d'outils matériels (plateaux technologiques et observatoires) communs, pérennes et de dimension nationale ou internationale. L'OTHU est reconnu et labellisé comme étant l'un de ces outils. Envirhonalp a porté avec l'observatoire le Projet EC'EAUCAMPUS et SEDAQUA dans le cadre du CPER 2015-2019.
  - Participation à l'ARC environnement 3. La Région Rhône-Alpes a mis en place un Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Il a été lancé en 2011 pour 4 ans. Une nouvelle Stratégie Régionale de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation a été produite. La région a mis en place des ARCs "Communautés de Recherche Académique" parmi lesquels l'ARC 3 « Environnement ». L'OTHU a bénéficié sur la période de financements (i) de l'animation du dispositif et particulièrement sur l'organisation des JDHU 2014 et (ii) de 2 Thèses, soutenues au cours de la période.

On peut noter une baisse importante du soutien de la région en termes de fonctionnement de l'observatoire. Cependant sur la partie Investissement grâce au CPER "Contrat de Plan Etat Région " (2015-2019) avec un montant de 1.7 millions destinés à permettre l'instrumentation du campus Lyontech la doua principalement.

La région est devenue Auvergne Rhône-Alpes en 2016, et actuellement la politique de Recherche de celle-ci est en cours de définition.
  - Développement des liens avec PROVADEMSE. En 2007, l'OTHU a soutenu la proposition d'une plateforme technologique dans le cadre du Grand Projet 3 (GP3) du Contrat de Plan Etat Région. Ce projet de plate-forme nommé PROVADEMSE s'intègre dans le schéma global du développement d'Envirhonalp et est une proposition conjointe des plateaux et observatoires lyonnais, stéphanois et grenoblois PROCEDEMS, CATALYSE, OTHU, CSDU et PEI. Les objectifs sont la consolidation, la pérennisation et le développement d'outils : i) d'acquisition de données, ii) de démonstration et iii) de développement de stratégies industrielles et publiques dans le domaine de la gestion durable des ressources en eau, matières premières et énergie dans les environnements fortement anthropisés (industriels et urbains).

Cette structure interagit avec l'OTHU, même si des liens plus étroits pourraient s'avérer bénéfiques pour par exemple assurer la valorisation technologique des recherches de l'observatoire.

(e.g. mise au point des pilotes de dispositifs techniques (de traitement par exemple) en milieu contrôlé à des fins pré-opérationnelles avec une forte composante industrielle qui n'est pas intégrée dans l'observatoire actuellement).

Notons cependant qu'un prototype de dispositif de mesure intégré de débitmètre et de qualité pour l'autosurveillance des réseaux a été déployé dans le cadre d'une collaboration PROVADEMSE / OTHU et un brevet a été déposé (Brevet DSM-flux).

- Le pôle de compétitivité AXELERA

Issu d'un rapprochement des acteurs locaux de l'industrie, de la formation et de la recherche, son ambition est de rassembler les énergies et les moyens de manière à développer une recherche aboutissant à une amélioration de la compétitivité économique régionale voire même nationale. Dans ce cadre, AXELERA soutient indirectement l'OTHU via le financement du rayonnement scientifique des projets ANR comme ANR CABRRES et prochainement ANR FROG pour les plus récents.

L'OTHU entretient également des relations privilégiées avec :

- **La Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR)**. La ZABR met en réseau des laboratoires abordant par différentes disciplines les interactions entre le milieu fluvial et péri-fluvial rhodanien, les sociétés qui s'y développent et leurs effets à l'échelle du bassin versant. Les chercheurs de l'OTHU ont contribué à la mise en place et au développement de la partie "urbaine" de la ZABR. L'OTHU en constitue aujourd'hui l'un des observatoires. L'articulation de l'OTHU avec la ZABR est intéressante car elle lui permet de mener des réflexions de recherche à une échelle plus globale que l'échelle du bassin versant urbain, celle du grand bassin hydrographique Rhône.
- Le **Labex IMU (Intelligence des Mondes Urbains)** qui s'est créé en 2012 et que l'OTHU soutient et contribue à animer. Grâce aux appels à projets, IMU crée les conditions d'amorçage de collaborations entre chercheurs en incitant les collaborations entre disciplines notamment venant des SHS et ceux venant des sciences de l'ingénierie et du vivant. Il favorise aussi les collaborations entre chercheurs et acteurs publics, privés, associatifs de façon plus souple, comparée aux procédures ANR ou H2020. Le labex a par exemple financé la thèse de Claire Bernardin-Souibgui sur la qualité microbiologique des sédiments des bassins de retenue et corrélation avec les variables hydrologiques avec une co-direction officielle.

## b) Partenariats et implications au plan national

Les principaux soutiens viennent des organismes suivants :

- **Le Ministère de la Recherche** contribue au financement de l'OTHU via :  
Une dotation spécifique aux établissements membres de la structure fédérative de recherche OTHU – (FED 4161), gérée par les établissements et mise à disposition de l'OTHU général (les dotations sont variables selon les établissements)
- **Les appels d'offres de l'ANR** (Agence Nationale pour la Recherche). L'OTHU est ainsi le support de recherche des principaux projets suivants : ANR INOGEV, ANR Mentor, ANR CABRRES et plus récemment les réponses concertées à AAP Micropolluants de l'ONEMA/Agences de l'eau Micromegas, et ANR FROG.
- **Les sociétés privées** associées principalement aux différents projets de recherche de l'OTHU (Suez Environnement, SDEI, Veolia, Safege, etc.).
- **Participation au montage et au fonctionnement du SOERE** (Systèmes d'Observation et d'Expérimentation au long terme pour la Recherche en Environnement) **URBIS (Allenvi)**  
(<http://www.urbis.org>)

Lors du dernier conseil scientifique, nous avons amorcé la constitution d'un réseau informel de 3 observatoires : OPUR (Observatoire des Polluants URbains à Paris), ONEVU (Environnement Nantais des environnements Urbains) et OTHU. En effet, bien conscients, qu'un des atouts mais aussi un des inconvénients d'un observatoire tel que l'OTHU résidait dans un nombre limité de sites locaux, nous avons émis la volonté de construire ce réseau afin de décupler, coordonner et mener en complémentarité les

efforts de recherche dans le domaine de l'hydrologie urbaine en France. C'est ainsi qu'en 2007, HURRBIS (Hydrologie Urbaine Réseau de Recherche Bassins Inter Sites) avait vu le jour de manière informelle. Un projet conjoint entre OPUR, OTHU et ONEVU nommé "R2DS" avait été obtenu en avril 2007 dans le cadre d'un appel d'offre Région Ile de France afin de développer les échanges scientifiques entre ces trois observatoires.

Deux thèses communes au réseau des observatoires avaient démarré fin 2008, thèses aujourd'hui terminées : (i) Ali Hanouche : Caractérisation et modélisation du transport solide en réseau d'assainissement unitaire par temps de pluie et (ii) Mathieu Lepot : Mesurage en continu des flux polluants de MES et DCO en réseau d'assainissement. Depuis 2010, ces trois observatoires sont associés au sein du SOERE URBIS labellisé par Allenvi et un directoire a été constitué. Il se réunit environ deux fois par an.

Des séminaires d'échanges entre chercheurs ont été régulièrement organisés.

Un groupe a par ailleurs fonctionné sur l'harmonisation des protocoles d'échantillonnage, de préparation des échantillons et d'analyses entre observatoires dans le cadre du projet ANR – INOGEV de façon à rendre comparable les résultats obtenus.

Notons enfin qu'une thèse en Science politique / Science des organisations a été lancée sur le fonctionnement même des observatoires et leur aptitude à promouvoir l'innovation (Mathilde Soyer).

Malheureusement, la labellisation SOERE n'a pas été reconduite notamment en raison d'une mise en commun de données encore trop fragile. Nous poursuivons néanmoins la dynamique et la synergie entre observatoires notamment via un groupe de liaison interprojets de l'ONEMA et des agences de l'eau. Une réflexion sur le montage d'un SNO (service national d'observation) est également engagée.

### c) Partenariats et implications au plan international

Au plan international, ces 3 dernières années ont été l'occasion pour l'OTHU de développer encore le potentiel de collaborations de ses membres avec la communauté scientifique internationale. Les collaborations sont présentées dans les thématiques et ne seront pas reprises ici.

Elles sont nombreuses et variées avec des universités ou organismes de recherche étrangers avec pour la totalité d'entre elles des publications conjointes ou des projets en cours.



Figure 55 : Exemple de collaborations internationales sur l'année 2014

### Participation à la plateforme technologique européenne Eau (WSSTP : Water Supply & Sanitation Technology Platform)

Notons que l'OTHU était jusqu'en 2014 le site d'observation de référence de la plateforme technologique européenne Eau (WSSTP : Water Supply & Sanitation Technology Platform)<sup>56</sup> présent notamment au travers du

<sup>56</sup> Le plan d'action européen sur les technologies de l'environnement (ETAP) a lancé en 2004, à l'initiative de la Direction Générale de la Recherche de la Commission Européenne, la plateforme WSSTP (Water Supply and Sanitation Technology Platform). Son rôle est de rassembler un réseau de villes en associant partenaires industriels et laboratoires de recherche spécialisés dans le domaine de l'eau de manière à fédérer connaissances et domaines d'expertise.

Sur le territoire lyonnais, le Grand Lyon, Veolia, Suez Environnement et des laboratoires de recherche lyonnais se sont coordonnés pour mettre en place sur l'agglomération lyonnaise un site pilote dans le cadre du thème "Sustainable water management in large cities" de la plateforme WSSTP.

Le site Lyonnais via son porteur (le Grand Lyon) a adhéré à la plateforme Européenne et constitue un des sites officiels de la plateforme WSSTP. Ce site s'est structuré autour de moyens humains mais également autour de dispositifs expérimentaux (PROCEDEMS et le futur PROVADEMSE) et de l'OTHU.

Les laboratoires impliqués sont ceux de l'OTHU et sont représentés par sa direction.

projet européen PREPARED Enabling change sur l'adaptation des systèmes de gestion des eaux aux changements climatiques. Deux équipes de l'OTHU (IRSTEA et INSA DEEP) restent membres de cette plateforme et continueront à porter en son sein des thèmes fondateurs et d'avenir de l'OTHU.

Notons enfin, que le site bassin de l'Yzeron a été validé comme site de démonstration dans le thème « EcoHydrology » du Programme Hydrologique International de l'UNESCO.

#### F.4. EVOLUTION DE L'OTHU

Les actions suivantes vont être entreprises pour faire évoluer les partenariats mais aussi la métrologie de l'observatoire.

- **Partenariat avec le GIS EEDEMS** (évaluation environnementale des déchets, effluents, matériaux, sédiments et sols pollués) pour renforcer les liens avec le BRGM et plus largement avec PROVADÉMSE dans le but par exemple de poursuivre les discussions sur la valorisation des sédiments des bassins de retenue et d'infiltration (analyse multicritère pour comparer les filières potentielles de valorisation des résidus de curage des ouvrages de gestion et de traitement des eaux pluviales).
- **Engagement de l'OTHU au sein d'un SNO** (service national d'observation - CNRS INSU-SIC) autour de la circulation des flux d'eau et de polluants dans une ville en mutation.
- **Partage de données OTHU** et poursuite des échanges au niveau international (e.g. avec TU Innesbruck) pour améliorer les modèles de flux polluants. Cette action est pilotée par Jean-Luc Bertrand-Krajewski. Les chroniques OTHU sont également envisagées comme support de tests de modélisation dans le groupe de travail international « Data and Models » du joint committee on urban drainage de l'IWA/IAHR
- **Renforcement du partenariat à l'international**, par exemple avec l'université de Melbourne pour travailler sur la gestion à la source des eaux pluviales, en mutualisant les données OTHU et celles recueillies dans le cadre du projet Little Stringybark Creek - [www.urbanstreams.unimelb.edu.au](http://www.urbanstreams.unimelb.edu.au). Plusieurs autres collaborations existent et vont se renforcer (avec DTU au Danemark, NTNU en Norvège, Sheffield en Angleterre, Monash University en Australie, Projet ECOS-Sud IRSTEA-Université du Chili, etc.).
- **Métrologie** : Une réflexion est en cours pour considérer le site de Grézieu-La-Varenne comme site OTHU équipé d'un réseau unitaire. Par conséquent, la métrologie qualitative réalisée sur le site Ecully (topographie contraignante et peu de dynamique d'équipe) sera arrêtée. Seule la débitmétrie sera maintenue car ce site est un site autosurveillance pour la métropole de Lyon.
- **Un projet portant sur « la gestion des eaux pluviales à différentes échelles »**, y compris à l'échelle de la ville, a été évoqué lors de la synthèse du séminaire scientifique du 12 mai dernier (sur « changement d'échelle et généralisation des résultats OTHU »).
- **Energie** : Des mesures thermo-aérauliques vont être réalisées au niveau du Campus (financement CPER). Il sera peut-être utile d'intégrer des laboratoires qui traitent ces problématiques ou d'interagir davantage avec des observatoires locaux (réflexion en cours pour créer un observatoire du climat, en s'inspirant par exemple du modèle OTHU).
- **Biodiversité** : nous souhaitons pérenniser les campagnes « moustiques ». En effet, une étude a été initiée pour rechercher les moustiques tigres dans les ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales. Mais il est important d'étudier plus largement la faune et la flore induite par de nouvelles formes de gestion des eaux pluviales en ville.
- **Ressources humaines** : une demande de poste IR a été faite en 2016 sans succès. Elle sera renouvelée en 2017. Il s'agit de renforcer l'équipe de direction, notamment pour coordonner les équipes techniques et développer le volet international (meilleure attractivité de l'OTHU au niveau international).

ANNEXES :

# SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE 1: LES SITES & LE SYSTEME METROLOGIQUE OTHU .....	2
ANNEXE 2: PRODUCTION SCIENTIFIQUE SUR LA PERIODE 2013-2016 .....	42
ANNEXE 3 : ORGANISATION INTERNE ET GOUVERNANCE DE L'OTHU .....	58
ANNEXE 4 : PERSONNELS TECHNIQUES ET DE RECHERCHE IMPLIQUES DANS L'OTHU .....	62
ANNEXE 5 : ASPECTS FINANCIERS : QUELQUES GRANDS CHIFFRES, ANALYSES ET BESOINS .....	70
ANNEXE 6 : DOCUMENTS COMPLEMENTAIRES CONSULTABLES .....	76

# ANNEXE 1:

## LES SITES & LE SYSTEME METROLOGIQUE OTHU

# LE SYSTEME METROLOGIQUE DE L'OTHU EST DEPLOYE SUR DIFFERENTS SITES REPARTIS SUR LE TERRITOIRE DE LA METROPOLE DE LYON ET SUR LE BASSIN VERSANT DE L'YZERON.

## Principe et évolution récente

Le réseau de mesures est implanté sur les différents compartiments qui affectent le cycle de l'eau en milieu urbain ou périurbain (bassins versants, systèmes d'assainissement associés, milieux aquatiques et dans une moindre mesure atmosphère). Cela permet d'acquérir des données en continu ou de manière périodique en fonction des grandeurs suivies, sur de longues séries temporelles avec des pas des temps et d'espace appropriés.

**4 sites expérimentaux** sont aujourd'hui finement instrumentés : 3 sites urbains et un site périurbain.

Ces sites ont été choisis de manière à couvrir, autant que possible, des configurations variées en termes de bassin versant (caractéristiques physiques et type d'urbanisme), de système d'assainissement (réseau séparatif, unitaire, système de rétention et d'infiltration) et de milieux récepteurs (nappes, ruisseaux, petites rivières périurbaines).

**+1 site** en cours d'équipement. Depuis l'année 2010, le comité de gestion de l'OTHU s'est positionné favorablement par rapport à la mise en place d'un site expérimental de l'OTHU sur l'Ecocampus Lyontech la Doua. L'équipement fin de ce site a été précisé et demandé dans le cadre du CPER "Contrat de Plan Etat Région" et de l'appel à projet Micropolluants de l'ONEMA- programme de recherche Micromegas. Ces demandes ont été approuvées et ont débuté dès 2015. Le CPER se mettra en œuvre en 2017.

**Deux types de milieux récepteurs** jugés particulièrement sensibles, sont étudiés : le sol et les eaux souterraines (cas de la nappe de l'Est lyonnais) d'une part et les petites rivières périurbaines (cas de l'Yzeron et de ses affluents situés dans l'ouest lyonnais) d'autre part. Les impacts sur les milieux plus importants (tel le Rhône / la Saône) sont intégrés au niveau des actions de la ZABR (Zone Atelier Bassin du Rhône) dont l'OTHU est un des observatoires.

De plus ces sites sont complétés par des sites satellites plus faiblement instrumentés et de durée de vie plus courte qui viennent infirmer ou confirmer des tendances observées sur les sites de base et visent à augmenter encore la diversité de situations (13 sites satellites sont actuellement suivis).

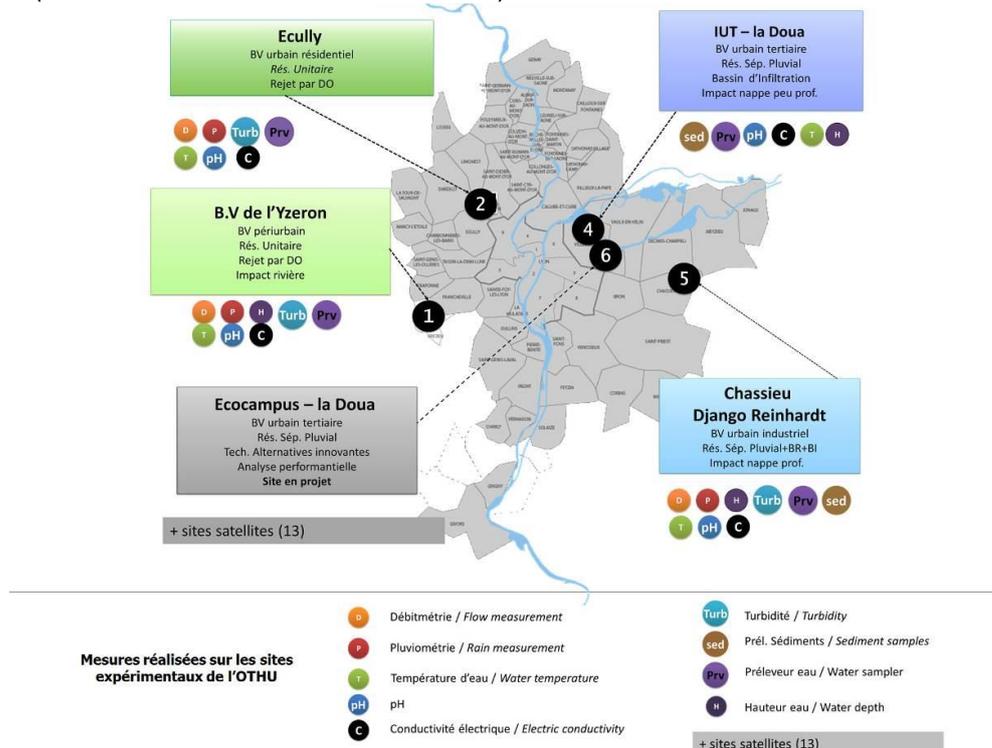


FIGURE 1: CARTE DE LOCALISATION ET OBJECTIFS DES SITES EXPERIMENTAUX PRINCIPAUX DE L'OTHU SUR LE TERRITOIRE DE LA COMMUNAUTE URBAINE DE LYON ET EN PERIPHERIE

Les différents sites de l'OTHU ont une installation métrologique de base commune.

Depuis 2002, le même type de conception et d'équipement des bungalows de mesure a été utilisé pour toutes les stations OTHU. A partir de 2012, la structure du bungalow « type » a été repensée, optimisée et modernisée.

Une phase de test s'est déroulée en 2013, sur le bungalow de la Doua (site abandonné depuis 2008). Les tests réalisés au sein de ce bungalow prototype avaient pour objectifs d'évaluer les performances des nouveaux équipements et de développer une nouvelle chaîne métrologique (acquisition de données, analyse et traitement de données, etc.).

Des échanges au sein de l'OTHU ont permis de proposer un modèle physique optimisé, dont le déploiement a débuté sur Chassieu fin 2014 et s'est terminé au 2<sup>ème</sup> semestre 2016.

La phase de tests sur le bungalow prototype a permis de développer et de valider les points suivants :

- l'acquisition et la transmission des données (environnement LabVIEW) avec l'objectif de trouver une solution alternative entre un environnement de travail convivial pour les opérations de maintenance du site et une acquisition explicite et transparente des données.
- les méthodes de pré-traitement en temps réel
- la gestion des opérations de maintenance avec un contrôle automatique de la position des capteurs.



FIGURE 2 : MISE EN PLACE DU NOUVEAU BUNGALOW A L'ENTREE DU BASSIN D'INFILTRATION DE CHASSIEU

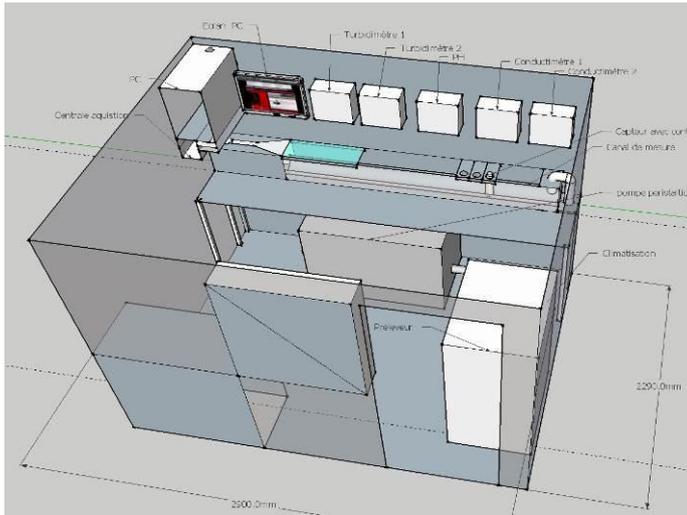
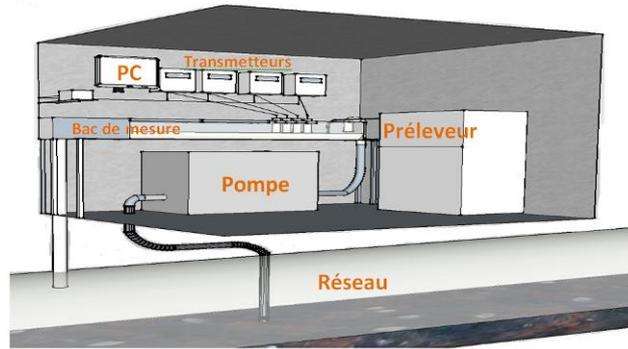
Le site d'Ecully rencontrant d'importantes difficultés de pompage et d'encrassement des capteurs de qualité d'eau, il a été décidé d'abandonner depuis fin 2013, l'exploitation et la maintenance de ces capteurs (i.e. pH, conductivité, turbidité, température) et de poursuivre les mesures de débits (réseau/ DO) nécessaires à l'autosurveillance réseau de la métropole de Lyon. Le Bungalow d'Ecully sera le prochain à être réhabilité à partir de 2017.

Le site de Grézieu-la-Varenne a été réhabilité en 2013.

## Concept de la nouvelle station de mesures "type" OTHU

### Une station de mesures complète:

- Fonctionnement en continu
- **Suivi qualitatif** (pH, conductivité, température, turbidité...)
- **Suivi quantitatif** (hauteurs, vitesses, débits...)
- Prélèvements d'échantillons



### Capots capteurs



### Interface de pilotage

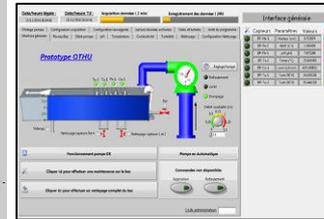


FIGURE 3 : NOUVELLE STATION TYPE OTHU

**En termes de perspectives générales** sur le long terme, le suivi météorologique devrait se faire en plusieurs points sur un même site (et plus uniquement à l'exutoire) et à des échelles plus larges (échelle de la ville), notamment en ce qui concerne la gestion des nappes. Le principe des sites satellites ou ateliers est conservé et pourrait être utilisé par plus d'équipes membres. *(Décision et positionnement retenu au séminaire stratégique de l'observatoire en juillet 2013 + Comité de gestion juin 2016)*

### Détails de l'instrumentation et des données acquises par Sites

1.	CLIMATOLOGIE .....	6
2.	Site de Chassieu (Django Reinhardt) .....	9
3.	Site d'Ecully .....	19
4.	Site de l'IUT (Campus La Doua) .....	22
5.	Site de bassin versant de l'Yzeron .....	26
6.	Site de l'Ecocampus LyonTech la doua .....	32
7.	Sites Satellites et Sites Ateliers .....	36

## 1. Climatologie

Le réseau d'observation climatique exploité dans le cadre de l'OTHU couvre toute l'agglomération. Le dispositif pluviométrique et météorologique a pour fonction générale de servir à la connaissance des entrants atmosphériques (principalement flux d'eau). Il s'appuie sur le réseau de la métropole et de MétéoFrance ainsi que sur des dispositifs propres à chaque site expérimental.

L'agglomération lyonnaise possède un réseau de pluviographes très dense avec une cinquantaine de stations de mesure réparties sur son territoire. L'essentiel des pluviographes est la propriété de la métropole de Lyon, avec 32 appareils situés sur le territoire administratif de la métropole, dont la description est donnée ci-après. A ces pluviographes s'ajoutent ceux de Météo France. Parmi eux, on trouve les stations à transmission quotidienne de Lyon Bron aéroport (en fonction depuis 1888) et Saint-Exupéry (ex aéroport de Satolas, depuis 1976) qui fournissent des données horaires et qui sont multi-paramètres (température, vent, pression, etc.). L'ensemble des sources est exploité dans les recherches de l'OTHU, selon divers objectifs et échelles d'analyses.

L'analyse de l'aléa pluvial sur la métropole est principalement fondée sur les données fournies par les pluviographes. Ce choix a été conditionné par le souci d'utiliser des séries de mêmes durées et des mesures réalisées avec des appareils de même nature (technique de mesure et pas de temps exploitables). Les données sont exploitées au pas de temps de six minutes (pas de temps évidemment modulable, si besoin est).

Les premières installations datent de 1985, mais la densité du réseau actuel a été atteinte en 1989. A l'origine et jusqu'à fin 2010, les pluviographes installés reposaient sur la technique des augets basculeurs. Cependant, ces appareils tombaient de plus en plus souvent en panne, et leur réparation devenait même impossible, certains composants n'étant même plus fabriqués. En outre, le système de télécommunication pour le rapatriement des données était également d'une ancienne génération et n'aurait pas été compatible avec la future télégestion de la Direction de l'Eau. De ce fait, cette dernière a choisi de changer l'ensemble des pluviographes ainsi que leur interface de communication. Ce renouvellement s'est déroulé fin 2010, et l'installation de pluviographes à pesée s'est généralisée à la suite de la comparaison des 2 techniques au sein de l'OTHU et à la confrontation des résultats avec ceux de la ville de Nancy. L'intérêt de ces appareils est une meilleure précision des valeurs relevées et un moindre entretien des appareils.



Figure 1 : Pluviographe à auget basculeur (premier plan) et à pesée (second plan)

La direction de l'Eau du Grand Lyon a la charge de veiller à la maintenance de ces pluviographes. La densité du réseau d'observation est d'environ un pluviographe pour 16 km<sup>2</sup>. Les postes se répartissent sur l'ensemble de l'agglomération urbaine avec une homogénéité relative. La densité est plus faible sur l'extrême ouest et le sud-est lyonnais (figure 2).

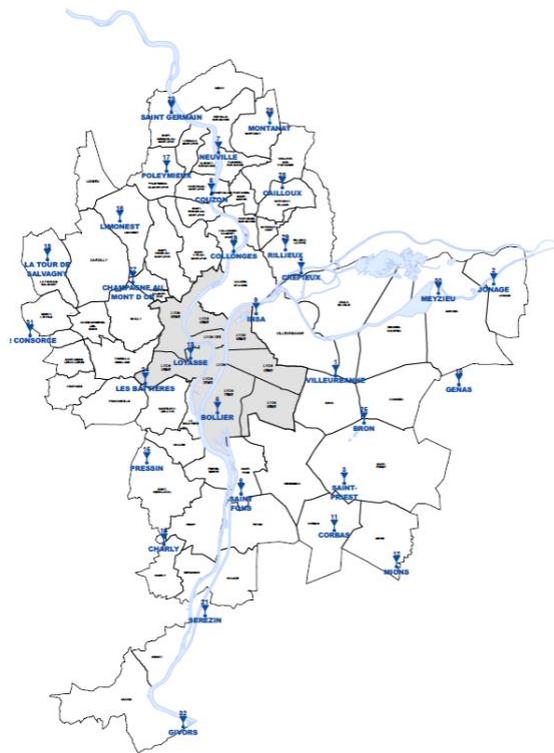


Figure 2 : Réseau de pluviographes de la métropole (source Grand Lyon - 2016)

Outre l'homogénéité relative du réseau, sa construction a peu tenu compte des caractéristiques territoriales du site, à savoir :

- la forte concentration urbaine : la métropole de Lyon regroupe 59 communes sur une superficie de 538 km<sup>2</sup> occupés par environ 1 281 971 habitants, pour une densité supérieure à 2380 habitants par kilomètre carré. La ville de Lyon concentre 37 % de la population de la métropole sur seulement 9 % de sa superficie. L'espace urbain est donc marqué par une nette prédominance de l'urbanisation, mais comporte des secteurs fortement végétalisés (Parcs de la tête d'Or au centre de l'agglomération, et de Miribel Jonage plus excentré à l'est de Lyon, et de nombreux petits parcs urbains au cœur de l'agglomération) et une morphologie urbaine peu homogène, qui contribue à l'existence de plusieurs îlots de chaleur urbains.
- Une organisation du relief en opposition : la situation géographique de Lyon, au nord du couloir rhodanien, explique en partie l'organisation et la structure des reliefs de l'agglomération lyonnaise. Le territoire du Grand Lyon présente neuf entités géomorphologiques principales qui peuvent être regroupées en deux ensembles distincts. En effet, les reliefs en collines et plateaux du nord et de l'ouest du Grand Lyon peuvent être opposés à la large plaine de l'est. Ainsi, le Nord et l'Ouest regroupent respectivement, le Mont d'Or lyonnais, les plateaux lyonnais, de Fourvière et de Millery, de la Dombes, de la Croix-Rousse, alors que l'Est lyonnais est constitué de la plaine de Lyon et des modestes collines et couloirs de l'Est lyonnais. Le tout s'organise autour des deux principaux cours d'eau qui traversent l'agglomération et y confluent, le Rhône et la Saône. Le Rhône constitue, globalement, la zone de transition entre les deux entités. Le réseau hydrographique, bien connu dans le cadre de l'OTHU, traduit une même dichotomie tant en nature qu'en densité.

En résumé, cette diversité n'a pas constitué un critère de sélection dans la construction du réseau (logique de bassin versant, etc..) qui, en outre, est resté concentré sur les limites administratives du Grand Lyon. La très forte urbanisation du secteur et l'ensemble des productions anthropiques ainsi que l'opposition topographique Est-ouest qui peuvent affecter les conditions climatiques locales (convection thermique, ascendance orographique...), n'ont pas été considérés non plus. Ce constat posait la question de la rationalisation du réseau pour une plus grande efficacité dans l'exploitation des données.

Depuis 2009 environ, une ouverture aux données radar dans l'analyse de l'aléa pluvial de la métropole de Lyon s'est mise en place dans le cadre de l'OTHU. Le radar météorologique, outre son rôle de prévention, permet de préciser l'analyse de la distribution spatiale des pluies. Un radar à bande C est ainsi installé à une quarantaine de kilomètres au nord-ouest de Lyon. Ce radar fait partie du réseau *Aramis* de Météo-France. Le radar permet une caractérisation détaillée des pluies, mais il permet aussi d'élargir le territoire d'étude en passant de celui du Grand Lyon au centre-est et du sud-est français, avec une portée de 260 km environ, pour une utilisation hydrologique restreinte aux 100 premiers kilomètres. Cependant, l'accès à ces données n'est pas gratuit. Météo-France les vend selon ses conditions particulières « pour la recherche et l'éducation ».

Dans le cadre du projet européen FP7 PREPARED (<http://www.prepared-fp7.eu/>), DEEP, en partenariat avec le DHI (Danish Hydraulic Institute), a installé en 2012, pour une durée d'un an, un radar météorologique en bande X sur le château d'eau de Bron Parilly avec les objectifs suivants : i) tester un radar en bande X à haute résolution (500 x 500 m, voire 250 x 250 m) sur l'agglomération lyonnaise et notamment développer un algorithme de calage spécifique par rapport aux pluviographes au sol, ii) comparer les estimations de la pluie spatialisée obtenues avec le radar avec le réseau de pluviographes de la métropole et avec une série d'images du radar en bande C de Météo-France pour une sélection d'événements pluvieux, iii) étudier les conséquences d'une meilleure connaissance de la pluie sur la modélisation des débits et, ultérieurement, des flux polluants à l'exutoire des bassins versants et iv) explorer le potentiel de gestion en temps réel du réseau d'assainissement de la métropole si un radar en bande X était installé de manière permanente (Renard, 2010)<sup>1</sup>. Le radar a été installé sur son site définitif en octobre 2012. L'exploitation des données associait DEEP et le CRGA. Une première série de données radar, acquises sur le site provisoire de l'INSA au milieu de l'année 2012, a permis de travailler sur le calage des données radar par rapport aux pluviographes au sol (Sun *et al.*, 2015)<sup>2</sup>. Par ailleurs, des contacts sont établis avec les membres du projet RainGain (<http://www.raingain.eu>) qui poursuit des objectifs similaires.

**Le réseau global** (tous les postes confondus) est exploité à des échelles d'analyse plus larges (qui dépassent le cadre de l'agglomération et celui administratif de la métropole), nécessaires à la compréhension des phénomènes et à leur caractérisation. Il est également fait recours au réseau national et aux données d'échelle synoptique, pour les mêmes raisons. Les postes sont également mobilisés de façon plus ponctuelle en fonction des besoins et logiques des sites.

**Logique de site** : Plusieurs installations s'inscrivent également dans une logique de site et/ou sont liées aux orientations des recherches des différents partenaires de l'OTHU. Elles sont à l'initiative d'IRSTEA et de l'INSA et du CRGA. Les objectifs de ces installations sont donc variables. La plupart vise à assurer la meilleure couverture possible de la pluviométrie des bassins versants des sites expérimentaux.

<sup>1</sup> Renard F. (2010). De la caractérisation de l'aléa à l'évaluation de la vulnérabilité : le cas du Grand Lyon. Thèse de l'université Lyon 3, 528p.

<sup>2</sup> Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Chapter 3.3 - Rainfall measurement by radar in the Greater Lyon area. In *Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction*, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakieridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 145-150. ISBN 9781780404998.

## 2. Site de Chassieu (Django Reinhardt)

### A) OBJECTIF DE CE SITE EN TERMES D'OBSERVATION

Le site de Chassieu - Django Reinhardt est destiné :

- à l'étude et à la modélisation des flux d'eau et de polluants produits par un bassin versant urbain à dominante industrielle drainé par un réseau séparatif pluvial,
- à la compréhension et à la modélisation du fonctionnement d'un bassin de rétention et d'un bassin d'infiltration situé au droit d'une nappe profonde
- à l'analyse de l'impact des flux infiltrés sur la qualité de la nappe
- à l'analyse des relations entre activités et contamination

### B) PRESENTATION DU SITE

#### ■ *Récapitulatif des principales caractéristiques*

Ce site est constitué d'un bassin versant à dominante industrielle drainé par un réseau séparatif dont la partie pluviale a pour exutoire un bassin de retenue/décantation suivi d'un bassin d'infiltration situé au-dessus d'une nappe dont le toit est à 13 m de profondeur. L'ensemble est situé dans la plaine de l'Est Lyonnais dont le substratum est composé de dépôts fluvio-glaciaires.

#### ■ *Descriptif détaillé des sites*

La surface du bassin versant est de 185 ha, plutôt plate (pente moyenne de 4‰ dans le sens Est-Ouest) et de coefficient d'imperméabilisation d'environ 75 % (Cf. Figure 3).

Le réseau reçoit en permanence des eaux de temps sec « théoriquement » propres issues de process industriels de la zone (eaux de refroidissement par exemple).



Figure 3. Photo aérienne du bassin versant de Chassieu et zoom sur le dispositif de retenue / infiltration situé à l'exutoire

Ce réseau aboutit à un système composé d'un bassin de retenue / décantation suivi d'un bassin d'infiltration. Les volumes de ces deux compartiments sont respectivement de 32 000 m<sup>3</sup> et 61 000 m<sup>3</sup>. Ce système a été réhabilité dans la configuration actuelle en 2002. Cette configuration est présentée à la Figure 4 et la Figure 5.

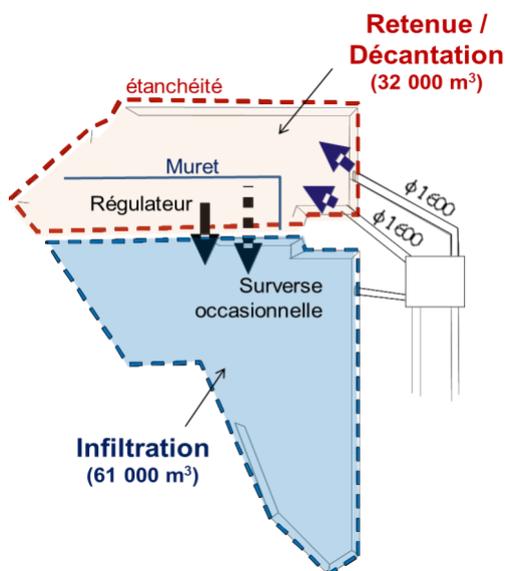


Figure 4. Schéma du site expérimental de Django Reinhardt



Figure 5. Bassin de retenue / décantation (1) et Bassin d'infiltration (2) du site Django Reinhardt

La nappe phréatique est assez profonde dans cette zone : elle est située à environ 13 m sous le fond du bassin d'infiltration. L'ouvrage est situé sur une couche de dépôt fluvio-glaciaire qui a une conductivité hydraulique moyenne de  $5.10^{-4}$  m/s. L'analyse granulométrique a montré que cette couche fluvio-glaciaire est composée majoritairement de matériaux grossiers : 30 % de gravas (diamètre > 20 mm), 45 % de gravier (20 mm > d > 2 mm), 20 % de sable grossier (2 mm > d > 0.2 mm) et 5 % de sable fin (0.20 mm > d > 0.08 mm). Par ailleurs, une étude sédimentologique a été menée sur le site, permettant la caractérisation du dépôt fluvio-glaciaire sous-jacent.

### C) ÉQUIPEMENT METROLOGIQUE

Les équipements et dispositifs suivants sont disponibles sur le site :

- **Mesures climatiques** : Une station météo (vitesse et orientation du vent, température, humidité, pyranomètre) et un pluviographe à pesée (pas de temps de 1 minute) sont installés sur le site pour la mesure locale de l'intensité de pluie en complément du réseau de la métropole de Lyon. Elle sert également au pilotage des volets des bacs de retombées atmosphériques sèches et humides.
- **Possibilité de caractérisation des retombées atmosphériques sèches, humides ou totales** : un prototype de collecte composé de deux bacs de collecte ouverts en alternance permet de recueillir ces retombées. Le dispositif a été complété en 2010 par un dispositif alternatif (un entonnoir en inox). La remise en service du dispositif sera discutée en 2017. En effet, les mesures des retombées sèches et humides se sont arrêtées en 2012 à l'issue des thèses de Céline Becouze et Abel Dembélé soutenues en 2010. Une partie de ces données a néanmoins été exploitée dans le cadre du projet ANR INOGEV pour les retombées totales. Les dispositifs employés pour échantillonner ces retombées semblent ne pas permettre l'obtention d'échantillons représentatifs des dépôts réels. C'est aussi en partie à cause de cela que ces suivis ont été arrêtés.
- **Caractérisation des flux d'eau, de polluants et de contaminants issus du bassin versant et entrant dans les différents compartiments de rétention et infiltration** (2 bungalows) :

Au niveau du collecteur principal d'arrivée dans le bassin de rétention : des mesures débitométriques en continu 24h/24h sont effectuées au pas de temps de 2 minutes (3 mesures de hauteur – 3 mesures de vitesse). La qualité de l'eau était jusqu'à maintenant contrôlée grâce à un pompage acheminant une partie de l'eau des collecteurs dans un bac dans lequel plongeait des capteurs de turbidité (mesure doublée), de pH, de conductivité et de température. Cependant la diminution des débits liés au contrôle des rejets de temps sec par la métropole nous a conduits à réviser nos procédures et équipements. Aujourd'hui les eaux de temps sec passent par un leaping weir (conçu par l'INSA DEEP et construit / installé par la métropole) permettant la mesure de petits débits (débits de temps sec en entrée) et l'échantillonnage des eaux. Il est opérationnel depuis le 1<sup>er</sup> semestre 2016.

Seules les eaux de temps de pluie sont acheminées vers le bac de mesure par pompage. Ce bac permet également de prélevés des échantillons pour analyses physico-chimiques, microbiologiques ou d'écotoxicologie. Le prélèvement et l'échantillonnage se font à partir de deux préleveurs réfrigérés (4°C) : un avec dispositif de prélèvement téflonné et muni de flacons en verre (pour la plupart des substances organiques) et un muni de flacons en plastique pour les métaux et autres substances inorganiques.

Au niveau de la connexion entre le bassin de retenue et le bassin d'infiltration : le dispositif est identique au précédent.

- **Comportement du bassin de retenue** (hydrodynamique, transfert et piégeage des polluants et contaminants, caractérisation des matières piégées).

Le dispositif comprend en complément des débits entrants et sortants : la mesure en continu (pas de temps de 2 minutes) de 3 hauteurs d'eau (2 dans le bassin de rétention et 1 sur la surverse en sortie)

Des pièges à sédiments en fond de bassin ont été installés pour des campagnes de mesures sur les sédiments déposés lors d'un évènement pluvieux. Ces pièges ne sont mis en place que pour des expérimentations particulières et ne fonctionnent donc pas de manière permanente.

Des prélèvements de sédiments accumulés sont effectués pour caractérisation physique (granulométrie, MS, MVS, MO, ...), pour mesure de leur charge polluante en métaux et autres micropolluants (e.g. HAPs, PCBs, pesticides, alkylphénols et dérivés, PBDEs) ou de leur contamination bactérienne. Enfin, des tests d'écotoxicité sont également réalisés depuis 2012 dans le cadre du projet ANR CABRRES (caractérisation microbio-physicochimique des sédiments des bassins de retenue et compréhension des mécanismes à la base de l'évolution de la qualité de ces sédiments).

Une caméra a été installée en 2013 pour le suivi des champs de vitesse de surface au niveau du bassin de rétention

- **Comportement du bassin d'infiltration.** Le dispositif expérimental comprend le suivi de 4 hauteurs d'eau permettant de suivre son fonctionnement hydraulique (pas de temps de 2 minutes) et le colmatage du bassin.

Pour suivre l'évolution de l'interface ouvrage/sol : jusqu'à 2012, des prélèvements ou des tests ont été ponctuellement effectués en 8 zones représentatives du fond (teneur en eau, épaisseur de la couche colmatée, granulométrie, éléments de traces métalliques, masse volumique apparente, MO, biomasse, conductivité hydraulique à saturation par essai d'infiltrométrie de type Beerkan). Des prélèvements en 100 points pour détermination des concentrations en métaux par analyseur à fluorescence X (Niton XLt 700) et un inventaire floristique ont fait l'objet d'un suivi régulier.

- **Suivi de la nappe** : le réseau d'observation comprend au total 15 piézomètres.

**A l'amont** : 6 piézomètres (SC1 à SC6) : 5 en flute de pan plongent à différentes profondeurs et un crépiné sur toute la hauteur permet une mesure intégrative.

**A l'intérieur et à l'aval direct** du bassin d'infiltration: 5 piézomètres (SC7 à SC11) en flute de pan aligné dans le sens de l'écoulement de la nappe sont conçus comme ceux de l'amont.

**7 autres piézomètres** complémentaires viennent compléter le dispositif. Les piézomètres latéraux gauches (SC12, SC26 et SC27) recourent le dôme hydraulique. Deux piézomètres recourent le panache d'eau pluviale dans la nappe à l'aval du bassin (SC28 et SC29). Enfin, deux piézomètres latéraux droits (SC13 et SC14) recourent la nappe dans une zone non influencée par le bassin et sont également utilisés depuis 2010 comme piézomètres de référence.

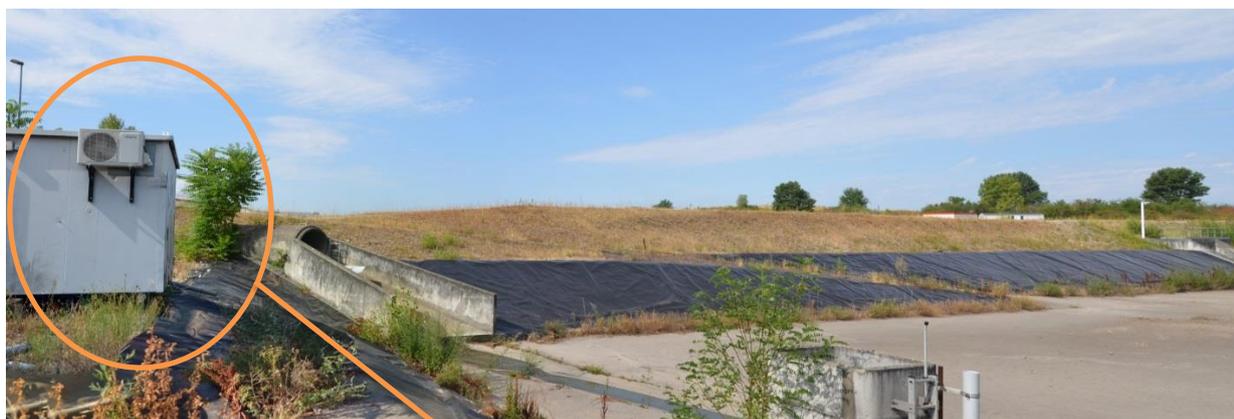
Des sondes multiparamètres sont installées dans 7 de ces piézomètres (2 en amont du bassin en 2009, 1 seule actuellement en SC5, 1 latéral droit SC13, 4 dans le bassin lui-même en SC7, SC8, SC11 et SC26 et 2 en aval en SC28 et SC29) pour le suivi du niveau piézométrique, de la température et de la conductivité électrique. Des prélèvements manuels peuvent également y être effectués.

En début d'année 2015 (Janvier et février) mise en place définitive après réglage et calibration de 4 dispositifs de suivi de l'oxygène dissous: 3 dans des piézomètres différemment impactés par l'infiltration (SC8, SC26 et SC29) et 1 dans un piézomètre de référence (SC13). Ce dernier est également équipé, d'un capteur de température de précision (afin de suivre l'évolution thermique à moyen terme).

Soit au total un suivi avec 8 sondes multiparamétriques et de 9 capteurs de pression et de température de 2 capteurs de pression, de conductivité et de température, de 4 dispositifs de suivi de l'oxygène dissous et 1 capteur de température de précision.

Deux des piézomètres (SC13 comme référence et SC8 comme « impacté ») ont aussi été utilisés pour des expériences de suivi d'organismes sentinelles (invertébrés) et d'incubation de substrats artificiels (pour le suivi des microorganismes). Ces expérimentations permettent une estimation de la toxicité des eaux souterraines.

En parallèle et en complément de ces mesures de terrain, des analyses en laboratoire sur colonnes de sédiment et microcosmes expérimentaux ont été menées afin (i) d'évaluer l'impact de la couche de sédiment urbain déposée à la surface des bassins, (ii) d'examiner le rôle de la faune sur le phénomène de colmatage ainsi, (iii) d'y étudier la dynamique de la matière organique et des polluants et ses effets et (iv) d'analyser la sensibilité des organismes à ces polluants urbains.



Zoom sur l'équipement

Capteurs en continu & canal de mesure

Pompage

Prélèvements



Figure 6. Bungalow 1 situé à l'entrée du site Django Reinhardt

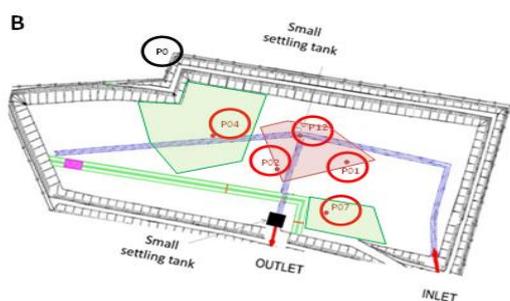


Figure 7. Piège à sédiment placé dans le compartiment décantation et prélèvements de sédiments frais lors de campagnes

## Mesures physiques, chimiques et biologiques

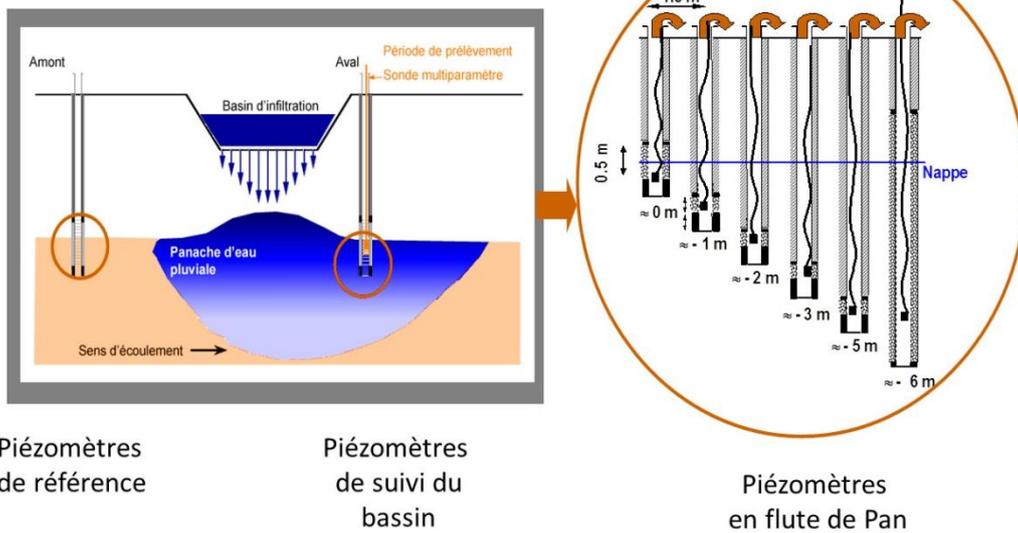


Figure 8. Impact sur la nappe : Illustration des mesures effectuées au sein des piézomètres Amont Aval

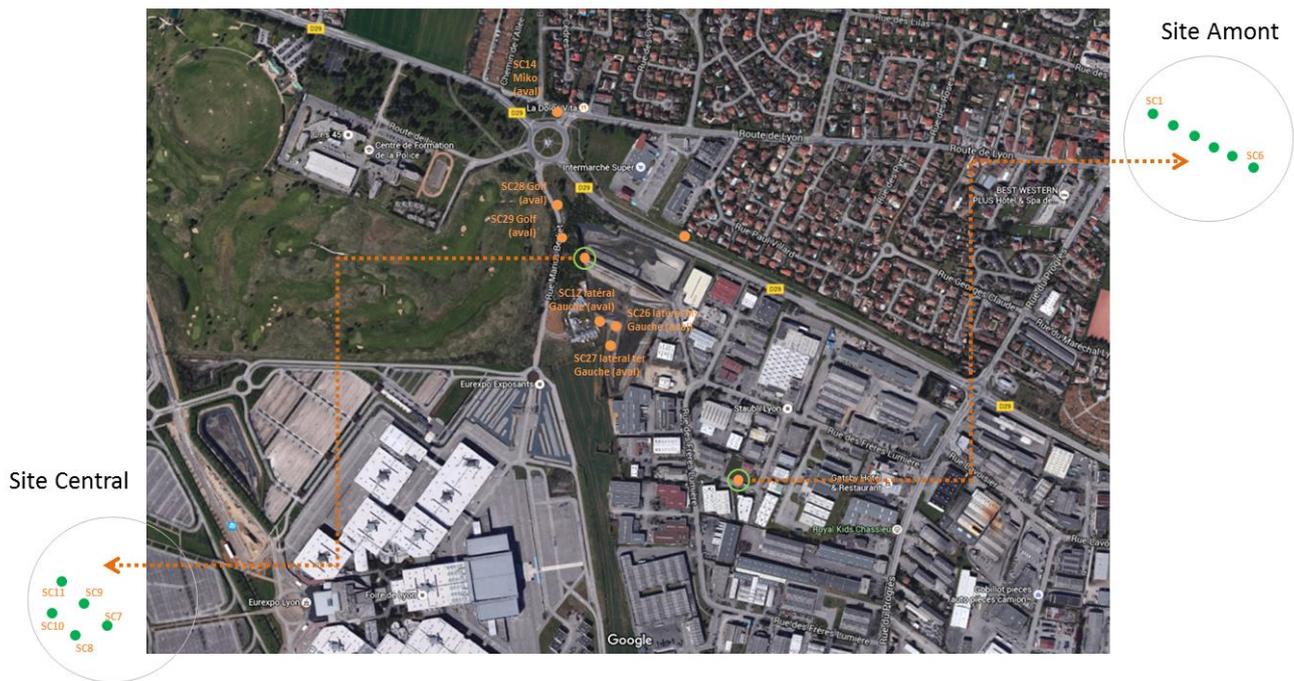


Figure 9. Vue aérienne du bassin d'infiltration de Django Reinhardt (Chassieu) montrant la localisation des différents piézomètres

**INFORMATIONS :** deux évènements marquants ont eu lieu sur le site sur la période 2013/2016

- 1- **Curage du bassin de rétention :** les travaux ont débuté en novembre 2012 et se sont terminés en avril 2013 sur l'ouvrage de rétention avec condamnation des entrées dans le bassin de rétention et déviation des eaux dans le bassin d'infiltration
- 2- **Réhabilitation des bungalows de mesure de Chassieu :** depuis novembre 2014, les sites ont été mis à l'arrêt complet pour réhabilitation (les 2 bungalows étaient en veille avec un service minimum depuis fin 2014). Le site est entièrement ré-équipé et opérationnel techniquement depuis avril 2016, les mesures en continu ont repris depuis octobre 2016, uniquement en temps de pluie. Les quantités d'eaux en temps sec ayant considérablement diminué, le pompage des eaux de temps sec dans le réseau n'est en effet plus possible d'où l'installation du leaping weir opérationnel aujourd'hui.

## D) DONNEES ACQUISES

### ▪ *Les données des flux d'eau et de polluants produits par le bassin versant*

Ces données concernent le suivi des flux hydrauliques, la mesure des flux polluants et des conditions dans lesquelles ces flux sont transférés dans les différents compartiments depuis le bassin versant jusqu'à la nappe.

Les données des flux polluants étant extrêmement variables dans le temps, pour accéder à leur évaluation, deux stratégies sont utilisées conjointement. Il s'agit d'une part d'obtenir une bonne couverture des événements grâce à des indicateurs globaux (principalement MES et DCO) mais acquis de manière continue avec un pas de temps fin de 2 minutes et d'autre part d'analyser plus précisément les concentrations de différentes substances et les formes sous lesquelles elles se trouvent pour certains événements.

### Données de qualité en continu

Les données acquises sur les flux produits par les bassins sont les suivantes :

- Données en continu avec un pas de temps de 2 minutes pour les débits (hauteurs- vitesses), le pH, la température, la conductivité et la turbidité dans différentes parties des réseaux d'assainissement à savoir :
  - à l'entrée du bassin de rétention de Django Reinhardt, sur la branche principale du réseau, depuis janvier 2003 ;
  - à l'entrée du bassin d'infiltration de Chassieu, depuis décembre 2003.
  - Du fait de la réhabilitation des sites, seule une chronique de 7 mois a pu être constituée.
  
- Analyses ponctuelles au cours de périodes de temps sec ou d'épisodes pluvieux. Ces mesures portent principalement sur les MES, les DCO brute et dissoute en relation avec la turbidité. Les objectifs de ces séries de mesures sont : (i) d'enrichir le jeu de données destiné à caler des modèles établis par temps sec et par temps de pluie, permettant de relier la turbidité avec la concentration en MES et en DCO et (ii) d'observer la variation de la pollution véhiculée par temps sec ou par temps de pluie, à de faibles pas de temps (2 minutes).

### Lors de campagnes

- En routine les mesures prévoyaient l'évaluation de concentrations moyennes journalières ou par tranche de 2 heures d'effluent de temps sec et moyennes événementielle pour le temps de pluie. Les échantillons ont fait l'objet de mesures portant sur les substances ou paramètres suivants : MEST, MESO, COD, COT, DCO brute et dissoute, CT dissous, CID, COD, CT, CIT, COT, NTK avant et après filtration, P total avant et après filtration,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{2-}$ , ainsi que certains ions ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ); hydrocarbures totaux, métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cu sous forme totale et dissoute), HAP, PCB, indice phénol et COV particuliers.

De 2008 à 2010 les substances analysées ont été : les **métaux** (métaux (Nickel, Plomb, Zinc, Cadmium, Nickel, Arsenic, Chrome, Strontium, Titane, Vanadium, Aluminium, Fer, Manganese, Phosphore, Sodium, Potassium, Magnésium, Calcium, Baryum, Molybdène, Platine, Cobalt), les **HAP** (Naphtalene, Anthracene, Fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Benzo(k)fluoranthene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(g,h,i)perylene, Indeno(1,2,3-cd)pyrene), les **pesticides** (Alachlore, Atrazine, Chlorfenvinohos, Chlorpyrifos, Diuron, Endosulfan, Hexachlorocyclohexane, Lindane, Isoproturon, Pentachlorophénol, Simazine, Trifluraline, Aldrine, Dieldrine, Endrine, Isodrine, para DDT, Total DDT), **solvants organohalogénés volatiles** (1,2-Dichloroéthane

Dichlorométhane, Trichlorométhane, Perchloroéthylène, Tétrachlorure de carbone, Trichloroéthylène), **phtalates** (Di (2-éthylexyl) phtalate), chlorobenzènes (Benzène, Hexachlorobutadiène, Pentachlorobenzène, Trichlorobenzènes), **alkylphénols** (Nonylphénols, Octylphénols et autres composés du tributylétain, Diphényléthers bromés, Chloroalcanes C 10-13)).

Depuis 2010, ce type de campagne a fait l'objet d'une homogénéisation entre les 3 observatoires d'Urbis (Projet ANR INOGEV). Les substances analysées sont les **métaux** (Nickel, Plomb, Zinc, Cadmium, Nickel, Arsenic, Chrome, Strontium, Titane, Vanadium, Aluminium, Fer, Manganèse, Phosphore, Sodium, Potassium, Magnésium, Calcium, Baryum, Molybdène, Platine, Cobalt), les **pesticides** (acetochlore, alachlore, aldrine, alpha hexa, AMPA, atrazine, beta hexa, carbendazim, chlorfenvinphos, chlorothalonil, chlorpyrifos, DDD pp, DDE pp.delta hexa, deltaméthrine, dieldrine, diflufenicanil, diuron, endosulfan alpha, endosulfan beta, endrine, epoxiconazole, fenpropidine, Folpel, gama hexa, glyphosate ammoniumglyphosate, Irgarol 1051, isodrine, isoproturon, isothiazolinone, mecoprop, métaldéhyde, metazachlor, op DDT, pendiméthalin, pp DDT, simazine, s-metolachlore, tebuconazole, Terbutryne, trichlopyr, trifluarine, 2\_4 D, 2\_4 MCPA), 16 **HAP** (Acenaphthene, Benzo(a)pyrene, Chrysene(Chr), Indeno(1,2,3-cd)pyrene, Acenaphthylene, Benzo(b)fluoranthene, Dibenzo(a,h)anthracene, Naphtalene, Anthracene, Benzo(g,h,i)perylene, Fluoranthene, Phenanthrene, Benzo(a)anthracene, Benzo(k)fluoranthene, Fluorene, Pyrene), les **Alkylphénols** (4-Nonylphénol, 4-tert-octylphénol, Nonylphenol-1-Carboxylé, Octylphénol-mono-éthoxylé, Octylphénol-di-éthoxylé, Nonylphénol-mono-éthoxylé, Nonylphénol di-éthoxylé), les **Polybromodiphényléthers (PBDE)** (BDE28, 47, 99, 100, 153, 154, 183, 205, 209), le **Bisphénol A**. Ces analyses sont complétées par des **tests d'écotoxicité** réalisés sur des rotifères (*Brachionus calyciflorus*) et des ostracodes (*Heterocypris incongruens*) (mortalité et inhibition de la croissance des organismes).

- *Les données concernant le fonctionnement des ouvrages de rétention /décantation et la compréhension de leur rôle sur le transfert des polluants*

Sur 2013/2016, elles concernent :

- la détermination de la distribution des vitesses de chute des sédiments des 5 pièges à sédiments installés lors de 3 événements pluvieux sur 2012/2015 (projet ANR Cabrres).
- A l'aide de la caméra installée en 2013, il a été développé une méthode de mesure de vitesse de surface, spécifique à ce bassin. Ce suivi est effectué en continu (stockage sur site 1 semaine + déchargement si besoin). De plus cette caméra peut-être déclencher à distance et permet de voir en temps réel le site.
- un suivi du risque chimique et infectieux de ces sédiments par la mesure en 5 points du bassin pour 7 campagnes du contenu microbiologique (Indicateurs de contamination fécale (coliformes thermotolérants, entérocoques, *E. coli*), *Nocardia*, *Aeromonas* et *Pseudomonas*), de caractéristiques physiques (humidité, matière sèche, matière organique volatile, granulométrie, masse volumique, épaisseur de sédiment), et chimique (Nutriments (N, C, P) et concentrations des mêmes micropolluants que dans les eaux d'alimentation). Ces campagnes ont fait suite à des échantillonnages exploratoires (3 campagnes sur 1 à 15 points du bassin). 7 campagnes pour de concentrations en micropolluants (15 campagnes : 5 en 2013- 8 en 2014 – 2 en 2015).
- la mesure de l'efficacité du bassin de retenue décantation vis-à-vis des substances prioritaires ou de substances dangereuses (les mêmes que celles qui ont été analysées depuis 2010). Pour cela des concentrations moyennes événementielles sont acquises sur les eaux en entrée du bassin de retenue et en sortie pour les mêmes événements et les mêmes substances. On dispose à l'heure actuelle et sur la période de l'efficacité du bassin en 3 événements pour les métaux lourds (Ni, Pb, Cu, Zn, Cd), de 4 pour les autres métaux de la liste, 6 pour les HAP, 5 pour les alkylphénols et 3 pour les pesticides.

- Afin d'évaluer l'écotoxicité des sédiments accumulés dans le bassin, une batterie de bio-essais a tout d'abord été testée. A l'issue de celle-ci, le test « ostracodes » sur « *Heterocypris incongruens* » a été retenu pour la suite des travaux, compte-tenu de sa sensibilité, de son bon pouvoir discriminant sur ce type de matériaux, et de la possibilité de réaliser à la fois un essai de d'écotoxicité aiguë (mortalité des organismes) et un essai de d'écotoxicité chronique (croissance des organismes). On dénombre 20 campagnes sur la période.

- *Les données concernant le fonctionnement des ouvrages d'infiltration et la compréhension de leur rôle vis-à-vis de la rétention de la pollution et du colmatage*

Elles concernent principalement la caractérisation et l'évolution de l'interface ouvrage/sol

- Sur 2013-2016, notamment les expérimentations conduites dans le cadre du projet FAFF GESSOL (2009-2016), ont permis de mener des études de caractérisation du sédiment en surface sur d'autres bassins que Django Reinhardt à Chassieu. 18 autres bassins d'infiltration ont ainsi été échantillonnés. Pour ces points, les mesures suivantes ont été effectuées :

- Mesure de profondeur de sédiment et de teneur en eau
- Mesure de granulométrie sur la fraction < 1mm, de la teneur en matières organiques (MO) et en carbonates, mesures en élément trace métallique (ETM), le carbone organique et l'azote total, le phosphore total, le pH et la capacité d'échange cationique (CEC).
- Analyses en HAP, les pesticides et alkylphénols (le mêmes que sur Chassieu) + PCB et dioxines.
- Observations au microscope électronique à balayage (MEB)
- Campagne en 2015 pour faire l'inventaire et réaliser le suivi floristique des végétaux (évolution de la colonisation végétale) dans le bassin d'infiltration obtenue par relevés floristiques de terrain par quadrats (estimation de la diversité végétale, caractérisation biologique des espèces et des habitats, caractérisation du substrat (contextes géochimiques des sols). Leurs teneurs en contaminants métalliques bio-accumulés a également été analysées.
- Approche de la biodiversité : en termes d'abondance, de nombres ou de types d'espèces de vers de terre et inventaire particulier des invertébrés terrestres (araignées et fourmis).

- *Les données concernant l'impact sur la nappe*

Les données acquises relatives aux impacts de l'infiltration sur la nappe concernent :

- Des enregistrements en continu (pas de temps horaire) du niveau de la nappe et de la température dans les piézomètres situés à l'amont (SC1, SC5 et SC6) et à l'intérieur (SC7 et SC11) du bassin d'infiltration ainsi que dans deux piézomètres latéraux gauche (SC12, SC26 et SC27) et dans un piézomètre latéral droit (SC13). Pour 8 de ces piézomètres, la conductivité électrique est aussi suivie en continu.
- Des campagnes de prélèvements d'eau de nappe (96 échantillons de 2013 à 2016) pour analyse du carbone organique dissous (COD), des éléments majeurs (Cl, TAC, nitrates, ammonium, sulfates, phosphates), de 42 composés organiques volatils (COVs) et de 24 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Ces deux derniers composés ne sont mesurés qu'une fois par an depuis 2011 (60 échantillons sur 2009/2012 et 24 depuis 2012). Deux campagnes lors d'incubation de substrats artificiels (12 échantillons en nappe et 3 échantillons en surface pour 2015-2016) pour analyse du carbone organique dissous total et biodégradable, des nutriments (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates) et des chlorures. Notons que les analyses par capteurs passifs (POCIS) de substances comme les pesticides n'ont pas été poursuivies faute de moyens.

- Des incubations de substrats artificiels pour mesurer la croissance et la diversité microbienne lors de deux campagnes (12 substrats incubés en nappe + 3 substrats incubés en surface lors d'un épisode pluvieux).
- Des analyses de la réponse des organismes aux pollutions urbaines ont été réalisées sur 5 types d'eau, 3 types de sédiments, sur des suivis allant de 4 semaines (1 échantillon par semaine) à 6 mois (3 dates). Les espèces sentinelles choisies (Amphipodes ou Oligochètes) permettaient des mesures de réserves énergétiques, de métabolites secondaires (en 2013) et de marqueurs du stress (2014 et 2015).

- *Les données concernant la biodiversité adverse introduite par ce type d'ouvrage*

Sur la période 2013-2016, deux types de données ont été acquises, lors d'études exploratoires :

- Campagnes de prélèvements pour mieux connaître la biodiversité terrestre dans les bassins d'infiltrations d'eau pluviales comme pour le compartiment de rétention : piégeage des invertébrés terrestres dans différents bassins d'infiltration (dont Chassieu) d'avril à août 2013. Échantillonnage en fond et en bord de bassin à 3 dates, à l'aide de 13 à 69 pièges et par chasse à vue, au total plus de 200 échantillons.
- Campagnes de prélèvements spécifiques sur les moustiques au sein d'ouvrages d'infiltration : 15 bassins de rétention et/ou infiltration (dont Chassieu) et des sites proposés par le Grand Lyon (bassin enterré par exemple) et 2 toitures végétalisées (Mions et Lyon 3e) sur le territoire étendu de la Métropole de Lyon ont été échantillonnés une fois par mois en mai, juin, juillet, septembre, octobre et novembre 2016 afin de vérifier si des moustiques s'y développaient. Au sein des bassins, toutes les parties en eau ont été échantillonnées. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un filet pour retenir les larves de moustiques, qui ont ensuite été mises en éclosoir pour identification.

#### **E) PERSPECTIVES D'EVOLUTIONS ET RAISONS DE CETTE EVOLUTION (RETOURS SUR LES OBJECTIFS)**

Le dispositif métrologique en place donne globalement satisfaction du point de vue des objectifs initiaux grâce à la réhabilitation. Cependant la fiabilisation du dispositif de mesure constitue un enjeu majeur.

Le fonctionnement des bungalows rénovés sur l'année 2017 permettra de valider entièrement la conception et le fonctionnement de la station de mesure. Les changements majeurs sont : acquisition des données au pas de temps 1 seconde (archivage 2 min.) avec carte d'acquisition pilotée sous National Instrument, prétraitement en temps quasi réel des données, meilleure conception du bac de mesure et des méthodes de maintenance. Les mêmes modifications seront apportées sur les stations d'Ecully, à partir de fin 2016, pour le suivi uniquement de la débitmétrie.

Par ailleurs l'expérience montre qu'un point de mesure à l'exutoire d'un bassin versant donne une information pauvre qui ne permet ni de comprendre les dynamiques ni de remonter aux sources. Il serait donc opportun de réfléchir à augmenter le nombre de points d'observations au sein du bassin versant.

Du point de vue de l'étude des apports d'eau pluviale à la nappe, les suivis sur le long terme actuels ont intégré les mesures d'oxygène dissous aux enregistrements en continu du niveau piézométrique, de la température et de la conductivité électrique réalisés depuis 2003. Il sera nécessaire d'aborder le transfert des micropolluants notamment des pesticides comme réalisés sur les apports. Des tests de capteurs passifs en nappe devraient se poursuivre aussi bien pour l'estimation des flux de micropolluants que pour connaître les apports microbiens (dont les pathogènes).

### 3 Site d'Ecully

#### A) OBJECTIF DE CE SITE EN TERMES D'OBSERVATION

Ce site est dédié à la mesure des flux d'eau et de polluants produits par un bassin versant caractéristique d'un milieu urbain moyennement dense et par un déversoir d'orage situé à l'exutoire du bassin versant.

#### B) PRESENTATION DU SITE

##### ■ *Récapitulatif des principales caractéristiques du site*

Ce bassin versant a une superficie de 245 ha, une urbanisation résidentielle moyennement dense et un coefficient d'imperméabilisation de 42 %. Sa pente est de l'ordre de 2 %. Il est drainé par un réseau d'assainissement majoritairement unitaire, avec quelques tronçons séparatifs dans sa partie haute. Il est muni en outre de 5 petits déversoirs d'orage rejetant les effluents dans le ruisseau du Trouillat (déversoirs non instrumentés car ne déversant que très exceptionnellement) et d'un déversoir d'orage principal, dit déversoir Valvert, situé à l'exutoire et qui est instrumenté. Le déversoir Valvert rejette les effluents de temps de pluie dans le ruisseau des Planches.

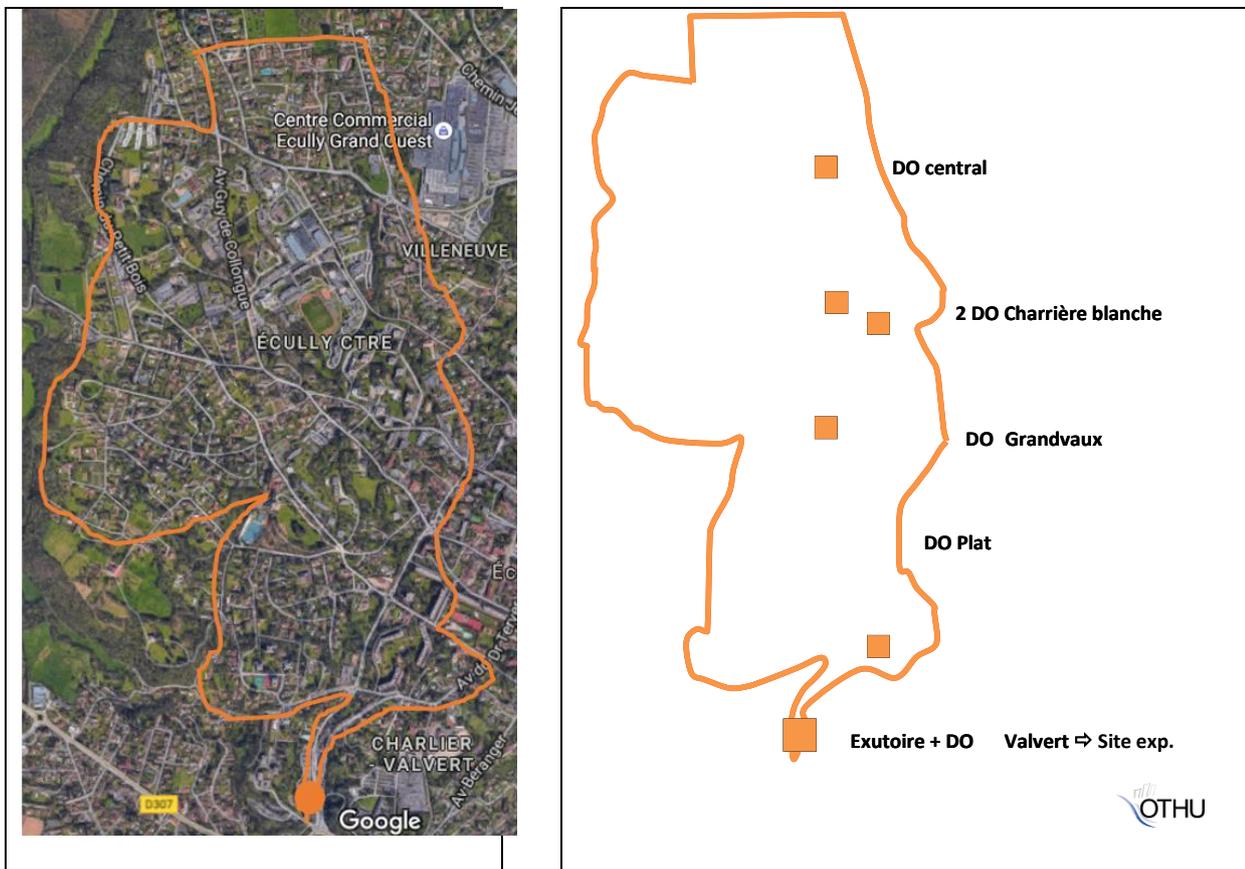


Figure 10. Bassin versant d'Ecully et position des déversoirs d'orage

#### C) ÉQUIPEMENT METROLOGIQUE

L'ensemble de l'instrumentation est placé à l'exutoire du bassin versant au niveau du déversoir Valvert. Il est installé sur le collecteur de type ovoïde A180 pour évaluer les flux d'eau et de polluants produits par un petit bassin urbain et estimer les flux transités et déversés.

Les appareils installés sont les suivants :

- **Au niveau du collecteur** à l'amont du déversoir du Valvert : des mesures en continu 24h/24h sont effectuées au pas de temps de 2 minutes correspondant à la triple mesure des débits (hauteur

vitesse). Les principales mesures en continu sont triplées (hauteur, vitesse) pour fiabiliser leur acquisition.

- **Au niveau de la conduite de déversement** vers le ruisseau du Trouillat. Les mesures de débits déversés à partir de la hauteur et de la vitesse ne sont pas fiables du fait des conditions hydrauliques inappropriées. Une étude a été menée dans le cadre de la thèse d'Adrien Momplot (soutenue en décembre 2014) pour mesurer ce débit déversé à partir d'une mesure du débit amont (hauteur/vitesse). La démarche a été validée par le service Autosurveillance du Grand Lyon. Pour fiabiliser complètement le dispositif (redondance des mesures), des sondes de hauteur ultrason et vitesse Lange ont été installées. Ces sondes servent également de détecteurs des déversements et validation qualitative de la loi « hauteur/débit déversé » actuellement utilisée pour produire des données destinées à l'autosurveillance réglementaire.
- **Pluviométrie** : un pluviographe est présent sur le site expérimental d'Ecully, ainsi qu'un deuxième pluviographe près du réservoir exploité par Veolia à proximité de l'Ecole Centrale (lieu dit : "le Tronchon") où les données sont recueillies depuis octobre 2006.

**INFORMATIONS** : L'ensemble du site est opérationnel et en service depuis avril 2001. Depuis 2013, le site a rencontré de gros problèmes de métrologie sur les paramètres qualité (usure des capteurs, problèmes de pompage liés à la géométrie du site). Il a été décidé au séminaire stratégique de juillet 2013 d'abandonner sur 2013/2015 l'exploitation et la maintenance des capteurs de qualité (pH, conductivité, température) et de poursuivre uniquement les mesures de débits réseau/DO nécessaires à l'autosurveillance réseau pour la métropole de Lyon. Mais la vétusté de la centrale d'acquisition entraîne régulièrement des pertes de données.

La centrale d'acquisition type National Instrument a été installée, avec une gestion sous environnement LabView. Le site est de nouveau complètement opérationnel (mesure uniquement de hauteurs, vitesses moyennes et débits amont DO – le débit déversé est modélisé à partir du débit amont).

#### D) DONNEES ACQUISES

Basées sur les mêmes principes que pour le site Django Reinhardt, les données acquises sur les flux produits par les bassins sont les suivantes : Données en continu avec un pas de temps de 2 minutes des débits (hauteurs- vitesses), du pH, de la température, de la conductivité et de la turbidité dans le déversoir Valvert, depuis 2004. Arrêt depuis 2013 des suivis qualité (difficultés de pompage, malgré le test de plusieurs pompes depuis 2012, et vétusté du matériel) ;

#### E) PERSPECTIVES D'EVOLUTIONS ET RAISONS DE CETTE EVOLUTION (RETOURS SUR LES OBJECTIFS)

Les objectifs sur le site d'Ecully sont rediscutés. Si quelques travaux de thèses en cours utilisent encore certaines données ponctuelles (e.g. thèse de Santiago Sandoval), les données d'Ecully sont globalement peu utilisées. De plus, aucune équipe de l'OTHU ne prévoit, dans les années qui viennent, de proposer de nouveaux programmes de recherche s'appuyant sur les données à acquérir sur le site. En outre, la plupart des organismes financeurs (Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse ; ONEMA) affichent un intérêt croissant pour les études portant sur l'évolution de la qualité et de la biodiversité des milieux récepteurs. Des études de ce type sont difficilement réalisables à Ecully, l'accès au ruisseau des Planches (milieu récepteur du DO Valvert) étant périlleux et le ruisseau en lui-même, dans un état écologique désastreux, est peu «instrumentable ».

L'acquisition des données en continu au pas de temps de 2 minutes des débits (hauteur-vitesse) est maintenue. Deux capteurs Flodar (hauteur et vitesse) sont en place afin de doubler la mesure de débit dans le réseau (un des deux est actuellement en maintenance) et le débit déversé est modélisé. Un capteur de hauteur US, bientôt installé juste après le seuil, permettra de fournir une information binaire de surverse et une validation qualitative du modèle utilisé.

Afin de répondre aux objectifs d'évaluation des flux d'eau et de polluants produits par un bassin versant caractéristique d'un milieu urbain moyennement dense et des impacts sur les milieux récepteurs, il est proposé de redéployer les efforts sur le site de Grézieu-la-Varenne (soumission de la proposition au prochain CG de janvier 2017). Les trois bungalows de mesure de ce site étant également vétustes, une réhabilitation est inévitable dans les années qui viennent. Une réhabilitation du bungalow DO est envisagée dans un premier temps, grâce au budget alloué initialement pour Ecully. L'équipe INSA-DEEP interviendrait sur ce site en partenariat avec toutes les autres équipes de recherche et en étroite collaboration avec les équipes déjà investies.

## 4 Site de l'IUT (Campus La Doua)

### A) OBJECTIF DE CE SITE EN TERMES D'OBSERVATION

Ce site a été retenu afin de valider une méthodologie de suivi de la qualité physico-chimique et biologique de la nappe à l'aplomb d'un bassin présentant des activités non industrielles et une zone non saturée (ZNS) peu épaisse. Cette ZNS permet d'effectuer des études précises de la variabilité spatiale des différents paramètres en nappe.

### B) PRESENTATION DU SITE

#### ▪ *Récapitulatif des principales caractéristiques*

Ce site est constitué d'un bassin d'infiltration situé sur le campus de la Doua (Villeurbanne) près de l'IUT Lyon 1 dans le couloir fluvial du Rhône. Il reçoit les eaux pluviales d'un bassin versant de 2.5 hectares caractéristique d'activités tertiaires.

#### ▪ *Descriptif détaillé des sites*

Le bassin d'infiltration date d'une trentaine d'années. Sa capacité est de l'ordre de 4000 m<sup>3</sup>. Sa profondeur est d'environ 3 m. Le bassin est situé sur la nappe alluviale du Rhône. A cet endroit, la nappe est haute (moins de 2 m du fond du bassin) et ses fluctuations sont importantes si bien que la zone non saturée sous le bassin est faible, voire inexistante à certaines périodes.



Figure 11. Instrumentation du site de l'IUT. En 2008, le bassin d'infiltration comprend un total une soixantaine de piézomètres, tubes en plexiglas ou tubes métalliques permettant d'échantillonner et d'inspecter par vidéo-caméra le lit d'infiltration et la nappe phréatique. Cette instrumentation a été complétée par 24 piézomètres métalliques permettant l'échantillonnage du toit de la nappe tous les 20 cm.

### C) ÉQUIPEMENT METROLOGIQUE

Ce site est principalement équipé de batteries de piézomètres. Plusieurs configurations ont été testées depuis 1999 :

- En septembre 1999 : 30 mini piézomètres.
- En novembre 2000 : +6 piézomètres équipés de tubes en Plexiglas (profondeur -2, -3, -4, -5, -6, -7m)
- En septembre 2001 : 4 piézomètres ont été implantés en amont du bassin d'infiltration (site étang du campus) (profondeur -8, -9, -10 et -11m)
- En février 2002 : les 30 mini piézomètres installés en 1999 ont été déplacés sur la totalité du bassin.

- En septembre 2003 : Implantation de 12 tubes plexiglas transparents non crépinés d'une longueur de 3,5 m pour la vidéo prospection. Réalisation après l'implantation de chaque tube d'une diagraphie vidéo afin de localiser la profondeur à laquelle se sont accumulés les sédiments fins d'origine pluviale. Perforation et installation de 8 piézomètres transparents d'une longueur de 3,5 m pour la réalisation de tests de perméabilité.

- depuis 2006, installation d'un groupe de 24 piézomètres métalliques témoins (3 répliqués de 8 profondeurs de 0 à 100 cm sous la surface de la nappe) situés sur le site étang du campus et un groupe de 24 piézomètres métalliques (3 répliqués de 8 profondeurs) situés à l'aplomb du dôme de recharge en eau pluviale dans le bassin. Implantation de 2 tubes plexiglas transparents supplémentaires (1 sur le site étang et 1 dans le bassin). (Figure 12).

Au total, 54 points d'observation sont opérationnels (56 au total dont 2 actuellement colmatés) , dont deux séries de 15 piézomètres situés en amont et en aval du bassin d'infiltration.

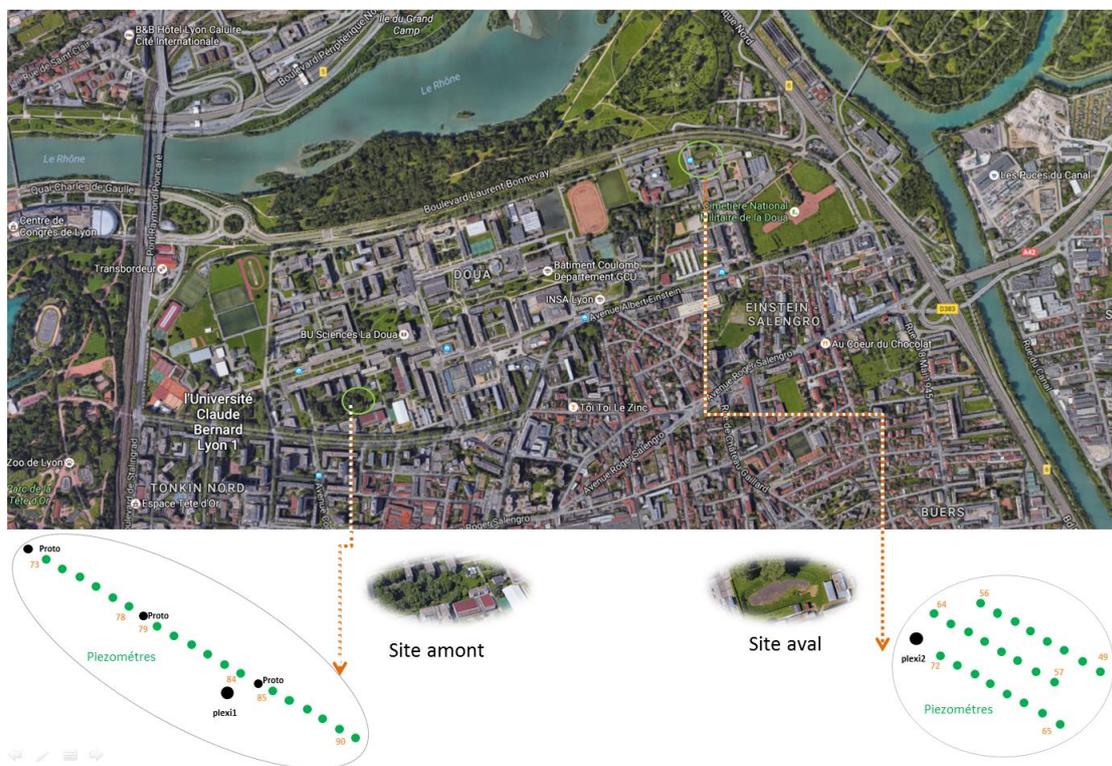


Figure 12. Vue aérienne du bassin d'infiltration de l'IUT (site aval - Villeurbanne) et site référence amont montrant la localisation et la disposition des différents piézomètres métalliques et Plexiglas installés depuis 2006 .

Cet ensemble de piézomètres est équipé jusqu'à 2015 de 2 sondes multiparamètres (une dans le site de référence étang et une dans le bassin d'infiltration lui-même) enregistrant en continu la température et la conductivité ; les niveaux piézométriques étant suivis par ailleurs à l'aide de sondes dédiées. Les sondes arrivant en fin de vie, leur remplacement a été réalisé en 2015.

Le suivi a évolué depuis 2015 : 2 capteurs multiparamètres, un capteur de suivi de l'oxygène dissous (piézomètre de référence), une centrale d'enregistrement et un capteur de température de précision (piézomètre BI). Ces équipements sont placés dans les piézomètres en plexiglas situés en extrémité des lignes de tubes métalliques (notés Plexi 1 et Plexi 2, Figure 12. Vue aérienne du bassin d'infiltration de l'IUT (site aval - Villeurbanne) et site référence amont montrant la localisation et la disposition des différents piézomètres métalliques et Plexiglas installés depuis 2006 .

Ces mesures de suivi de nappe en continu ont été complétées depuis 2015 par des incubations de substrats artificiels pour mesurer la croissance et la diversité microbienne lors de deux campagnes (12 substrats incubés en nappe + 3 substrats incubés en surface lors d'un épisode pluvieux).

De plus, de nombreuses campagnes de prélèvements ponctuelles se sont déroulées, avec en moyenne, 24 prélèvements par an. Avec notamment l'analyse des ions majeurs, des nutriments (N, P, DOC) et une fois par an, de composés organiques volatils (COV) et 24 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). 2 campagnes avec incubation de substrats artificiels (12 échantillons en nappe et 3 échantillons en surface pour 2015-2016) ont aussi été réalisées pour analyse du carbone organique dissous total et biodégradable, des nutriments (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates) et des chlorures.

En parallèle et en complément de ces mesures de terrain, des analyses en laboratoire sur colonnes de sédiment et microcosmes expérimentaux ont été menées afin d'évaluer l'impact de la couche de sédiment urbain déposée à la surface des bassins et de la présence de faune sur le phénomène de colmatage ainsi que sur la dynamique de la matière organique et des polluants, mais aussi la sensibilité des organismes à ces polluants urbains.

Enfin, des analyses de la réponse des organismes aux pollutions urbaines ont été réalisées sur de l'eau et des sédiments, sur des suivis allant de 4 semaines (1 échantillon par semaine) à 6 mois (3 dates). Les espèces sentinelles choisies (Amphipodes ou Oligochètes) permettaient des mesures de réserves énergétiques, de métabolites secondaires (en 2013) et de marqueurs du stress (2014 et 2015).

#### **D) DONNEES ACQUISES**

Les données acquises relatives aux impacts de l'infiltration sur la nappe concernent depuis 2013 :

- Des enregistrements en continu (pas de temps horaire) du niveau de la nappe, conductivité électrique, température, et O<sub>2</sub> dissous (depuis 2015) dans les piézomètres situés à l'amont et à l'aval du bassin d'infiltration.
- Des campagnes de prélèvements d'eau de ruissellement pluvial et de nappe pour analyse du carbone organique dissous (COD), des éléments majeurs (Cl, TAC, nitrates, ammonium, sulfates, phosphates), de composés organiques volatils (COVs) et de 24 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs).
- Des suivis d'organismes sentinelles dans la nappe permettant d'évaluer sa qualité à l'amont et à l'aval du bassin.

Pour 2013-2016, les mesures effectuées sont les suivantes:

- Mesure en continu du niveau de la nappe, de la conductivité électrique, température, et O<sub>2</sub> dissous (depuis 2015) sur deux piézomètres situés à l'amont et à l'intérieur du bassin,
- 96 prélèvements d'eau de nappe sur lesquels les paramètres suivants ont été mesurés: COD, Cl, TAC, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, et 24 échantillons pour 42 COVs et 24 HAPs,
- 30 échantillons lors de campagnes avec incubation de substrats artificiels.

## **E) PERSPECTIVES D'EVOLUTIONS ET RAISONS DE CETTE EVOLUTION (RETOURS SUR LES OBJECTIFS)**

Les suivis à long terme actuels sont limités aux enregistrements en continu du niveau piézométrique, de la température et de la conductivité électrique et de l'oxygène dissous.

Le fond de bassin reste très colmaté mais les berges permettent une bonne infiltration des eaux collectées.

Dans le cadre de l'équipement du site Ecocampus Lyon Tech la Doua, le bassin d'infiltration devrait être réhabilité. Il est prévu notamment de compartimenter le bassin d'infiltration et de le végétaliser

Cette réhabilitation permettra de nouveaux suivis et tests, notamment les tests de différentes configuration de surface (végétalisation, structure des sédiments, géotextiles ...) et leur influence sur les transferts chimiques et biologiques.

Enfin, des problèmes de colmatage par des racines d'arbres se posent sur le site de référence (étang), il conviendrait dans un proche avenir de réinstaller trois piézomètres de référence à proximité de ceux existants.

## 5 Site du bassin versant de l'Yzeron

### C) OBJECTIF DE CE SITE EN TERME D'OBSERVATION

Ce site sert de support pour 3 types d'investigation :

- Meilleure compréhension et modélisation des flux d'eau (origine et chemins empruntés) et de l'évolution du régime hydrologique sur un bassin versant péri-urbain dont la caractéristique est de présenter des zones mixtes des plus rurales au plus urbaines et une forte pression en termes d'urbanisation.
- Meilleure connaissance de l'impact d'un déversoir d'orage typique de ces zones sur une petite rivière périurbaine. Le développement urbain apparaît en effet comme fortement déclassant pour la qualité des eaux et de l'état écologique des cours d'eau aussi en terme géomorphologique, chimique, biologique et microbiologique.

### D) PRESENTATION DU SITE

#### ■ *Récapitulatif des principales caractéristiques*

Le bassin versant périurbain de l'Yzeron a une surface de 150km<sup>2</sup> et pour exutoire final Rhône<sup>3</sup> à Oullins. La topographie est contrastée (altitude du point le plus haut 917 m ; altitude de l'exutoire 162m). La géologie du territoire est formée de roches cristallines et métamorphiques et d'alluvions sur substrat cristallin. L'occupation du sol est principalement constituée de forêts à l'amont, prairies et cultures dans la partie intermédiaire mélangée à des zones urbaines, et zones urbaines denses à l'aval (Figure 14).



Figure 13.: Visualisation de la situation du bassin versant de l'Yzeron par rapport à la métropole de Lyon (© Sagyrc)

<sup>3</sup> Le Rhône ne fait cependant pas l'objet d'étude dans le cadre de l'OTHU

Ce bassin versant, s'est rapidement urbanisé ces dernières décennies (19 communes, 144 000 habitants vivant à 80% en zone urbaine). Il présente la particularité de regrouper des espaces très divers :

- À l'amont, le territoire est encore aujourd'hui à dominante rurale (forêts, agriculture, villages plus ou moins denses...)
- La partie médiane du bassin s'étend dans la banlieue résidentielle de l'Ouest lyonnais. Les cours d'eau sont à l'écart de l'urbanisation, implantée sur les plateaux.
- Le secteur aval est principalement urbain, les rivières s'écoulent dans des environnements très aménagés, qu'elles inondent très rapidement en cas de pluies importantes.

En effet le régime hydrologique du bassin est naturellement marqué par des crues rapides et des étiages sévères. Ce bassin a été partagé, au sens de la DCE 2000, en deux masses d'eau avec les objectifs : atteinte du bon état écologique dès 2015 pour la partie amont confluence Yzeron-Charbonnières, atteinte d'un bon potentiel écologique pour la partie aval avant la zone d'influence du remous de l'usine hydroélectrique située sur le Rhône. On trouve en parallèle du réseau de drainage « naturel » constitué par les cours d'eau pérennes et non pérennes (50% du linéaire environ), plusieurs réseaux d'assainissement plus ou moins interconnectés et des collecteurs principaux de type unitaire en fond de vallée et connexes aux rivières principales. Ils présentent de nombreux points de contact avec le réseau hydrographique, notamment par les déversoirs d'orages et les tampons d'accès situés en bordure de rivière. Les interactions entre réseau naturel et artificiel ont une influence très sensible sur l'hydrologie des « petites crues » et des étiages du bassin versant, et sur les niveaux de contamination du BV par des pollutions agricoles et urbaines.

#### ■ *Descriptif détaillé des sites*

Les différents équipements hydrométriques sont placés soit en versant, soit en cours d'eau pour l'étude du bilan d'eau (pluie, ETP, ETR, ruissellement) à différentes échelles de sous bassins versants.

Le dispositif est organisé à deux échelles :

- celle du **bassin versant de l'Yzeron** avec un ensemble de stations de mesures hydrométriques et météorologiques réparties.

Ce dispositif tient compte des stations de mesure des services opérationnels (DREAL Rhône-Alpes pour les débits et la métropole pour la pluie). La stratégie suivie est d'équiper des bassins versants emboîtés de différentes tailles (de quelques km<sup>2</sup> pour la Chaudanne et le Mercier à plus de 100 km<sup>2</sup>) pour : (i) échantillonner différents modes dominant d'occupation du sol (forêt, agricole, périurbain, urbain), (ii) obtenir des données de validation à différentes échelles, permettant ainsi de mieux juger l'adéquation des modèles mis en place, et (iii) effectuer des bilans hydrologiques par sous bassins principaux.

- celle du **ruisseau de la Chaudanne et de biefs de cours d'eau** permettant d'étudier l'impact en quantité et qualité des rejets de temps de pluie (RUTP), selon les secteurs qui peuvent être soit agricoles ou urbanisés, et ceci pour un cours d'eau à faible capacité de dilution. L'amont du ruisseau de la Chaudanne (cf. Figure 14) est principalement agricole avec de grandes cultures et zones d'élevage. C'est au passage du village de Grézieu-la-Varenne qu'un premier déversoir d'orage et une surverse de pompe de relevage viennent modifier les débits et la qualité du ruisseau. Une partie des eaux pluviales a été déconnectée en 2003 du réseau principal pour rejoindre des bassins de retenue et limiter les rejets du déversoir d'orage. Le premier bassin, après le décanteur, est muni d'un filtre étanche au fond et planté de roseaux afin d'assurer l'abattement d'une partie de la pollution liée aux eaux de ruissellement pluvial. Le dispositif a été dimensionné pour stocker un ruissellement urbain de fréquence moyenne quinquennale et apporte une réduction moyenne de 50% sur les pointes et les volumes déversés par le

déversoir de Grézieu-la-Varenne. Cette configuration se prête donc aussi à l'étude de l'efficacité d'un aménagement alternatif pour limiter l'impact des RUTP.

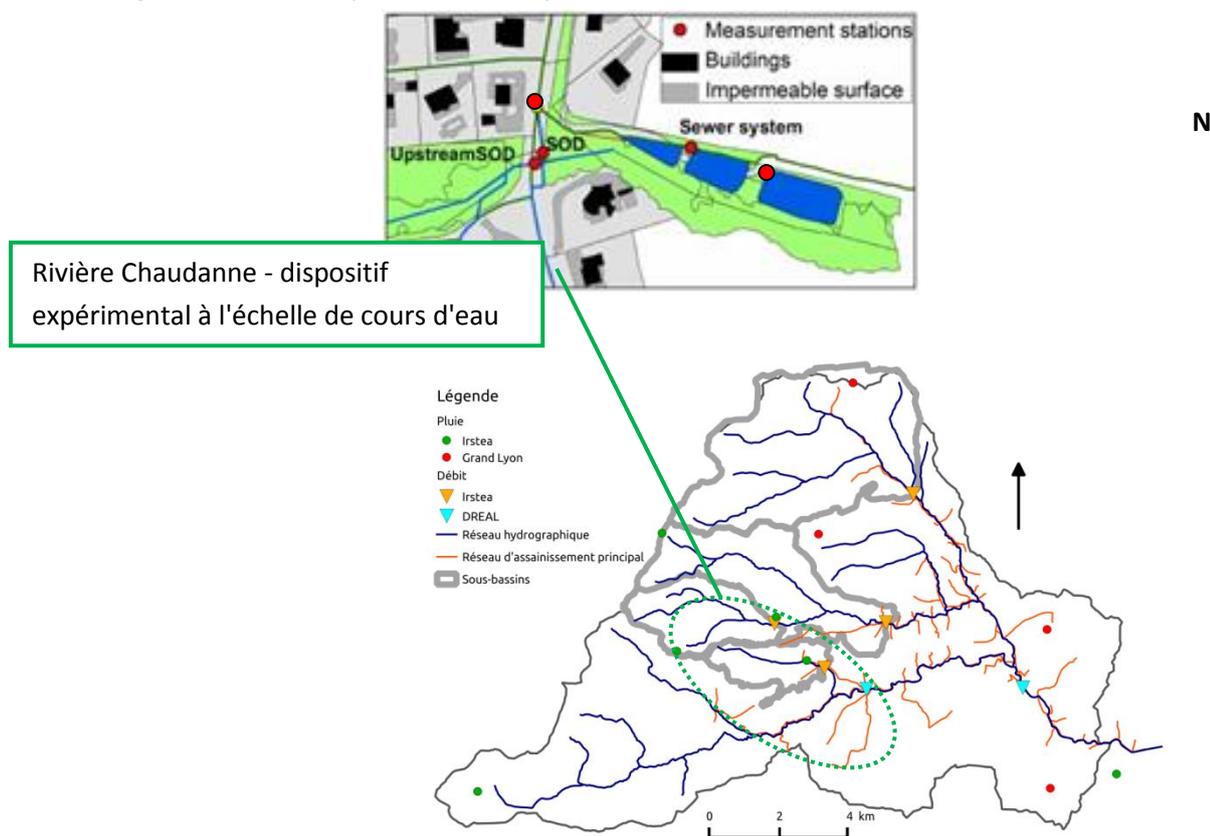


Figure 14. Organisation du dispositif métrologique autour du déversoir d'orage et du dispositif de bassins d'orage du ruisseau la Chaudanne à Grézieu la Varenne

## E) ÉQUIPEMENT METROLOGIQUE

### ■ A l'échelle du bassin versant de l'Yzeron :

Pour le suivi pluviométrique et météorologique (Figure15) l'équipement métrologique OTHU comprend 5 pluviographes à augets basculeurs qui permettent une mesure en continu de la pluie et de la température de l'air ainsi qu'une station météo plus complète qui comprend un pluviographe à pesée (mesure des précipitations solides comme liquide), un anémomètre-girouette, ainsi que des capteurs de température, humidité de l'air, pression atmosphérique et rayonnement solaire incident.

Pour le suivi débitmétrique (Figure15), il y a actuellement 7 stations en fonctionnement sur les cours d'eau du bassin, dont deux installées sur la période 2009-2012 (Charbonnières et Ratier). Elles sont équipées de capteurs limnimétriques piézo-capacitifs. La conversion hauteur-débit est faite au moyen de courbes de tarage construites à partir de jaugeages réguliers (à l'aide de courantomètres électromagnétiques ou par dilution dans le cas de faibles débits). Sur la rivière Chaudanne sont également mesurés en continu le débit dans le réseau d'assainissement et dans le déversoir d'orage de Grézieu.



Figure 15. La station météo de Montromant (Yzeron) et le canal Parshall de la station de la Léchère et sur la Chaudanne

■ A l'échelle d'un tronçon de rivière (impact d'un déversoir d'orage)

Le dispositif expérimental est représenté à la Figure 16

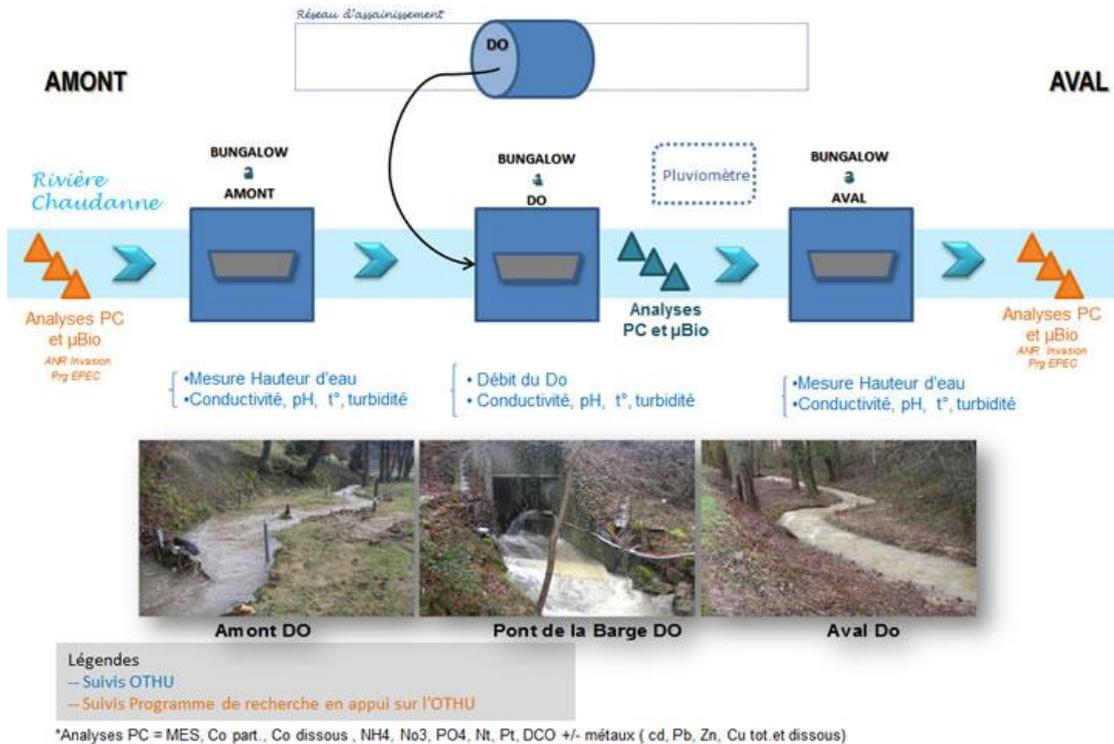


Figure 16: Schéma du site expérimental OTHU à l'échelle du bief de la Chaudanne

Pour le suivi des flux rejetés et notamment pour évaluer les dangers microbiologiques, par les déversoirs d'orage de Grézieu-la-Varenne, trois unités de mesure sont abritées dans des bungalows. Les mesures sont réalisées sur de l'eau pompée en rivière et dans le déversoir d'orage selon le même mode qu'à Chassieu ou Ecully à la différence que les pompages n'ont lieu que par temps de pluie. Le pompage est déclenché par le fonctionnement du déversoir d'orage. Des paramètres de qualité (conductivité, température, turbidité, pH) sont mesurés dans les canaux de dérivation (point rouge carte):

- dans le ruisseau à l'amont du déversoir d'orage ;
- dans le déversoir d'orage;
- dans le ruisseau à l'aval du déversoir d'orage;

Des échantillonneurs réfrigérés (un par bungalow) sont déclenchés sur niveau d'eau dans les canaux en vue d'évaluer les concentrations et quantités de bactéries pathogènes associées déversées, et d'établir des pollutogrammes en MES, CO particulaire, CO dissous, Pt, Matière sèche, plus rarement les métaux (Cd, Pb, Zn, Cu) (total et dissous) pour permettre la déduction de corrélation entre polluants microbiologiques et chimiques.

Les mesures en continu sont complétées par des campagnes d'échantillonnage biologique (et physico-chimiques) dans le substrat du ruisseau (prélèvement au Surber dans la zone benthique et à la pompe Bou-Rouch dans la zone hyporhéique). Nous suivons ainsi l'état et l'évolution des biocénoses interstitielles dont les populations de bactéries pathogènes en réponse aux conditions de flux. Les éléments chimiques suivants de l'eau en rivière et du substrat sont analysés en routine pour chaque campagne biologique : MES, CO part., CO dissous, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, NT, PT, DCO et plus rarement les métaux (Cd, Pb, Zn, Cu) totaux et dissous.

**REMARQUES :** Depuis 2009, la maintenance des bungalows OTHU du site a été transférée de Irstea à l'équipe de BPOE de l'UCBL/ VetAgro qui a repris pleinement la maintenance en 2013 après l'intervention d'un Post-doctorant OTHU de 2 mois fin 2012 pour consolider et rénover les 3 bungalows.

Le site est entièrement fonctionnel depuis octobre 2013. A titre d'information l'équipement est similaire au site de Chassieu et d'Ecully mais pour des raisons de maintenabilité plus simple et afin de disposer d'une autre technique, la station d'acquisition de ce site est une station « du commerce » marque utilisée par 80% des collectivités en Rhône Alpes) et non un équipement développé en propre comme sur Chassieu et Ecully. Ce choix permet de tester l'opérationnalité de l'instrumentation.

Deux équipes de l'OTHU sont mobilisées fortement sur le site : Irstea HH (débits + 2 points de conductivité et température à l'amont du DO et dans la canalisation de décharge du DO), et l'UCBL Lyon1 /BPOE/VetAgro (pH, conductivité, turbidité, température en continu + analyses).

## F) DONNEES ACQUISES

Les données acquises en continu sont la pluie, température de l'air, hauteur d'eau et débit en rivière (et dans le réseau / DO pour les points sur la Chaudanne). L'acquisition est réalisée à pas de temps variable pour tous les paramètres. Les données validées sont disponibles sur demande sur la base de données BDOH et ont été versées jusqu'à 2013 dans la base Vigilance du Grand Lyon. Les lacunes dans les séries peuvent être dues soit à des défaillances techniques (panne capteur ou centrale), soit aux conditions climatiques (périodes de sécheresse et de gel).

Plus en détail, la base de données pour les observatoires hydrologiques (BDOH) a été développée en 2012-2013 et mise en production en 2013. Elle regroupe l'ensemble des données hydrologiques (séries temporelles) produites par les observatoires d'Irstea, dont en particulier celui du site OTHU de l'Yzeron. Les données sont ainsi stockées dans une base de données structurée et sécurisée, consultables publiquement sur le site <https://bdoh.irstea.fr/YZERON/>, et téléchargeables après obtention d'un login et d'un mot de passe. L'ensemble des données hydrologiques en continu acquises dans le cadre de l'OTHU (pluie, température, hauteur d'eau, débit dans les cours d'eau) sont ainsi accessibles ainsi que les données issues de campagnes plus ponctuelles dans le temps et l'espace (thèse B. Sarrazin 2008-2012, projet IRIP)

Fin 2016, les données stockées dans BDOH regroupent les données de 55 stations, 16 paramètres, depuis 1997 (soit sur certaines stations presque 20 ans de données). L'ensemble du jeu de données dispose d'une référence citable au même titre qu'un article scientifique : Lagouy, M.; Branger, F.; Thollet, F.; Breil, P.; Dramais, G.; (2015): Suivi hydrologique du bassin versant périurbain de l'Yzeron; Irstea.

<http://dx.doi.org/10.17180/OBS.YZERON>.

Un projet débute fin 2016, nommé GeoBDOH, qui a pour but d'enrichir la base BDOH d'une interface web-SIG permettant de faciliter l'accès aux données.

Depuis 2009, des campagnes de prélèvements en rivière, des eaux du déversoir d'orage et du collecteur d'égout ont été effectuées pour permettre d'apprécier les dangers d'origine microbiologique

## G) PERSPECTIVES D'EVOLUTIONS ET RAISONS DE CETTE EVOLUTION

Au niveau du suivi en continu à l'échelle du bassin, la période 2013-2016 a plutôt été consacrée à la consolidation de l'existant : amélioration de la sensibilité des stations actuelles (travaux sur le Mercier et la Chaudanne), renforcement des courbes de tarage et des procédures de validation des séries de pluies. Deux stations de mesure de débit supplémentaire sont envisagées : une sur le cours amont de la rivière Yzeron, ainsi qu'une autre à l'aval au lieu-dit Pont Blanc sur la commune d'Oullins. Ces deux projets sont en discussion avec le syndicat de rivière SAGYRC, mais sans garantie quant à leur aboutissement.

En 2016, le bassin de l'Yzeron a intégré le Réseau de Bassins Versants (RBV), complétant le réseau par un bassin à composante urbaine forte. Le réseau préconise l'acquisition d'un jeu de 21 paramètres dans l'ensemble de ses sites. Dans ce cadre de cette intégration, plusieurs évolutions du dispositif de mesures sont envisagées en 2017 avec l'ajout d'un capteur de rayonnement net à la station météo de Montromant et l'installation de capteurs de l'humidité du sol sur deux sites contrastés (forêt et prairie). De plus, afin de réaliser une intercomparaison de sites, une caractérisation géochimique de chaque site est préconisée sur une durée de 2 ans. A ce titre, des échantillonnages mensuels de la pluie pour des analyses chimiques (anions et cations majeurs) et isotopiques sont prévus sur 3 pluviographes du réseau situés dans des environnements différents. De même, trois cours d'eau (Mercier, Chaudanne, Charbonnières) seront échantillonnés mensuellement pour une caractérisation des Matières en Suspension (MES) et des concentrations en éléments majeurs. Cet échantillonnage permettra uniquement une caractérisation géochimique globale (niveaux de concentration moyens, gamme de variation) mais ne permettra pas l'établissement de bilans de masse. Ceci pourra être envisagé dans un second temps, mais dépendra des résultats de cette première phase exploratoire et des contraintes de terrain. Les analyses chimiques seront réalisées au LAMA (Laboratoire de Chimie des Milieux Aquatiques) d'Irstea et les analyses isotopiques dans un laboratoire du réseau RBV (réseau des bassins versants).

Nous espérons que les données géochimiques collectées pourront nous aider à mieux connaître les origines des flux d'eau, afin de mieux contraindre les modèles. Des perspectives sont aussi envisagées en termes de suivi de micropolluants ou contaminants émergents avec le LAMA.

Certains résultats d'analyse des échantillons ont permis d'observer des transferts de l'ordre de plusieurs milliards de bactéries pathogènes et d'origine fécale dans le ruisseau de la rivière Chaudanne en raison des activités humaines sur le BV de l'Yzeron. Des travaux seront menés pour établir l'importance de ces bactéries allochtones dans la microflore actuelle de la rivière Chaudanne en fonction des biefs étudiés et de leur proximité avec des zones agricoles ou habitées. Ces études permettront une évaluation de l'incidence de certaines pratiques sur les populations microbiennes endogènes d'un cours d'eau.

Une modélisation des concentrations et quantités de certaines espèces pathogènes dans le collecteur d'égout et/ou les compartiments du cours d'eau en fonction de paramètres hydrauliques, des faciès morphologiques et paramètres chimiques est en projet.

Suite à une mobilisation moins importante dans les années à venir de l'équipe INSA-DEEP sur le site Ecully, DEEP souhaite se remobiliser sur le site de Grézieu-la-Varenne en partenariat avec toutes les autres équipes de recherche. Il restera à définir courant 2017, les axes de recherche (par exemple suivis qualité et quantité dans le réseau au niveau de la chambre de déversement – données utiles pour poursuivre les recherches sur impacts des rejets des DO sur la Chaudanne et biodiversité, sujets d'intérêt notamment pour l'Agence de l'eau et la Métropole de Lyon, etc.), à répartir les tâches et les responsabilités, à entreprendre quelques démarches administratives auprès de la commune de Grézieu-la-Varenne, à dialoguer à ce sujet avec les gestionnaires Lyonnaise des eaux – Suez Environnement, le Sagyrc, etc.

## 6 Site de l'Ecocampus LyonTech la Doua

### A) OBJECTIF DE CE SITE EN TERMES D'OBSERVATION

Les travaux de l'OTHU se sont concentrés jusqu'à présent sur le suivi des ouvrages de gestion centralisée des eaux pluviales et de leurs impacts. Pour les différents types d'ouvrages (déversoirs d'orage, bassins de rétention/décantation, bassins d'infiltration), les connaissances sur le fonctionnement et l'impact sur les milieux récepteurs, ainsi que les recommandations pour la conception, ont été enrichies.

Mais l'un des objectifs de cette observation était aussi d'argumenter en faveur d'une gestion plus intégrée et à la source des eaux pluviales. Grâce à ce nouveau site la comparaison entre ouvrage centralisé et technique à la source est maintenant possible.

Au sein de l'OTHU ce site est destiné à l'étude des flux d'eau et de polluants/contaminant, de la biodiversité produit par un bassin versant muni de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales à la source (e.g. toiture végétalisée, chaussées réservoir, noues, etc.). L'étude sera également menée sur l'analyse performantielle de ces techniques sur le plan hydraulique, environnemental et énergétique.

### A) PRESENTATION DU SITE

*Ce site est un nouveau site de l'observatoire dont la phase d'équipement OTHU est en cours depuis fin 2015.*

Le site de l'Ecocampus de Lyontech la Doua est un site en évolution. Il s'inscrit dans une politique de rénovation de ce campus universitaire des années soixante-dix en Ecocampus. Ce projet vise à reconverter les 100 hectares du site villeurbannais en un immense laboratoire à ciel ouvert, dédié au développement durable. La politique de gestion des eaux pluviales (EP) est déjà engagée depuis 2014 et consiste à déconnecter les eaux pluviales, les stocker et les infiltrer *via* des techniques alternatives ou techniques à la source.

Les ouvrages suivis (en plus du bassin de l'IUT qui sera intégré à ce site) sont pour l'instant : une noue, une tranchée et une chaussée à structure réservoir à revêtement drainant (CSR). Plus tard sera intégré le suivi de toitures végétalisées implantées sur des bâtiments en cours de réhabilitation.

Pour les deux premiers sites, les caractéristiques des apports sont obtenues à partir de la collecte des eaux de ruissellement d'une surface de taille et de nature identique à celles alimentant la noue et la tranchée. Pour la chaussée réservoir, la qualité et la débitmétrie sont comparées à celles obtenues par ruissellement sur une surface de même taille mais de constitution plus classique (chaussée imperméable avec un enrobé classique).

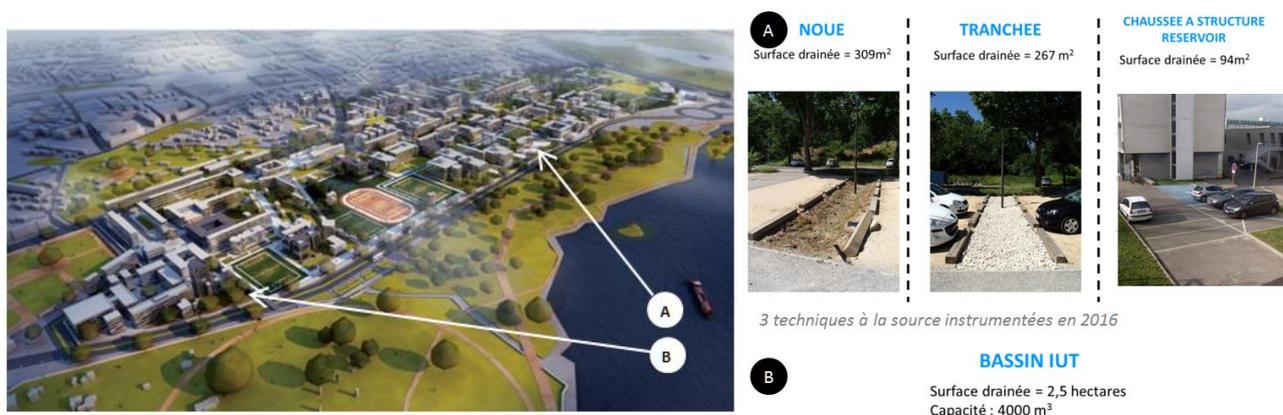


Figure 17 : Organisation du site expérimental Ecocampus de l'OTHU

## B) ÉQUIPEMENT METROLOGIQUE ET DONNEES PROCHAINEMENT ACQUISES

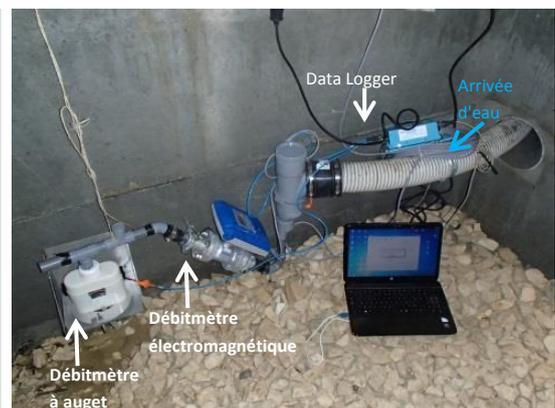
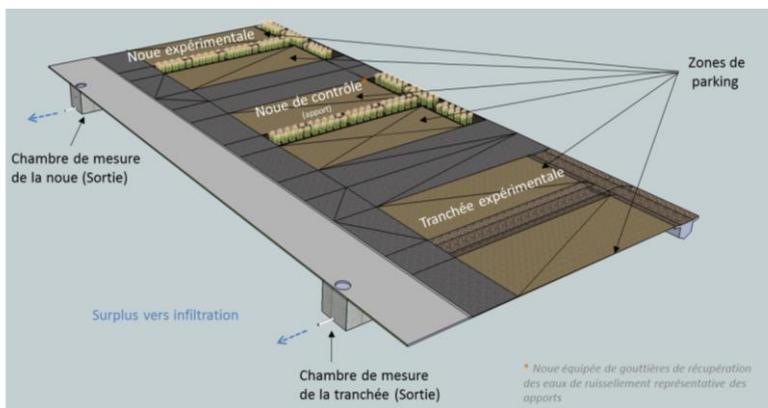
L'instrumentation a été pensée pour qu'elle soit transposable à l'ensemble des sites, permettant ainsi une homogénéisation des données collectées pour une meilleure comparaison des résultats obtenus sur d'autres sites. Le suivi concerne donc :

- des données climatiques : pluviométrie, température d'air, vitesse du vent, hygrométrie.
- des données débitmétriques en sortie des ouvrages et à l'exutoire des surfaces de référence (noue de contrôle/d'apport, surface en enrobé pour la CSR)
- des données physico-chimiques (conductivité, pH, température de l'eau) en sortie des ouvrages et à l'exutoire des surfaces de références

Le suivi sera complété par de prélèvements et d'échantillonnage représentatifs des événements pluvieux en sortie des ouvrages et des surfaces de références pour analyses de micropolluants (ETM, HAPs, Pesticides, Alkylphénols et dérivés, PBDEs) et à terme pour analyse de biodiversité et de microbiologie.

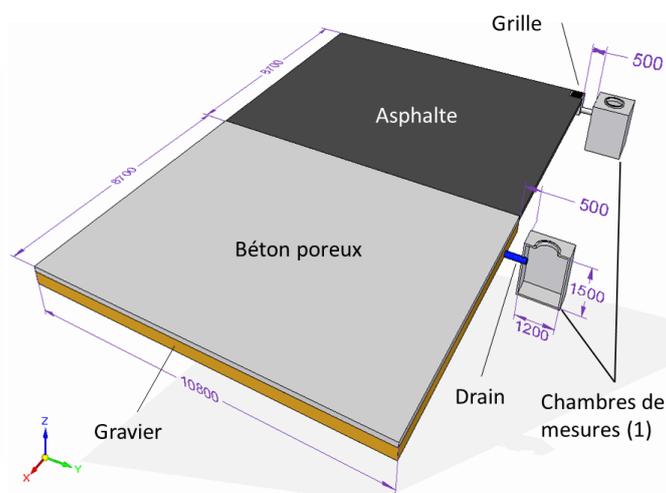
Le suivi des pratiques en matière d'entretien, usages et perception sera également réalisé (2 campagnes photos sur les usages ont eu lieu courant 2016 l'une sur février 2016 et la seconde en Novembre).

### Noues et Tranchée



Détail de l'équipement de la chambre de mesure

### Chaussée à structure réservoir



Détail de l'équipement de la chambre de mesure

Figure 18. Schéma et photographies des trois types d'ouvrages suivis actuellement sur le site de l'EcoCampus.

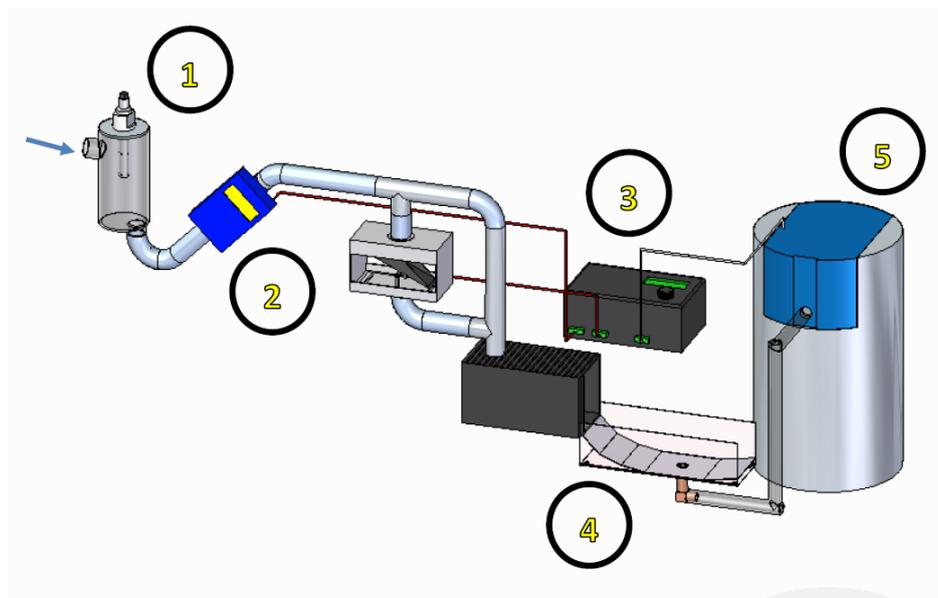


Figure 19. Détail de l'instrumentation dans les chambres de mesure.

- (1) Mesure de conductivité électrique et de température en entrée, (
- (2) Une mesure de débit par un double débitmètre (débitmètre électromagnétique (EM) pour débits de la gamme [75 ; 3500 L/h] + débitmètre massique à auget (20 g) pour débits de la gamme [0 ; 100 L/h]),
- (3) Centrale d'acquisition
- (4) bac de prélèvement en inox dont la forme a été étudiée pour assurer un bon mélange des polluants dans le volume d'eau au moment du prélèvement,
- (5) préleveur mono flacon

## B) PERSPECTIVES

L'objectif est de finaliser l'équipement des sites actuels pour début 2017. Dans les 3 ans à venir : un suivi thermique à l'échelle de l'ensemble du campus est également envisagé sur ce site (horizon fin 2017), d'autres techniques à la source pourraient également être investiguées en complément (toitures, techniques alvéolaires ...). Le suivi de la biodiversité et de l'impact de ces techniques est également envisagé.



## 7 Sites Satellites et Sites Ateliers

### 7.1 Sites Satellites

A l'heure actuelle, la notion de sites satellite n'a vraiment été mise en œuvre que sur la question de l'impact des infiltrations des eaux pluviales sur la nappe et sur la caractérisation des sédiments de bassin de rétention ou d'infiltration (caractérisation sédimentaire, géochimique, pédologique voire écotoxicologique).

#### A) OBJECTIF DE CES SITES EN TERME D'OBSERVATION

Les sites satellites permettent de tester l'influence de certaines variables telles que la taille du bassin versant et l'épaisseur de la zone non saturée (ZNS) sur les effets de l'infiltration d'eau de ruissellement pluvial. Ils viennent compléter les sites pilotes en fournissant des répliqués nécessaires à l'établissement de relations statistiques (exemple : amplitude thermique annuelle en fonction de la taille du bassin versant drainé). Ils correspondent soit à des sites de référence (piézomètre situé en dehors de la zone d'influence d'un bassin d'infiltration) soit à des bassins d'infiltration situés au sein de l'agglomération lyonnaise.

#### B) PRESENTATION DES SITES

Sur la question de l'impact des infiltrations des eaux pluviales sur la nappe, il s'agit

- des bassins de *Granges Blanches et Minerve* – qui comme l'IUT, ont été dotés d'un dispositif spécifique permettant de tester statistiquement les effets de l'infiltration et de la profondeur sur les concentrations de solutés, les activités et biomasses microbiennes, les processus biogéochimiques (respiration) et la diversité des invertébrés dans un contexte de nappe peu profonde (< 3m). Ce dispositif permet de prélever l'eau, les sédiments, et les invertébrés à des profondeurs de 20, 40, 60, 80 et 100 cm sous la surface de la nappe

#### Site de Minerve (St Priest)



Figure 20 : Vue aérienne du bassin d'infiltration de Minerve (Saint-Priest) montrant la localisation et la disposition des différents piézomètres métalliques ainsi que ceux du ponton et plexiglass.

## Site de Grange-blanche ( Corbas)

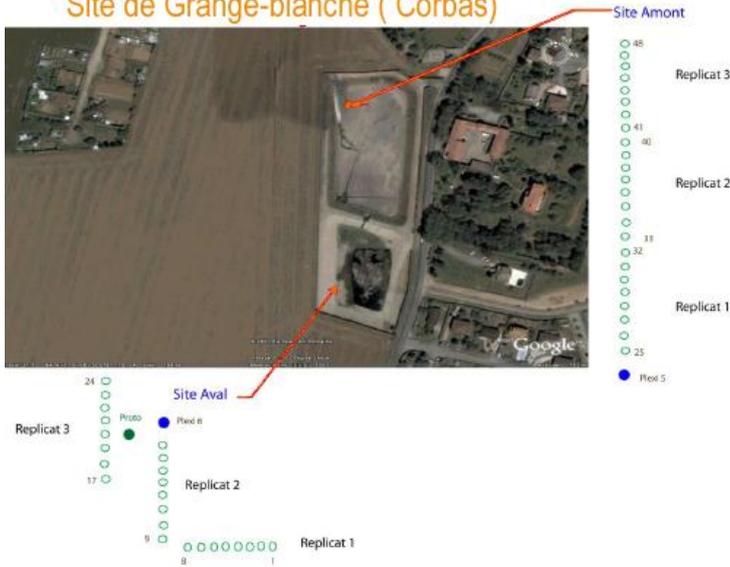


Figure 21 : Vue aérienne du bassin d'infiltration de Granges Blanches (Corbas) montrant la localisation et la disposition des différents piézomètres métalliques et plexiglass installés en 2006.

- Pour améliorer les connaissances des fluctuations à long terme de la qualité de la nappe en aval des bassins d'infiltration. Deux autres bassins ont été rajoutés au suivi en continu afin de disposer d'une plus large gamme de systèmes étudiés possédant une zone non saturée épaisse (> 10 m). *Chemin de Feyzin (Mions), Chemin de Raquin (Chassieu)*,



Figure 22 : Vue aérienne du bassin d'infiltration Chemin de Feyzins (Mions) et du bassin Raquin (Chassieu)

- De bassins d'infiltration équipés d'au moins un piézomètre aval et dans certains cas d'un piézomètre amont (site de référence) sont utilisés dans le cadre de divers plans d'échantillonnage. Il s'agit de *Bois Carré (Saint-Bonnet de Mure), Carreau (Décines), Centre Routier (Chassieu), Charbonnier (Vénissieux), Chemin de Feyzin (Mions), Chemin de Raquin (Chassieu), Grandes terres (Saint-Bonnet de Mure), Granges Blanches (Corbas), Leader (Saint-Priest), Léopha (Corbas), Minerve (Saint-Priest), Pithioud mi-plaine (Saint-Priest), Pivolles (Décines), Revoisson (Genas), Triangle de Bron (Bron) et ZAC du Chêne (Chassieu)*. Ces bassins ont fait l'objet d'enregistrement en continu (sondes multiparamétriques) en nappe sur des périodes de plus de 6 mois ou de prélèvements d'eau souterraine qui permettent de compléter les observations effectuées sur les sites pilotes

Entre 2013 et 2016, les suivis à long terme limités aux enregistrements en continu du niveau piézométrique, de la température et de la conductivité électrique sont poursuivis. Les sondes ont été progressivement renouvelées et ont été complétées fin 2015 par des sondes mesurant l'Oxygène dissous en amont et en aval des bassins de Minerve, Granges Blanches, Chemin de Raquin et Chemin de Feyzin.

### Pour ce qui est de la caractérisation sédimentaire, géochimique et pédologique de bassins d'infiltration

(programme Gessol). Une sélection de 19 bassins d'infiltration de l'est de Lyon ont été suivis.

Dans un premier temps, 19 bassins d'infiltration de l'est de Lyon (figure 5) ont été sélectionnés parmi 200 systèmes d'infiltration. Cette sélection s'est faite essentiellement sur les paramètres géo-environnementaux de chacun des bassins (tableau 2) : âge du bassin d'infiltration, taille du bassin versant urbain (BVU), volume du bassin d'infiltration, type d'activité du BVU, taux d'imperméabilisation du BVU, pente du BVU, longueur, densité et pente des collecteurs.

Tableau 2 : exemple de sélection par tailles et typologie des BVU.

Nom BI	Zones industrielles et commerciales	Tissu urbain discontinu + Réseaux routier et ferroviaire et	Zones agricoles TAHPI, SCPC, FF	Typologie SAGE ou Observation*
Centre routier	6,8	0	0	Parking à P.L.
Charbonnier	273	21,8	1,1	Industriel
D. Reinhardt ZI Chassieu	182,8	3,8	48,8	Industriel
IUT DOUA	14,8	0,5	0	Industriel*
Leopha	120	28,9	12,9	Industriel
Parilly 2	122,5	1,4	25,9	Parc forestier/Industriel*
PAE Mi-plaine Lieu-dit Laleau Nord	149,9	1,5	11,5	Industriel
Pesseliere	26,5	0	0,2	Industriel*
ZAC des Pivolles	27,3	7,9	1,3	Industriel
ZAC du Chêne	62,3	11,8	0	Industriel
Minerve	111,4	4,1	77,3	Industriel
Triangle de Bron	16,4	17,4	0	Parking
Le Carreau	0	61,3	3,9	Résidentiel*
ZAC Paul Claudel	0	16,2	0	Résidentiel
Villardier	0	4,4	0,4	Agricole
Chemin de Feyzin	0,5	192,3	131,7	Agricole
Grange Blanche	0	270,9	162,9	Agricole
Boulevard Urbain Est	0,1	0	2,2	Voirie*
Pierre Blanche	0	9,4	67,6	Agricole

Dans un second temps une stratégie d'échantillonnage a été adoptée afin d'obtenir un échantillon de sédiment urbain moyen et représentatif de chacun des bassins d'infiltration (figure 6). Cet échantillonnage doit intégrer une approche fonctionnelle et spatiale. L'échantillonnage réalisé contient le type d'échantillonnage choisi, la localisation et la répartition des points de prélèvement. La stratégie d'échantillonnage a été établie à partir des recommandations émises par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) dans le guide technique d'avril 2006 « Recommandations pratiques pour la gestion des produits de l'assainissement pluvial » et adaptée en fonction des caractéristiques des ouvrages (taille, présence ou non de sédiments). Ainsi le nombre de points de prélèvements dépend de la superficie du bassin d'infiltration :

Surface > 100 m<sup>2</sup> : 8 prélèvements  
100 < Surface < 5000 m<sup>2</sup> : 14 prélèvements  
Surface > 5000 m<sup>2</sup> : 20 prélèvements

Les échantillons représentatifs des 19 bassins d'infiltration ont été analysés : MES, CEC, MO, Carbonates, pH (H<sub>2</sub>O et KCL), Granulométrie agrégation, XRF core scanner, Phosphore, Azote, C/N, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, PCB, HAP, Pesticides.

Au bilan, les analyses des sols des 19 bassins mettent en évidence une certaine variabilité des propriétés des sols des bassins, autour d'un type central : sol noir riche en matières organiques ; limoneux ; carbonaté ; à C/N relativement élevé mais à forte CEC et disponibilité en P ; à forte activité de la pédofaune, bien

macrostructuré et à structures stables. Néanmoins, l'analyse des données ne permet pas de discriminer les caractéristiques des sites et d'établir une typologie des sédiments en fonction de la nature des sites ou bassins versants associés. De plus, malgré une certaines variabilités des paramètres mesurés, on peut mettre en avant une certaine homogénéité de composition essentiellement liée à la présence concomitante de certaines caractéristiques ou éléments constitutifs des sédiments de surface que l'on pourrait qualifier de spécifique des milieux urbanisés et imperméabilisés.

#### Pour ce qui est du suivi de la biodiversité introduite par ce type d'ouvrage

Sur la période 2013-2016, deux types de campagne spécifiques ont été effectuées, lors d'études exploratoires :

- Campagnes de prélèvements pour mieux connaître la biodiversité terrestre dans les bassins d'infiltrations d'eau pluviales : piégeage des invertébrés terrestres dans 5 bassins d'infiltrations satellites, d'avril à août 2013. Échantillonnage en fond et en bord de bassin à 3 dates, à l'aide de 13 à 69 pièges et par chasse à vue, au total plus de 500 échantillons ont été collectés.
- Campagnes de prélèvements sur les moustiques au sein d'ouvrages d'infiltration : 15 bassins de rétention et/ou infiltration (dont les sites satellites + sites proposés par la métropole de Lyon, à savoir bassin enterré et 2 toitures végétalisées - Mions et Lyon 3<sup>e</sup> - sur le territoire étendu de la Métropole de Lyon) ont été échantillonnés une fois par mois en mai, juin, juillet, septembre, octobre et novembre 2016 afin de vérifier si des moustiques tigre s'y développaient. Au sein des bassins, toutes les parties en eau étaient échantillonnées. Les prélèvements s'effectuaient à l'aide d'un filet pour retenir les larves de moustiques, qui étaient ensuite mis en éclosoir pour pouvoir les identifier.

### **C) DONNEES ACQUISES**

Les données acquises relatives aux impacts de l'infiltration sur la nappe concernent :

- Des enregistrements en continu (pas de temps horaire) du niveau de la nappe, conductivité électrique, température, oxygène dissous (à partir de 2015) dans les piézomètres situés à l'amont et à l'aval du bassin d'infiltration.
- Des campagnes de prélèvements d'eau de nappe pour analyse du carbone organique dissous (COD), des éléments majeurs (Cl, TAC, nitrates, ammonium, sulfates, phosphates) à 4 saisons et une fois par an des 42 composés organiques volatils (COVs) et de 24 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs).

Pour 2013-2016, les mesures suivantes ont été effectuées sur les bassins d'infiltration de Granges Blanches et de Minerve:

- Mesures en continu du niveau de la nappe, de la conductivité électrique, température sur quatre piézomètres situés à l'amont et à l'aval de chaque bassin et le niveau d'eau en surface dans le bassin d'infiltration de Minerve.
- 96 prélèvements d'eau de nappe sur lesquels les paramètres suivants ont été mesurés: COD, Cl, TAC, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, 42 COVs et 24 HAPs (48 échantillons pour ces derniers).
- Incubation de substrats artificiels pour mesurer la croissance et la diversité microbienne lors de deux campagnes (48 substrats incubés en nappe + 12 substrats incubés en surface lors d'un épisode pluvieux). Ces campagnes ont été accompagnées de mesures physico-chimiques sur les eaux (48 échantillons en nappe et 12 échantillons en surface pour 2015-2016) pour analyse du carbone organique dissous total et biodégradable, des nutriments (nitrates, nitrites, ammonium, phosphates) et des chlorures.

En parallèle et en complément de ces mesures de terrain, des analyses en laboratoire sur colonnes expérimentales ont été menées afin d'évaluer l'impact de la couche de sédiment urbain déposée à la surface des bassins ainsi que la présence de faune sur la dynamique de la matière organique et des polluants. Deux expérimentations ont été réalisées sur des durées différentes (1 mois et 6 mois) sur 4 sédiments (3 urbains et 1 contrôle) afin de mesurer la réponse écophysiological de vers tubificidés aux polluants urbains ainsi que le rôle de ces organismes sur la biogéochimie (décomposition de la matière organique) des sédiments. Au total, 48 microcosmes (colonnes sédimentaires) ont été réalisés.

Des mesures de laboratoire ont aussi été réalisées pour tester les substrats artificiels utilisés ensuite en nappe pour capter la biomasse et la diversité microbienne. Les expérimentations ont été réalisées sur 3 substrats (verre, gravier, argile) de 4 tailles (4, 6, 8, 10 mm de diamètre) incubés dans 3 types d'eau (eaux usées, eau d'entrée de bassin d'infiltration, eau de nappe) pour un total de 18 aquariums (6 par eau) et 108 sacs contenant les différents substrats artificiels.

Enfin, des analyses de la réponse des organismes aux pollutions urbaines ont été réalisées sur de l'eau et des sédiments des bassins d'infiltration de Minerve et Granges Blanches, sur des suivis allant de 4 semaines (1 échantillon par semaine) à 6 mois (3 dates). Les espèces sentinelles choisies (Amphipodes ou Oligochètes) permettaient des mesures de réserves énergétiques, de métabolites secondaires (en 2013) et de marqueurs du stress (2014 et 2015).

#### **D) PERSPECTIVES D'EVOLUTION ET RAISONS DE CETTE EVOLUTION (RETOURS SUR LES OBJECTIFS)**

Les suivis à long terme actuels sont limités à deux bassins satellites à nappe peu profonde (Minerve et Granges Blanches), ils ont été étendus en 2016 à deux bassins à nappe profonde (Chemin de Raquin et chemin de Feyzin). Ces suivis doivent être pérennisés et le choix des deux bassins à nappe profonde finalisés pour les années à venir.

Des tests de capteurs passifs ont été réalisés sur ces sites pour l'évaluation des pesticides, d'autre part, des analyses des communautés bactériennes ont été réalisées grâce à des substrats artificiels (germes catchers) il est envisagé de poursuivre ces deux types de tests.

## 7.2 Sites Ateliers

### A) OBJECTIF DE CES SITES EN TERMES D'OBSERVATION

Ces dispositifs sont utilisés afin de compléter les approches de terrain. Ils sont plus légèrement équipés afin de valider des hypothèses soulevées sur les sites pérennes de l'OTHU.

### B) PRESENTATION DES SITES

Colonnes et enceintes de laboratoire - E3S – (Ex HBES) Lyon 1 : Les travaux menés sur les colonnes expérimentales de laboratoires auxquelles il a été fait référence antérieurement font partie de cette démarche. Elles sont composées (i) de colonnes sédimentaires filtrantes et (ii) d'enceinte d'exposition d'invertébrés à des polluants. Ces dispositifs sont installés au laboratoire E3S de l'université Lyon I. Au total, 23+12 colonnes permettent de tester l'impact d'une arrivée de sédiments urbains sur le fonctionnement hydraulique et biogéochimique d'un système infiltrant.

Des canaux à surface libre – LMFA - INSA Lyon : ils ont permis de tester en milieu contrôlé des dispositifs ou des techniques métrologiques qui seront implantés sur les sites, ou des dispositifs permettant de mieux contrôler les procédures existantes. Un premier dispositif situé au LMFA permet de réaliser des essais de traçage pour vérifier les capteurs débitmétriques. Il permet également d'étudier des écoulements chargés en polluants et contaminants à travers des jonctions de canaux à surface libre.



Figure 23 : canaux à surface libre – LMFA

### C) PERSPECTIVES D'EVOLUTION ET RAISONS DE CETTE EVOLUTION

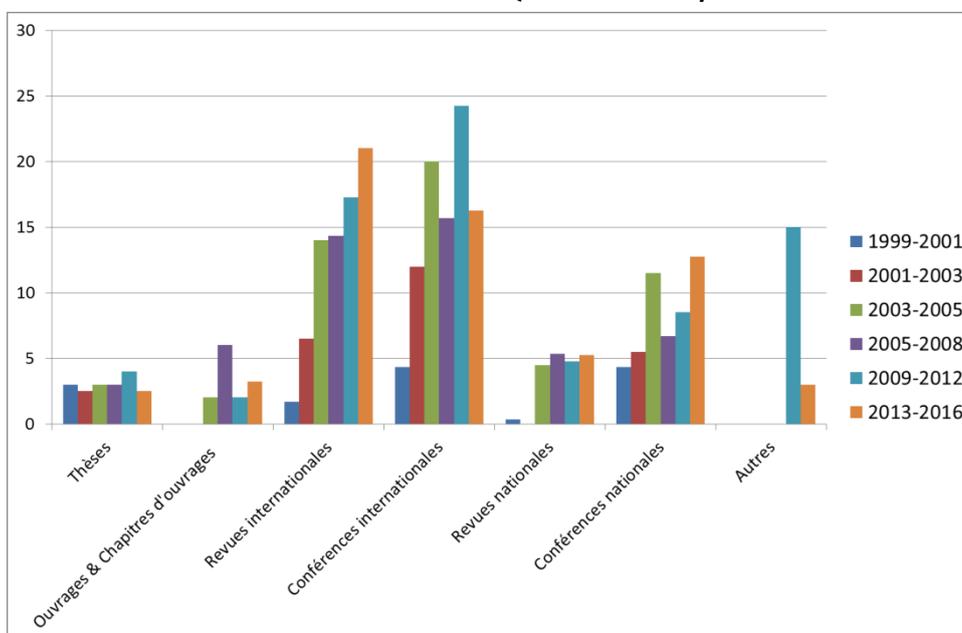
Les canaux à surface libre sont montés en configuration « confluence » dans la perspective d'étudier le mélange de polluants à l'aval d'une confluence (application en rivière et en réseau d'assainissement). D'autres prototypes ou bancs d'essai vont s'ajouter aux sites ateliers actuels de l'OTHU. Il s'agit du prototype DSM installé sur la métropole de Lyon à Sathonay Camp et de la plateforme expérimentale MURI (Maquette Urbaine pour étudier les Risques d'Inondation). Ces deux sites ateliers permettront de mieux mesurer et mieux surveiller les rejets des déversoirs d'orage (pour le DSM Sathonay Camp) et d'étudier notamment l'interaction entre les écoulements en réseau et au niveau des rues, lors d'inondations urbaines (pour MURI).

# ANNEXE 2: PRODUCTION SCIENTIFIQUE SUR LA PERIODE 2013-2016.

## SUR LA PERIODE 2013-2016, LA PRODUCTION ACADEMIQUE A ETE LA SUIVANTE :

- **10** thèses soutenues (et 18 thèses en cours fin 2016)
- **4** HDR (Philippe NAMOUR, Gislain LIPEME KOUYI, Frédéric CHERQUI, Jean-Philippe BEDELL)
- **158** publications internationales dont :
  - articles dans revues internationales : **84** (86% pluri-partenaires)
  - ouvrages ou chapitres d'audience internationale : **9**
  - communications dans conférences internationales : **65**
- **98** publications nationales dont :
  - communications dans revues nationales : **21**
  - communications dans conférences nationales : **51**
  - ouvrages ou chapitres d'audience nationale : **4**
  - autres : **22** (stages, documents internes, séminaires ...)

PRODUCTION SCIENTIFIQUE OTHU 1999/2016



Moyenne par an sur les différentes périodes

## HDR

Philippe NAMOUR (2013) – Thème : Métrologie Physico-Chimique & Méthodologie d'Observation des Systèmes Fluviaux - Adapter l'outil d'observation aux dimensions de l'objet observé.

Gislain LIPEME KOUYI (2014) – Thème : Mesures et modélisations du transport des flux d'eau et de polluants à différentes échelles du système d'assainissement.

Frédéric CHERQUI (2016)- Thème : Gestion patrimoniale des dispositifs de gestion des eaux urbaines et évaluation du service rendu par ces dispositifs.

Jean-Philippe BEDELL (2016) – Thème : Propriétés biogéochimiques des polluants dans les sédiments urbains – Etude du rôle des plantes et des bactéries

## THESES SOUTENUES ENTRE 2013-2016

1. **Yan H. (2013)** : Métrologie et modélisation hydrodynamique 2D/3D de la sédimentation en bassin de retenue d'eaux pluviales urbaines. Equipe DEEP- LGCIE - INSA Lyon. (Thèse soutenue le 28 mai 2013) [Lien](#)
2. **Ferro Y. (2013)** : Evaluation de l'impact des Rejets Urbains par Temps de Pluie sur le compartiment algal. Equipe IPE ENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023. (Thèse soutenue le 23 septembre 2013) [Lien](#)
3. **Sébastien C. (2013)**: Mesure et modélisation des flux de micropolluants à l'échelle d'un bassin versant urbain muni d'un système de rétention – Approche globale. Direction scientifique : Equipe DEEP- LGCIE - INSA Lyon. (Thèse soutenue le 27 novembre 2013) [Lien](#)
4. **Bazin P.H. (2013)** : Evaluation des incertitudes dans la modélisation d'une inondation en milieu urbanisé, Thèse de l'Université de Lyon . [Lien](#)
5. **Bien L.(2013)** : Rôle de l'hétérogénéité sédimentaire de la Zone Non Saturée sur le transfert d'eau et de particules à l'échelle d'un pilote de laboratoire. Direction scientifique : Equipe IPE ENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023 [Lien](#)
6. **Momplot A. (2014)** Modélisation 3D des écoulements multiphasiques en régime transitoire dans les réseaux d'assainissement, performances et sensibilités des modèles. Direction scientifique : Equipe DEEP- LGCIE - INSA Lyon. - INSA LGCIE
7. **Labbas M. (2015)** Approche multi-échelles pour étudier les impacts de l'évolution de l'occupation des sols et de la gestion des eaux pluviales sur l'hydrologie d'un bassin versant péri-urbain. Application au bassin de l'Yzeron. Ecole doctorale Terre, Univers, Environnement. l'Institut National Polytechnique de Grenoble. [Lien](#)
8. **Boukreb A. (2016)** Interactions *Pseudomonas aeruginosa* – plantes aquatiques: identification des hôtes et analyse des premières étapes de colonisation Direction scientifique : LEM – Université Lyon I – VetAgro- UMR CNRS 5557.
9. **Ben Silemene Erij (2016)** Modélisation de l'impact des écoulements préférentiels sur le transfert de polluants dans un dépôt fluvio-glaciaire ENTPE LEHNA IPE INSA LGCE Carnot (Direction de Thèse : Laurent Lassabatere – remy Gourdon)
10. **Carrera L. (2016)** : Transfert liquide/gaz de H<sub>2</sub>S en réseau d'assainissement. Equipe DEEP INSA Lyon (soutenue le 2 décembre).

+ SOYER Mathilde (2014) *Solidité de l'expertise, prudence de l'innovation : Chercheurs et praticiens dans les observatoires d'hydrologie urbaine. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est, (Thèse URBIS réalisée à OPUR), 569 p.*

## THESES EN COURS

1. Ah-leung S. : Condition d'adoption des objets de nature en milieu urbain : analyse des effets sociaux, techniques, économiques et organisationnels de l'introduction d'un système de gestion et de traitement des eaux urbaines pluviales à base de filtres plantés de roseaux, Equipe EVS INSA – UMR CNRS 5600 (soutenance prévue en 2017)

2. Baati Selma. Fabriquer et user des systèmes techniques. Le cas des systèmes d'assainissement urbain. Equipe EVS INSA – UMR CNRS 5600
3. Bernardin Claire. Origine, diversité et dangerosité d'organismes pathogènes d'un bassin de rétention des eaux pluviales en milieu urbain. Co-direction Equipe scientifique : LEM – Université Lyon I – VetAgro- UMR CNRS 5557- DEEP - INSA Lyon
4. Bouarafa Sofia. Influence des chemins préférentiels sur la migration de polluants au sein des dispositifs d'infiltration. Encadrement LEHNA IPE – INSA Lyon DEEP
5. Claro-Baretto Alejandro. Expérimentations et modélisation LBM du transport de polluants au droit d'un ouvrage de dérivation. Financement : ANRT- CIFRE et Agglomération Valence-Romans-sur-Isère. encadrement INSA Lyon DEEP - INSA LMFA (débutée en 2015)
6. Cossais Nina : Exploitation et entretien des dispositifs de gestion des eaux pluviales à la source combinés au végétal. EVS/ Critères / Grand Lyon
7. Dudek Julita: L'îlot de chaleur urbain et l'adaptation au changement climatique : le cas de 3 agglomérations Lyon, Grenoble, Saint-Etienne - UJM Lyon 3 CRGA
8. Garnier Robin: Rôle des techniques alternatives sur la gestion des micropolluants dans les rejets urbains de temps de pluie - Comparaison systèmes centralisés / systèmes à la source- INSA Lyon DEEP ( débutée en 2015)
9. Gosset Antoine: Amélioration de l'évaluation écotoxicologique des Rejets Urbains par Temps de Pluie : Proposition de développement d'une batterie de biomarqueurs, bioessais et application au monitoring de terrain (biocapteurs). ENTPE Lehna IPE (2014)
10. Jobin Lucas – Stimulation et maîtrise électrochimique de la bioremédiation des eaux .UCBL ISA
11. Lagadec Lilly-Rose : Évaluation et le développement de la méthode pour la cartographie IRIP tempête de ruissellement intense. Application au contexte de chemin de fer. IRSTEA SNCF
12. Mandon Claire (débutée en 2015). Usages et pollution visible, EVS
13. Mate Marin Ainhoa. Evaluation de la capacité du DSM à protéger les milieux récepteurs – modélisation du comportement hydro-sédimentaire du DSM et construction des indicateurs d'impact. Thèse Région Rhône Alpes et Direction de l'eau Métropole de Lyon- encadrement INSA Lyon DEEP - INSA LMFA (debutée en 2015)
14. Patouillard Céline. Modalités d'adoption des techniques alternatives d'assainissement pluvial urbain. Equipe EVS INSA – UMR CNRS 5600.
15. Pigneret Mathilde: Réponses physiologiques à une pollution d'origine anthropique chez des organismes sentinelles et conséquences sur la qualité de l'eau des nappes phréatiques UCBL LEHNA E3S (2014)
16. Sandoval Santiago. Mesurages en continu et modélisation dynamique des flux polluants dans les systèmes d'assainissement urbains. Equipe DEEP- INSA Lyon.
17. Voisin Jérémy. Diversité microbienne dans les nappes phréatiques : influence de la connectivité hydrologique sur le transfert et le développement de bactéries pathogènes pour l'Homme. Co-direction LEM – Université Lyon I – VetAgro- UMR CNRS 5557 / LEHNA - UMR 5023 (2013)
18. Xiaoxiao ZHU. Expérimentations et modélisation 3D du transport et de la transformation des micro-polluants dans les bassins de retenue-décantation – prise en compte des processus biologiques et chimiques. Thèse China Scholarship Council - encadrement INSA Lyon DEEP (débutée en 2015)

## OUVRAGE CHAPITRE D'OUVRAGE

Angulo-Jaramillo, R., Bagarello, V., Iovino, M., Lassabatere, L. (2016). Infiltration Measurements for Soil Hydraulic Characterization.

Ed. Springer, 386 p, ISBN 978-3-319-31786-1

Cherqui F., Wery C., (2013) « Pour un service intégré de la gestion des eaux urbaines » dans Urbanisme et services publics urbains : l'indispensable alliance, Ouvrage introductif au 92ème congrès de l'ASTEE, 4-7 juin 2013 à Nantes p. 64-67. (en français et en anglais)

Goutaland D., Roux G. et Winiarski T (2015). Les ouvrages d'infiltration, la fonction infiltration – Recommandations à l'usage des gestionnaires (2015). 34 pages - <http://www.gessol.fr/sites/default/files/Gessol-ouvrages-infiltration-web.pdf>

Lipeme Kouyi G., Momplot A., Hmedi N., Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L., Visiedo R., Volte E., Sollicec L. (2015). Chapter 3.7 - Sensor placement (micro location) for discharge measurements in sewers. In Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakieridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 168-174. ISBN 9781780404998.

- Lynggaard-Jensen A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Chapter 3.2 - Off-line and on-line data validation. In *Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction*, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakeridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 135-144. ISBN 9781780404998.
- Nafi A., Bentarzi Y., Granger D., Wery C., Cherqui F., Loubiere B., Trognon-Meyer C., Gsell S. et Perret P. (2014) « Comment évaluer le coût acceptable du Système de Gestion des Eaux Urbaines ? » dans *Le service public d'eau potable et la fabrique des territoires, sous la coordination de Antoine Brochet et Bernard Pecqueur, éditions l'Harmattan*, 203-220.
- Namour Ph., Breil P., Schmitt L., Grosprêtre L., Lafont M. (2015). *Paysages périurbains. Dynamique des hydrosystèmes périurbains en réponse aux changements paysagers : l'exemple de l'ouest lyonnais* In: *Aux marges de la ville. Paysages, sociétés, représentations*. Paris : l'Harmattan. Chapitre 2 : *Paysages Urbains*, Editeurs Collin-Bouffier S, Brelot C-I, Menjot D, La Martinière, Lyon (France), 123-139.. ISBN : 9782343060064.
- Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Chapter 3.3 - Rainfall measurement by radar in the Greater Lyon area. In *Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction*, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakeridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 145-150. ISBN 9781780404998.
- Velasco M., Pouget L., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Chapter 3.10 - Improved measurement and modeling of sediments in sewers. In *Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction*, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakeridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 189-194. ISBN 9781780404998.

## ARTICLES DANS REVUES INTERNATIONALES A COMITE DE LECTURE

- Ah-leung S., Baati S., Patouillard C., Toussaint J.-Y. & Vareilles S. (2013). *Que fabrique-t-on avec les eaux pluviales urbaines ? Les dispositifs techniques et les usages du parc Kaplan dans l'agglomération lyonnaise*. 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France.
- Arias L., Bertrand-Krajewski J.-L., Molle P. (2014). Simplified hydraulic model of French vertical-flow constructed wetlands. *Water Science and Technology*, 70(5), 909-916. doi: 10.2166/wst. 2014.309.
- Aucour A.M., Bariac T., Breil P., Namour Ph., Schmitt L., Sebilo M., Zuddas P. (2013) , Nitrogen changes between rural and peri-urban stream subsurface waters (Yzeron stream, France), *Procedia Earth & Planetary Science*, 7:36-39.
- Aucour A-M, Bariac T., Breil P., Namour Ph., Schmitt L., Raouf G., Zuddas P. (2013), Nitrogen patterns in subsurface waters of the Yzeron stream: effect of combined sewer overflows and subsurface-surface water mixing, *Water Science & Technology*, 68:(12), 2632-2637.
- Barraud S., Gonzalez-Merchan C., Nascimento N., Moura P., Silva A. (2014). A method for evaluating the evolution of clogging: application to the Pampulha Campus infiltration system (Brazil). *Water Science & Technology*. 69(6), 1241-1248. DOI:10.2166/wst.2013.819. (Application de la méthode développée dans l'OTHU).
- Bazin P.H., Nakagawa H., Kawaike K., Paquier A., and Mignot E. (2014). Modeling Flow Exchanges between a Street and an Underground Drainage Pipe during Urban Floods. *Journal of Hydraulic Engineering*, 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000917 , 04014051.
- Bazin, P.H., Nakagawa, H., Kawaike, K., Paquier, A., Mignot, E (2014). Modeling Flow Exchanges between a Street and an Underground Drainage Pipe during Urban Floods. *Journal of Hydraulic Engineering-ASCE*, vol. 140, 10 p.
- Bazin, P-H., Mignot, E and Paquier, A. (2016). Computing flooding of crossroads with obstacles using a 2D numerical model, in press at *Journal of Hydraulic Research*, <http://dx.doi.org/10.1080/00221686.2016.1217947>
- Becouze-Lareure C., Dembélé A., Coquery M., Cren-Olivé C., Barillon B., Bertrand-Krajewski J. L. (2015). Source characterisation and loads of metals and pesticides in urban wet weather discharges. *Urban Water Journal*, 13(6), 600-617. Published online 10 March 2015. DOI: 10.1080/1573062X.2015.1011670.
- Bedell J.-P., B. Mourier, J. Provot and T. Winiarski (2013). Influences on the establishment and dominance of vegetation in stormwater infiltration basins. *Water Sciences and Technology* 68(12): 2576-2583.
- Belmeziti A., Cherqui F., Tourne A., Granger D., Wery C., Le Gauffre P., Chocat B. (2015) Transitioning to sustainable urban water management systems: how to define expected service functions?, *Civil Engineering and Environmental Systems*, 32(4), 316-334.

- Boukerb A. et B. Cournoyer. (2013). *Pseudomonas aeruginosa*, une espèce pathogène à forte fréquence de recombinaisons génétiques, abritant des lignées spécialisées et largement disséminées. *Bull. Veille Sci. Anses* 20 : 20-24.
- Boukerb A.M., R. Marti B. Cournoyer. (2015). Genome Sequences of Three Strains of the *Pseudomonas aeruginosa* PA7 Clade. *Genome Announcement* 13 (6). pii: e01366-15.
- Boukerb AM, A. Decor, S. Ribun, R.Tabaroni, A. Rousset, L. Commin, S. Buff, A. Doléans-Jordheim, S. Vidal, A. Varrot, A. Imberty and B. Cournoyer. (2016). Genomic rearrangements and functional diversification of *lecA* and *lecB* lectin-coding regions impacting the efficacy of glycomimetics directed against *Pseudomonas aeruginosa*. *Frontiers Microbiol.* 00811
- Branger, F., Kermadi, S., Jacqueminet, C., Michel, K., Labbas, M., Krause, P., Kralisch, S., Braud, I., (2013). Assessment of the influence of land use data on the hydrology of a periurban catchment using a distributed modelling approach, *Journal of Hydrology*, 505, 312-325
- Braud, I., Breil, P., Thollet, F., Lagouy, M., Branger, F., Jacqueminet, C., Kermadi, S., Michel, K., (2013). Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France, *Journal of Hydrology*, 485, 5-23.
- Braud, I., Fletcher, T.D., Andrieu, H., (2013). Preface: Hydrology of peri-urban catchments: processes and modelling, *Journal of Hydrology*, 485, 1-4.
- Brimo K., Garnier P., Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L., Cébron A. (2016). Using a Bayesian approach to improve and calibrate a dynamic model of polycyclic aromatic hydrocarbons degradation in an industrial contaminated soil. *Environmental Pollution*, 215, 27-37. doi: 10.1016/j.envpol.2016.04.094.
- Caradot N., Sonnenberg H., Rouault P., Gruber G., Hofer T., Torres A., Pesci M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Influence of local calibration on the quality of online wet weather discharge monitoring: feedback from five international case studies. *Water Science and Technology*, 71(1), 45-51. doi: 10.2166/wst.2014.465.
- Carrera L., Springer F., Lipeme Kouyi G. and Buffiere P. (2015). A review of sulfide emissions in sewer networks: overall approach and systemic modelling. *Water Science and Technology*, In press, doi: 10.2166/wst.2015.622.
- Cherqui F., Baati S., Bentarzi Y., Chocat B., Le Gauffre P., Granger D., Loubiere B., Nafi A., Patouillard C., Tourne A., Toussaint J.Y., Vareilles S. & Wery C. (2013) Quels enjeux pour la gestion des eaux urbaines ? Contribution à la formulation des services à rendre par le système de gestion des eaux urbaines, 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France.
- Cherqui F., Belmeziti A., Granger D., Sourdril A. & Le Gauffre P. (2015) Assessing urban potential flooding risk and identifying effective risk-reduction measures, *Science of The Total Environment*, 514(1), 418-425.
- Cherqui F., Granger D., Métadier M., Fletcher T., Barraud S., Lalanne P. & Litrico X. (2013) Indicators related to BMP performances: operational monitoring propositions, 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France, poster.
- Cherqui F., Granger D., Sourdril A. & Le Gauffre P. (2013) Recurrent urban flooding hazard assessment based on operational databases – full-scale implementation for the urban community of Bordeaux, LESAM 2013 – 5th Leading-edge conf. on Strategic Asset management. IWA (Int. Water Assoc.), 10-12 September, Sydney, Australia, poster.
- Durrieu, C., Ferro, Y., Perullini, M., Gosset, A., Jobbagy, M., Bimes S.A. (2016) Feasibility of using a translucent inorganic hydrogel to build a biosensor using immobilized algal cells. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (1): 9-13
- El-Mufleh A., Béchet B., Ruban V., Legret M., Clozel B., Barraud S., Gonzalez-Merchan C., Bedell J-P., Delolme C. (2014). Physical and chemical characterizations of contaminated sediments from two urban stormwater infiltration basins – A synthesis of two decades of works and recommendations for sediment management in the framework of the French observatory for urban hydrology (SOERE URBIS) *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8), 5329-5346. DOI: 10.1007/s11356-013-2490-3
- Fletcher T.D., Shuster W., Hunt W.F., Ashley R., Butler D., Arthur S., Trowsdale S., Barraud S., Semadeni-Davies A., Bertrand-Krajewski J.-L., Mikkelsen P.S., Rivard G., Uhl M., Dagenais D. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542. doi: 10.1080/1573062X.2014.916314. Published online 23 July 2014.
- Gasperi J., Sebastian C., Ruban V., Delamain M., Percot S., Wiest L., Mirande C., Caupos E., Demare D., Diallo Kessoo M., Saad M., Schwartz J.-J., Dubois P., Fratta C., Wolff H., Moillon R., Chebbo G., Cren C., Millet M., Barraud S., Gromaire M.-C. (2014a) Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations and atmospheric contribution for a wide range of contaminants on three French catchments. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8), 5267-5281. DOI: 10.1007/s11356-013-2396-0
- Gonzalez Merchan C., Perrodin Y., Barraud S., Sébastien C., Becouze-Lareure C., Bazin C., Lipeme Kouyi G. (2014A). Spatial variability of sediment ecotoxicity in a large stormwater detention basin. *Environmental Science and Pollution Research*, April 2014, 21(8). 5357-5366 DOI: 10.1007/s11356-013-2325-2
- Gonzalez-Merchan C., Barraud S., Bedell J.-P. (2014). Influence of spontaneous vegetation in stormwater infiltration system clogging. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(8), 5419-5426. DOI: 10.1007/s11356-013-2398-y
- Gonzalez-Merchan C., Barraud S., Bedell JP. (2013). Influence of spontaneous vegetation in stormwater infiltration system clogging. *Environmental Science and Pollution Research* DOI 10.1007/s11356-013-2398-y

- Gonzalez-Merchan C., Perrodin Y., Sébastien C., Bazin C., Winiarski T., Barraud S. (2014c). Ecotoxicological characterization of sediments from stormwater retention basins. *Water Science & Technology*. 69(5), 1045-1051. DOI:10.2166/wst.2014.006
- Gosset, A., Ferro, Y., Durrieu, C. (2016) Methods for evaluating the pollution impact of urban wet weather discharges on biocenosis: a review. *Water Research*, 89: 330-354.
- Granger D., Sourdril A., Rousseau J.P., Darrivière C., Cherqui F. & Le Gauffre P. (2013) Evaluation de l'aléa débordement sur un territoire : valorisez vos données !, 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France, poster.
- Haddi Z., Sbartai A., Namour Ph., Errachid A., El Bari N., Bouchikhi B., Jaffrezic-Renault N. (2014) An Electronic Microtongue Based on a BDD Electrochemical Microcell for Qualitative Analysis of Domestic and Hospital Wastewaters, *Sensors & Transducers Journal*, 27, 116-121.
- Jacqueminet C., Kermadi S., Michel K., Béal D., Branger F., Jankowsky S., Braud I., (2013). Land cover mapping using aerial and VHR satellite images for distributed hydrological modelling of periurban catchments: application to the Yzeron catchment (Lyon, France), *Journal of Hydrology*, 485, 68-83.
- Jankowsky, S., Branger, F., Braud, I., Gironas, J., Rodriguez, F., (2013). Comparison of catchment and network delineation approaches in complex suburban environments. Application to the Chaudanne catchment, France, *Hydrological Processes*, 27(25), 3747-3761.
- Jankowsky, S., Branger, F., Braud, I., Rodriguez, F., Debionne, S., Viallet, P., (2014). Assessing anthropogenic influence on the hydrology of small peri-urban catchments: development of the object-oriented PUMMA model by integrating urban and rural hydrological models, *Journal of Hydrology*, 517, 1056-1071.
- Labbas, M., Branger, F., Braud, I., (2015). Développement et évaluation d'un modèle hydrologique distribué périurbain prenant en compte différents modes de gestion des eaux pluviales. Application au Bassin de l'Yzeron (150 km<sup>2</sup>), *La Houille Blanche*, 5, 84-91.
- Lareure C., Thiebaud L., Bazin Ch., Namour Ph., Breil P., Perrodin Y. (2016), Dynamic of ecotoxicity within different compartments of a peri-urban river subject to discharges of a Combined Sewer Overflow, *Science of the Total Environment*, 539:503-514.
- Lavenir R., Petit S, Ribun S, Loiseau L., Marjolet L. Briolay J., Nazaret S., Cournoyer B. (2014). STRUCTURE and fate of a *Pseudomonas aeruginosa* population originating from a combined sewer and colonizing a wastewater treatment lagoon. *Environmental Science and Pollution Research*. 2014 Apr;21(8):5402-18. doi: 10.1007/s11356-013-2454-7. Epub 2014 Jan 10.
- Lavenir, R., S.M.C. Petit, N. Alliot, S. Ribun, L. Loiseau, L. Marjolet, J. Briolay, S. Nazaret, and B. Cournoyer. (2014). Structure and fate of a *Pseudomonas aeruginosa* population originating from a combined sewer and colonizing a wastewater treatment lagoon. *Env. Sc. Poll. Res.* 21:5402-18
- Le Coz J., Renard B., Bonnifait L., Branger F. & Le Boursicaud R. (2014) Combining hydraulic knowledge and uncertain gaugings in the estimation of hydrometric rating curves: A Bayesian approach, *Journal of Hydrology* 509, 573-587.
- Lebaron P., B. Cournoyer, K. Lemarchand, S. Nazaret, P. Servais (2014) Chapitre 15. Environmental and Human Pathogenic Microorganisms. In : *Environmental Microbiology: Fundamentals and Applications* (J.-C. Bertrand, P. Caumette, P. Lebaron, R. Matheron, P. Normand, Eds). Springer, pp. 619-658.
- Leonhardt G., Sun S., Rauch W., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Comparison of two model based approaches for areal rainfall estimation in urban hydrology. *Journal of Hydrology*, 511, 880-890. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.048.
- Lepot M., Aubin J.-B., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Accuracy of different sensors for the estimation of pollutant concentrations (total suspended solids, total and dissolved chemical oxygen demand) in wastewater and stormwater. *Water Science and Technology*, 68(2), 462-471. doi: 10.2166/wst.2013.276.
- Lepot M., Momplot A., Lipeme Kouyi G., and Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Rhodamine WT tracer experiments to check flow measurements in sewers. *Flow Measurement and Instrumentation*, 40, 28-38. doi: 10.1016/j.flowmeasinst.2014.08.010.
- Lepot M.J., Torres A., Hofer T., Caradot N., Gruber G., Aubin J.-B., Bertrand-Krajewski J.-L. (2016). Calibration of UV/Vis spectrophotometers: a review and comparison of different methods to estimate TSS and total and dissolved COD concentrations in sewers, WWTPs and rivers. *Water Research*, 101, 519-534. doi:10.1016/j.watres.2016.05.070.
- Lipeme Kouyi G., Cren-Olive C., Cournoyer B. (2014). Chemical, microbiological, spatial characteristics and impacts of contaminants from urban catchments: CABRES project. *Environmental Science and Pollution Research*. Editorial, 21(8), 5263-5266
- Manceau A., Simionovici A., Lanson M., Perrin J., Tucoulou R., Bohic S., Fakra S.C, Marcus M.A, Bedell JP. and Nagy KL. (2013) Thlaspi arvense binds Cu(II) as a bis-(L-histidinato) complex on root cell walls in an urban ecosystem. *Metallomics* : DOI :10.1039/c3mt00215b
- Marmonier P., Maazouzi C., Foulquier A., Navel S., François C., Hervant F., Mermillod-Blondin F., Vieney A., Barraud S., Togola A., & Piscart C. (2013). The use of crustaceans as sentinel organisms to evaluate groundwater ecological quality. *Ecol. Engineering.*, 57: 118-132. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.009>
- Mermillod-Blondin F., Foulquier A., Gilbert F., Navel S., Montuelle B., Bellvert F., Comte G., Grossi V., Fourel F., Lecuyer C. & Simon L. (2013). Benzo(a)pyrene inhibits the role of the bioturbator *Tubifex tubifex* in river sediment biogeochemistry. *The Science of the Total Environment* 450-451: 230–241.

- Mermillod-Blondin F., Simon L., Maazouzi C., Foulquier A., Delolme C., Marmonier P. (2015). Dynamics of dissolved organic carbon (DOC) through stormwater basins designed for groundwater recharge in urban area: assessment of retention efficiency. *Water Research*, 81: 27-37.
- Mermillod-Blondin, F., Foulquier, A., Maazouzi, C., Navel, S., Negrutiu, Y., Vienney, A., Simon, L., Marmonier, P. (2013) Ecological assessment of groundwater trophic status by using artificial substrates to monitor biofilm growth and activity. **Ecological Indicators**, 25: 230–238.
- Mignot E., Zeng C., Dominguez G., Li C.W., Rivière N., Bazin P.-H. 2013. Impact of topographic obstacles on the discharge distribution in open-channel bifurcations, *Journal of Hydrology*, 494 (28), pp. 10-19.
- Momplot A., Lipeme Kouyi G., Mignot E., Rivière N., Bertrand-Krajewski J.-L. (2016). Typology of the flow structures in dividing open channel flows. *Journal of Hydraulic Research*. doi: 10.1080/00221686.2016.1212409.
- Nafi A., Bentarzi Y., Granger D. & Cherqui F. (2013) Eco-EAR : méthode d'analyse économique des services rendus par le système de gestion des eaux urbaines, 8ème Conférence Internationale Novatech, 23-27 juin, Lyon, France, poster.
- Nafi A., Bentarzi Y., Granger D. & Cherqui F. (2014) Eco-EAR: A method for the economic analysis of urban water systems providing services, *Urban Water*, 11(6), 467-481.
- Namour Ph., Picot, M., Lapinsonnière L., Barrière F., Jaffrezic-Renault N. (2014) Energy harvesting from river sediment using a microbial fuel cell: preliminary results, *Sensors & Transducers Journal*, 27, 290-294.
- Namour Ph., Pons M.N., Wachs S., France X. 2016, Suivi en continu de la qualité d'un cours d'eau : apports et difficultés des méthodes optiques Instrumentation, *Mesure, Métrologie (I2M)*, vol15, 1-2/2016, 65-78.
- Namour, Ph., Schmitt, L., Eschbach, D., Moulin, B., Fantino, G., Bordes, C., Breil, P. (2015). Stream pollution concentration in riffle geomorphic units (Yzeron basin, France). *Science of the Total Environment*, 532:80-90.
- Navratil O., Breil P., Schmitt L., Grosprêtre L., Albert M.B.(2013). Hydrogeomorphic adjustments of stream channels disturbed by urban runoff (yzeron river basin, France). *Journal of Hydrology*, Vol. 485: 24-36.
- Paquier, A., Mignot, E., Bazin, P.H. - 2015. From hydraulic modelling to urban flood risk. *Procedia Engineering*, vol. 115, p. 37-44
- Pigneret M., Mermillod-Blondin F., Volatier L., Romestaing C., Maire E., Adrien J., Guillard L., Roussel D., Hervant F. (2016) Urban pollution of sediments: impact on the physiology and burrowing activity of tubificid worms and consequences on biogeochemical processes. *Science of the Total Environment* 568: 196-207.
- Polomé P., Mignot E., Nasri A., Lipeme Kouyi G., Campan L., Hooge C. and Rivière N.(2015). Urban domestic wastewater: how to reduce individual injection? *Water Science and Technology*, In press, doi: 10.2166/wst.2015.473.
- Sandoval S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2016). Influence of sampling intake position on suspended solids measurements in sewers: two probability / time series based approaches. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 347. doi: 10.1007/s10661-016-5335-y. Published on line 13 May 2016.
- Sanzana P., Jankowfsky, S., Branger F., Braud, I., Vargas, X., Hitschfeld, N., Gironas, J., (2013). Computer-assisted mesh generation based on Hydrological Response Units for distributed 1 hydrological modelling, *Computers and Geosciences*, 57, 32-43.
- Schmitt L., Grosprêtre L., Breil P., Namour P., Lafont M, Delile H., Eschbach D., Jacob-Rousseau N., Cournoyer B. (2016). l'hydromorphologie, une dimension-clé pour l'étude interdisciplinaire des petits hydrosystèmes périurbains (bassin de l'Yzeron, France). *bsglg*, 67 :161-179
- Sébastien C., Barraud S., Gonzalez-Merchan C., Perrodin Y., Visiedo R. (2014a). Stormwater retention basin efficiency regarding micropollutants loads and ecotoxicity. *Water Science & Technology* 2014;69(5):974-81. [DOI:10.2166/wst.2013.807](https://doi.org/10.2166/wst.2013.807)
- Sebastian C., Barraud S., Ribun S., Zoropogui A., Blaha D., Becouze-Lareure C., Lipeme Kouyi G., Cournoyer B. (2014b). Accumulated sediments in a detention basin: chemical and microbial hazards assessment linked to hydrological processes. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(8), 5367-5378.
- Sebastian C., Lipeme Kouyi G., Becouze-Lareure C., Barraud S. (2015) Event-based quantification of emerging pollutant removal for an open stormwater retention basin - loads, efficiency and importance of uncertainties, *Water Research*. 72(1), 239–50. Doi:10.1016/j.watres.2014.11.014.
- Sebastian, C., S. Barraud, S. Ribun, A. Zoropogui, D. Blaha, C. Becouze-Lareure, G. Lipeme Kouyi, B. Cournoyer. (2014). Accumulated sediments in a detention basin: chemical and microbial hazards assessment linked to hydrological processes. *Env. Sc. Poll. Res.* 21:5367-5378
- Sun S., Barraud S., Castebrunet H., Aubin J.-B., Marmonier P. (2015). Long-term stormwater quantity and quality analysis using continuous measurements in a French urban catchment. *Water Research*, 85 (2015) 432-442. [DOI: 10.1016/j.watres.2015.08.054](https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.08.054).
- Sun S., Barraud S., Branger F., Braud I., Castebrunet H. (2016). Urban hydrologic trend analysis based on rainfall and runoff data analysis and conceptual model calibration. *Hydrological Processes*. doi: 10.1002/hyp.11109.
- Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Input variable selection and calibration data selection for storm water quality regression models. *Water Science and Technology*, 68(1), 50-58. doi: 10.2166/wst.2013.222.

- Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Separately accounting for uncertainties in rainfall and runoff: Calibration of event based conceptual hydrological models in small urban catchments using Bayesian method. *Water Resources Research*, 49(9), 5381-5394. doi 10.1002/wrcr.20444.
- Sun S., Yan H., Lipeme Kouyi G. (2014). Artificial neural network modelling in simulation of complex flow at open channel junctions based on large data sets. *Environmental Modelling & Software*, 62, 178-187.
- Tekaya N., Saipina O., Ben Ouada H., Lagarde F., Namour Ph., Ben Ouada H., Jaffrezic-Renault N. (2014) Bi-enzymatic conductometric biosensor for detection of heavy metal ions and pesticides in water samples based on enzymatic inhibition in *Arthrospira platensis*, *Journal of Environmental Protection*, 5, 441-453.
- Tourne A., Rousseau J.-P., Darribere C., Chambolle M., Cherqui F., Granger D., Le Gauffre P. et Loubiere B. (2013) Water Framework Directive: proposition of a method to involve stakeholders in actions and decision process, 10th IWA Leading Edge Conference on Water and Waste Water Technologies, Bordeaux, 2-6 June, poster.
- Van Daal-Rombouts P., Sun S., Langeveld J., Bertrand-Krajewski J.-L., Clemens F. (2016). Design and performance evaluation of a simplified dynamic model for combined sewer overflows in pumped sewer systems. *Journal of Hydrology*, 538, 609-624. doi:10.1016/j.jhydrol.2016.04.056.
- Voisin J., Cournoyer B., Mermillod-Blondin F. (2015) Utilisation de billes de verre comme substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. *La Houille Blanche*, 4 : 52-57.
- Voisin J., Cournoyer B., Mermillod-Blondin F. (2016) Assessment of artificial substrates for evaluating groundwater microbial quality. *Ecological Indicators*, 71, 577-586.
- Voisin, J., Cournoyer, B., & Mermillod-Blondin, F. (2016). Assessment of artificial substrates for evaluating groundwater microbial quality. *Ecological Indicators*, 71, 577-586.
- Yan H., Lipeme Kouyi G., Gonzalez-Merchan C., Becouze-Lareure C., Sebastian C., Barraud S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Computational fluid dynamics modelling of flow and particulate contaminants sedimentation in an urban stormwater detention and settling basin. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(8), 5347-5356. doi: 10.1007/s11356-013-2455-6.

## ARTICLES DANS REVUES NATIONALES

- Bécouze-Lareure C., Gonzalez-Merchan C., Sébastien C., Perrodin Y., Barraud S., Lipeme Kouyi G. (2016). Evolution des caractéristiques physico-chimiques et ecotoxicologiques des sédiments accumulés dans un bassin de retenue décantation : premiers résultats du projet ANR CABRES. *Techniques Sciences & Méthodes Eau*, 4, 2016, 43-55.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Herrero P. (2015). Comparaison de différentes solutions de gestion des eaux pluviales dans un projet d'aménagement. TSM, accepté pour publication.
- Momplot A., Lipeme Kouyi G., Mignot E., Rivière N., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Une nouvelle structure d'écoulement en bifurcation à surface libre. *La Houille Blanche*, 5, 78-83. doi 10.1051/lhb/20150058
- Bertrand-Krajewski J.-L., Herrero P. (2016). Comparaison de différentes solutions de gestion des eaux pluviales dans un projet d'aménagement. TSM, 4, 28-41. doi: <http://dx.doi.org/10.1051/tsm/201604028>.
- Boukerb, A., et B. Cournoyer. 2012. Exposition aux bactéries pathogènes : cas de la pluie et du sable de plage. *Bull. Veille Sci. Anses* 18 : 14-18
- Boukerb, A., et B. Cournoyer. 2013. *Pseudomonas aeruginosa*, une espèce pathogène à forte fréquence de recombinaisons génétiques, abritant des lignées spécialisées et largement disséminées. *Bull. Veille Sci. Anses* 20 : 20-24
- Branger, F.; Thollet, F.; Crochemore, M.; Poisbeau, M.; Raidelet, N.; Farissier, P.; Lagouy, M.; Dramais, G.; Le Coz, J.; Guérin, A.; Tallec, G.; Peschard, J.; Mathys, N.; Klotz, S. & Tolsa, M. (2014) Database for hydrological observatories : a tool for storage, management and access of data produced by the long-term hydrological observatories of Irstea', *La Houille Blanche* 1, 33-38.
- Breil P., Petit S., Boukerb A., Namour Ph., McCarthy D., Cournoyer B. An approach to pathogens flux simulation in a combined sewer system. Proceedings of Novatech' 2013. International Conference on Sustainable Urban Water Management. 23-27 June; Lyon (France). 10p.
- Cherqui F., Wery C. Le Nouveau N., Rodriguez F., Sibeud E., Joannis C. Barraud S. (2016). De la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement aux techniques alternatives de gestion des eaux pluviales, une nouvelle histoire à écrire pour la gestion intégrée des eaux urbaines. *Sciences Eaux & Territoires*, 20 – 2016, 22-27.
- Cournoyer, B. 2013. Les habitats préférentiels et la dangerosité des bactéries pathogènes opportunistes de l'espèce *Pseudomonas aeruginosa*. Les cahiers de la recherche – Santé, Environnement, Travail, Anses. Pp. 30-31

- Granger D., Schmidt M., Cherqui F., Rousseau JP., Darribere C., Chambolle M., Ventura, A., Rouillet M. (2015) Evaluation du risque de nuisances liées au système d'assainissement. Application sur le territoire de Bordeaux Métropole, Techniques - Sciences – Méthodes, 5, 15-28.
- Granger D., Sourdril A., Cherqui F., Rousseau JP., Darribere C., Garcia-Alcubilla R., Paillou P., Loubière B., Le Gauffre P. (2014) Evaluation de l'aléa débordement du système d'assainissement. Application sur le territoire de la communauté urbaine de Bordeaux, Techniques - Sciences – Méthodes, 3, 38-48.
- Larrarte F., Vareilles S., Dufresne M., Riviere N., Pons M.-N., Lipeme Kouyi G., Joannis C., Claverie R., Chebbo G., Riochet B., Wouter Wasiak K. et Visiédo R.. (2015). Conception et qualification de sites de mesures en réseau d'assainissement - Le projet Mentor, une méthodologie de qualifications des rejets dans les milieux aquatiques récepteurs. Techniques Sciences & Méthodes, 5, 49-65.
- Momplot A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Mignot E., Rivière N. (2013). Modélisation tridimensionnelle des écoulements multiphasiques en régime instationnaire au droit d'ouvrages spéciaux présents en réseaux d'assainissement : performances des modèles et analyse de sensibilité. La Houille Blanche, 4, 16-24. doi 10.1051/lhb/2013028.
- Momplot A., Lipeme Kouyi G., Mignot E., Rivière N., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Une nouvelle structure d'écoulement en bifurcation à surface libre. La Houille Blanche, 5, 78-83. doi 10.1051/lhb/20150058.
- Paquier, A., Bazin, P.H. - 2014. Estimating uncertainties for urban floods modelling. Houille Blanche-Revue Internationale de l'eau, n° 6, p. 13-18
- Sbartai A., Choudra A., Braiek M., Namour Ph., Larbi Hamlou M., Jaffrezic-Renault N. (2014) Planar BDD microcells modified by electro-deposited 6-o-palmitoyl-L-ascorbic acid for uranium determination, Instrumentation, Mesure, Métrologie, 1-2, 103-113
- Schmitt L., Grosprêtre L., Breil P., Namour Ph., Lafont M., Delile H., Eschbach D., Nicolas J., Cournoyer B. (2016), L'hydromorphologie, une dimension-clé pour l'étude interdisciplinaire des petits hydrosystèmes périurbains (bassin de l'Yzeron, France), Bulletin de la Société Géographique de Liège, 67:161-179.
- Sébastien C., Barraud S. (2014). Effet d'un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales sur les flux de micropolluants - approche globale. Techniques Sciences & Méthodes Eau, 1 / 2, Janvier / Février 2014, 52-60.
- Tourne A., Rousseau JP., Darribere C., Chambolle M., Cherqui F., Granger D., Le Gauffre P., Loubière B. (2014) Directive Cadre Européenne sur l'Eau : proposition d'un outil d'analyse et de participation pour améliorer la qualité des milieux aquatiques, Techniques - Sciences – Méthodes, 4, 25-36.
- Voisin J., Cournoyer B., Mermillod-Blondin F. (2015) Utilisation de billes de verre comme substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. La Houille Blanche, 4 : 52-57.
- Yan H., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Modélisation numérique 3D de la décantation et de la remise en suspension des polluants particulaires en régime transitoire dans un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales. La Houille Blanche, 5, 54-61. doi 10.1051/lhb/2013043.

## ARTICLES ET COMMUNICATIONS DANS DES CONFERENCES INTERNATIONALES

- Arias L., Grimard J.-C., Bertrand-Krajewski J.-L. (2016). First results of hydrological performances of three different green roofs. Proceedings of Novatech 2016, Lyon, France, 28 June-1 July, 4 p. Available at <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/60504/1B24-131ARI.pdf>.
- Bacot L., Barraud S., Breil P., Lipeme Kouyi G., Cottet M., Namour P. (2015). The Lyon city Field Observatory for Urban Water Management. International conference EcoHydrology'2015, 21 - 23 September Lyon, France, 10 p.
- Bécouze-Lareure C., Gonzalez-Merchan C., Sébastien C., Perrodin Y., Barraud S., Lipeme Kouyi G. (2014). To better maintain stormwater detention basin: physico-chemical evolution of sediments accumulated. 13rd International Conference on Urban Drainage, 7-11 September 2014, Kuching, Malaysian Borneo. 10 p.
- Bécouze-Lareure C., Wiest L., Barraud S., Gislain Lipeme Kouyi G. (2016). Accumulated sediments in a retention/detention basin: What about the contamination in terms of emerging pollutants? 9th international conference NOVATECH, 28 June-1st July 2016, Lyon, 5 p.
- Bedell, J.-P., Mourier B., Piron D., Sarles L., Marchand P., Hammada M., Winiarski T. (2014). Les vers de terre : indicateurs et acteurs d'évolution des anthroposols et des pollutions associées au sein des Bassins d'Infiltration? Journées d'Etudes des Sols, Chambéry Juillet 2014.

- Bernardin C., Barraud S., Becouze-Lareure C., Blaha D. (2016) Interaction study between bacteria and pollutants on one detention basin. 9th international conference NOVATECH, 28 June-1st July 2016, Lyon, 4 p.
- Bernardin C., Blaha D., Barraud S., Cournoyer B. 2016. Distribution spatio-temporelle des pathogènes d'un bassin de rétention en fonction de la composition chimique des sédiments. 9e conférence internationale Novatech, Lyon, 28 juin – 1er juillet 2016.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Herrero P. (2016). Long term comparison of three scenarios for stormwater management in an industrial area. Proceedings of EcoSummit 2016, Montpellier, France, 29 Aug. - 1 Sept. Keynote presentation.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Sandoval S. (2013). Les micropolluants dans les eaux pluviales : méthodologie expérimentale, incertitudes et étude de cas. Actes de la 5<sup>e</sup> conférence régionale GRAIE " Gestion des rejets d'eaux usées non domestiques au réseau d'assainissement ", Villeurbanne, France, 14 novembre 2013. (2014). Best CSOs monitoring and management: the OMMD technology. 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8p.
- Bichet Q., Lipeme Kouyi G., Fletcher T. D., Molle P., Chocat B. (2014). Continuous simulations of VFCW hydraulic behavior for CSOs diverted flows treatment. 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8p.
- Braud, I., Fuamba, M., Branger, F., Sanzana P., Sarrazin, B., Jankowsky, S., Batchabani, E., 2015. Use of distributed water level and soil moisture data in the evaluation of the PUMMA periurban distributed hydrological model: application to the Mercier catchment, France, EGU General Assembly 2016, 17-22/04/2016, Vienna, Austria, poster.
- Breil, P.; Pons, M.-N.; Potier, O.; Namour, P. (2016). How to reduce the impact of combined sewer overflows on rivers having a natural weak flow? 9e conférence internationale NOVATECH, Lyon, France – 28 juin- 1er juillet 2016. <http://hdl.handle.net/2042/60448>
- Caradot N., Sommenberg H., Rouault P., Gruber G., Hofer T., Torres A., Pesci M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Influence of local calibration on the quality of on-line wet weather discharge monitoring: feedback from five international case studies. Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8 p.
- Cherqui F., Granger D, Métadier M., Fletcher F., Barraud S., Lalanne P., Litrico X. (2013). Indicators related to BMP performances: operational monitoring propositions. 8th international conference NOVATECH, 23-27 June 2013, Lyon, 10 p.
- Comby E., Cottet M, Rivière-Honegger A., Cossais N., Barraud S., Becouze-Lareure C., Mandon C.(2016). Micropollutants in stormwater: how do stakeholders address this issue? 9th international conference NOVATECH, 28 June-1st July 2016, Lyon, 4 p.
- Dembélé A., Bertrand-Krajewski J.-L., Becouze-Lareure C., Barillon B., Dauthuille P. (2013). TSS, COD and priority pollutants in stormwater - Event fluxes modelling using conceptual approach. Proceedings of Novatech 2013, Lyon, France, 23-27 June, 8 p.
- Fuamba, M., Branger, F., Braud, I., Sanzana Cuevas P., Sarrazin, B., Jankowsky, S., 2015. Interest of spatially distributed data to evaluate the object-oriented PUMMA model on the semi-rural Mercier catchment (Yzeron basin, France), 36th IAHR World Congress, June 28-July 3 2015, Delft, The Hague, The Netherlands, 8 pp, <http://89.31.100.18/~iahrpapers/80490.pdf> , poster.
- Gasperi J., Sebastian C., Ruban V., Delamain M., Percot S., Wiest L., Mirande C., Caupos E., Demare D., Diallo Kessoo M., Saad M., Schwartz JJ., Dubois P., Fratta C., Wolff H., Moilleron R., Chebbo G, Cren C., Millet M., Barraud S., Gromaire MC. (2014). Micropollutant concentrations and loads in urban stormwater in three French catchments, 13<sup>rd</sup> International Conference on Urban Drainage, 7-11 September 2014, Kuching, Malaysian Borneo. 10 p.
- Gervais J., Poly F., Breil P., Namour Ph. (2015). Measuring of the bacterial gaseous emission in river sediment. EcoHydrology'2015 - poster session -Pp 181-182. <http://ecohydrologie.sciencesconf.org>.
- Gonzalez-Merchan C., Barraud S., Sébastien C., Lipeme Kouyi G. (2013). Does clogging of stormwater Infiltration systems only depend on TSS inputs? 8th international conference NOVATECH, 23-27 June 2013, Lyon, 10 p.
- Gosset A., Ferro Y., Perullini M., Jobbagy M., Bilmes S., Durrieu C. (2016) Des biocapteurs algaux au service de la surveillance des milieux aquatiques vulnérables. 9<sup>ème</sup> conférence internationale NOVATECH, 28 Juin-1 Juillet, Ed. Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau, GRAIE, Lyon, URI : <http://hdl.handle.net/2042/60434>, 5 p.
- Gosset A., Chateaux J.-F., Renaud L., Bayard R., Barbe P., Durrieu C. (2016) Construction of a microfluidic optical algal biosensor in a portable system for the on-line monitoring of urban wet-weather discharges. 10<sup>èmes</sup> journées Maghreb-Europe Matériaux et Applications aux Dispositifs et Capteurs (MADICA 2016), 9-10 Novembre, Madhia, Tunisie.
- Hechelski M., Saulais M., Danjean M., Lassabatere L., Attard G., Bedell J.-P. (2016). Occurrence, spatial distribution and succession of plants in contaminated sediments in urban stormwater basins. Résumé N°177. 9<sup>ème</sup> conférence internationale NOVATECH, Lyon, 28 juin-1 juillet.
- Kermadi, S., Branger, F., Labbas, M., Jacqueminet, C., Michel, K., Braud, I., (2013). Apports des SIG à la compréhension et la simulation du cycle hydrologique dans un bassin versant périurbain. Application au bassin de l'Yzeron – Ouest Lyonnais, France. Actes du XXI<sup>ème</sup> Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 3-7 Septembre 2013, Cotonou (Bénin), 304-309.
- Kermadi, S., Labbas, M., Branger, F., Braud, I., (2015). Apports de la modélisation distribuée horaire à la compréhension du régime hydrologique du bassin périurbain de l'Yzeron – Ouest Lyonnais, France, Actes du XXIII<sup>ème</sup> Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 1-4 Juillet 2015, Liège, Belgique, 6 pp, [http://www.climato.be/aic/colloques/actes/ACTES\\_AIC2015/1%20Modelisation%20Cryosphere%20et%20Teledetection/008-KERMADI-055-060.pdf](http://www.climato.be/aic/colloques/actes/ACTES_AIC2015/1%20Modelisation%20Cryosphere%20et%20Teledetection/008-KERMADI-055-060.pdf) ,poster.

- Labbas, M., Branger, F., Braud, I., Kralisch, S., Jacqueminet, C., Kermadi, S., Michel, K., Joliveau, T., Dodane, C., Volte, E., (2013). Multi-scale approach to assess the impacts of land use evolution and rainwater management practices on the hydrology of periurban catchments : application to the Yzeron catchment (150 km<sup>2</sup>), Novatech 2013, June 23-27, Lyon, France, 10 pp.
- Labbas, M., Branger, F., Braud, I., Kralish, S., (2013). Towards a distributed modelling of the long-term hydrology of a medium-sized periurban catchment subjected to land use and rainwater management changes, EGU General Assembly, 7-12 April 2013, Vienna, Austria, Poster.
- Labbas, M., Kermadi, S., Branger, F., Jacqueminet, C., Michel, K., Braud, I., (2013). Apport de l'imagerie très haute résolution pour la simulation du cycle hydrologique d'un bassin péri-urbain Français (Yzeron, ouest lyonnais), Colloque international eau et climat : regards croisés Nord/Sud : Eau : ressource, risque et développement durable dans les pays de la Méditerranée occidentale, 27-28 Novembre 2013, Fès, Maroc, 4 pp.
- Langlois De Septenville W., Renard F., Soto D., (2016). Impacts du changement climatique sur l'utilisation des techniques alternatives pour une gestion durable de l'eau dans la métropole de Lyon. Novatech 2016 – 9ème conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie, Lyon, 10 p.
- Leonhardt G., Sun S., Rauch W., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Model based approaches for rainfall estimation in urban catchments. Proceedings of Novatech 2013, Lyon, France, 23-27 June, 10 p.
- Lepot M., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Use of Rhodamine WT tracer experiments to check and validate in-situ flow meters. Proceedings of the 7th international conference on Sewer Processes and Networks - SPN7, Sheffield, UK, 28-30 August, 4 p. (extended abstract)
- Lepot M., Pouzol T., Aldea Borrueal X., Suner D., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Monitoring sediments in sewer with sonar technology: from laboratory experiments to in situ tests. Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8 p.
- Lepot M., Pouzol T., Aldea Borrueal X., Suner D., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Monitoring sediments in sewer with sonar technology: from laboratory experiments to in situ tests. *Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage*, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8 p.
- Lipeme Kouyi G., Ahmed Amin Nasri, Adrien Momplot (2015). Velocity field in a best overflows monitoring structure. In: E-proceedings of the 36th IAHR World Congress, 28 June – 3 July, The Hague, the Netherlands.
- Lipeme Kouyi G., Marti R., Toussaint J.-Y., Perrodin Y., Aubin J.-B., Becouze-Lareure C., Wiest L., Barraud S., Vareilles S., Gleizal A., Gonzalez-Merchan C., Cournoyer C. Interdisciplinary approach to better characterize sediments in dry detention basins - the French Cabres program. 9th international conference NOVATECH, 28 June-1st July 2016, Lyon, 4 p.
- Lipeme Kouyi G., Nasri A., Momplot A. (2015). Velocity field in a best overflows monitoring structure. In: E-proceedings of the 36th IAHR World Congress, 28 June – 3 July, The Hague, the Netherlands, 4p.
- Mate Marin Ainhoa, Nicolas Rivière, Gislain Lipeme Kouyi (2016). Stage-discharge Relationship of the DSM-flux<sup>®</sup> to Measure overflow Rates in Combine Sewer Systems. 8th international conference on Sewer Processes and Networks – SPN8, Rotterdam, Netherlands, 31 Aug.-2 Sept.
- Mermillod-Blondin F., Navel S., Foulquier A. & G. Nogaro (2014). Links between hydrological exchanges and biogeochemical processes at the water-sediment interface: when does bioturbation matter? Joint Aquatic Sciences Meeting, 18-23 Mai 2014, Portland, Oregon, USA.
- Momplot A., Lipeme Kouyi G., Mignot E., Rivière N., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). URANS approach for open channel bifurcation flows modelling. Proceedings of the 7th international conference on Sewer Processes and Networks - SPN7, Sheffield, UK, 28-30 August, 8 p.
- Momplot A., Lipeme Kouyi G., Visiedo R., Volte E., Cournoyer B. (2014). Best CSOs monitoring and management: the OMMD technology. Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage - ICUD, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8p.
- Navratil O., M. A. Boukerb, Lejot J., P. Breil, B. Cournoyer. 2014. AQUATIC HABITAT ANALYSIS OF AN OPPORTUNISTIC HUMAN PATHOGEN IN A SMALL PERI-URBAN RIVER. 10th Symposium on Ecohydraulics. Trondheim, Norway, 23-27 June 2014
- Pesci M., Campisano A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Turbidity - Duration - Frequency (TDF) analysis of urban wet weather discharges. Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 6 p.
- Plazas-Nossa L., Bertrand-Krajewski J.-L., Torres A. (2015). Detection of outliers and replacement of missing values in absorbance and discharge time series. Proceedings of the 10th UDM - International Conference on Urban Drainage Modelling, Mont Sainte Anne, Quebec, Canada, 20-23 September, Poster Presentations, 113-117.
- Principato F., Piro P., Grimard J.-C., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Test of a vegetated roof hydrological model with two experimental data sets. Proceedings of the 10th UDM - International Conference on Urban Drainage Modelling, Mont Sainte Anne, Quebec, Canada, 20-23 September, Oral Presentations I, 207-210.

- Renard F., Langlois De Septenville W., (2014). Les types de circulation à l'origine des pluies remarquables et de leurs évolutions : intérêt de la classification de Hess-Brezowsky appliquée aux précipitations lyonnaises. 27<sup>ème</sup> Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Dijon, 6 p
- Renard F., Ledee B., Langlois De Septenville W., (2015). Intensification of rainfall related to climate change and its impact on urban water management. 10<sup>th</sup> International Workshop on Precipitation in Urban Areas. Rainfall in Urban and Natural Systems, Pontresina (Suisse), 4 p.
- Rivière N., Wei C., Lipeme Kouyi G., Momplot A., Mignot E. (2015). Mixing downstream a 90° open channel junction. In: e-proceedings of the 36th IAHR World Congress, 28 June – 3 July, The Hague, the Netherlands, 8p.
- Sandoval S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). A methodology for estimating the influence of sampling intake position in suspended solids measurements in sewers. Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8 p.
- Sandoval S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Identification of errors in high temporal resolution rainfall time series by model based approaches. Proceedings of the 10th UDM - International Conference on Urban Drainage Modelling, Mont Sainte Anne, Quebec, Canada, 20-23 September, Oral Presentations II, 183-186.
- Sandoval S., Vezzaro L., Bertrand-Krajewski J.-L. (2016). Gap-filling of dry weather flow rate and water quality measurements in urban catchments by a time series modelling approach. Proceedings of Novatech 2016, Lyon, France, 28 June-1 July, 4 p. Available at <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/60460/2C44-262SAN.pdf>.
- Sanzana, P., Gironas, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hitschfled, N., Munoz J.-F., Vicuna, S., (2015). Geo-PUMMA: urban and periurban landscape representation toolbox for distributed hydrological modelling, AGU 2015 Fall Meeting, December 14-18 2015, San Fransisco, USA, poster.
- Sanzana, P., Gironas, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hitschfled, N., Munoz J.-F., Vicuna, S., 2015. Geo-PUMMA: representación espacial de cuencas urbanas y periurbanas. Caso de aplicación en Estero Los Guidos, Lo Barnechea, XXII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, 22-23 Octubre de 2015, Santiago, Chile, 14 pp.
- Sanzana, P., Gironas, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hitschfled, N., Munoz J.-F., Vicuna, S., (2016). Urban and periurban representation of drainage network using Geo-PUMMA in the Mercier (France) and El Guindo (Chili) catchments, . 9<sup>th</sup> international conference NOVATECH, June 28- July 1 2016, Lyon, France 4 pp.
- Sanzana, P., Gironas, J., Braud, I., Branger, F., Rodriguez, F., Vargas, X., Hitschfled, N., Munoz J.-F., Vicuna, S., 2016. GEO-PUMMA: Urban and periurban landscape representation for distributed hydrological modelling, EGU General Assembly 2016, 17-22/04/2016, Vienna, Austria, poster.
- Sébastien C., Barraud S., Becouze-Lareure C., Gonzalez-Merchan C., Lipeme Kouyi G., Gibello C. (2013). Accumulated sediments in a large dry stormwater retention-detention basin: physico-chemical spatial characterization and evolution - Estimation of metals, pesticides, PAHs and Alkylphenols contents. 8<sup>th</sup> international conference NOVATECH, 23-27 June 2013, Lyon, 10 p.
- Sebastian C., Barraud, S. (2014). Assessing organic micropollutant removal efficiency in a large dry stormwater detention basin. 13<sup>rd</sup> International Conference on Urban Drainage, 7-11 September 2014, Kuching, Malaysian Borneo. 10 p
- Sébastien C., Barraud, S. (2014). Assessing organic micropollutant removal efficiency in a large dry stormwater detention basin. 13<sup>rd</sup> International Conference on Urban Drainage, 7-11 September 2014, Kuching, Malaysian Borneo. 10 p
- Sebastian C., J. Zhu, L.Vezzaro, G. Lipeme Kouyi, S. Barraud (2014). Modeling of stormwater detention basin performance in micropollutant removal. 13<sup>rd</sup> International Conference on Urban Drainage, -12 September 2014, Kuching, Malaysian Borneo. 10 p.
- Sun S., Barraud S. (2016). The efficiency of a retention basin for pollutant removal in a French urban catchment. *International Low Impact Development Conference*, Beijing, China, 26-29 June 2016, 4 p.
- Sun S., Barraud S., Castebrunet H., Aubin J.-B., Marmonier P. (2016). Long-term trend evolution of the temperature of the groundwater upstream and downstream a stormwater infiltration basin. 9<sup>th</sup> international conference NOVATECH, 28 June-1<sup>st</sup> July 2016, Lyon, 4 p.
- Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Parsimonious conceptual hydrological model selection with different modeling objectives. Proceedings of Novatech 2013, Lyon, France, 23-27 June, 5 p.
- Sun S., Castebrunet H., Barraud S., Aubin J. -B., Marmonier P. (2015). Evolution of total suspended solids (TSS) in urban storm water. 22<sup>nd</sup> European Junior Scientists Workshop 'Monitoring urban drainage systems', 18-22 May 2015, Chichilianne, France, 8 p.
- Sun S., Leonhardt G., Bertrand-Krajewski J.-L., Rauch W. (2014). Estimating Areal Rainfall and Accompanied Uncertainty by Combining Two Model-Based Approaches. Proceedings of the 13th International Conference on Urban Drainage, Kuching, Malaysian Borneo, 7-12 September, 8 p.
- Torres A., Lepot M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Local calibration for a UV/Vis spectrometer: PLS vs. SVM. A case study in a WWTP. Proceedings of the 7th international conference on Sewer Processes and Networks - SPN7, Sheffield, UK, 28-30 August, 8 p.
- Wery C., Cherqui F., Le Nouveau N., Rodriguez F., Sibeud E., Joannis C., Barraud S. (2016). Asset management of BMP: a new story for urban stormwater management. 9<sup>th</sup> international conference NOVATECH, 28 June-1<sup>st</sup> July 2016, Lyon, 4 p.

## ARTICLES ET COMMUNICATIONS DANS DES CONFÉRENCES NATIONALES

- Barraud S., Becouze-Lareure C. (2015). Les rejets urbains de temps de pluie - Flux d'eau et de polluants – Rôle de la ville et évolution . 6e JOURNEE TECHNIQUE OTHU "Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages" Jeudi 17 septembre 2015, Lyon 20 p.
- Barraud S., Mermillod-Blondin F. (2016) L'eau dans la ville. Journée Scientifique de la FST - L'eau dans tous ses états. 21 Juin 2016, Villeurbanne, France.
- Becouze-Lareure C., Gonzalez-Merchan C., Sébastien C., Perrodin Y., Barraud S., Lipeme Kouyi G. (2014) Évolution des caractéristiques physico-chimiques et ecotoxicologiques des sédiments accumulés dans un bassin de retenue – décantation : premiers résultats du projet CABRES. 6<sup>èmes</sup> Journées doctorales de l'hydrologie urbaine. Lyon, 1-3 juillet 2014, 114-127.
- Becouze-Lareure C., Sébastien C., Barraud S., Bertrand-Krajewski J.-L., Lipeme-Kouyi G., Wiest L. (2015). Les micropolluants dans le cycle de l'eau en milieu urbain. *Journées Axelera*, 14 décembre, 10 - 17 décembre 2015, Lyon.
- Bedell J-P, Mourier B, Piron D, Sarles L, Marchand P, Hammada M Et Winiarski T (2014). Les vers de terre : indicateurs et acteurs d'évolution des anthroposols et des pollutions associées au sein des Bassins d'Infiltration?? Les 12èmes Journées d'Etude des Sols, Bourget du Lac, 30 juin-4 juillet.
- Bernardin C., Barraud S., Bécouze C., Gonzalez-Merchan C., Blaha D., Cournoyer B. (2014). Caractérisation microbiologique et risques sanitaires associés aux sédiments dans le bassin de rétention de Django - Reinhardt (Chassieu, Rhône). 6<sup>èmes</sup> Journées doctorales de l'hydrologie urbaine. Lyon, 1-3 juillet 2014, 123-128.
- Bernardin C., Bécouze C., Gonzalez-Merchan C. Barraud S., Blaha D., Cournoyer B. (2014). Caractérisation microbiologique et risques sanitaires associés aux dépôts sédimentaires dans le Bassin de rétention de Django-Reinhardt (Chassieu, Rhône)- Journées doctorales de l'Hydrologie Urbaine Juillet 2014.
- Bertrand Krajewski J-L. ( 2015) . Intégration, des systèmes à la source, dans la gestion quantitative des eaux pluviales: Toitures végétalisées et autres techniques alternatives, 6e JOURNEE TECHNIQUE OTHU "Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages" Jeudi 17 septembre 2015, Lyon 22p.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Sandoval S. (2013). Les micropolluants dans les eaux pluviales : méthodologie expérimentale, incertitudes et étude de cas. Actes de la 5<sup>e</sup> conférence régionale GRAIE " Gestion des rejets d'eaux usées non domestiques au réseau d'assainissement ", Villeurbanne, France, 14 novembre 2013.
- Boukerb A., S. Ribun, A. Rousset, C. Prigent-Combaret, A. Imberty, S. Vidal, B. Cournoyer. 2013. Étude des phénomènes d'agrégation de *Pseudomonas aeruginosa* en interaction avec des glycoconjugués calix[4]arène: rôle des lectines. Groupe Lyonnais des Glyco-Sciences - Université Lyon1. 6 décembre 2013.
- Boukerb A., S. Ribun, Navratil O., Lejot J., P. Breil, A. Rousset, C. Prigent-Combaret, A. Imberty, S. Vidal, B. Cournoyer. 2014. *Pseudomonas aeruginosa* en milieu aquatique: sources, diversité et colonisation des macrophytes. GDR *Pseudomonas*, Marseille. Novembre 2014.
- Boukerb M-A., Petit S., Mc Carthy D., Breil P., Cournoyer B. (2013). Amplitude du transfert par un déversoir d'orage de *Pseudomonas aeruginosa* et devenir en milieu aquatique. 9e Congrès SFM. Lille, France
- Braud. I, Branger F., Breil P. ( 2015) , Impacts de l'urbanisation sur la réponse hydrologique des bassins péri-urbains : avancées sur les approches multi-échelles, 6e JOURNEE TECHNIQUE OTHU "Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages" Jeudi 17 septembre 2015, Lyon 12p.
- Breil P; Petit S. ; Boukerb A. ; Namour Ph. ; McCarthy D. ; Cournoyer B. ( 2013) An approach to pathogens flux simulation in a combined sewer system. Novatech' 2013 international conference. 23-27 June 2013; Lyon (France).
- Chancibault, K., Rodriguez, F., Andrieu, H., Bocher, E., Bouyer, J., Branger, F., Braud, I., Breil, P., Brunet, Y., Brut, A., Calmet, I., Cohard, J.M., Colin, J., Emmanuel, I., Honegger, A., Irvine, M., Jacqueminet, C., Joliveau, T., Keravec, P., Kermadi, S., Labbas, M., Lagouarde, J.P., Launeau, P., Le Sant, V., Leblois, E., Lemonsu, A., Long, N., Maro, D. Mestayer, P., Michel, K., De Munck, C., Najjar, G., Nerry, F., Ramier, D., Rodriguez, V., Rosant, J.M., Rousseaux, F., Ruban, V., Sabre, M., Tavares, R., (2013). Rôle de l'occupation du sol sur la modélisation des flux énergétiques et hydriques en milieu urbain et périurbain, Colloque de restitution de la 3ème prospective nationale de recherche INSU 2013/2017 - Surfaces et interfaces continentales, 21-23 Mai 2013, Paris. Poster.
- Claro Barreto A., Lipeme Kouyi G., Vacherie S. (2015). Utilisation du Leaping-Weir comme dispositif de piégeage de sédiments en temps de pluie et de mesure de faibles débits. 33èmes Rencontres universitaires de Génie Civil – AUGC, 27-29 Mai, Bayonne, 7 p.
- Cournoyer, B, C. Bernardin, R. Marti, C. Becouze-Lareure, S. Barraud, G. Lipeme-Kouyi, Y. Perrodin, J. Michallon, S. Ribun, L. Marjolet, A. Gleizal, J-Y Toussaint, S. Vareilles, D. Blaha. (2015). Intelligences des mondes urbains et risques sanitaires : cas des expositions aux agents infectieux véhiculés par l'eau de pluie. Journées Labex IMU, Lyon, 26 & 27 novembre.

- Dalmon A., Mignot E., Rivière N., Lipeme Kouyi G., Momplot A., Gonzalez C., Escauriaza C. (2015). Mélange à l'aval d'une confluence d'écoulements à surface libre. 22ème Congrès Français de Mécanique, 24 au 28 Août, Lyon, 11p.
- Durand T., Vautrin F., Chanard E., Mallet B., Bergeron E., Laurent F., Dauwalder O., Rodriguez-Nava V. (2016) Identification des *Nocardia* par spectrométrie de masse BrukerBiotyper. RICAI (Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie Anti-Infectieuse), Paris. 12 et 13 décembre 2016.
- Garnier R., Barraud S., Castebrunet H., Vacherie S. (2016). Mesure d'efficacité des systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales en matière d'abattement de micropolluants et comparaison systèmes à la source / systèmes centralisé : Métrologie hydraulique et stratégie de prélèvements. 7eme Journées Doctorales de l'Hydrologie Urbaines, Nantes, 11-12 octobre 2016, 4 pages
- Granger D., Sourdril A., Cherqui F., Rousseau J-P., Darribere C., Garcia-Cubilla R., Paillou P., Loubiere B. et Le Gauffre P. (2013) Évaluation de l'aléa débordement du système d'assainissement – application sur le territoire de la Communauté Urbaine de Bordeaux, 92ème Congrès de l'ASTEE, Nantes, 4-7 juin.
- Kovacs Y., Soyer M., Deroubaix J.-F., Barraud S., Deutsch J.-C. (2014). La gestion des micropolluants – Quelles stratégies locales. Colloque, 93ème congrès de l'ASTEE, Orléans 3 au 6 juin 2014. 10 p.
- Labbas, M., Branger, F., Braud, I., (2014). Développement et évaluation d'un modèle hydrologique distribué périurbain prenant en compte différents modes de gestion des eaux pluviales. Application au Bassin de l'Yzeron (150 km<sup>2</sup>), 6ème Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine, JDHU 2014, 1-3 Juillet 2014, Villeurbanne, France, 10 pp.
- Lassabatere I., Winiarski T., Angulo R. (2015) Ouvrages d'infiltration : Impacts sur le sol en place – connaissance et nouveaux outils , 6e JOURNEE TECHNIQUE OTHU "Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages"Jeudi 17 septembre 2015, Lyon 12p
- Lepot M., Aubin J.-B., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Comparaison de différents capteurs pour l'estimation des concentrations en MES, DCO brutes et filtrées en réseau d'assainissement. Actes des 31èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC, Cachan, France, 29-31 mai, 10 p.
- Lepot M., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Vérification des mesures de débits en réseau d'assainissement par traçage à la Rhodamine WT. Actes des 31èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC, Cachan, France, 29-31 mai, 12 p.
- Lipeme Kouyi G. (2015) : OTHU : Un outil d'observation et de recherche au service des acteurs opérationnels. 6e JOURNEE TECHNIQUE OTHU "Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages"Jeudi 17 septembre 2015, Lyon 10 p.
- Lipeme Kouyi G., Østertoft C., Yan H. (2014). CABRRES project: the influence of two large stormwater detention basins design on hydrodynamic and sediment distribution. 32èmes Rencontres de l'AUGC (Association Universitaire de Génie Civil), Polytech Orléans, 4 au 6 juin 2014, 4p.
- Lipeme Kouyi G., R. Marti, B. Misery, C. Bernardin, J.-Y. Toussaint, Y. Perrodin, J.-B. Aubin, C. Becouze-Lareure, L. Wiest, S. Barraud, D. Blaha, S. Vareilles, A. Gleizal, C. Gonzales-Merchan, C. Bazin, B. Cournoyer. 2016. Sources, évolution et gestion des contaminants urbains véhiculés par les eaux de ruissellement – une approche interdisciplinaire. U. Lyon 1. Lyon, Conférence « l'eau dans tous ses états », Villeurbanne, 21 juin 2016.
- Marti, R., J. Michallon, S. Ribun, L. Marjolet, A. Gleizal, J-Y Toussaint, S. Vareilles B. Cournoyer. Évaluation de la diversité des espèces du genre *Pseudomonas* par meta-taxogénomique : Contexte d'un bassin versant industriel. GDR *Pseudomonas*, Bourgogne 2015.
- Mermillod-Blondin F., Voisin J., Hervant F., Vienney A., Maazouzi C., Pigneret M., Cournoyer B., Marmonier P (2015) . Ouvrages d'infiltration : indicateurs biologiques de leurs impacts sur les nappes (qualité de la matière organique et organismes sentinelles). , 6e JOURNEE TECHNIQUE OTHU "Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages"Jeudi 17 septembre 2015, Lyon 12p
- Momplot A., Lipeme Kouyi G., Mignot E., Riviere N., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Une nouvelle structure d'écoulement en bifurcation. 6èmes journées doctorales en hydrologie urbaine, JDHU 2014, 1-3 juillet 2014, Villeurbanne, France, 10 p.
- Namour Ph., Jaffrezic N, (2014), Intégr'Eau développement d'un microsystème générique pour l'application de la DCE : chaîne de mesure de métaux lourds, 8ème journée Ecotech, 02/04/2014, Paris (France).
- Perrodin Y., Cournoyer B. (2015). Bassin de retenue/décantation : Caractérisation écotoxicologique et microbiologique des sédiments de décantation en vue de leur gestion optimisée et lien avec les activités. , 6e JOURNEE TECHNIQUE OTHU "Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages"Jeudi 17 septembre 2015, Lyon 12p.
- Pigneret M., Mermillod-Blondin F. Volatier L., Roussel D. & Hervant F. (2015). Réponses physiologiques à une pollution d'origine anthropique chez un organisme ingénieur et conséquences sur le fonctionnement du bassin d'infiltration. Séminaire OTHU, 10 juillet 2015, Lyon, France.
- Pigneret M., Volatier L., Mermillod-Blondin F., Roussel D., Hervant F. (2015) Réponses physiologiques à une pollution d'origine anthropique chez un organisme sentinelle et conséquences sur le fonctionnement de bassins d'infiltration. 2ème Colloque d'Ecophysiologie Animale (CEPA), 4-6 novembre, La Rochelle, France.

- Rodriguez-Nava V. & Bergeron E. Bilan d'activité de l'Observatoire Français des Nocardioses (2014-juillet 2016) : analyse de 539 cas de nocardiose. RICAI (Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie Anti-Infectieuse), Paris. 12 et 13 décembre 2016.
- Sandoval S., Bertrand-Krajewski J.-I. (2014). Estimation de l'influence du point d'échantillonnage des matières en suspension dans une section de réseau d'assainissement. 6èmes journées doctorales en hydrologie urbaine - JDHU, 1-3 juillet 2014, Villeurbanne, France, 4p.
- Sébastien C., Becouze-Lareure C. (2015). Bassin de retenue/décantation: retour sur leur efficacité et le piégeage des micropolluants et des particules, 6e JOURNEE TECHNIQUE OTHU "Gestion des eaux pluviales à différentes échelles : connaissances, outils et efficacité des ouvrages" Jeudi 17 septembre 2015, Lyon 14p.
- Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2014). Uncertainty estimation of urban areal rainfall by point measurements. Actes des 32èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC, Orléans, France, 4-6 juin, 10 p.
- Tourne A., Rousseau J.-P., Darribere C., Chambolle M., Cherqui F., Granger D., Le Gauffre P. et Loubiere B. (2013) Outil d'analyse et de participation pour améliorer la qualité des milieux aquatiques : application sur le territoire de la Communauté Urbaine de Bordeaux, 92ème Congrès de l'ASTEE, Nantes, 4-7 juin.
- Vautrin *et al.*, (2016). Identification des Nocardia par spectrométrie de masse BrukerBiotyper. RICAI, Paris. 12 et 13 décembre 2016
- Vautrin *et al.*, (2016). Nocardia cyriacigeorgica, de l'environnement au patient. RICAI (Réunion Interdisciplinaire de Chimiothérapie Anti-Infectieuse), Paris. 12 et 13 décembre 2016.
- Vautrin *et al.*, (2016). Nocardia, un nouvel indicateur de pollution anthropique. JDHU (Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine), Nantes. 11 et 12 octobre 2016.
- Vautrin *et al.*, (2016). U. Lyon 1. Nocardia, un pathogène au fil de l'eau. U. Lyon 1. Lyon, Conférence « l'eau dans tous ses états », Villeurbanne, 21 juin 2016.
- Voisin J. (2014). Utilisation de substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. 6ème Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine, 1 -3 juillet 2014, Villeurbanne, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Séminaire doctorants ARC Environnement Axe Ecotechnologies, 8 juin 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Séminaire OTHU, 10 Juillet 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Influence des techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur le transfert de la matière organique et des micro-organismes dans les nappes phréatiques. Journée scientifique de l'ARC Environnement, 1er octobre 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Utilisation de substrats artificiels pour la caractérisation des communautés microbiennes dans les nappes phréatiques : Mise au point méthodologique. Séminaire doctorants ZABR, 2 Mars 2015, Lyon, France.
- Voisin J., Mermillod-Blondin F., Cournoyer B. (2015). Utilisation de substrats artificiels pour l'échantillonnage passif des bactéries dans les nappes phréatiques : mise au point méthodologique. Animation scientifique du LEM, 19 mai 2015, Lyon, France.

## AUTRES: MEMOIRES D'ETUDIANTS, RAPPORTS

- Becouze-Lareure C. (2015) FICHE TECHNIQUE OTHU N°28 : « Echantillonnage des eaux pluviales à l'exutoire d'un bassin versant », 4p. [lien](#)
- Ben Idder M. (2013). Suivi d'un épisode pluvieux dans le bassin d'infiltration de Minerve situé à St Priest. Que se passe-t-il dans un bassin d'infiltration ? Université Lyon 1, stage Licence Biologie des Populations, 12p.
- Bertrand-krajewski J.-L., Lipeme Kouyi G. (2014). Différence entre mesure et estimation - Définitions et exemple. Actes de la 9<sup>e</sup> Journée d'échanges régionale "Autosurveillance des réseaux d'assainissement" GRAIE, Lyon, 3 avril.
- Braud, I., (2013). Impact de l'urbanisation sur l'hydrologie et la géomorphologie des rivières périurbaines, Les Cahiers de l'ANR, n°7, p. 168.
- Claro Barreto A. (2014). Simulation du transport de micro-particules dans un bassin de retenue-décantation: estimation du temps de séjour et analyse de la dynamique spatio-temporelle. Rapport de Master MEGA (Mécanique Génie civil Acoustique), INSA Lyon, 40p.
- Cournoyer *et al.* (2015). Habitats préférentiels et dangerosité des Pseudomonas aeruginosa introduits dans les cours d'eau par les rejets d'eaux usées par temps de pluie (2011/1/137). Rapport final ANSES.

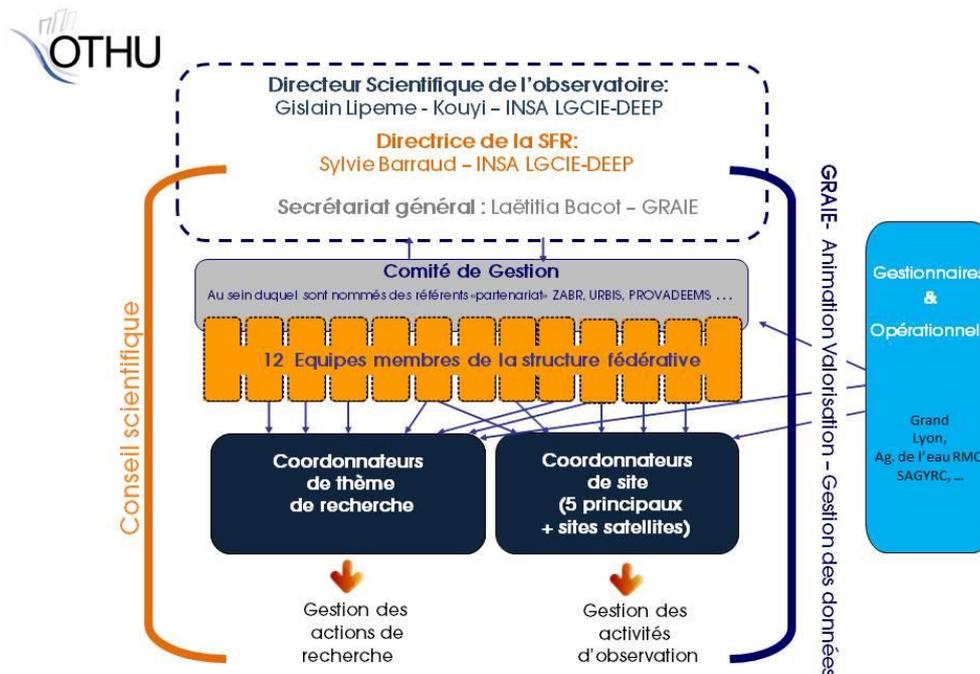
- Gasperi J., Mirande C. Chebbo G., Moilleron R., Saad M., Dubois P., Caupos E., Gromaire M.-C., Ruban V., Delamain M., Percot S., Demare D., Cren C., Wiest L., Fratta C., Sebastian C., Barraud S., Millet M., Diallo Kessoo M., Schwartz J.-J., Wolff H. (2014) Micropolluants dans les eaux pluviales urbaines : concentrations, flux et contributions atmosphériques. Livrable final Tâche 3-1 Projet ANR INOGEV, Villes et bâtiments durables. 26 p.
- Gonzalez-merchan C., Becouze-Lareure C. (2015) FICHE TECHNIQUE OTHU N°27 : « Echantillonnage des sédiments décantés dans un bassin de rétention/décantation », 4p. [lien](#)
- Gudefin, L., (2013). Modélisation hydrologique spatialisée du bassin versant de la Chézine avec le modèle J2000, Mémoire de fin d'études, Ecole des Mines d'Alès, 53 pp.
- Lynggaard-Jensen A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Chapter 3.2 - Off-line and on-line data validation. In *Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction*, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakeridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 135-144. ISBN 9781780404998.
- Marti, R., C. Bernardin, C. Bécouze, S. Ribun, L. Marjolet, A. Gleizal, J.-B. Aubin, S. Barraud, G. Lipeme Kouyi, L. Wiest, D. Blaha, B. Cournoyer. 2016. Bacteriome genetic diversity changes among trapped urban sediments mobilized by runoffs are impacted by chemical pollutants. Sc. Report, en préparation
- Mendes J. (2014) Réponses physiologiques et survie d'un crustacé phréaticole incubé dans des sédiments issus des bassins d'infiltration de la métropole de Lyon. Licence Biologie des Organismes et des Populations, Université Lyon 1, 12 p.
- Nasri A. A. (2014). Mesure et modélisation du champ de vitesses au sein d'un dispositif de mesure et de maîtrise des flux déversés. Rapport de Master MEGA (Mécanique Génie civil Acoustique), INSA Lyon, 30p.
- Paquier A., Mignot E., Bazin P.H (2015). From hydraulic modelling to urban flood risk. *Procedia Engineering*, Volume 115, 2015, Pages 37–44, Toward integrated modelling of urban systems
- Pigneret M. (2014). Réponses écophysiological de l'Oligochète *Limnodrilus hoffmeisteri* face à une pollution d'origine anthropique et conséquences sur le fonctionnement de l'écosystème. Master 2 « Physiologie Intégrée en Conditions Extrêmes », Université Lyon I, 42 p.
- Pons E. (2013). Etude de la biodiversité des bassins d'infiltration du Grand Lyon. Université Lyon 1, stage Licence Biologie des Populations, 44p.
- Robert E. (2015) Influence de la bioturbation des vers tubificidés sur les flux de carbone et de nutriments dans des sédiments de bassin d'infiltration : impact des teneurs en polluants ? Licence Biologie des Organismes et des Populations, Université Lyon 1, 12 p.
- Sebastian C. (2014). Quelles substances suivre dans les matrices urbaines ? Rapport de convention SOERE URBIS, septembre 2014.
- Sebastian C., Barraud S. (2014). Rapport final sur les flux de contaminants dans le bassin de retenue-décantation Livrable Tâche 3-2 Projet ANR INOGEV, Villes et bâtiments durables. 109 p.
- Sun S., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Chapter 3.3 - Rainfall measurement by radar in the Greater Lyon area. In *Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction*, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakeridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 145-150. ISBN 9781780404998.
- Velasco M., Pouget L., Bertrand-Krajewski J.-L. (2015). Chapter 3.10 - Improved measurement and modeling of sediments in sewers. In *Climate Change, Water Supply and Sanitation: Risk Assessment, Management, Mitigation and Reduction*, edited by Hulsman A., Grutzmacher G., van den Berg G., Rauch W., Lynggaard Jensen A., Popovych V., Rosario Mazzola M., Vamvakeridou-Lyroudia L.S., Savic D.A. London (UK): IWA Publishing, 189-194. ISBN 9781780404998.
- Winiarski T. (2014). Fonction Filtration d'un ouvrage urbain – conséquence sur la Formation d'un Anthroposol (FAFF). Programme GESSOL, rapport final, 200 pages.

## BREVETS, LOGICIELS & PRODUITS

- Granger D., Cherqui F., Loubière B., Tourne A. (2014) Outil informatique OMEGA Drive. Livrable L8, programme OMEGA ANR Villes Durables L2009, février.  
[www.omega-anrvillesdurables.org](http://www.omega-anrvillesdurables.org)
- Lipeme Kouyi G., Visiedo R., Volte E. (2013). Ouvrage pour surveiller et maîtriser le débit et la qualité des effluents dans un collecteur de décharge. Brevet Européen (n° d'enregistrement national 11 61428, CPI n°94-0312), en partenariat avec la direction de l'eau de la métropole de Lyon

# ANNEXE 3 : ORGANISATION INTERNE ET GOUVERNANCE DE L'OTHU

L'organisation interne de l'OTHU a été réorganisée en 2014, celle-ci est schématisée ci-dessous.



Elle Comprend :

## Une Instance de pilotage

L'instance de pilotage de l'OTHU comprend une équipe de direction assistée d'un comité de gestion et d'un conseil scientifique.

### **L'équipe de Direction de l'OTHU**

La direction scientifique et technique est assurée par M. Gislain LIPEME KOUYI, (la direction de la FED est assurée par Sylvie Barraud. La direction est assistée d'un secrétariat général, d'un comité de gestion et d'un conseil scientifique dont le rôle est précisé ci-après

- **Le Directeur scientifique de l'observatoire** : Il est nommé parmi les membres des équipes constituant la fédération. Son rôle est :
  - de définir la politique scientifique, en lien avec les instances universitaires (notamment le Directeur de la SFR 4181 dont l'OTHU dépend), les membres de l'OTHU, ses partenaires et le conseil scientifique. Il organise notamment l'élaboration du programme de recherche avec ses partenaires;
  - de proposer les adaptations nécessaires dans la composition de l'OTHU et l'implantation géographique des équipes qui le composent ;
  - de veiller à l'organisation des actions de l'OTHU qu'il représente à l'extérieur ;
  - de décider après consultation du comité de gestion, de l'affectation des ressources de l'OTHU
  - de diriger les services communs de l'observatoire ;
  - d'élaborer le règlement intérieur de l'OTHU, qu'il soumet au vote du Comité de Gestion.

Il est nommé pour une période de quatre ans, éventuellement renouvelable une fois, par les directions des organismes membres de la fédération après avis du Conseil Scientifique et du Comité de Gestion.

- **Direction de la FED 4161** : Le Directeur de la FED est nommé parmi les membres des équipes constituant la structure fédérative. L'évaluation est faite par le HCERES.  
Son rôle est de : renforcer la synergie des recherches conduites par tous les membres de la SFR en s'appuyant sur le Directeur scientifique et technique; rôle spécifique important notamment d'interface et de relation avec les chefs d'établissements, développer la visibilité de la SFR, afin d'attirer les étudiants et chercheurs sur ce thème ; développer l'animation scientifique en appui sur le directeur scientifique et technique autour des thèmes définis par le comité scientifique de la SFR
- **Le secrétariat général** : Le Directeur est assisté par un secrétariat général le GRAIE - Groupe de Recherche Rhône Alpes sur les Infrastructures et l'Eau, structure porteuse pour le montage du projet, assure le secrétariat général de l'OTHU.  
Ce secrétariat général a pour mission de veiller à la mise en œuvre coordonnée des orientations stratégiques définies par le directeur et le comité de gestion. Il assure, pour cela, un rôle : de pilotage des actions administratives en général et de la correspondance, de coordination /animation/ pilotage des actions de diffusion et de transfert des résultats acquis vers les acteurs opérationnels.
- **le Comité de Gestion (CG)** est chargé de délibérer sur les questions ayant trait à la stratégie scientifique de l'OTHU, à la mise en place et à la gestion des matériels et services communs, à l'accueil d'équipes associées au sein de l'OTHU, à la valorisation des résultats obtenus, aux demandes de financement. Il vote le budget prévisionnel et valide le bilan financier.  
Le CG est composé du directeur, des directeurs de laboratoire ou de leur représentant désigné, d'un représentant du Grand Lyon, d'un représentant du GRAIE (qui assure l'animation et la valorisation) et d'un représentant des Agences de l'eau. Les réunions du Comité de gestion sont convoquées à l'initiative du Directeur. Elles se tiennent au moins trois fois par an. En cas de divergence d'appréciation, nécessitant un vote, l'avis du CG est donné à la majorité absolue des membres présents ou représentés. Ces réunions sont potentiellement ouvertes à tous les membres de l'OTHU, y compris les membres des équipes associées. Ces derniers doivent cependant être invités par le CG et n'y assistent qu'à titre consultatif.
- **Le Conseil Scientifique (CS)** se réunit au minimum tous les 4 ans et évalue la qualité et la pertinence des recherches menées dans le cadre de l'OTHU. Il étudie la stratégie d'évolution scientifique et fonctionnelle de l'observatoire et donne son avis sur sa mise en application. Il comprend :
  - le responsable de chaque établissement, membre de l'OTHU ou son représentant ;
  - au titre d'experts, six personnalités extérieures au site urbain de l'OTHU, désignées par les parties signataires en nombre majoritaire dans les domaines de compétence de l'OTHU, dont au moins une personnalité étrangère ;
  - un représentant du Grand Lyon et des agences de l'eau.Ce conseil scientifique ne sera pas le même que le comité d'évaluation de la FED (HCERES).

### Une instance fonctionnelle

L'OTHU est doté à ce niveau :

- **d'un coordonnateur par site d'observation** qui gère les problèmes techniques et matériels liés à un site, assure la coordination et la cohérence des interventions sur site, la relation avec les gestionnaires opérationnels de ces sites et la mise en place des plans de prévention. Il en rend compte régulièrement lors des réunions inter-sites se tenant 4 fois par an et auxquelles tous les membres de l'OTHU sont conviés et peuvent faire part des problèmes particuliers qui y sont arbitrés.
- **d'un coordonnateur par thème de recherche**. Le comité de gestion nomme un coordonnateur pour chacun des thèmes établi lors de son programme de recherche, sur proposition du Directeur de l'OTHU. Les thèmes retenus sont les suivants : (i) Connaissance de la pluie, (ii) Connaissance des flux produits par les bassins versants urbains & périurbains, (iii) Connaissance du fonctionnement bio-physico-chimiques des ouvrages de gestion des eaux pluviales, (iv) Connaissance des flux rejetés dans la nappe et de leurs impacts, (v) Connaissance des flux rejetés vers les rivières périurbaines et de leurs impacts, (vi) Propositions d'amélioration des stratégies de gestion des eaux urbaines par temps

de pluie à l'échelle de la ville, (vii) Métrologie. Ces thèmes peuvent évoluer.

Le rôle de ces coordonnateurs est d'assister le directeur sur les domaines suivants : coordination et synthèse des recherches effectuées sur le thème, coordination de l'affectation des matériels déployés pour étudier le thème, des moyens associés à la gestion de ces matériels (personnels assurant la gestion, les analyses à réaliser, etc.), recensement et chiffrage des moyens complémentaires à déployer pour étudier le thème.

- **d'une instance d'animation et de valorisation.** L'animation et la valorisation des résultats sont assurées par le GRAIE qui bénéficie d'un savoir-faire important dans le domaine. les tâches concernent plus particulièrement :
  - le recensement et la mise à disposition de tous les documents produits par les membres et partenaires de l'OTHU, faisant référence à l'OTHU (programmes de recherche, publications de recherche), des compte rendus de réunion des comités de gestion et scientifiques, des données relatives à la gestion de l'OTHU pour la réalisation du programme et du bilan d'activité, de l'inventaire du matériel, etc. ;
  - le montage de journées scientifiques (1 tous les 2 ans) et techniques à destination des opérationnels (1 tous les 2 ans en alternance avec les premières) ;
  - la mise à disposition des informations et des données produites par la fédération (gestion des méta-données) ;
  - la gestion du site web;
  - le secrétariat.



# ANNEXE 4 : LISTE DES ENSEIGNANTS CHERCHEURS OU PERSONNELS DE RECHERCHE MEMBRES DE L'OTHU FAISANT PARTIE DES UNITES

## POUR MEMOIRE :

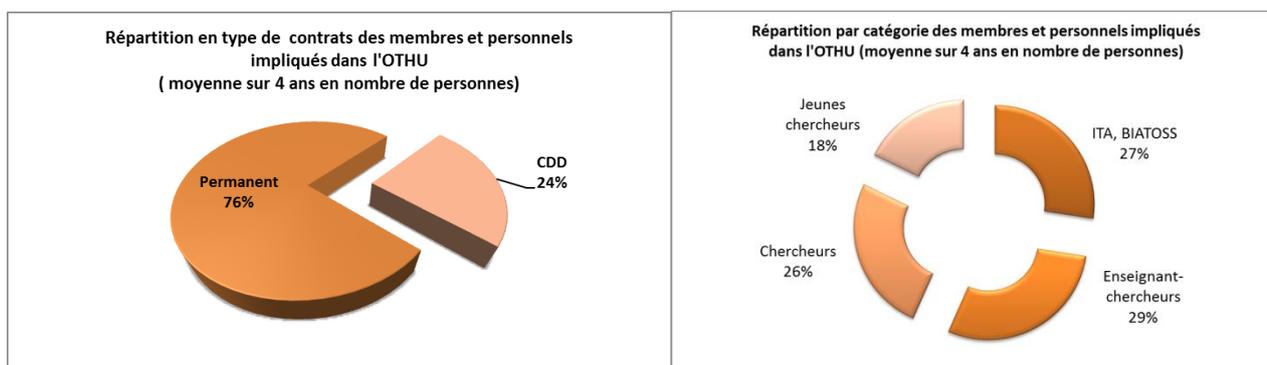
Aucun personnel fonctionnaire n'est embauché dans le but d'être affecté en propre sur la structure fédérative de recherche. Les personnels intervenant dans l'observatoire sont des personnels appartenant aux équipes de recherche membres de la FED.

Depuis quelques années, un effort particulier des équipes est notable (fléchage de poste technique sur l'activité d'observation). A titre d'exemple, le laboratoire DEEP a mis 100 % d'un temps technicien sur l'OTHU et 33% d'un ingénieur d'étude, le LEHNA a mis également 50 % d'un Assistant Ingénieur en biologie, VetAgro Sup a mis à disposition de l'OTHU un technicien à 60%. Les autres personnels interviennent de manière plus sporadique.

D'autres personnels sont affectés à l'observation, la gestion et à l'animation de l'OTHU mais ils sont contractuels et financés sur fonds propres de l'observatoire notamment : un plein temps confié au GRAIE (55% de Laëtitia BACOT, animation coordination valorisation et secrétariat général de l'OTHU, 50% de Nicolas WALCKER, Assistant métrologie et gestion des données OTHU).

## QUELQUES GRANDS CHIFFRES ET INDICATEURS

Le nombre de personnes impliquées sur les 4 ans observatoire et recherche en appui est de **113** personnes



Moyenne sur 4 ans	%	Nombre de personnes	Equivalent temps plein OTHU total	Equivalent temps plein activités recherche OTHU	Equivalent temps plein consacré au fonctionnement de l'OTHU
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>113</b>	<b>34,3</b>	<b>28,1</b>	<b>6,1</b>
ITA, BIATOSS	27%	31	9,8	7,7	2,1
Enseignant-chercheurs	29%	33	12,8	10,7	2,1
Chercheurs	26%	29	6,4	4,7	1,6

Jeunes chercheurs	18%	20	5,3	5,0	0,3
-------------------	-----	----	-----	-----	-----

## LISTE DES EQUIPES MEMBRES

Label et n°	Intitulé de l'unité	Établissement de rattachement support	Domaine scientifique
EA 4126	Laboratoire <b>DEEP</b> : Déchets, Eau, Environnement et Polluants	INSA Lyon Université Lyon 1	ST (ST5)
UMR CNRS 5023	<b>LEHNA</b> : Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés		
	<u>Equipes :</u> - <b>E3S</b> : Ecologie, Evolution, Ecosystèmes Souterrains - <b>IPE</b> (Impact des Polluants sur les Ecosystèmes) de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE)	Université Lyon 1 ENTPE	SVE (SVE2_LS8) ST, SVE (ST3, SVE2_LS9)
UMR CNRS 5557, INRA 1418	<b>LEM</b> : Ecologie Microbienne	Université Lyon 1 VetAgroSup	
	<u>Equipe :</u> - <b>BPOE</b> Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement - CNRS, VetAgroSup, Université Lyon 1 et USC INRA.	Université Lyon 1 VetAgroSup	SVE2_LS8
UMR CNRS 5600	<b>EVS</b> : Laboratoire Environnement - Ville - Société - Laboratoire de Université Lyon 2, Université Lyon 3, Université Jean Monnet Saint Etienne, INSA Lyon, ENTPE, Ecole Normale Supérieure –LSH, Ecole des Mines de Saint-Etienne		
	<u>Equipes :</u> - <b>EVS-INSA</b>	INSA Lyon	SHS (SHS2_4, SHS3_2)
	- <b>EVS-CRGA</b> Centre de Recherche en Géographie et Aménagement	Université Lyon 3	SHS (SHS3_1, SHS3_2)
	- <b>EVS-IRG</b> Institut de Recherches Géographiques	Université Lyon 2	SHS (SHS3_1)
UMR 5280	<b>ISA</b> : Institut des Sciences Analytiques - Université Lyon I - CNRS - ENS UMR 5280	Université Lyon 1	ST (ST4)
UMR 5509	<b>LMFA</b> : Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique - UMR 5509 : CNRS, Ecole Centrale de Lyon, Université Lyon I, INSA Lyon	ECL, INSA de Lyon Université Lyon 1	
	<u>Equipe :</u> Fluides Complexes et Transferts	ECL, INSA de Lyon Université Lyon 1	ST (ST5)
IRSTEA	<b>IRSTEA</b>	IRSTEA	
	- <b>UR HHLY</b> : U.R. hydrologie hydraulique		ST (ST5)
	- <b>UR MALY</b> : U.R. Milieux Aquatiques Ecologie et Pollutions		ST (ST3, ST4)
BRGM	<b>BRGM</b> : Bureau de Recherches Géologiques et Minières - Service Géologique Régional Rhône-Alpes	BRGM	ST, SVE (ST3, SVE2_LS9)

(\*) Unité porteuse : plus du tiers des ETP de l'unité intervient dans la structure fédérative

# DETAILS DES IMPLICATIONS – CLASSE PAR ETABLISSEMENTS

moyenne sur les 4 ans

NOM	Prénom	Grade ou titre	Permanent	CDD	Etablissement	% temps total othu	% temps consacré aux activités recherche en appui sur l' OTHU (% annuel)	% temps consacré au fonctionnement de l'OTHU	Laboratoire - équipe / unité	Catégorie
Clozel	Blandine	IR	x		BRGM	35%	30%	5%	BRGM SGR/RHA	chercheurs
Cournoyer	Benoit	DR	x		CNRS	45%	40%	5%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	chercheurs
Nazaret	Sylvie	CR	x		CNRS	2%	2%		Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	chercheurs
Perkins	Richard	PR	x		Ecole Centrale de Lyon	2%	2%		LMFA UMR5509 / équipe Fluides Complexes et Transferts	enseignant - chercheurs
Angulo	Rafaël	CR1 CNRS	x		ENTPE - UMR-CNRS	5%	5%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	chercheurs
Bastide	Thérèse	TECH	x		ENTPE - UMR-CNRS	30%	30%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	ITA, BIATOSS
Bedell	Jean-philippe	CR1	x		ENTPE - UMR-CNRS	35%	30%	5%	IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	chercheurs
BenSlimène	Erij	Docteur		x	ENTPE - UMR-CNRS	50%	50%	0%	IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	chercheurs
Danjean	Marc	TECH	x		ENTPE - UMR-CNRS	30%	30%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	ITA, BIATOSS
Delolme	Cécile	ITPE-Docteur	x		ENTPE - UMR-CNRS	20%	20%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	enseignant - chercheurs
Durrieu	Claude	ITPE docteur	x		ENTPE - UMR-CNRS	20%	20%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	enseignant - chercheurs
Gosset	Antoine	Docteur		x	ENTPE - UMR-CNRS	100%	98%	2%	IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	chercheurs
Hammada	Myriam	TECH	x		ENTPE - UMR-CNRS	10%	10%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	ITA, BIATOSS
Lassabatère	Laurent	ITPE-Docteur	x		ENTPE - UMR-CNRS	5%	5%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	enseignant - chercheurs
Perrodin	Yves	DR	x		ENTPE - UMR-CNRS	31%	30%	1%	IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	chercheurs
Volatier	Laurence	CR	x		ENTPE - UMR-CNRS	2%	2%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS	chercheurs

NOM	Prénom	Grade ou titre	Permanent	CDD	Etablissement	%temps total othu	% temps consacré aux activités recherche en appui sur l' OTHU (% annuel)	% temps consacré au fonctionnement de l'OTHU	Laboratoire - équipe /unité	Catégorie
Winiarski	Thierry	DR	x		ENTPE - UMR-CNRS	40%	30%	10%	IPE/ LEHNA -UMR-CNRS	chercheurs
Cossais	Nina	Docteur		x	EVS	51%	49%	2%	EVS-Grand Lyon	chercheurs
Bacot	Laëtitia	Secrétaire Générale	x		GRAIE	60%	5%	55%	GRAIE	ITA, BIATOSS
Brelot	Elodie	Directeur	x		GRAIE	5%		5%	GRAIE	Chercheurs
Walker	Nicolas	TECH	x		GRAIE	100%		100%	GRAIE	ITA, BIATOSS
AH-leung	Sébastien	Docteur		x	INSA	100%	98%	2%	Environnement Ville Société (UMR 5600)	chercheurs
Arias	Luis	Postdoctorant		x	INSA	21%	19%	2%	LGCIE - DEEP	chercheurs
Aubin	Jean-baptiste	MCF	x		INSA	5%	5%		LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Babaud	Dominique	TR	x		INSA	50%		50%	LGCIE - DEEP	ITA, BIATOSS
Barraud	Sylvie	PR	x		INSA	60%	30%	30%	LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Becouze	Céline	Postdoctorante		x	INSA	100%	98%	2%	LGCIE - DEEP	chercheurs
Bertrand-Krajewski	Jean-Luc	PR	x		INSA	50%	40%	10%	LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Buffière	Pierre	PR	x		INSA	5%	5%		LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Castebrunet	Hélène	MCF	x		INSA	40%	20%	20%	LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Chatain	Vincent	MCF	x		INSA	5%	5%		LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Claro Barreto	Alejandro	Docteur		x	INSA	51%	49%	2%	DEEP	chercheurs
Garnier	Robin	Docteur		x	INSA	39%	37%	2%	DEEP	chercheurs
Gonzalez	Carolina	Docteur		x	INSA	100%	98%	2%	LGCIE - DEEP	chercheurs
Gourdon	Rémy	PR	x		INSA	5%	5%		LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Le Gauffre	Pascal	MCF	x		INSA	5%	5%		LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Lipeme Kouyi	Gislain	MCF	x		INSA	65%	55%	10%	LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Mate Marin	Ainhoa	Docteur		x	INSA	51%	49%	2%	DEEP	chercheurs
Mignot	Emmanuel	MCF	x		INSA	2%	2%		LMFA UMR5509 / équipe Fluides Complexes et Transferts	enseignant - chercheurs

NOM	Prénom	Grade ou titre	Permanent	CDD	Etablissement	%temps total othu	% temps consacré aux activités recherche en appui sur l' OTHU (% annuel)	% temps consacré au fonctionnement de l'OTHU	Laboratoire - équipe /unité	Catégorie
Momplot	Adrien	Doct rant		x	INSA	27%	25%	2%	LGCIE - DEEP	chercheurs
Rivière	Nicolas	PR	x		INSA	15%	10%	5%	LMFA UMR5509 / équipe Fluides Complexes et Transferts	enseignant - chercheurs
Sébastien	Christel	Doct rant / Postdoctorante		x	INSA	100%	98%	2%	LGCIE - DEEP	chercheurs
Sun	Siao	Post-Doct rante		x	INSA	20%	20%		LGCIE - DEEP	chercheurs
Vacherie	Stéphane	IE	x		INSA	33%	23%	10%	LGCIE - DEEP	ITA, BIATOSS
Zhu	Xiaoxiao	Doct rante		x	INSA	51%	49%	2%	DEEP	chercheurs
Naltchayan	Serge	TR	x		INSA Valor / INSA	100%		100%	LGCIE - DEEP	ITA, BIATOSS
Patouillard	Céline	Doct rant		x	INSA	100%	98%	2%	Environnement Ville Société (UMR 5600)	chercheurs
Baati	Selma	Doct rant		x	INSA	50%	48%	2%	Environnement Ville Société (UMR 5600)	chercheurs
Toussaint	Jean-Yves	PR	x		INSA	35%	30%	5%	Environnement Ville Société (UMR 5600)	enseignant - chercheurs
Vareilles	Sophie	MCF	x		INSA	32%	30%	2%	Environnement Ville Société (UMR 5600)	enseignant - chercheurs
Babut	Marc	IPEF	x		IRSTEA	5%	5%		UR MALY	chercheurs
Boistard	Pascal	ICPE F	x		IRSTEA	5%	0%	5%	UR MALY	chercheurs
Branger	Flora	IPEF	x		IRSTEA	30%	25%	5%	UR HH	chercheurs
Braud	Isabelle	DR	x		IRSTEA	15%	10%	5%	UR HH	chercheurs
Breil	Pascal	CR	x		IRSTEA	30%	30%	0%	UR HH	chercheurs
Buffet	Alexis	T	x		IRSTEA	10%	5%	5%	UR HH	ITA, BIATOSS
Dramais	Guillaume	AI	x		IRSTEA	5%	5%		UR HH	ITA, BIATOSS
Faure	Jean-Baptiste	CR	x		IRSTEA	5%	5%		UR HH	chercheurs
Gahou	Josiane	AI	x		IRSTEA	2%	2%		UR MALY	ITA, BIATOSS
Garric	Jeanne	DR	x		IRSTEA	5%	5%		UR MALY	chercheurs
Labbas	Meriem	Doct rant		x	IRSTEA	75%	74%	1%	UR HH	chercheurs
Lagadec	Lilly-Rose	Doct rante		x	IRSTEA	10%	10%	0%	Edf -irstea hh	chercheurs
Lagouy	Mickaël	TR	x		IRSTEA	40%	30%	10%	UR HH	ITA, BIATOSS
Le Coz	Jérôme	IPEF	x		IRSTEA	2%	2%		UR HH	chercheurs
Leblois	Etienne	ICPE F	x		IRSTEA	10%	10%		UR HH	chercheurs
Molle	Pascal	IR	x		IRSTEA	30%	30%		UR MALY	chercheurs
Motte	Bernard	TR	x		IRSTEA	2%	2%		UR MALY	ITA, BIATOSS
Paquier	André	ICPE F	x		IRSTEA	15%	15%		UR HH	chercheurs
Poulard	Christine	IAE	x		IRSTEA	2%	2%		UR HH	chercheurs
Thollet	Fabien	TR	x		IRSTEA	15%	5%	10%	UR HH	ITA, BIATOSS

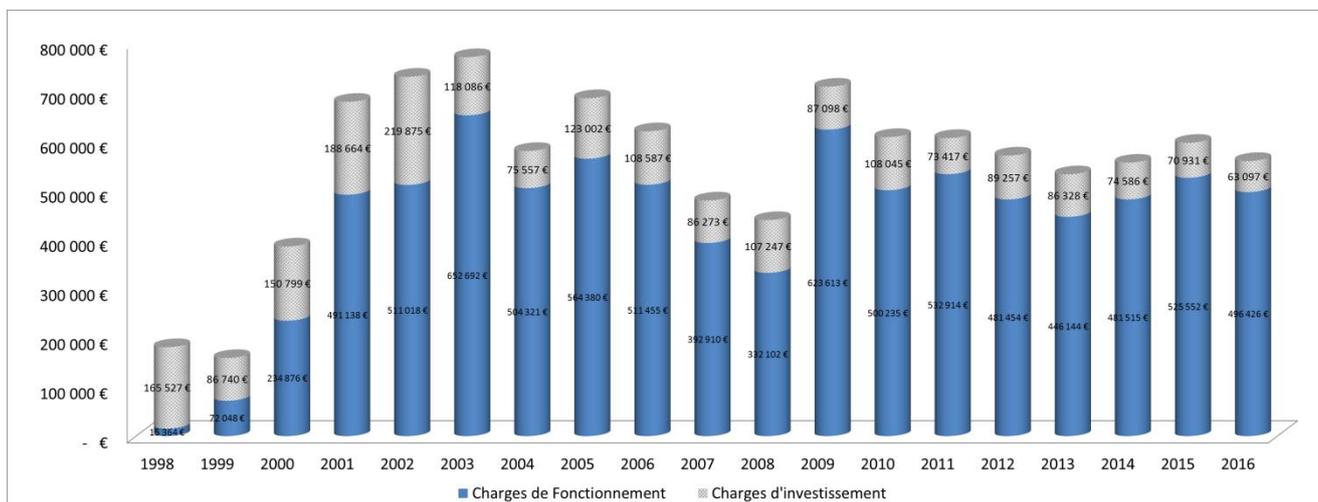
NOM	Prénom	Grade ou titre	Permanent	CDD	Etablissement	%temps total othu	% temps consacré aux activités recherche en appui sur l' OTHU (% annuel)	% temps consacré au fonctionnement de l'OTHU	Laboratoire - équipe /unité	Catégorie
Volat	Bernardette	AI	x		IRSTEA	2%	2%		UR MALY	ITA, BIATOSS
Vollat	Bernard	IE	x		IRSTEA	18%	18%		UR MALY	ITA, BIATOSS
Namour	Philippe	IE	x		IRSTEA mis à disposition ISA UMR 5280	35%	30%	5%	Surface, Interfaces, Micro/nao-Système (SIMS)	chercheurs
Farre	Carole	IE	x		ISA UMR 5280	4%	2%	2%	Surface, Interfaces, Micro/nao-Système (SIMS)	ITA, BIATOSS
Gervaix	Jonathan	AI	x		ISA UMR 5280	40%	40%	0%	Surface, Interfaces, Micro/nao-Système (SIMS)	ITA, BIATOSS
Jaffrezic-Renault	Nicole	DR	x		ISA UMR 5280	20%	20%		Surface, Interfaces, Micro/nao-Système (SIMS)	chercheurs
Jobin	Lucas	Doct rant		x	ISA UMR 5280	51%	49%	2%	Surface, Interfaces, Micro/nao-Système (SIMS)	chercheurs
Lagarde	Florence	IE	x		ISA UMR 5280	4%	2%	2%	Surface, Interfaces, Micro/nao-Système (SIMS)	ITA, BIATOSS
Sigaud	Monique	MCF	x		ISA UMR 5280	2%	2%		Surface, Interfaces, Micro/nao-Système (SIMS)	enseignant - chercheurs
Bernardin	Claire	Doct rant		x	UCB Lyon 1	100%	98%	2%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	chercheurs
Blaha	Didier	MCU	x		UCB Lyon 1	42%	40%	2%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	enseignant - chercheurs
Boiron	Patrick	PR	x		UCB Lyon 1	2%	2%		Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	enseignant - chercheurs
Couble	Andrée	IE	x		UCB Lyon 1	2%	1%	1%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	ITA, BIATOSS
Dabour	Nicole	IE	x		UCB Lyon 1	2%	1%	1%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	ITA, BIATOSS
Dijoux-Franca	Marie-Geneviève	PR	x		UCB Lyon 1	2%	2%		Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	enseignant - chercheurs
Favre-Bonté	Sabine	MCF	x		UCB Lyon 1	2%	2%	0%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	enseignant - chercheurs
Mounié-Robert	Delphine	AT	x		UCB Lyon 1	2%	1%	1%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	ITA, BIATOSS
Pigneret	Mathilde	Doct rante		x	UCB Lyon 1	100%	98%	2%	E3S/ LEHNA	chercheurs
Rodriguez - Nava	Véronica	MCU	x		UCB Lyon 1	27%	25%	2%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	enseignant - chercheurs
Voisin	jeremy	Doct rant		x	UCB Lyon 1	100%	98%	2%	E3S/ LEHNA	chercheurs
Youenou	benjamin	IE		x	VetAgro Sup	100%	100%		Equipe BPOE	ITA, BIATOSS

NOM	Prénom	Grade ou titre	Permanent	CDD	Etablissement	%temps total othu	% temps consacré aux activités recherche en appui sur l' OTHU (% annuel)	% temps consacré au fonctionnement de l'OTHU	Laboratoire - équipe /unité	Catégorie
Doppler	Delphine	MCF	x		UCBL Lyon1	2%	2%		LMFA UMR5509 / équipe Fluides Complexes et Transferts	enseignant - chercheurs
Lance	Michel	PR	x		UCBL Lyon1	1%	1%		LMFA UMR5509 / équipe Fluides Complexes et Transferts	enseignant - chercheurs
Cherqui	Frédéric	MCF	x		Université Lyon 1	10%	10%		LGCIE - DEEP	enseignant - chercheurs
Hervant	Frederic	MCF	x		Université Lyon 1 - CNRS	10%	10%		E3S/ LEHNA	enseignant - chercheurs
Marmonier	Pierre	PR	x		Université Lyon 1 - CNRS	35%	30%	5%	E3S/ LEHNA	enseignant - chercheurs
Martin	Dominique	Assistante ingénieur	x		Université Lyon 1 - CNRS	5%	2%	3%	E3S/ LEHNA	ITA, BIATOSS
Mermillod-Blondin	Florian	CR	x		Université Lyon 1 - CNRS	13%	10%	3%	E3S/ LEHNA	chercheurs
Vienney	Antonin	Technicien	x		Université Lyon 1 - CNRS	30%	15%	15%	E3S/ LEHNA	ITA, BIATOSS
Gartner	vincent	TECH	x		Université Lyon 2	5%	5%		IRG	ITA, BIATOSS
Kermadi	Saida	MCF	x		Université Lyon 2	10%	10%	0%	IRG	enseignant-chercheurs
Navratil	Oldrich	MCF	x		Université Lyon 2	25%	20%	5%	IRG	enseignant - chercheurs
Perret	Franck	TECH	x		Université Lyon 2	10%	10%	0%	IRG	ITA, BIATOSS
Comby	Jacques	DR	x		Université Lyon 3	7%	5%	2%	UMR 5600 - Centre de recherche en géographie physique et aménagement	enseignant - chercheurs
Renard	Florent	MCF	x		Université Lyon 3	22%	20%	2%	CRGA - UMR 5600 Environnement Ville Société	enseignant - chercheurs
Boukreb	Amine	Docteur		x	VetAgro Sup	27%	25%	2%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	chercheurs
Gleizal	Audrey	AI		x	VetAgro Sup	100%	100%		Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	ITA, BIATOSS
Marjolet	Laurence	AI	x		VetAgro Sup	40%	40%	0%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	ITA, BIATOSS
Marti	Romain	CR associé		x	VetAgro Sup	100%	98%	2%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	chercheurs
Maurin	Françoise	T	x		VetAgro Sup	2%	1%	1%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	ITA, BIATOSS
Richard	Yves	PR	x		VetAgro Sup	2%	2%		Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	enseignant-chercheurs

NOM	Prénom	Grade ou titre	Permanent	CDD	Etablissement	%temps total othu	% temps consacré aux activités recherche en appui sur l' OTHU (% annuel)	% temps consacré au fonctionnement de l'OTHU	Laboratoire - équipe /unité	Catégorie
Tilly	Bruno	T	x		VetAgro Sup	60%		60%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	ITA, BIATOSS
Dudek	Julita	Doct rant		x		27%	25%	2%		chercheurs

# ANNEXE 5 : ASPECTS FINANCIERS : QUELQUES GRANDS CHIFFRES, ANALYSES ET BESOINS

## CHARGES DE L'OBSERVATOIRE (non consolidées<sup>4</sup>)



Les dépenses ou charges de fonctionnement de l'OTHU correspondent à des frais de maintenance (entretien, exploitation, achat de petits matériels), d'analyses effectuées sur les rejets et milieux récepteurs des sites instrumentés de l'observatoire ainsi qu'à des frais d'animation et de gestion du dispositif et des données.

Les dépenses ou charges d'investissement de l'OTHU correspondent à des frais d'acquisition de appareils ou d'instruments durables équipant les sites expérimentaux de l'OTHU dont le montant est supérieur à 600 € ainsi que quelques travaux de génie civil (relatifs à l'installation et à l'équipement des sites).

Les dépenses de fonctionnement et d'investissement sont présentées et commentées ci-après. Les sommes sont présentées HT.

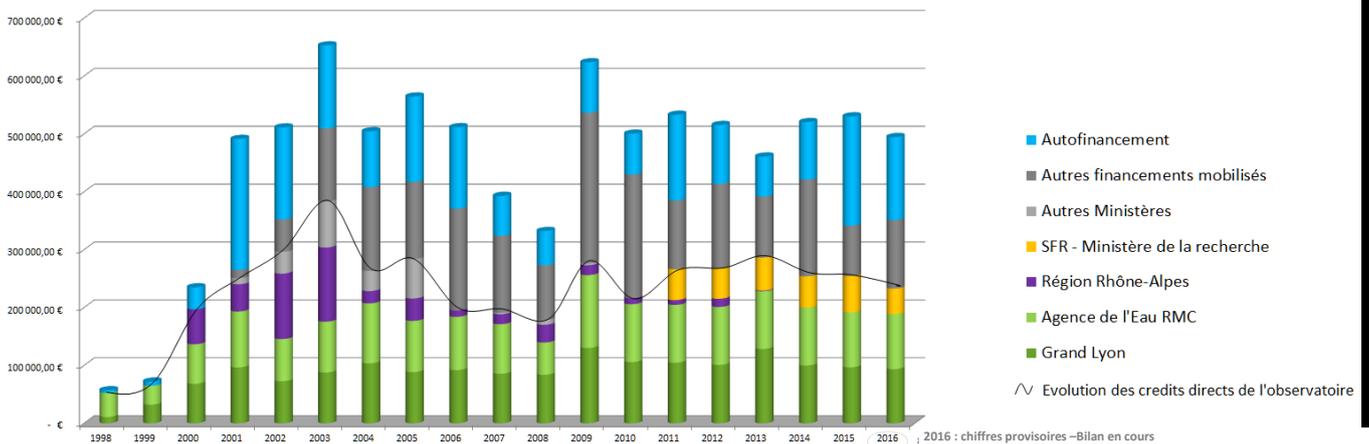
<sup>4</sup> Charges hors personnel mis à disposition et temps recherche

## FONCTIONNEMENT DE L'OBSERVATOIRE

Le graphe ci-dessous présente les dépenses de fonctionnement depuis le début de l'observatoire.

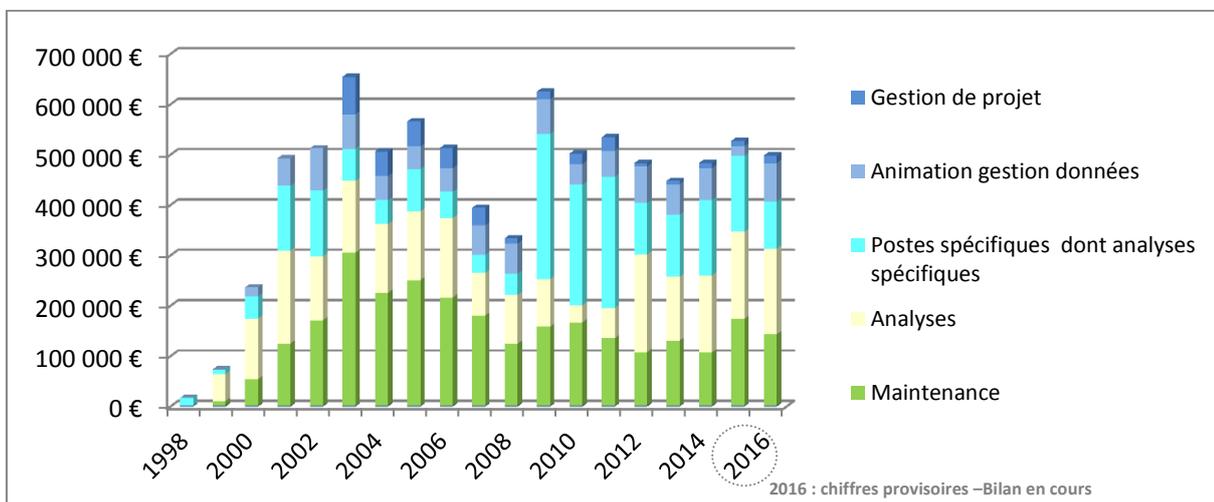
**Le budget non consolidé est d'environ 500 K€ / an** si l'on exclut les premières années (1999 et l'année de préfiguration de 1998). Sur la période 2013-2016 le budget a été en moyenne de 487,4 K€/an (545 K€ / an sur 2009-2012 et 450 K€ / an sur 2005-2008).

### Évolution 1998<sup>5</sup>/2016 – Crédits de fonctionnement OTHU



L'évolution et la ventilation suivant les différents postes sont données ci-dessous.

### Evolution 1998/2016 des dépenses de fonctionnement



NB : La gestion de projet n'a été comptabilisée qu'à partir de 2003

L'augmentation des budgets en 2009 / 2010 / 2011 vient principalement du développement d'analyses exploratoires (notamment en termes de microbiologie et d'écotoxicologie).

A partir de 2012, les analyses microbiologiques ont été comptabilisées dans les analyses physico-chimiques et biologiques car elles sont rentrées dans le pool d'analyses plus récurrentes. Les analyses écotoxicologiques restent pour l'instant exploratoires et comptées dans les postes spécifiques.

<sup>5</sup> 1998 : date de montage de l'observatoire avant constitution officielle de la fédération d'équipes de recherche OTHU en 1999

**Le budget annuel de fonctionnement consolidé est d'environ 769 K€ / an** lorsque l'on prend en compte le personnel mis à disposition (*considérant les temps de mise à disposition par les équipes membres de personnel principalement permanent pour la gestion de projet (réunions, du comité de gestion, de groupes de travail, sur les données, séminaires etc.)*)(710 K€ sur période 2013-2016).

**Le budget recherche** proprement dit vient s'ajouter au fonctionnement de l'observatoire : environ 1,5 M€ (1,2 M € en 2007, 1,3 M € en 2008, 1,4 M€ en 2009, 1,5 M€ en 2010, 1,7 M€ entre 2011 et 2014, 1, 1.5 M€ en 2015 et 2016). Il y a une stabilisation sur les 2 dernières années mais ce montant montre tout de même l'attractivité de l'observatoire et l'efficacité du dispositif à générer de l'activité scientifique.

**Le budget annuel global de fonctionnement de l'OTHU peut donc être évalué à 2,4 M € HT sur 2013-2016.**

#### Analyse des dépenses de fonctionnement sur 2013/2016 :

Depuis 2013, le budget est relativement stable. Il a connu en 2014-2015 une augmentation transitoire liée principalement à la réhabilitation des sites. On peut ainsi constater une stabilisation de la répartition des charges de fonctionnement. Avec un pic de maintenance en 2015.

L'érosion des crédits qui semblait affecter l'OTHU depuis 2005 (mentionné dans le bilan 2006/2009), venait du fait que les moyens (notamment ceux liés aux réponses aux appels d'offres recherche) ne passaient plus par l'observatoire mais par l'intermédiaire des laboratoires. Cette inflexion dans le mode de fonctionnement avait été choisie de manière à alléger la gestion des crédits. Cependant, ce fonctionnement n'était pas satisfaisant car le risque à terme était de glisser d'un fonctionnement d'observatoire (acquisition de données pérennes) à un fonctionnement de simple support de projets de recherche ou de réponses à des questions opérationnelles ponctuelles ce qui dénaturait l'esprit de l'observatoire. Ainsi depuis 2009, cette érosion a été corrigée notamment grâce en 2011 à la labellisation « Structure Fédérative » et son renouvellement en 2015. L'obtention de moyens de la part du ministère de la recherche aux laboratoires membres et gérés de façon commune au sein de l'OTHU a permis de stabiliser le budget, même si les crédits Région et Métropole de Lyon / agence de l'eau RMC ont diminués à partir de 2014.

Le passage à une structure fédérative a été tout à fait bénéfique et permet d'assurer sur 4 ans des apports réguliers, même s'ils ne représentent que 15% du budget de fonctionnement non consolidé et que les financements des établissements par ce biais sont en baisse.

La part « autres financements mobilisés » et « autofinancements » des laboratoires c'est-à-dire l'argent que la direction de l'OTHU, les équipes membres consacrent uniquement au fonctionnement de l'observation (hors recherche) reste très conséquente (en moyenne 46% du budget non consolidé sur 2013-2016), d'autant que les sources de financement provenant de la Région, du ministère de l'Équipement / Environnement via la DRAST puis la DRI, auparavant importantes, sont aujourd'hui quasi inexistantes. Heureusement, les laboratoires et équipes continuent à « jouer le jeu » de la communauté puisque la règle de 20% d'autofinancement qui leur est demandée se maintient tout à fait ; on constate même une augmentation de cet autofinancement sur les deux dernières années.

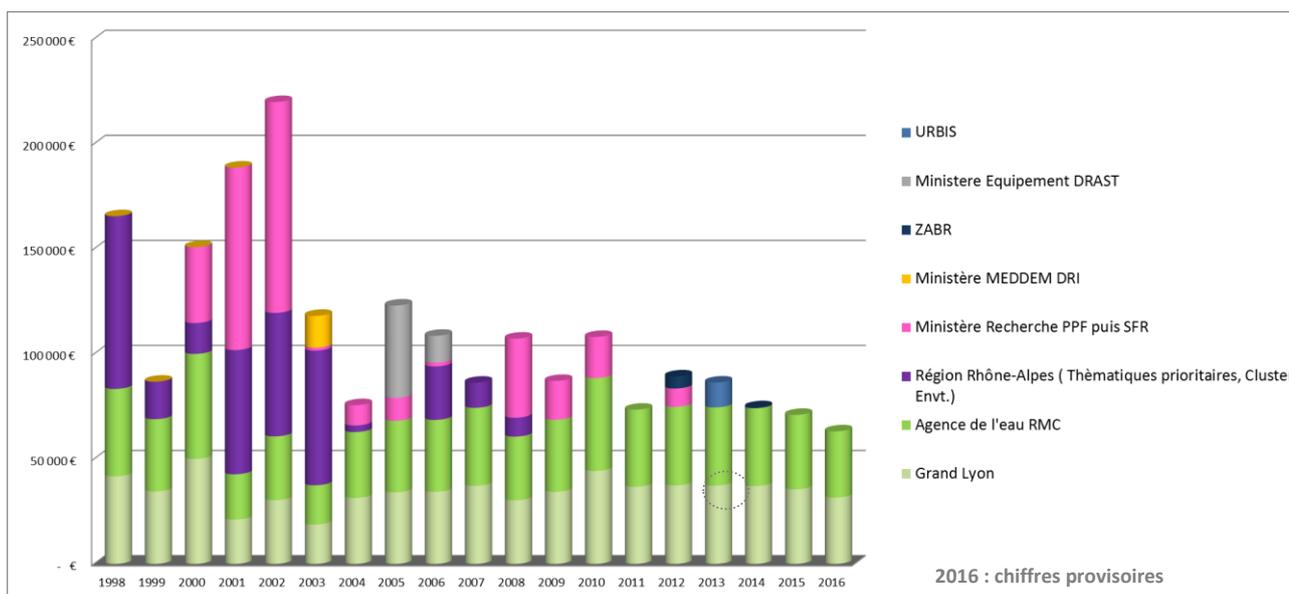
Les besoins, notamment en maintenance des sites, sont optimisés depuis les réhabilitations mais nécessitent une connaissance fine des sites notamment avec les nouveaux équipements, plus pointus technologiquement. Le poste "maintenance" devrait rester stable et légèrement diminuer dans les années à venir. En effet la maintenance technique pure sera diminuée au profit de tâches d'automatisation et programmation, ainsi que de formation du personnel technique.

**Des personnels dédiés à l'observatoire (mis à disposition officiellement –Ingénieur d'étude), et des postes techniques de permanents statutaires des établissements membres sont donc nécessaires à la survie du dispositif. Cette nécessité a été pointée par le HCERES lors de l'évaluation de la FED 4161 mais, pour l'instant sans réponses des établissements.**

### **INVESTISSEMENT de l'Observatoire**

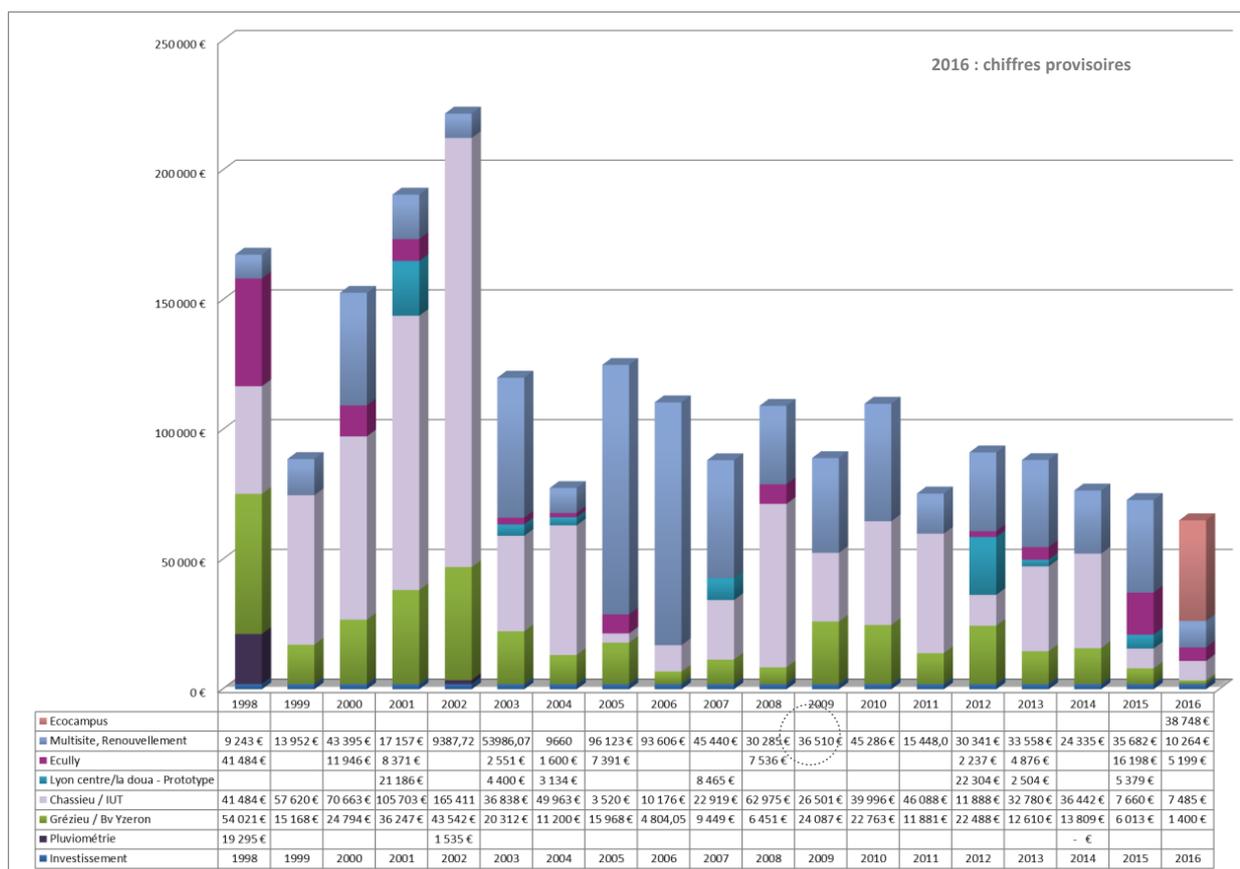
Les investissements pour l'OTHU depuis 1998 se montent à 2 044 k€ HT, soit une moyenne sur **2013/2016** : **73.7 k€ HT (89,4 k€ HT sur 2009-2012)**

**Évolution 1998<sup>6</sup>/2016 – Crédits d'investissement OTHU**



<sup>6</sup> 1998 : date de montage de l'observatoire avant constitution officielle de la fédération d'équipes de recherche OTHU en 1999

## Évolution 1998-2016 - Dépenses d'investissement par site



### Analyse des dépenses d'investissement sur 2013/2016 :

Le budget d'investissement de l'OTHU est en diminution depuis 2013. Cette diminution est principalement due à une adaptation au budget disponible. On peut constater qu'au cours du temps, la source majeure de financement en termes d'investissement reste la Métropole de Lyon et l'agence de l'Eau. Des moyens complémentaires seront obtenus dans le cadre du CPER dès 2017 jusqu'en 2019.

On peut constater que les dépenses d'équipement diminuent au profit du renouvellement, ce qui est assez logique. Cependant, la création du site Ecocampus, la modernisation des sites (notamment Grézieu), et la mise en place de quelques autres sites satellites contribueront à faire augmenter les besoins en équipement dans le futur.

La poursuite de la modernisation des sites est absolument indispensable car la qualité des données en dépend. A titre d'exemple, sur certains sites (avant 2012 : date de lancement des réhabilitations), le pourcentage de valeurs défaillantes sur la turbidité et sur les débits sont passés de quelques % sur 2005-2008 à plusieurs dizaines de % sur 2009-2012.



# ANNEXE 6 : DOCUMENTS COMPLEMENTAIRES

## CONSULTABLES

De nombreux documents sont consultables en ligne sur le site web de l'observatoire pour compléter les informations fournies par ce rapport : <http://www.othu.org>

- **La plaquette synthétique de présentation de l'Observatoire**  
<http://www.graie.org/othu/pdfothu/PLAQUETTEothu-2016-fin.pdf>

- **Guides et fiches techniques OTHU**

Au-delà des publications traditionnelles des laboratoires de recherche, et des rapports d'activité annuels, les membres de l'OTHU ont décidé de rédiger des documents de synthèse par action de recherche finalisée ("Les fiches techniques de l'OTHU"). Ces documents de synthèse sont destinés aux gestionnaires de système d'assainissement (et éventuellement aux gestionnaires de milieux naturels). Elles sont réalisées avec la collaboration de Philippe BATTAGLIA, CETE de l'Est et sont diffusées à l'occasion de journées techniques.

Vous trouverez également sur cette page d'autres documents de synthèse et guides, tel le document "l'infiltration en Questions" rédigé en 2009 dans le cadre du programme Ecopluies

[http://www.graie.org/othu/publi3\\_FTech.htm](http://www.graie.org/othu/publi3_FTech.htm)

- **- Conférences et supports d'intervention**

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

Aussi, l'OTHU a 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

Vous trouverez dans cette page, les synthèses et recueils des interventions de ces différentes manifestations : [http://www.graie.org/othu/publi4\\_conf.htm](http://www.graie.org/othu/publi4_conf.htm)

- **Programme de recherche finalisé 2014-2018**  
[http://www.graie.org/othu/pdfothu/OTHU-Programme\\_Finalise\\_versionfin2-2014-2018.pdf](http://www.graie.org/othu/pdfothu/OTHU-Programme_Finalise_versionfin2-2014-2018.pdf)

- **Rapport d'activités scientifiques précédent**

Sont téléchargeables sur cette page, les rapports d'activité scientifiques de l'OTHU ainsi que le programme de recherche finalisé de l'observatoire dont la finalité est de construire et de mettre en œuvre les actions de recherche en appui sur les données de l'observatoire

[http://www.graie.org/othu/publi2\\_rapport.htm](http://www.graie.org/othu/publi2_rapport.htm)



OBSERVATOIRE  
DE TERRAIN  
EN HYDROLOGIE  
URBAINE – SFR 4161

*www.othu.org*

### L'OTHU vu par les acteurs de l'eau ?

**Pour les Collectivités :** des connaissances et des outils, des méthodologies pour mieux gérer et mieux maîtriser les rejets d'eau en ville.

**Pour les Exploitants :** des nouvelles solutions de conception, de gestion, de suivi des dispositifs d'assainissement surtout par temps de pluie.

**Pour les Chercheurs :** des recherches pluridisciplinaires, des sites instrumentés, des données acquises depuis plus de 15 ans, un réseau d'acteurs scientifiques et opérationnels, des moyens de diffusion et de valorisation des résultats.

#### **INFORMATIONS-CONTACTS :**

**DIRECTEUR Scientifique et Technique de L'OTHU :**

**Gislain LIPEME KOUYI** - INSA Lyon - laboratoire DEEP

**Directrice SFR 4161**

**Sylvie BARRAUD** - INSA Lyon - laboratoire DEEP

#### **CONTACTS – ANIMATIONS - INFORMATIONS :**

Secrétaire générale de l'OTHU

**Laëtitia BACOT - GRAIE**

Assistant métrologie et gestion des données OTHU

**Nicolas WALCKER – GRAIE**

Domaine scientifique de la Doua - 66 bd Niels Bohr

C.S. 52132 - 69603 Villeurbanne Cedex – France

Tél : 33 (0)4 72 43 63 02 - **E.mail : [info@othu.org](mailto:info@othu.org)**



GRUPE DE RECHERCHE  
RHNE-ALPES SUR  
LES INFRASTRUCTURES ET L'EAU

#### Etablissements Membres

**INSA** INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
APPLIQUES  
DE LYON



ECOLE  
CENTRALE LYON



UNIVERSITE  
LUMIERE  
LYON 2



#### Partenaires

**GRAND LYON**  
la métropole



MINISTRE  
DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE

**La Région**  
Auvergne-Rhône-Alpes



@LaetitiaBacot



<https://www.flickr.com/gp/118101847@N03/7s01rm>

