



RAPPORT D'ACTIVITE SCIENTIFIQUE OTHU 2009-2012



Version publique - Janvier 2013

SFR – Structure Fédérative de recherche N°4161 - OTHU :
INSA, BRGM, CEMAGREF, ECL, ENTPE, VetAgro Sup
Université Lyon I, Université Lyon II, Université Lyon III

E.mail : info@othu.org - Site Web: <http://www.othu.org>

LE DOCUMENT A ETE COORDONNE PAR :

--SYLVIE BARRAUD

--LAETITIA BACOT

AVEC LES CONTRIBUTIONS REDACTIONNELLES DE (PAR ORDRE ALPHABETIQUE) :

BACOT LAETITIA

BARRAUD SYLVIE

BEDELL JEAN-PHILIPPE

BERTRAND-KRAJEWSKI JEAN-LUC

BRANGER FLORA

BRAUD ISABELLE

BREIL PASCAL

CASTEBRUNET HELENE

COURNOYER BENOIT

DURRIEU CLAUDE

FERRO YANNIS

LEBLOIS ETIENNE

LIPEME KOUYI GISLAIN

MARMONIER PIERRE

MERMILLOD-BLONDIN FLORIAN

PAQUIER ANDRE

PERRODIN YVES

RENARD FLORENT

VACHERIE STÉPHANE

WALCKER NICOLAS

WINIARSKI THIERRY

SOMMAIRE

A	INTRODUCTION.....	5
B	DES SITES, UN SYSTEME METROLOGIQUE, DES DONNEES	11
B.1	Climatologie	11
B.2	Site de Chassieu (Django Reinhardt)	14
B.3	Site d'Ecully	23
B.4	Site de l'IUT (Campus La Doua)	25
B.5	Site de l'Yzeron- PILOTES	28
B.6	Sites Satellites et Sites Ateliers	34
B.7	Gestion des données.....	40
C	OBSERVER POUR AGIR : Résultats et perspectives	46
C.1.	CLIMATOLOGIE À L'ÉCHELLE DE L'AGGLOMÉRATION : Amélioration des connaissances et développement d'outils et méthodes en matière de pluviométrie et de climatologie à l'échelle de l'agglomération, et facteurs de risques associés aux inondations et aux pollutions	46
C.2.	APPORT DES BASSINS VERSANTS : Amélioration des connaissances, modélisation, développement d'outils et méthodes en matière de processus de production et de transfert de l'eau et des polluants en temps sec et en temps de pluie issus des bassins versants urbains et périurbains	53
C.3.	IMPACT DES RUTP sur le SOL et la NAPPE : Amélioration des connaissances, modélisation et développement d'outils et méthodes en matière de transformations physiques, chimiques, biologiques des systèmes alternatifs de retenue et d'infiltration et impact de ces systèmes sur les nappes – Amélioration des techniques et des processus d'adoption.....	67
C.4.	IMPACT DES RUTP sur les RIVIERES : Amélioration des connaissances, modélisation et développement d'outils et méthodes en matière de d'impacts physiques, chimiques, biologiques des systèmes de gestion des eaux pluviales sur les rivières et méthode d'amélioration de ces systèmes (notamment meilleure gestion des déversoirs d'orage)	85
C.5.	METROLOGIE : Amélioration des outils métrologiques	98
D	STRUCTURATION, VALORISATION ET OUVERTURES DE L'OTHU	113
E	BILAN ET PERSPECTIVES.....	125

ANNEXES

ANNEXE 1 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE SUR LA PERIODE 2009-2012

ANNEXE 2 : OTHU FINANCIER : QUELQUES GRANDS CHIFFRES, ANALYSES ET BESOINS

ANNEXE 3 : ORGANISATION INTERNE ET GOUVERNANCE DE L'OTHU

ANNEXE 4 : LISTE DES MEMBRES DE L'OTHU 2009 - 2012

A INTRODUCTION

Le Contexte et le parti pris

La gestion des eaux en milieu urbain et leurs rejets dans les milieux (rivières, sols, nappes) constituent une des préoccupations majeures des territoires urbanisés (villes, zones périurbaines).

La concentration urbaine et son développement (augmentation des surfaces imperméables) conduisent notamment à collecter et transporter des quantités d'eaux de plus en plus importantes (accroissement des volumes et des débits de pointe) qui provoquent d'une part des inondations chroniques et sévères et d'autre part une baisse des ressources en eau souterraine.

De plus ces rejets urbains de temps de pluie (RUTP), constitués de l'ensemble des eaux déversées i) par les exutoires pluviaux (eaux pluviales généralement non traitées issues du ruissellement sur les surfaces), ii) par les déversoirs d'orage (mélange d'eaux usées et d'eaux pluviales non traitées) et iii) par les installations d'épuration (mélange d'eaux usées et d'eaux pluviales traitées), constituent une des sources les plus importantes de pollution des milieux aquatiques et sont de plus en plus souvent mis en cause dans la dégradation des cours d'eau servant d'exutoires (Marsalek, 2006)¹ et dans la contamination bactériologique des eaux de baignade pour les villes côtières (MSSF, 2004)². Les eaux de ruissellement ainsi que celles qui ont transité dans les réseaux séparatifs ou unitaires sont effectivement reconnues pour être très polluées en métaux lourds, en composés organiques naturels ou de synthèse et potentiellement en agents biologiques pathogènes. Enfin l'application progressive des réglementations récentes vient renforcer les obligations des pouvoirs publics en matière de gestion des eaux et notamment d'amélioration de la qualité des milieux superficiels et souterrains (DCE 2000³, LEMA 2006⁴).

Parallèlement, l'eau de pluie est perçue aujourd'hui comme une véritable ressource et une plus-value pour la ville (utilisation comme élément d'agrément, utilisation à différentes fins, régulation de la température urbaine, ...). Aussi de nombreuses collectivités tentent-elles de développer des aménagements et des méthodes de gestion des eaux pluviales respectueuses des milieux et contribuant à l'amélioration du cadre de vie.

Cependant, la compréhension des phénomènes liés à la gestion de l'eau en milieu urbain ou périurbain et aux rejets associés se heurte à une complexité importante liée aux échelles spatiales et à l'hétérogénéité des « objets » étudiés (bassins versants, ouvrages du système d'assainissement, sol, milieux naturels superficiels et souterrains, ...). Elle se heurte également à la diversité et la complexité des phénomènes naturels et anthropiques mis en jeu, qui demandent la prise en compte de phénomènes aussi bien hydrodynamiques (modes d'écoulement), physico-chimiques (mobilisation et transfert des polluants) que biologiques (espèces invasives, impacts des rejets sur les milieux) dont les dynamiques temporelles sont très différentes et qui sont de surcroît intimement interdépendants. Les phénomènes dépendent enfin des activités humaines en milieu urbain et donc des pratiques des gestionnaires des systèmes techniques et des usagers. Enfin, la compréhension globale et intégrée de l'ensemble de ces phénomènes reste souvent contrainte par l'organisation très mono-disciplinaire de la recherche en France.

Mieux connaître et mieux maîtriser la gestion de l'eau en ville et dans les milieux naturels par temps sec et par temps de pluie demande l'acquisition de données d'observation des hydrosystèmes. La pratique courante dans ce domaine, depuis les années 1960, a consisté à procéder à des campagnes de mesures ponctuelles, parfois nombreuses et concertées comme dans le programme NURP (National Urban Runoff Program) aux Etats-Unis ou les campagnes du Plan Urbain / Service Technique de l'Urbanisme en France, qui datent du début des années 1980. Cependant, si ces expérimentations de terrain ont permis de faire progresser les connaissances (notamment en matière de pollution des eaux de ruissellement), elles n'ont pas permis d'en appréhender les dynamiques, les mécanismes, ni l'évolution sur le long terme. En outre, le coût élevé des protocoles de suivis conventionnels ne permet pas d'obtenir une représentativité spatiale satisfaisante. Devant les limitations des méthodes actuelles d'évaluation de la qualité des eaux, des systèmes de suivi automatisés commencent à être proposés, toutefois en raison de leur complexité et quelques limitations spécifiques (fiabilité et représentativité),

¹ Marsalek J. (2006). Overview of urban drainage impacts on aquatic habitat in Integrated Urban Water Resources Management. Nato Science for Peace and Security Series C - Environmental Security, Springer Netherlands, 181-190.

² Ministère des Solidarités, de la Santé et de la Famille (2004). Etat sanitaire des eaux de baignade en mer et en eau douce - résultats 2004. Rapport mai 2005. 101 p. accessible à partir de < <http://baignades.sante.gouv.fr/>>

³ Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal officiel des Communautés européennes 2000, 1-73.

⁴ Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques. *Journal Officiel de la République française* 2006, 20285-20348.

ils ne sont pas actuellement autant utilisés dans la gestion des eaux que leur potentiel le permettrait. Une meilleure connaissance et maîtrise de l'eau en ville demandent donc des développements métrologiques tant au niveau technologique (réseaux de capteurs et capteurs eux-mêmes) que méthodologique (démarche d'utilisation et d'implantation) ainsi qu'une meilleure appréhension des conditions d'adoption des méthodes et dispositifs existants (par les « fabricants » et « les publics urbains »).

C'est donc en rupture avec ces approches antérieures que l'OTHU s'est construit en 1999, avec l'ambition de constituer un réseau d'observations : intensives (pour être sûr d'observer correctement les phénomènes quand ils se produisent et avoir une bonne couverture spatiale et temporelle des phénomènes dont la variabilité est grande), fiables ou du moins avec des incertitudes estimées, pérennes (pour intercepter des événements rares, intégrer l'évolution des systèmes techniques sur le long terme et mesurer l'impact des changements globaux (climatiques, développement urbain, ...) sur ces systèmes) et interdisciplinaires pour aborder des questions à l'interface de sciences aussi différentes que sciences de l'ingénieur, écologie, urbanisme et sociologie.

La composition de l'OTHU

L'observatoire de terrain en hydrologie urbaine (OTHU)⁵ est aujourd'hui un dispositif interdisciplinaire d'observation *in situ* des flux d'eau et de polluants générés par temps sec ou par temps de pluie par la ville ou par des territoires en cours d'urbanisation, et de leurs impacts sur les milieux. Il est à ce titre un des rares observatoires scientifiques de l'environnement lié à la ville et à ses activités.

L'OTHU s'est composé aujourd'hui 12 équipes appartenant à 9 établissements lyonnais :

LGCIE : Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale) –

- Equipe DEEP (Déchets Eau Environnement Pollution)

LEHNA - UMR CNRS 5023 (Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés) - Université Lyon I, ENTPE

- Equipe E3S (Ecologie, Evolution, Ecosystèmes Souterrains)
- Equipe IPE (Impact des Polluants sur les Ecosystèmes)

LEM - UMR CNRS 5557 (Laboratoire d'Ecologie Microbienne) - Université Lyon I, VetAgroSup, INRA

- Equipe BPOE (Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement)

EVS – UMR CNRS 5600 (Laboratoire Environnement - Ville – Société) - Université Lyon 2, Université Lyon 3, Université Jean Monnet Saint Etienne, INSA Lyon, ENTPE, Ecole Normale Supérieure –LSH, Ecole des Mines de Saint-Etienne

- Equipe LCRE : Laboratoire de climatologie, risques, environnement (Rattaché au Centre de Recherche en Géographie et Aménagement (CRGA))
- Equipe IRG Institut de Recherches Géographiques
- Equipe ITUS : Ingénierie, Techniques, Urbanisation, Société

LSA - UMR CNRS 5180 (Laboratoire des Sciences Analytiques) - Université Lyon I,

- Equipe SIMS (Surfaces-(bio)Interfaces - Micro & Nano Systèmes)

LMFA - UMR CNRS 5509 (Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique) - Ecole Centrale de Lyon, Université Lyon I, INSA Lyon

- Equipe Fluides Complexes et Transferts

IRSTEA

- UR HH : U.R. hydrologie hydraulique
- UR MALY : U.R. Milieux Aquatiques Ecologie et Pollutions-

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

- Service Géologique Régional Rhône-Alpes

L'OTHU regroupe donc aujourd'hui des compétences dans le domaine de la climatologie, de l'hydrologie, de la mécanique des fluides, de l'hydrobiologie, de la microbiologie, de la chimie, de l'hydrogéologie, de la géographie, des sciences du sol, du génie des procédés, des sciences sociales et de l'aide à la décision. Il intègre enfin non seulement l'interdisciplinarité mais également de l'intercognitivité via ses relations privilégiées avec les gestionnaires des systèmes techniques urbains (Grand Lyon) ou des Agences de l'eau qui sont officiellement partenaires de la structure. Ainsi, l'Observatoire permet à la fois une confrontation et une mise en commun des savoirs scientifiques et des savoirs experts.

Sur la période 2009-2012, plus de 80 chercheurs permanents ont participé aux activités et fonctionnement de l'OTHU, 29 doctorants et Post-doctorants, 22 techniciens ou assistants Ingénieurs et une secrétaire générale

⁵ www.othu.org/

Il a profité à une plus grande communauté si l'on en juge le nombre de co-auteurs dans les publications, les collaborations nationales occasionnées (avec une dizaine de laboratoires et 5 entreprises privées), les collaborations internationales (plus de 16 universités); collaborations présentant quasiment toutes des publications ou des projets communs.

Cette fédération d'équipes de recherche a acquis pendant ces 4 ans le statut reconnu de **Structure fédérative** (FED 4161) du Ministère de la Recherche et de l'enseignement supérieur.

Ces quatre années ont été également l'occasion d'asseoir et matérialiser l'appartenance de l'OTHU au SOERE national URBIS dont il est un des 3 observatoires français et au LABEX IMU (Intelligence des mondes Urbains).

Les objectifs poursuivis

Sur un plan pragmatique et stratégique l'OTHU vise à :

- Favoriser le développement coordonné des travaux des équipes fondatrices par l'approfondissement de leurs coopérations scientifiques dans le domaine de la gestion de l'eau en milieu urbain ;
- Faciliter les évolutions de structure et d'implantation des équipes fondatrices dans le cadre d'une stratégie commune ;
- Mettre en œuvre des actions communes ou concertées en matière d'animation et d'information scientifique ;
- Optimiser l'utilisation des moyens disponibles par la mise en commun d'une partie du potentiel humain et technique.

Sur un plan scientifique il vise à :

- l'amélioration des connaissances sur la pluviométrie et la climatologie à l'échelle de l'agglomération, et sur les facteurs de risques associés aux inondations et aux pollutions ;
- une meilleure connaissance des processus de production et de transfert de l'eau et des polluants en temps sec et en temps de pluie ;
- l'évaluation des transformations physiques, chimiques et biologiques des rejets au sein des systèmes d'assainissement (réseau et ouvrages associés notamment déversoirs d'orage et systèmes de rétention/infiltration) et après rejet dans les milieux naturels ;
- le développement et la validation de modèles prévisionnels d'évaluation des rejets et de leurs impacts sur les différents milieux (de la pluie à l'impact).

Deux types de milieux récepteurs, jugés particulièrement sensibles, sont étudiés : les eaux souterraines (cas de la nappe de l'Est lyonnais), les petites rivières périurbaines (cas de l'Yzeron et de ses affluents, représentatifs des petites rivières sur l'ouest lyonnais).

Sur un plan opérationnel, ses objectifs sont notamment :

- la proposition de solutions durables de gestion par une action contrôlée sur le bassin versant (utilisation de techniques d'infiltration par exemple) ou sur le réseau (régulation dynamique des flux, insertion de dispositifs de traitement, etc.) ;
- la mise au point d'outils de caractérisation des impacts anthropiques et de suivi de la qualité des milieux ;
- l'évaluation des risques en vue de la protection et de la restauration des milieux ;
- l'aide à la décision en matière de choix stratégique pour une meilleure gestion des rejets de temps de pluie ;
- le test, l'amélioration et le développement de matériels de mesure adaptés.

Les sites

L'observation coûtant extrêmement cher, le nombre de sites instrumentés finement est faible (il est aujourd'hui de 4). Les sites expérimentaux 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, réseau unitaire, système de rétention et d'infiltration) et de milieux récepteurs (nappes et rivières).

Ces sites sont aujourd'hui complétés i) par des sites satellites plus faiblement instrumentés et de durée de vie plus faible mais qui viennent infirmer ou confirmer des tendances observées sur les sites de base ou qui vise à augmenter encore la diversité de situations et ii) par des dispositifs de laboratoire (conditions contrôlées) directement en appui des observations faites sur le terrain⁶.

Quelques clés de lecture du document

Le rapport est divisé en 3 parties.

Dans la première partie nous décrivons les sites, les dispositifs d'observation et le mode actuel de gestion des données.

Dans la deuxième partie nous présentons la recherche développée à partir des observations acquises au sein de l'OTHU. Pour chaque rubrique, nous indiquons les équipes concernées, les objectifs scientifiques et opérationnels, les résultats les plus marquants, les collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées, les programmes de recherches ayant servi de support, les perspectives et enfin la production scientifique liée aux travaux effectués sur l'OTHU.

Les références bibliographiques citées dans le corps du texte qui font partie de la production de l'OTHU est à chercher dans le paragraphe concernant la production scientifique ; les références externes sont en bas de page.

Dans la troisième partie, nous présentons la structuration de l'OTHU en terme pratique et son évolution, les efforts en termes de valorisation des résultats et son rayonnement local, régional, national et international.

Enfin, nous terminons par un bref bilan de nos activités.

Notons que les publications présentées concernent toutes des travaux menés sur les données de l'OTHU.

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 utiliser et les produire pour élaborer des connaissances, (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 ces orientations.

⁶ Ces dispositifs de laboratoire ne sont cependant pas financés dans le cadre de l'OTHU sauf cas particulier

PRESENTATION DES SITES, DU SYSTEME METROLOGIQUE, DES DONNEES

B. DES SITES, UN SYSTEME METROLOGIQUE, DES DONNEES

B.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 (flux d'eau et à terme de polluants). Il convient cependant de distinguer le réseau d'observation global des installations par site, propres à l'OTHU.

L'agglomération lyonnaise possède un réseau de mesure de la pluie très dense avec une cinquantaine de stations de mesure réparties sur son territoire. L'essentiel des pluviomètres est la propriété de la Communauté Urbaine de Lyon, avec 30 appareils situés sur le territoire administratif du Grand Lyon, dont la description est donnée ci-après. A ces pluviomètres 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 le Grand Lyon est principalement fondée sur les données fournies par les pluviomètres de la communauté urbaine (voir C1). 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 pluviomètres 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 pluviomètres ainsi que leur interface de communication. Ce renouvellement s'est déroulé fin 2010.

Les nouveaux appareils sont des instruments à pesée qui ont été testés dans le cadre des installations par site propre de l'OTHU dès les premières années de l'observatoire. L'intérêt de ces appareils est une meilleure précision des valeurs relevées et un moindre entretien des appareils. Sur 4 sites, les pluviomètres à augets basculeurs ont été conservés, afin de fournir des mesures en doublon qui permettront de vérifier la concordance des mesures entre pesée et augets (figure 1).



Figure 1 : Pluviomètre 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 pluviomètres. La densité du réseau d'observation est d'environ un pluviomètre pour 16 km². 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).

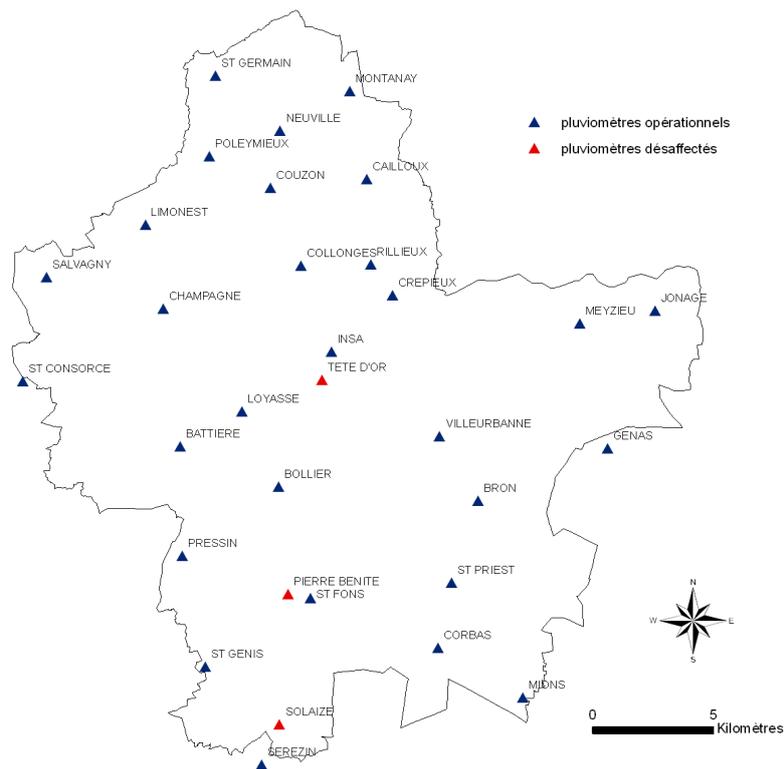


Figure 2 : Réseau des 29 pluviomètres du Grand Lyon (source Grand Lyon - 2003)

Outre l'homogénéité relative du réseau, sa construction a peu tenu compte des caractéristiques territoriales du site soit :

- Une forte concentration urbaine : le Grand Lyon regroupe 58 communes sur une superficie de 51 500 hectares occupés par environ 1 450 000 habitants, pour une densité supérieure à 2600 habitants par kilomètre carré. Le Grand Lyon concentre ainsi 80% de la population du département du Rhône sur seulement 16% de sa superficie. L'espace urbain est donc marqué par une nette prédominance de l'urbanisation, mais comporte des secteurs fortement végétalisés (Parc de la tête d'Or au centre de l'agglomération, de Miribel Jonage plus excentré à l'est de Lyon) 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, ascendances orographiques...), n'ont pas été considérées 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 du Grand 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 autorise 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 » (430 € / mois de données achetés).

Dans le cadre du projet européen FP7 PREPARED (<http://www.prepared-fp7.eu/>), le LGCIE, 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 du Grand Lyon, avec les objectifs suivants : i) tester un radar en bande X à haute résolution (500x500 m, voire 250x250 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 du Grand Lyon, 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 du Grand Lyon si un radar en bande X était installé de manière permanente. (Renard *et al.*, 2010) Le radar a été installé sur son site définitif en octobre 2012. L'exploitation des données associera le LGCIE et le LCRE. Une première série de données radar, acquises sur le site provisoire de l'INSA au milieu de l'année 2012, a déjà permis de travailler sur le calage des données radar par rapport aux pluviographes au sol (Sun *et al.*, 2012). 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 du Grand Lyon), nécessaires à la compréhension des phénomènes et à leur caractérisation (voir C1). 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, de l'INSA et du LCRE. 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.

B.2 Site de Chassieu (Django Reinhardt)

a) Objectif de ce site en terme 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 retenue-décantation et d'un bassin d'infiltration situé au droit d'une nappe profonde et
- à l'analyse de l'impact des flux infiltrés sur la qualité de la nappe.

b) Présentation 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

Le Bassin versant de Chassieu est équipé d'un réseau séparatif eaux pluviales. 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 1).

Ce réseau reçoit en permanence des eaux de temps sec « théoriquement » propres issues de process industriels de la zone (eaux de refroidissement par exemple).

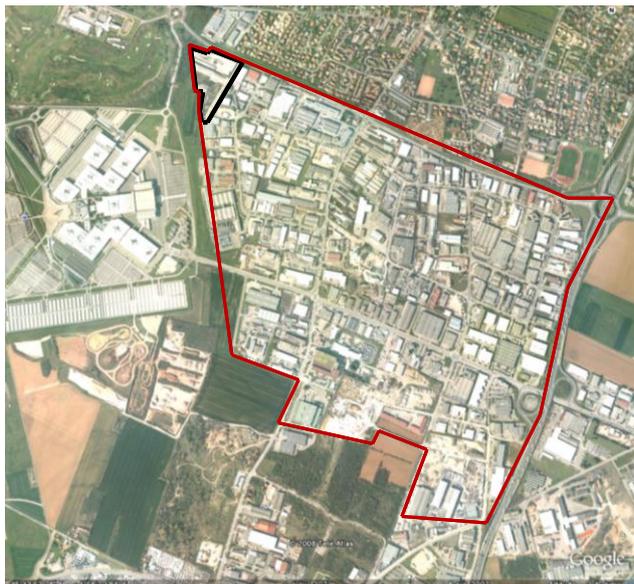


Figure 1. Photo aérienne du bassin Versant de Chassieu et zoom sur le dispositif de retenue / infiltration situé à l'exutoire

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 m³ et 61 000 m³. Ce système a été réhabilité dans la configuration actuelle en 2002. Cette configuration est présentée à la Figure 2 et la Figure 3.

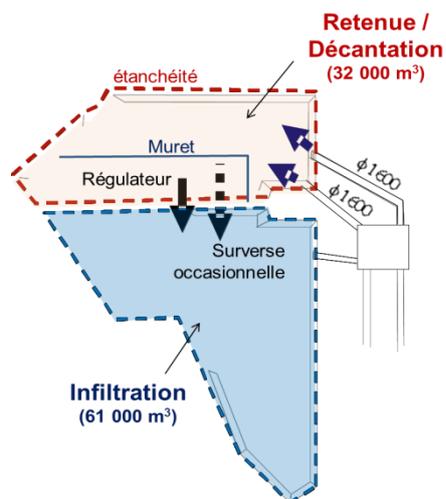


Figure 2. Schéma du site expérimental de Django Reinhardt



Figure 3. Bassin de rétention / 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 sol 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).

c) Équipement métrologique

Les équipements et dispositifs suivants sont disponibles sur le site :

- **Mesures climatiques** : un pluviomètre à pesée est installé sur le site pour la mesure locale de l'intensité de pluie au pas de temps de 1 minute en complément du réseau du Grand Lyon (Cf. B1) et pour le pilotage des volets des bacs de retombées sèches et humides. Un solarimètre est également installé depuis octobre 2010 permettant de contrôler l'ensoleillement (mesure de l'énergie solaire au pas de temps de 2 minutes correspondant au rayonnement solaire direct et diffus en provenance de l'atmosphère et de l'environnement de la sonde. La mesure de la température de l'air est obtenue à partir de données de météo France).
- **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. Il est composé de 2 compartiments : un récepteur des retombées atmosphériques humides ouvert pendant les événements pluvieux et un récepteur des retombées atmosphériques sèches ouvert en temps sec. En raison du peu de matière que l'on peut récolter notamment pour analyser des polluants organiques, les deux bacs peuvent être laissés ouverts et récoltent les retombées de temps sec antérieures à une pluie et le temps de pluie. Le dispositif a été complété en 2010 par un dispositif alternatif (un entonnoir en inox) permettant d'homogénéiser les mesures avec les autres observatoires du SOERE URBIS (Cf. Figure 4).
- **Caractérisation des flux d'eau, de polluants et de contaminants transitant au niveau des deux collecteurs d'arrivée et de la connexion entre les deux bassins :**

L'ensemble du dispositif est représenté à la Figure 5.

Au niveau du collecteur principal d'arrivée dans le bassin de rétention : des mesures en continu 24h/24h sont effectuées au pas de temps de 2 minutes pour les débits (4 mesures de hauteur – 3 mesures de vitesse), et pour la qualité des effluents (turbidité triplée, pH (doublee), conductivité et température).

Elles sont complétées par des analyses ponctuelles sur des échantillons pris à partir de deux préleveurs réfrigérés (4°C) :

- un préleveur SIGMA (tuyaux en plastique (flaconnage PVC – 24 flacons de 1L et un mono- flacon 5 à 10L) pour les métaux et quelques micropolluants organiques comme le glyphosate et l'AMPA et
- un préleveur téflonné réfrigéré (tuyau d'aspiration téflon + tuyau dosage silicone, flaconnage verre – 24 flacons de 1L + mono-flacons 20L) pour la plupart des micropolluants organiques.

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 piégage des polluants et contaminants, caractérisation des matières piégées).

Le dispositif comprend : 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 complément des débits entrants et sortants.

12 pièges à sédiments en fond de bassin depuis 2003 peuvent être installés pour des campagnes de mesures physico-chimiques sur les sédiments déposés lors d'un événement pluvieux. Ces pièges ne sont mis en place que pour des expérimentations particulières et ne fonctionnent donc pas de manière permanente. Leur utilisation a été réduite depuis fin 2007.

Des prélèvements de sédiments accumulés sont effectués pour caractérisation physique (granulométrie, CEC, MS, MVS, densité, ...), pour contrôle de leur charge polluante en métaux et autres micropolluants (MO, Hydrocarbures totaux, C10-C12, C12-C16, C16-C21, C21-C40, HAPs, PCBs, pesticides, alkylphénols, PBDEs), leur charge bactérienne (*Escherichia coli* (EC), enterocoques Intestinaux, coliformes thermo-tolérants et de manière plus originale *Nocardia* qui est un pathogène dont la présence a été associée antérieurement aux hydrocarbures). Enfin des tests de toxicité ont pu être menés sur ces sédiments déposés.

- **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 son colmatage. Il comprenait également un puits de mesure (environ 1 m de diamètre sur 1.5 m de profondeur), percé radialement par des tubes à différentes profondeurs pouvant permettre d'installer des sondes tensiométriques et d'humidité ainsi que des bougies poreuses et des drains destinés à collecter puis analyser les effluents. Le sous-sol s'étant avéré trop hétérogène (Goutaland, 2008)⁷, les mesures faites au droit du puits n'ont pas été jugées représentatives des écoulements sous le bassin et les mesures dans le puits ont été arrêtées.

Pour suivre l'évolution de l'interface ouvrage/sol, des prélèvements ou des tests sont 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, contenu de biomasse, conductivité hydraulique à saturation surface nue et végétalisée. Des prélèvements en 100 points pour détermination des concentrations en métaux par analyseur à fluorescence X (Niton XLt 700) sont également réalisés quasi annuellement (analyses faites par le BRGM). Enfin un inventaire floristique fait l'objet d'un suivi.

- **Suivi de la nappe** : le réseau d'observation comprend au total 15 piézomètres (Figure 8).

A l'amont : 6 piézomètres (SC1 à SC6) sont installés depuis 1999. Distants de 1,5 m, ils recoupent la nappe aux profondeurs respectives de 0, 1, 2, 3 et 4 m sous la surface piézométrique (Figure 7). Le dernier piézomètre est crépiné sur toute sa hauteur afin de permettre la réalisation de diagraphies. Il est actuellement utilisé car partiellement comblé.

A l'intérieur et à l'aval direct du bassin d'infiltration: 5 piézomètres (SC7 à SC11) alignés dans le sens de l'écoulement de la nappe et sont conçus comme ceux de l'amont.

7 autres piézomètres complémentaires viennent compléter le dispositif. Les piézomètres latéraux gauche (SC12, SC26 et SC27) recoupent le dôme hydraulique. Deux piézomètres recoupent le panache d'eau pluviale dans la nappe à l'aval du bassin (SC28 et SC29). Enfin, deux piézomètres latéraux droits (SC13 et SC14) recoupent la nappe dans une zone non influencée par le bassin et sont 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. Des prélèvements manuels peuvent également y être effectués.

⁷Goutaland D., (2008). *Caractérisation hydrogéophysique d'un dépôt fluvioglaciaire. Evaluation de l'effet de l'hétérogénéité hydrodynamique sur les écoulements en zone non-saturée*. Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 241 p.

Deux de ces piézomètres (SC13 comme référence et SC8 comme impacté) ont aussi été utilisés en 2010 et 2011 pour des expériences de suivi d'organismes sentinelles (4 espèces au 1^{er} semestre 2010 et 2 espèces au second semestre 2010 et en 2011). Ces organismes permettant une estimation de la toxicité des eaux souterraines en amont (référence) et en aval (impacté) du bassin d'infiltration.

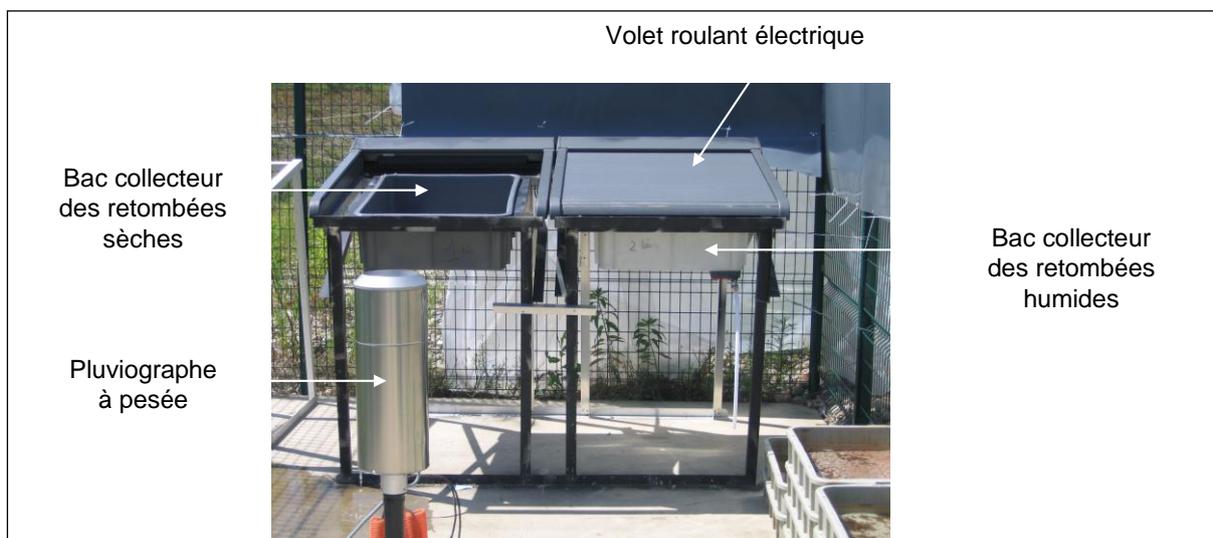


Figure 4. Prototypé de collecte des retombées atmosphériques en mode temps sec à Chassieu

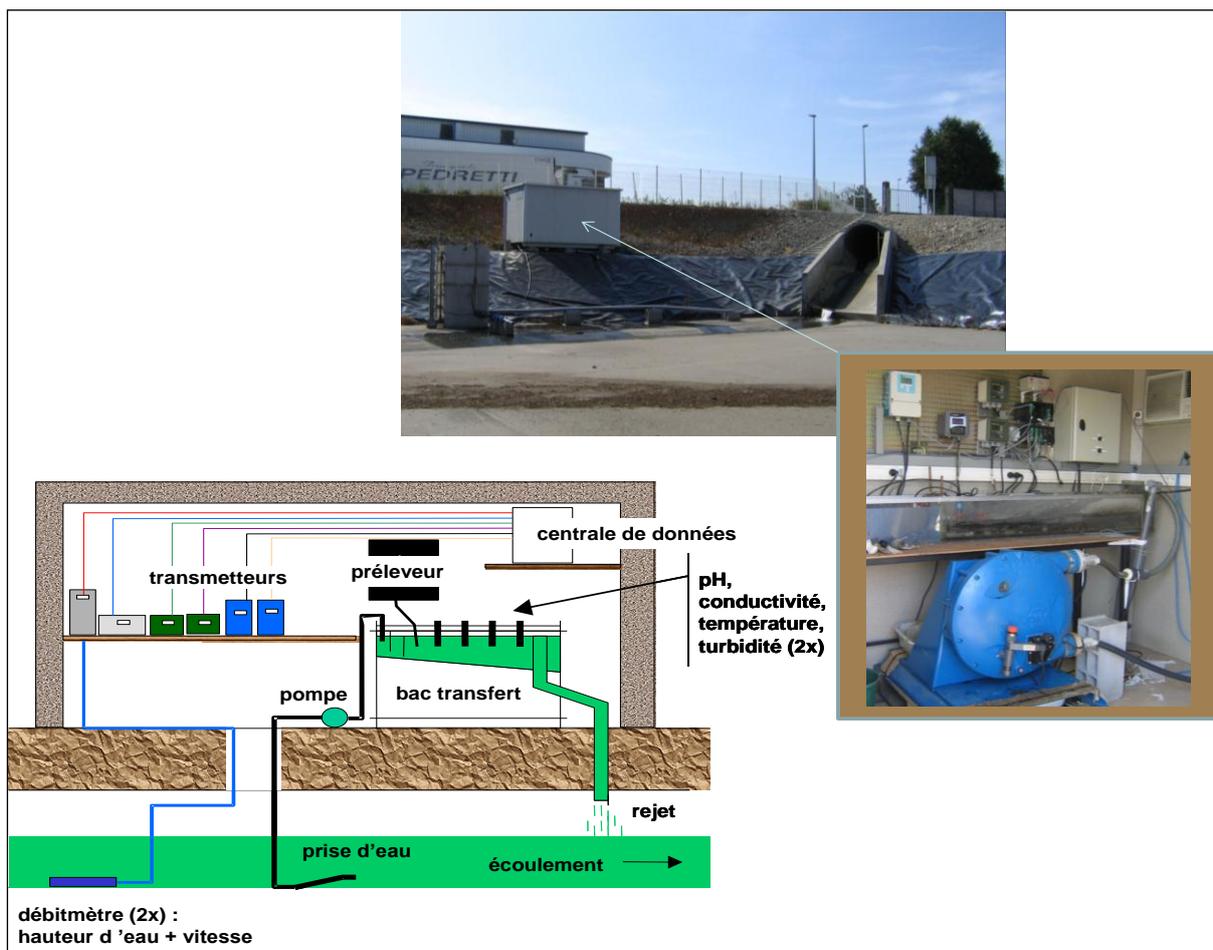


Figure 5. Bungalow 1 situé à l'entrée du site Django Reinhardt

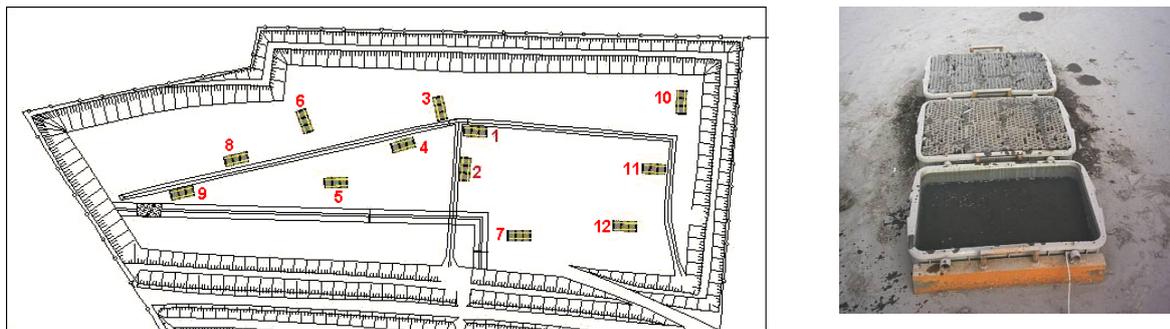


Figure 6. Système de piège à sédiment placé dans le compartiment décantation (emplacement et constitution des pièges à sédiments)

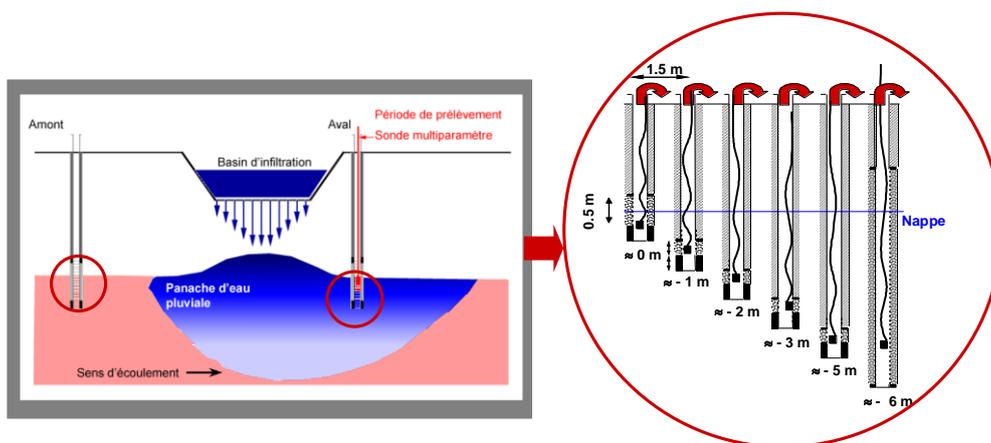


Figure 7. Impact sur la nappe : Illustration des mesures effectuées au sein des piézomètres Amont Aval

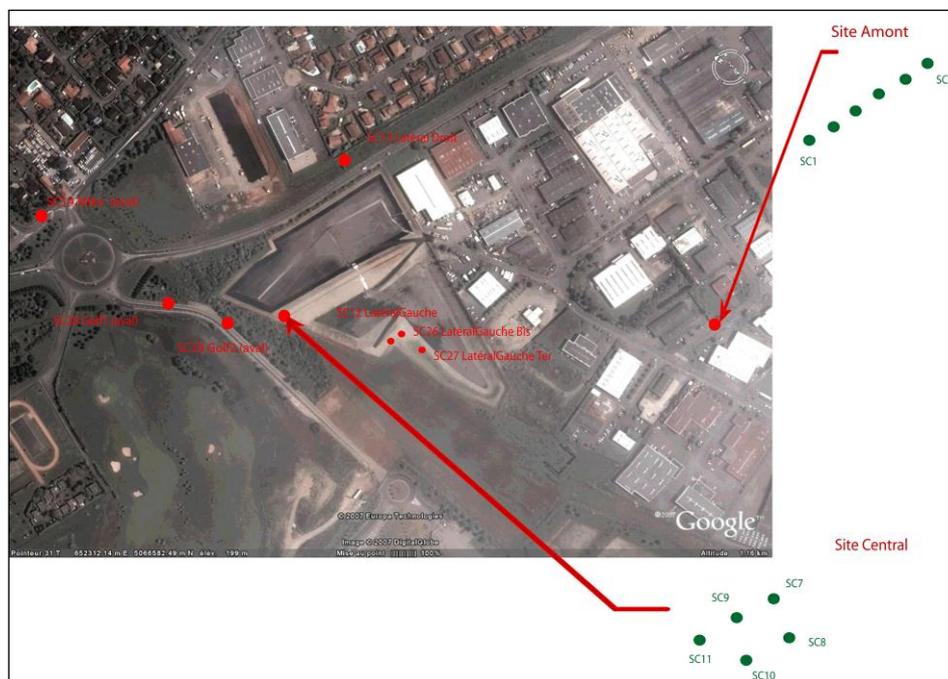


Figure 8. Vue aérienne du bassin d'infiltration de Django Reinhardt (Chassieu) montrant la localisation des différents piézomètres

d) Données acquises

▪ Les données des flux produits par le bassin versant

Elles 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.

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 des débits (hauteurs- vitesses), du pH, de la température, de la conductivité et de 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.
- 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 (et les autres sondes UV visible) 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). Pour 2009 à 2012, cela a été réalisé sur 33 pluies représentant la caractérisation de plus de 423 échantillons en relation avec la turbidité en entrée des 2 compartiments rétention (exutoire du bassin versant) et infiltration (exutoire du bassin de rétention).

Lors de campagnes

- Mesures 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 une gamme étendue de paramètres : 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, NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{2-} , ainsi que certains ions (SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , Cl^-); hydrocarbures totaux, métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cu sous forme totale et dissoute), HAP, PCB, indice phénol et COV particuliers.

Pour les échantillons collectés sur les retombées atmosphériques sèches (13 périodes de temps sec) et humides (14 événements pluvieux) et sur les apports issus du bassin versant (10 à 14 événements pluvieux selon les substances) font l'objet d'analyse plus étendue dont un certain nombre des substances prioritaires de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE 2000) (Projet ESPRIT).

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), **alkyphénols** (Nonylphénols, Octylphénols et autres composés du tributylétain, Diphenyléthers 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). Actuellement les substances analysées sont les **métaux** (Nickel, Plomb, Zinc, Cadmium, Nickel, Arsenic, Chrome, Strontium, Titane, Vanadium, Aluminium, Fer, Manganese, 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 ammonium, glyphosate, Irgarol 1051, isodrine, isoproturon, isothiazolinone, mecoprop, métaldéhyde, metazachlor, op DDT, pendimethalin, pp DDT, simazine, s-metolachlore, tebuconazole, Terbutryne, trichlopyr, trifluarène, 2_4 D, 2_4 MCPA), 16 **HAP** (Acénaphthène, Benzo(a)pyrène, Chrysène(Chr), Indeno(1,2,3-cd)pyrène, Acénaphthylène, Benzo(b)fluoranthène, Dibenz(a,h)anthracène, Naphtalène, Anthracène, Benzo(g,h,i)perylene, Fluoranthène, Phenanthrène, Benzo(a)anthracène, Benzo(k)fluoranthène, Fluorene, Pyrene), les **Alkylphénols** (4-Nonylphénol, 4-tert-octylphénol, Nonylphénol-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). Comme l'analyse de l'ensemble de ces substances demande des quantités d'effluents importante, toutes ne peuvent être analysées systématiquement sur tous les événements. On dispose sur la période de 7 campagnes pour les métaux, 6 pour les HAP, 5 pour les Alkylphénols, 2 pour les PBDE, 2 pour le BPA, 6 pour les pesticides, 5 pour l'écotoxicité.

De 2008 à 2012, la base de données des concentrations analysées est donc assez fournie si on la compare aux données existantes de la littérature. Notons en outre, que les substances sont analysées en phase dissoute et particulaire.

- **Les données concernant le fonctionnement des ouvrages de rétention /décantation et la compréhension de leur rôle sur le transfert des polluants**

Elles concernent :

- la détermination de la distribution des vitesses de chute des sédiments des 12 pièges à sédiments installés lors d'un événement pluvieux (événement du 8 octobre 2009). En outre, pour deux événements pluvieux (26 juin et 8 octobre 2009), les courbes de vitesse de chute des matières en suspension ont été établies également pour les eaux d'entrée du bassin de rétention/ décantation. Pour l'événement du 8 octobre 2009, la distribution granulométrique des sédiments a été déterminée.
- une étude préalable du risque infectieux de ces sédiments par la mesure : (i) en 15 points du bassin de la matière sèche, de la granulométrie, des concentrations en hydrocarbures (C10-C40 et en 10 points C10-C12, C12-C16, C16-C21, C21-C40) et d'indicateurs entéro-pathogènes et de *Nocardia*, (ii) en 5 points de la matière volatile et sèche, de la CEC, de concentrations en micropolluants et (iii) en 1 point (point le plus pollué) de l'écotoxicité chronique sur ostracodes (*Heterocypris incongruens*)
- 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 – Cf paragraphe précédent). 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 7 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. L'écotoxicité a été évaluée en entrée et sortie du bassin pour 5 événements.
- la caractérisation chimique des sédiments vis-à-vis de ces mêmes substances en 2 points choisis suite à l'étude préalable. On dispose à l'heure actuelle de 3 campagnes pour l'un des points et d'une campagne pour le second selon 3 profondeurs. Une caractérisation physique des sédiments est également menée en parallèle systématiquement.
- L'examen de la toxicité a également été mené sur sédiments (écotoxicité chronique sur ostracodes (*Heterocypris incongruens*) et aigue (sur *Vibrio fischeri*) ainsi que sur l'eau interstitielle (écotoxicité chronique sur rotifères (*Brachionus calyciflorus*) et aigue (sur *Vibrio fischeri*)).

- **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

- la mesure en continu des hauteurs en 4 points du bassin d'infiltration (pas de temps 2min) en compléments des apports (débits et température) présentés préalablement qui ont permis de suivre le colmatage. On

dispose aujourd'hui de plus de 8 années d'évolution de la résistance hydraulique sur des évènements semblables (plus de 40 évènements).

- la caractérisation et l'évolution physico-chimique et biologique de l'interface formant le fond de bassin par prélèvement et analyse d'échantillons moyens ou tests *in situ*. De 2009 à 2011 ont eu lieu :
 - 12 campagnes permettant en 8 zones jugées représentative d'acquérir (mesures tripliquées) teneurs en eau des échantillons, courbes granulométriques, MO, contenus de biomasse, conductivités hydrauliques à saturation des parties nues (non végétalisées) ;
 - 8 campagnes ont permis de comparer sur 3 zones conductivités hydrauliques à saturation des parties nues et végétalisées ;
 - 2 campagnes pour l'estimation de la masse volumique sur les 8 zones ;
 - 1 campagne en 100 points répartis selon un quadrillage de 10 m X 10 m permettant l'acquisition de l'épaisseur de sédiments formant l'interface et l'estimation de leur accumulation depuis 2004 (date du curage complet du bassin) et depuis 2008 (date d'une campagne similaire à celle de 2010) ;
 - 1 campagne en 100 points répartis selon le même quadrillage permettant la mesure des concentrations en Zn, Pb et Cu à l'aide d'un spectromètre de terrain à fluorescent X complétant des campagnes identiques réalisées en 2005, 2006, 2007, 2008.
- Inventaire et suivi floristique des végétaux (évolution de la colonisation végétale) dans le bassin d'infiltration obtenue par photo aérienne (utilisation d'un drone) et 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) fait lors d'une campagne (2009) faisant suite à des campagnes similaires antérieures. De plus des mesures des isotopes naturels du Zinc ont été testées sur le couple *Typha latifolia* / sédiments ainsi des mesures de spéciations du Zinc par μ EXAFS.
- Acquisition de profils géophysiques à travers la couche de sédiment urbain et et la zone non saturée sur une profondeur de 4 à 10 m. Trois techniques géophysiques ont été utilisées :
 - Le radar géologique ou GPR : une cinquantaine de profils basée sur un carroyage de maille 5m x 5m, ont été obtenus sur la zone d'entrée du bassin. Une centaine de profils ont été obtenus avec un carroyage de maille plus serrée (1m) permettant une vision 3D en arrière de la tranchée des autres zones du bassin. L'ensemble des profils a été réalisé avec 3 antennes : 400 Mhz, 200Mhz et 100 Mhz (profondeur d'investigation respectives : 6 m, 7 m et 14 m) et a été traité. Pendant l'été 2012, 2 essais d'infiltration ont été suivis au cours du temps, une quarantaine de profils ont été nécessaires pour suivre le front d'infiltration.
 - La tomographie électrique ou ERT : un profil de 120 m de long a été mis en place, il a permis d'investiguer jusqu'à 23 m de profondeur environ. Nous distinguons, très nettement 2 zones : la zone non saturée caractérisée par des résistivités fortes et hétérogènes et la zone saturée caractérisée par faible résistivité. Pendant l'été 2012, le suivi de deux essais d'infiltration a fait l'objet de l'acquisition d'une vingtaine de profils pseudo 3D et 3D.
 - La résonance magnétique protonique ou RMP : une première tentative de mesure a été effectuée, les résultats obtenus ont été très médiocres. En effet, le bruit de fond magnétique est trop important dans la zone du Bassin Django Reinhardt. La décision a été prise de développer une RMP spécifique pour la zone non saturée en laboratoire.

▪ 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 (84 échantillons de 2009 à 2012) 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 derniers composés ne sont mesurés qu'une fois par an depuis 2011 (60 échantillons depuis 2009).
- Des suivis d'organismes sentinelles dans la nappe permettant d'évaluer sa qualité à l'amont et à l'aval du bassin. Les taux de survie, les teneurs en glycogène et triglycérides ont été mesurés sur 24 groupes de sentinelles.

e) Perspectives d'évolutions et raisons de cette évolution (retours sur les objectifs)

Le dispositif métrologique en place donne globalement satisfaction du point de vue des objectifs initiaux. Cependant il vieillit et des dysfonctionnements apparaissent. Les séries chronologiques acquises en continu notamment au niveau des apports du bassin versant présentent aujourd'hui des lacunes de plus en plus longues dues principalement à des problèmes de pompage. Par ailleurs l'acquisition des débits nous semble aujourd'hui perfectible. En effet, les instruments de mesure actuels ne permettent pas de mesurer les faibles débits (début et fin de pluies, ainsi que les rejets industriels en faible quantité mais parfois fortement pollués, etc). Il est prévu donc de construire à Chassieu un dispositif de type Leaping Weir pour la mesure de faibles débits.

A compter de 2013, la rénovation du bungalow de mesure permettra de revoir entièrement la conception et le fonctionnement de la station de mesure, notamment sur la base des travaux effectués dans le cadre de la thèse de Lepot (2012) : acquisition des données à haute fréquence (pas de 1 seconde) avec carte d'acquisition pilotée sous Matlab, pré-traitement 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, suite à des essais sur un bungalow test à conduire au premier semestre 2013 (Cf B6). La fiabilisation du dispositif de mesure constitue un enjeu majeur.

Par ailleurs l'expérience montre qu'un point de mesure à l'exutoire d'un bassin versant donne une information pauvre sur sa génération et donc sur les moyens d'action. Il serait donc opportun de réfléchir à augmenter le nombre de points d'observations au sein du bassin versant si les moyens le permettent.

Du point de vue de l'étude des apports d'eau pluviale à la nappe, la destruction probable des deux piézomètres situés en aval du bassin d'infiltration (SC28 et SC29) en raison de la prolongation d'une ligne de tram impliquera la mise en place de deux piézomètres de remplacement à proximité. Les suivis à long terme actuels sont limités aux enregistrements en continu du niveau piézométrique, de la température et de la conductivité électrique. Les sondes actuelles arrivant en fin de vie, leur remplacement devra être réalisé. Enfin, des essais d'enregistrement de l'oxygénation des eaux souterraines à l'aide de sondes optodes (plus résistantes et plus stables) nous conduirons peut-être à équiper trois piézomètres pour des suivis des teneurs en oxygène dissous : un à l'amont (SC5), un à l'intérieur du bassin (SC12) et un latéral droit (SC13 dans la mesure où une protection efficace soit implantée). Il sera nécessaire d'aborder le transfert des micropolluants notamment des pesticides comme réalisés sur les apports.

B.3 Site d'Ecully

a) Objectif de ce site en terme 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) Présentation 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.

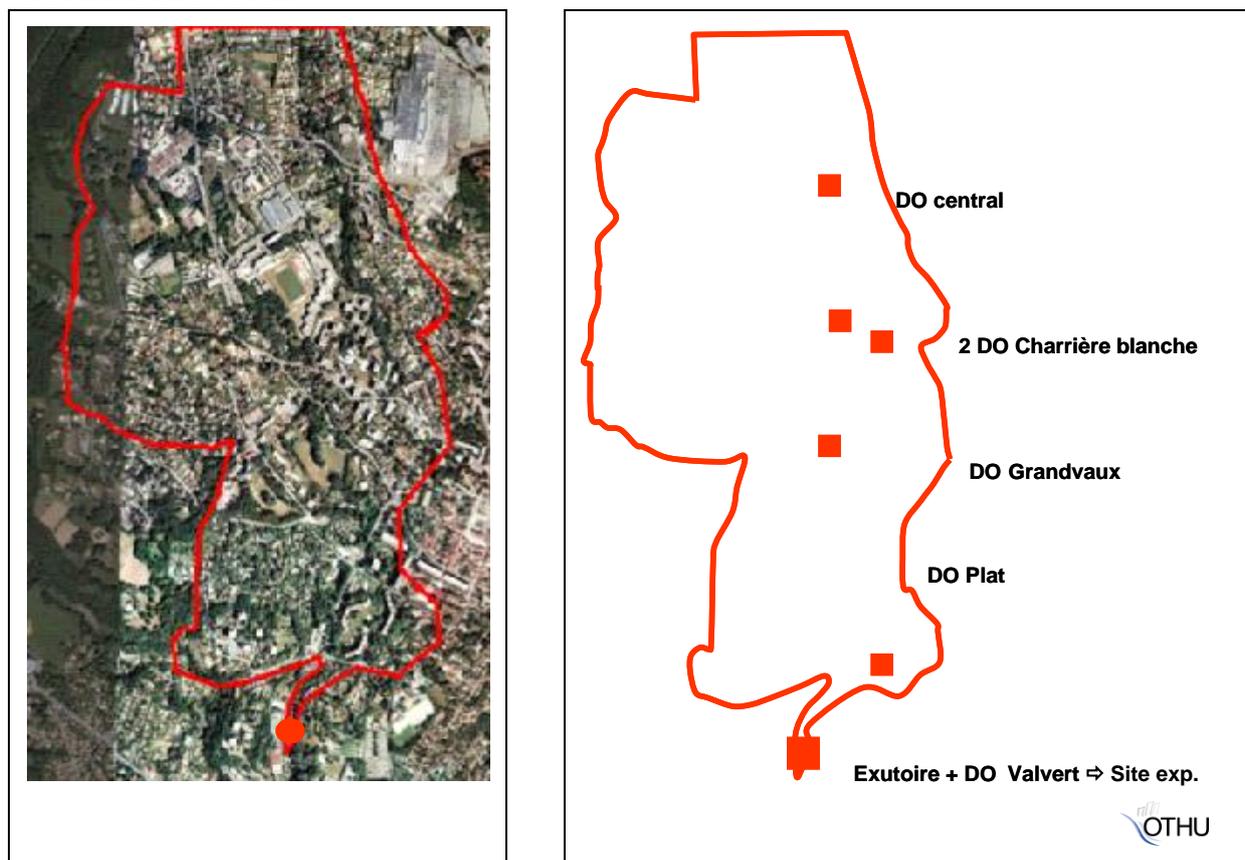


Figure 9. Bassin versant d'Ecully et position des déversoirs d'orage

c) Équipement métrologique

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 des retombées atmosphériques sèches et humides (idem site Django Reinhardt) depuis 2007. Ce prototype n'est plus utilisé depuis la fin du projet ESPRIT fin 2010.
- Au niveau du collecteur amont du déversoir Valvert : mesure en 2008 des débits en continu (4 mesures de hauteur – 2 mesures de vitesse), installation d'un préleveur et d'une station qualité fonctionnant en continu (turbidité triplée en 2008, pH, conductivité, température) qui fonctionne depuis 2001 exactement sur le même principe que celui du site Django Reinhardt (Cf. Figure 5).
- Au niveau de la conduite de déversement du déversoir Valvert vers le ruisseau des Planches : mesure du débit (hauteur - vitesse) (depuis 2001 également).

d) Données 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 ;
- Mesures en continu de la DCO avec un pas de temps de 2 minutes par sonde ultraviolet (Docteur Lange) de mars 2003 à juillet 2006. Les mesures ont été interrompues car la sonde ne donnait pas les résultats attendus (influence majeure des MES).
- Analyses ponctuelles, au cours de périodes de temps sec ou d'épisodes pluvieux (MES, turbidité, DCO brute et dissoute) sur quelques pluies (plusieurs dizaines d'échantillons cumulés depuis 2004). Les relations turbidité / MES et turbidités / DCO établies avant 2006 sont en effet assez fiables et la variabilité moins importante que sur le site Django Reinhardt.
- Mesures de concentrations moyennes journalières ou par tranche de 2 heures d'effluents de temps sec et mesures de concentrations moyennes lors d'événements pluvieux. Les échantillons moyens ont fait l'objet de mesures portant sur une gamme étendue de paramètres : 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, NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{2-} , ainsi que certains ions (SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , Cl^-); hydrocarbures totaux, métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cu sous forme totale et dissoute), HAP, PCB, indice phénol et COV particuliers.
- Sur la période 2007-2010, dans le cadre du projet ESPRIT, des échantillons collectés sur les retombées atmosphériques sèches et humides et sur les apports issus du bassin versant ont fait l'objet d'analyse des substances prioritaires de la directive cadre européenne sur l'eau (DCE 2000) notamment HAP, 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), alkyphénols (Nonylphénols, Octylphénols et autres (composés du tributylétain, Diphényléthers bromés, Chloroalcanes C 10-13)). Les types et nombres des échantillons collectés sont détaillés les mêmes que celles indiquées pour le site de Chassieu (B2) avec approximativement le même nombre d'événements (en 10 et 14 suivant les substances).

e) Perspectives d'évolutions et raisons de cette évolution (retours sur les objectifs)

Les objectifs sur le site d'Ecully restent maintenus. Le changement majeur en 2012 a été celui de la pompe, la pompe péristaltique circulaire ayant été remplacée par une pompe péristaltique linéaire plus performante, plus fiable et nécessitant une maintenance allégée. Ce nouveau type de pompe sera également installé sur le site de Chassieu. Comme pour le site de Chassieu, à compter de 2013, la rénovation du bungalow de mesure permettra de revoir entièrement la conception et le fonctionnement de la station de mesure, notamment sur la base des travaux effectués dans le cadre de la thèse de Lepot (2012) : acquisition des données à haute fréquence (pas de 1 seconde) avec carte d'acquisition pilotée sous Matlab, pré-traitement en temps quasi réel des données, meilleure conception du bac de mesure et des méthodes de maintenance. Les modifications seront apportées suite à des essais sur un bungalow test à conduire au premier semestre 2013. La fiabilisation du dispositif de mesure constitue pour ce site aussi un enjeu majeur.

B.4 Site de l'IUT (Campus La Doua)

a) Objectif de ce site en terme 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) Présentation 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 m³. 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.



Figure 10. Instrumentation du site de l'IUT. En 2008, le bassin d'infiltration comprend un total de 61 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 métrologique

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.

- En 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 supplémentaires (1 sur le site étang et 1 dans le bassin). (Figure 11).

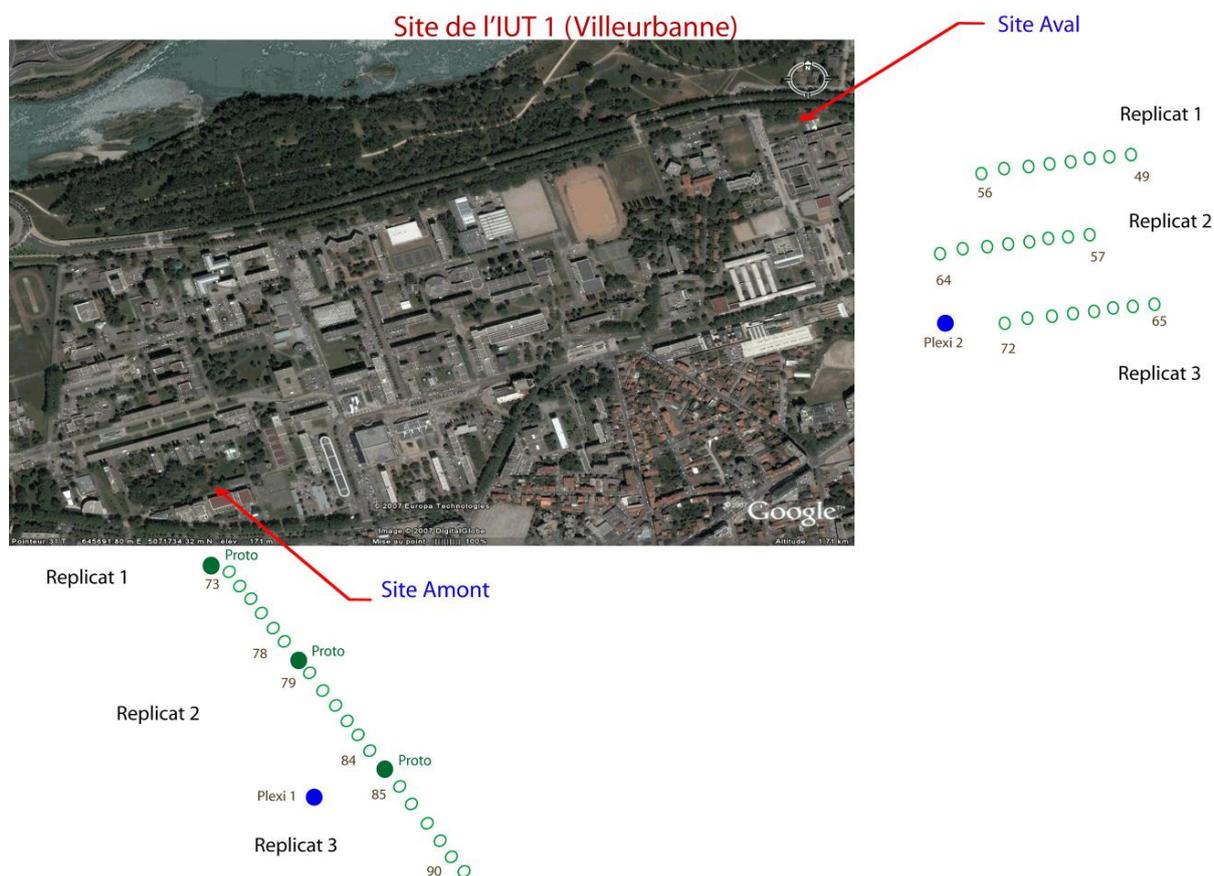


Figure 11. Vue aérienne du bassin d'infiltration de l'IUT (Villeurbanne) montrant la localisation et la disposition des différents piézomètres métalliques et Plexiglas installés depuis 2006.

Cet ensemble de piézomètres est équipé 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.

Ces mesures de suivi de nappe en continu ont été complétées en 2010 et 2011 par des expériences d'implantation d'organismes sentinelles (4 espèces au 1^{er} semestre 2010 et 2 espèces au second semestre 2010 et en 2011). Ces organismes ont été utilisés pour estimer la toxicité des eaux souterraines en amont (référence) et en aval (impacté) du bassin d'infiltration. Les taux de survie, teneurs en glycogène et triglycérides ont été mesurés.

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 et de la présence de faune sur le phénomène de colmatage ainsi que sur la dynamique de la matière organique et des polluants.

En 2009, Ces expériences ont consisté à la mise en place de 18 colonnes expérimentales et 18 bouteillons sur lesquelles ont été effectuées 216 échantillons d'eau et 72 échantillons de sédiments. Les échantillons d'eau ont permis de mesurer la « respiration » des sédiments (mesure de l'oxygène dissous), le carbone organique dissous (COD), les nitrates, l'ammonium, les phosphates, la biomasse et trois activités microbiennes. Les analyses effectuées sur les sédiments concernent des dénombrements bactériens (abondance totale par DAPI et abondance des eubactéries actives par FISH), activités microbiennes (INT, FDA).

d) Données acquises

Les données acquises relatives aux impacts de l'infiltration sur la nappe concernent depuis 2009 :

- Des enregistrements en continu (pas de temps horaire) du niveau de la nappe, conductivité électrique, température, 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 42 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 2009-2011, les mesures effectuées sont les suivantes:

- Mesure en continu du niveau de la nappe, de la conductivité électrique, température, sur deux piézomètres situés à l'amont et à l'intérieur du bassin.
- 48 prélèvements d'eau de nappe sur lesquels les paramètres suivants ont été mesurés: COD, Cl, TAC, NO₃, NH₄, SO₄, PO₄, 42 COVs et 24 HAPs.
- 48 échantillons d'organismes sentinelles dans la nappe (taux de survie et réserves corporelles).

e) Perspectives d'évolutions et raisons de cette évolution (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. Les sondes actuelles arrivant en fin de vie, leur remplacement devra être réalisé. Des essais d'enregistrement de l'oxygénation des eaux souterraines à l'aide de sondes optodes (plus résistantes et plus stables) nous conduirons peut-être à équiper deux piézomètres pour des suivis des teneurs en oxygène dissous. Enfin, des problèmes de colmatage par des racines d'arbres se pose sur le site de référence (étang), il conviendrait dans un proche avenir de réinstaller trois piézomètres de référence à proximité de ceux existants.

B.5 Site de l'Yzeron- PILOTES

a) 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 que biologique. Un effort particulier a récemment été porté sur la caractérisation microbiologique de l'impact.
- Dans une moindre mesure l'étude d'un bassin de retenue / infiltration muni d'un filtre planté de roseaux récupérant une partie des eaux pluviales ayant été déconnectées du réseau unitaire

b) Présentation du site

▪ Récapitulatif des principales caractéristiques

Le bassin versant périurbain de l'Yzeron a une surface de 147km² et pour exutoire finale Rhône⁸ 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).

Ce bassin versant qui évolue dans un contexte d'urbanisation rapide en aval est également accompagné d'une déprise agricole au profit des forêts dans sa partie amont (Braud et al., 2012)⁹ (Cf. Figure 12).

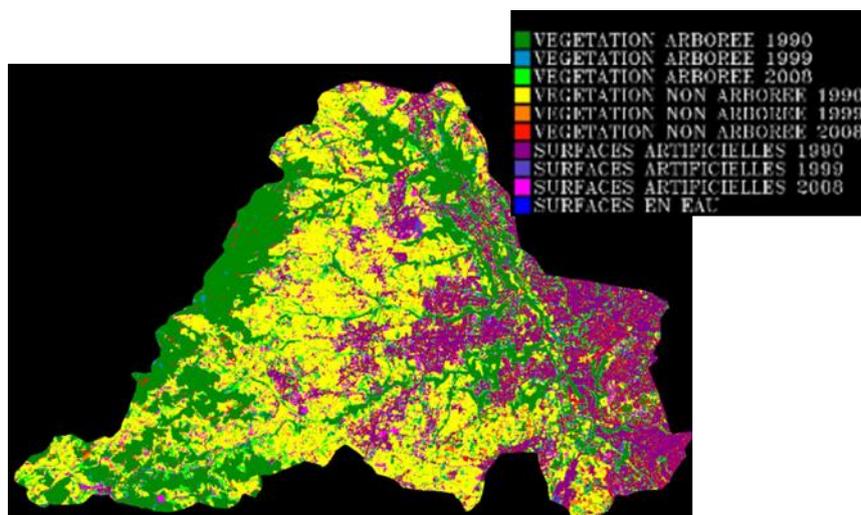


Figure 12. Evolution de l'occupation des sols du bassin de l'Yzeron entre 1990, 1999 et 2008
(Kermadi et al. 2011, projet AVuPUR)

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 (Figure 13). Ils présentent de

⁸ Le Rhône ne fait cependant pas l'objet d'étude dans le cadre de l'OTHU

⁹ Braud, I.; Breil, P.; Thollet, F.; Lagouy, M.; Branger, F.; Jacqueminet, C.; Kermadi, S. & Michel, K. (2012). Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France, *Journal of Hydrology, in press*.

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.

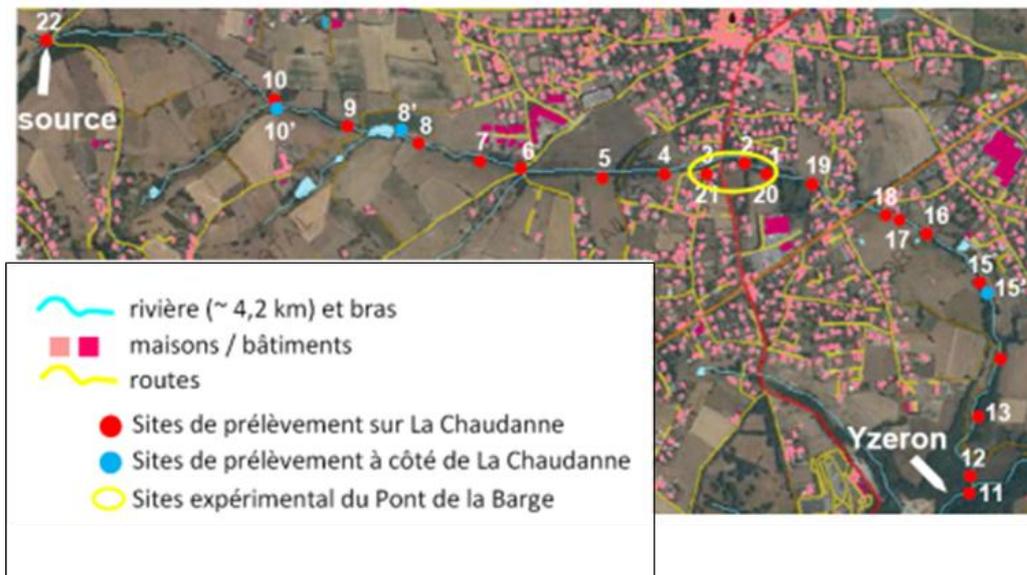
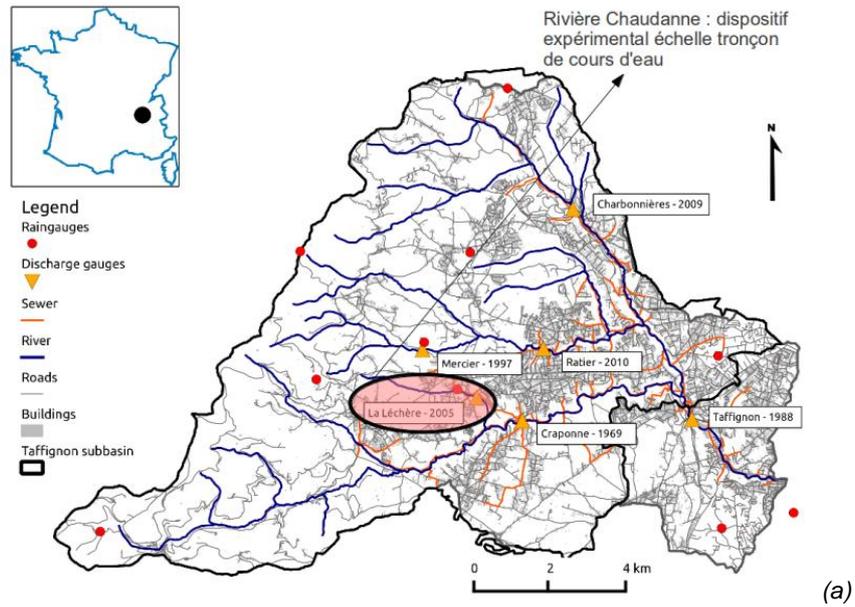


Figure 13. (a) Réseau hydrographique, principaux collecteurs du réseau d'assainissement, points de mesure distribués (pluie / débit) sur le bassin de l'Yzeron (Branger et al., 2012), et (b) secteurs d'étude du ruisseau la Chaudanne (Colinon et al, en préparation)

▪ 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 Grand Lyon pour la pluie). La stratégie suivie est d'équiper des bassins versants emboîtés de différentes tailles (de quelques km² pour la Chaudanne et le Mercier à plus de 100 km²) 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 13) 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.

c) Équipement métrologique

▪ A l'échelle du bassin versant de l'Yzeron :

Pour le suivi pluviométrique et météorologique (Figure14) l'équipement métrologique OTHU comprend 5 pluviomètres 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 pluviomètre à pesée (mesure des précipitations solides comme liquide), un anémomètre-girouette, ainsi que des capteurs de température, humidité de l'air et pression atmosphérique. Deux des pluviomètres ont été ajoutés au réseau dans la période récente (Oullins et Col de la Luère).

Pour le suivi débitmétrique (Figure14), 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 courantmètres 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.



Figure14. La station météo de Montromant (Yzeron) et le canal Parshall de la station de la Léchère

▪ A l'échelle d'un tronçon de rivière (impact d'un déversoir d'orage)

Le dispositif expérimental est représenté à la Figure15. (a) Organisation du dispositif métrologique autour du déversoir d'orage et du dispositif de bassins d'orage du ruisseau la Chaudanne à Grézieu la

Varenne, (b) photos des biefs de référence pour les analyses microbiologiques d'observation à long terme (aval et amont du DO). (Photos Fantino et Moulin, pers. comm).

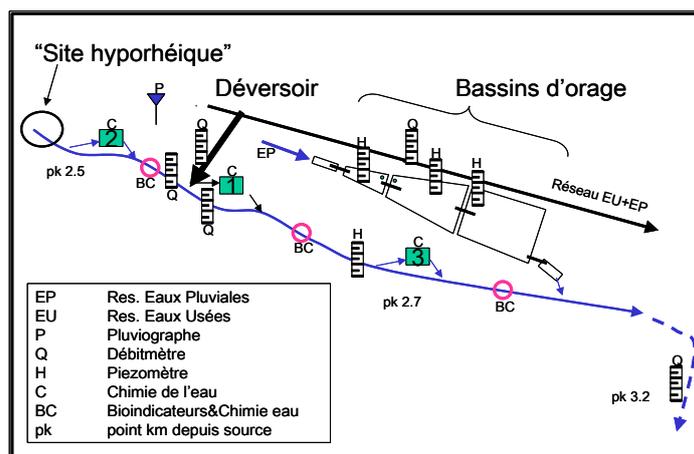


Figure 15.(a) Organisation du dispositif météorologique autour du déversoir d'orage et du dispositif de bassins d'orage du ruisseau la Chaudanne à Grézieu la Varenne, (b) photos des biefs de référence pour les analyses microbiologiques d'observation à long terme (aval et amont du DO). (Photos Fantino et Moulin, pers. comm)

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 abrités 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 :

- 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 part., CO dissous, NH₄, NO₃, PO₄, Nt, Pt, DCO, 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, NH₄, NO₃, PO₄, NT, PT, DCO et plus rarement les métaux (Cd, Pb, Zn, Cu) total et dissous.

▪ Au niveau des bassins de retenue

Les bassins de retenue (Figure 6) sont équipés de trois piézomètres depuis 2006 dans chacun des bassins. La mesure continue réalisée dans le premier bassin informe sur la vitesse de vidange de ce dernier et sera utilisée pour suivre la vitesse de colmatage du filtre. Les résultats de la thèse de Julien Fournel "Systèmes Extensifs de Gestion et de Traitement des Eaux Urbaines de Temps de Pluie" (Thèse soutenue le 18 décembre 2012) pourront être mis en parallèle de celui des apports de ruissellement au système.

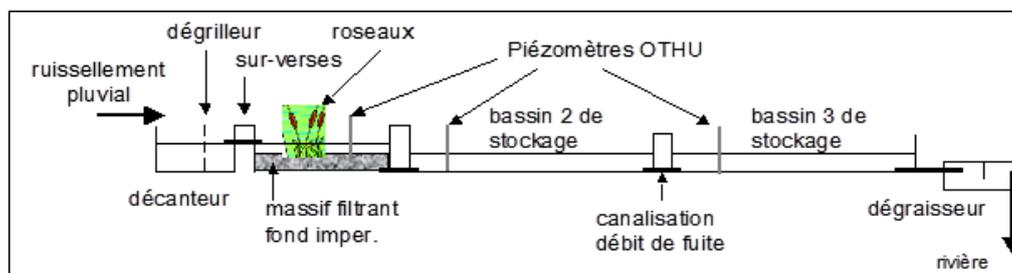


Figure 16. Schéma en coupe des bassins de retenue de Grézieu la Varenne.

d) Données 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 Biche (<http://biche.lyon.cemagref.fr/>) et versées pour 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 gel).

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. Ces analyses ont fait l'objet d'une phase exploratoire ayant permis de préciser la présence des bactéries pathogènes suivantes : *Pseudomonas aeruginosa*, *Campylobacter jejuni*, *Aeromonas caviae* et *A. hydrophila*, *Shigella flexneri* et *S. sonnei*, *Leptospira*, *E. coli* O157 :H7, et *Burkholderia* du complexe *cepacia*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Enterococcus* spp., *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, et *Staphylococcus aureus*. Les indicateurs de contamination fécale i. e. *E. coli* et les entérocoques intestinaux, ont également été analysés. Ces travaux ont permis l'obtention de financements ANR et Anses sur la problématique des dynamiques spatio-temporelles des formes allochtones de ces espèces pathogènes lors d'une introduction en rivière périurbaine. Ils ont permis de démontrer la pertinence d'une utilisation des espèces *P. aeruginosa*, *A. caviae* et *L. monocytogenes* dans une logique d'appréciation sur le long terme de ce type de danger en fonction de modifications au niveau du bassin versant e. g. réhabilitation du secteur d'Oullins, utilisation de bassin d'infiltration, et autres approches du domaine de l'ingénierie écologique.

e) Perspectives d'évolutions et raisons de cette évolution

Au niveau du suivi en continu à l'échelle du bassin, la période passée a vu l'extension du réseau de mesure avec l'installation de deux nouvelles stations de débit et l'ajout au réseau de deux pluviomètres. En raison du coût de la maintenance, la période future sera plutôt consacrée à la consolidation de l'existant : amélioration de la sensibilité des stations actuelles (travaux prévus sur le Mercier et la Chaudanne fin 2012 et 2013), renforcement des courbes de tarage et des procédures de validation des séries de pluies. Tout au plus une station de mesure de débit supplémentaire est envisagée sur le cours amont de la rivière Yzeron, dans le cadre d'un partenariat avec le syndicat de rivière SAGYRC.

Les travaux 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 sera développée. Ces travaux nécessiteront d'augmenter la profondeur des analyses sur les eaux usées et les eaux déversées par le DO. L'efficacité de certaines pratiques e. g. infiltration/ rétention sur la réduction des transferts d'espèces pathogènes pourrait également être testée.

Les bilans concernant les *E. coli* producteurs de *shiga*-toxines dans le ruisseau Chaudanne seront relancés sur la base des niveaux de contamination observés pour les biefs éloignés du secteur du déversoir d'orage étudié à ce jour.

B.6 Sites Satellites et Sites Ateliers

B.6.1 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.

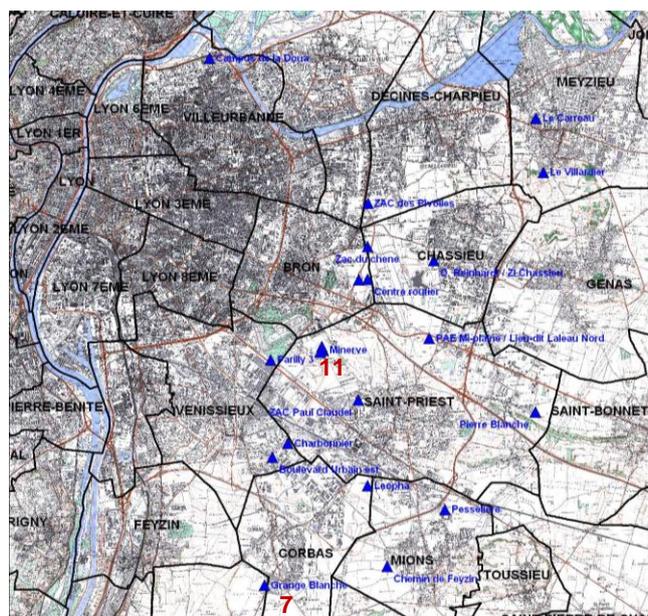
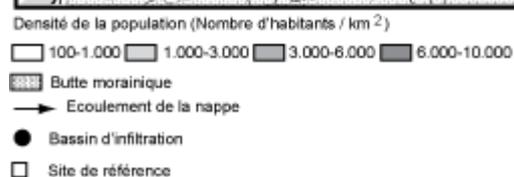
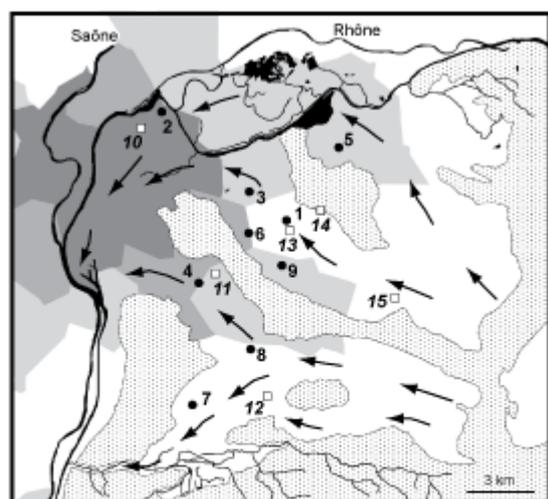
b) Présentation des sites

Deux 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. La Figure 17 récapitule et localise l'ensemble des sites utilisés dans le cadre de l'étude des impacts de l'infiltration des eaux de ruissellement pluvial sur le régime thermique des eaux souterraines et le Tableau 1 détaille les caractéristiques des deux bassins d'infiltration suivi de manière régulière depuis 2009.

En 2006, le bassin de l'IUT et 2 sites satellites - les bassins de Granges Blanches et Minerve - 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. Il comprend pour chaque bassin un groupe de 24 piézomètres témoins (3 répliqués * 8 profondeurs) situés à l'amont hydraulique immédiat du bassin (site de référence) et un groupe de 24 piézomètres (3 répliqués * 8 profondeurs) situés à l'aplomb du dôme de recharge en eau pluviale (Figure 18 et Figure 19). Les piézomètres sont des tubes métalliques perforés sur une hauteur de 10 cm qui sont enfoncés par battage. Au total 132 piézomètres ont ainsi été installés de mars à septembre 2006, soit une longueur totale de 520 m. Chaque site (3 sites amont et 3 sites aval) a également été équipé d'un piézomètre en plexiglas transparent, muni depuis novembre 2006 d'une sonde multi-paramétrique et qui est utilisé afin de: (i) visualiser à l'aide d'une vidéo-caméra la structure des sédiments en place; (ii) réaliser des mesures en continu du niveau piézométrique, de la conductivité et de la température.

Site	Localisation	Epaisseur ZNS (m)	Surface bassin versant (ha)	Recharge annuelle (m ³ / m ²)
Minerve	45.7153 N, 4.9154 E	6.2	270	202
Granges Blanches	45.6581N, 4.8954	8	100	73

Tableau 1. Caractéristiques des deux bassins d'infiltration satellites.



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 Lieudidit 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

Figure 17. Localisation et caractéristiques des bassins d'infiltration sur le Grand Lyon – avec notamment les bassins de Minerve (11) et de Granges Blanches (7) plus finement équipés.

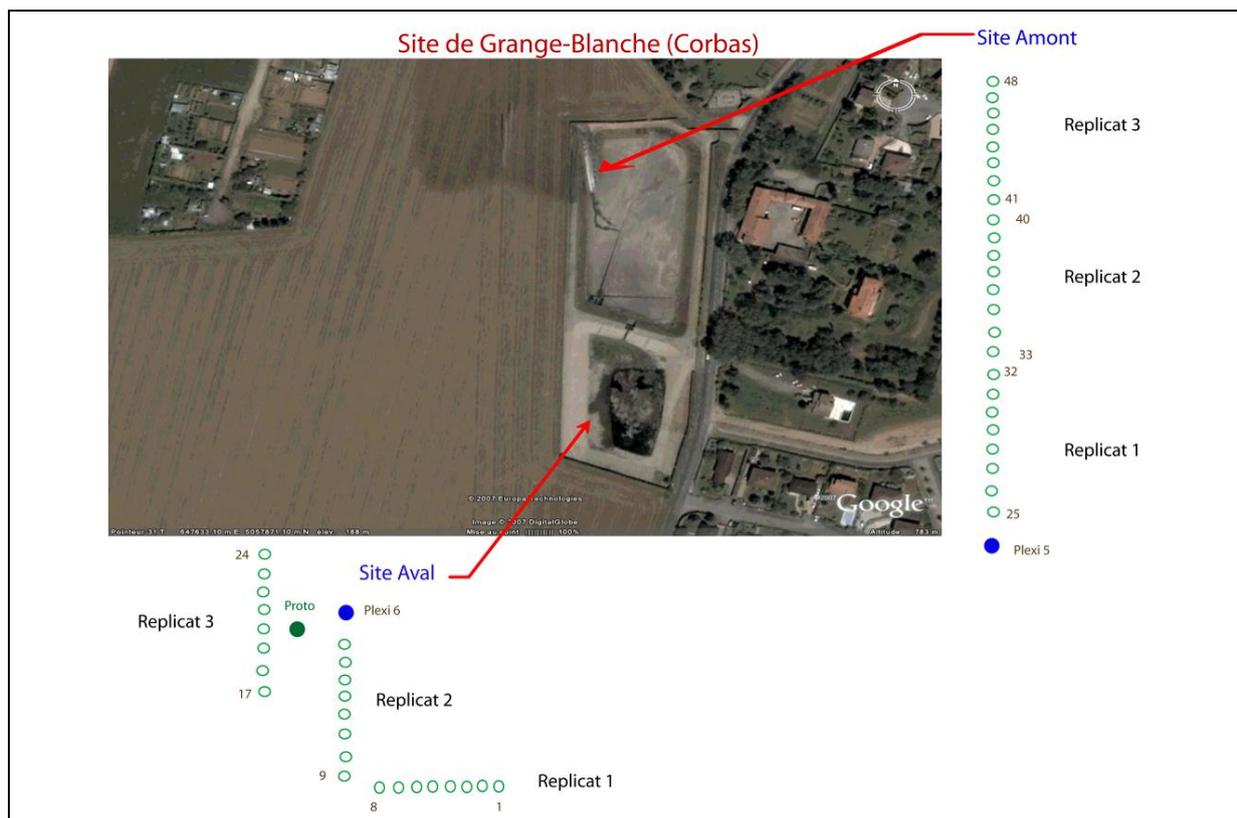


Figure 18. Vue aérienne du bassin d'infiltration de Granges Blanches (Corbas) et description des batteries de piézomètres métalliques installés en 2006.

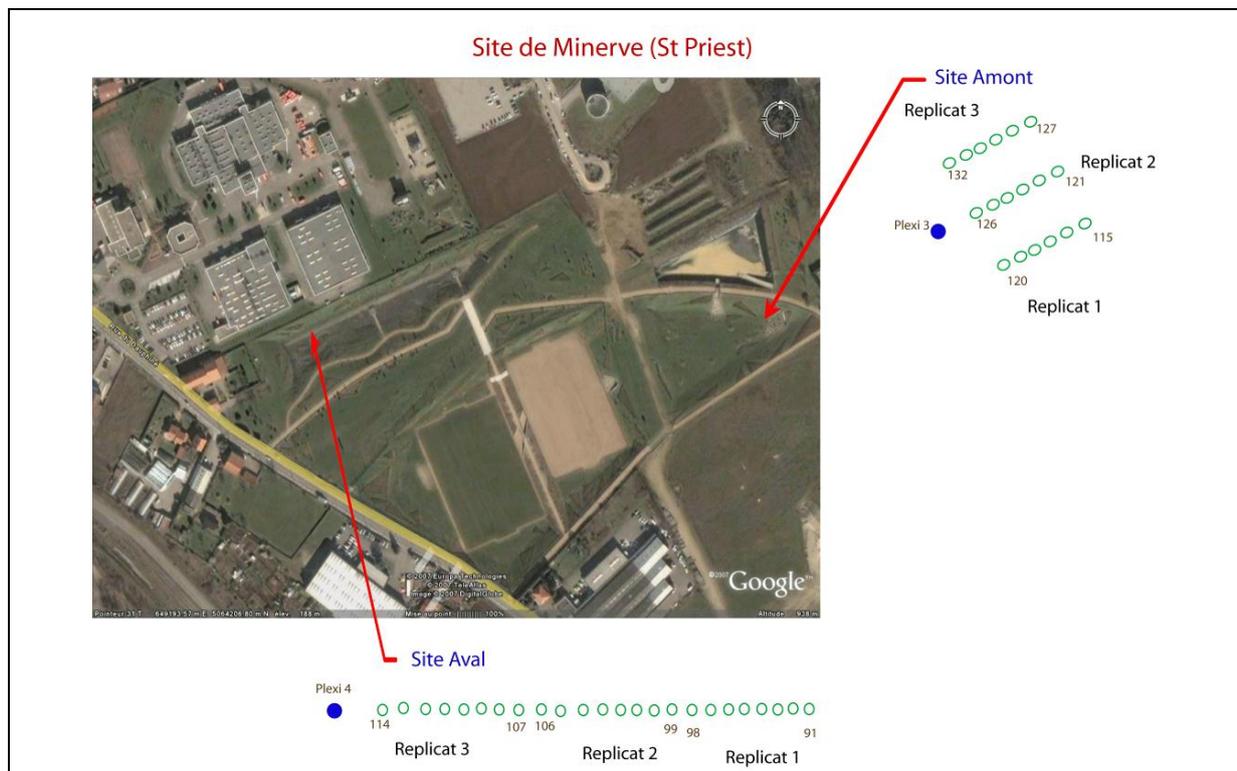


Figure 19. Vue aérienne du bassin d'infiltration de Minerve (Saint-Priest) et description des batteries de piézomètres métalliques installés en 2006.

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 (Figure 17) ont été sélectionnés.

Cette sélection s'est faite essentiellement sur les paramètres géo-environnementaux de chacun des bassins : âge, 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. Une stratégie d'échantillonnage a été adoptée afin d'obtenir un échantillon de sédiment urbain moyen et représentatif de chacun des bassins d'infiltration. 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). Les échantillons représentatifs des 19 bassins d'infiltration ont été analysés : MES, CEC, MO, Carbonates, pH (H₂O et KCL), Granulométrie agrégation, XRF core scanner, Phosphore, Azote, C/N, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, PCB, HAP, Pesticides

c) Données 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 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), de 42 composés organiques volatils (COVs) et de 24 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs).
- Des encagements et suivis d'organismes sentinelles dans la nappe permettant d'évaluer sa qualité à l'amont et à l'aval du bassin.

Pour 2009-2011, 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 des bassins et le niveau d'eau en surface dans le bassin d'infiltration de Minerve.
- 192 prélèvements d'eau de nappe sur lesquels les paramètres suivants ont été mesurés: COD, Cl, TAC, NO₃, NH₄, SO₄, PO₄, 42 COVs et 24 HAPs (120 échantillons pour ces derniers).
- 48 échantillons d'organismes sentinelles dans la nappe (taux de survie et réserves corporelles).

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 le phénomène de colmatage ainsi que sur la dynamique de la matière organique et des polluants.

En 2009, ces expériences ont consisté à la mise en place de 18 colonnes expérimentales sur lesquelles ont été effectués 216 échantillons d'eau. Les échantillons d'eau ont permis de mesurer la « respiration » des sédiments (mesure de l'oxygène dissous), le carbone organique dissous (COD), les nitrates, l'ammonium, les phosphates, la biomasse et trois activités microbiennes. Les analyses effectuées sur les sédiments concernent des dénombrements bactériens (abondance totale par DAPI et abondance des eubactéries actives par FISH) et des activités microbiennes (INT, FDA),

d) Perspectives d'évolution et raisons de cette évolution (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. Les sondes actuelles arrivant en fin de vie, leur remplacement devra être réalisé. Enfin, des essais d'enregistrement de l'oxygénation des eaux souterraines à l'aide de sondes optodes (plus résistantes et plus stables) nous conduiront peut-être à équiper deux piézomètres par site pour des suivis des teneurs en oxygène dissous.

Des tests de capteurs passifs ont été réalisés sur ces sites pour l'évaluation des pesticides, il est envisagé de poursuivre ces tests.

B.6.2 Sites Ateliers

a) Objectif de ces sites en terme 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.

a) Présentation 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 – LGCIE - 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. Le deuxième dispositif (actuellement déséquipé) situé au LGCIE a servi de support hydraulique pour tester un banc d'essai de capteurs de suivi de la qualité des effluents (travaux effectués dans le cadre de la thèse de Lepot (2012)). Grâce à ce banc d'essai l'OTHU réfléchit actuellement à la rénovation des bungalows de mesures.



Figure 20. Banc d'essai de capteurs de suivi de la qualité des effluents

b) Perspectives d'évolution et raisons de cette évolution

Les réflexions en cours sur la pertinence des campagnes de mesures et l'intérêt de développer la mesure en continu justifient la nécessité de fiabiliser les mesures réalisées au sein des différentes stations de l'OTHU. Ces stations ayant été pour la plupart conçues en 2000, il devient indispensable de réfléchir à leur réhabilitation. Il est notamment envisagé de restructurer les bungalows afin de fiabiliser les mesures.

Pour cela, le bungalow de la Doua (site abandonnée en février 2008) sera nettoyé et entièrement réhabilité. Il fera office de bungalow prototype, et permettra de tester et d'optimiser les différents points proposés pour la restructuration des bungalows actifs, c'est-à-dire :

- Avoir un local propre (point d'eau et rangements appropriés)
- Optimiser les surfaces de travail et l'espace pour le manipulateur
- Optimiser l'acquisition, le stockage et la transmission des données
- Optimiser la géométrie du bac
- Optimiser le nettoyage du bac et des capteurs (ex : système permettant la déconnexion des capteurs en période de maintenance)
- Permettre l'accueil de nouveaux équipements (autre équipe ou études temporaires)
- Améliorer la sécurité au sein du bungalow (cohabitation eau-électricité)

Des échanges au sein du LGCIE ont déjà permis de proposer une première version d'aménagement du bungalow prototype (Figure 21) dont la mise en œuvre est prévue dès le premier semestre 2013.

Dans un premier temps, l'ensemble du dispositif du banc d'essai du LGCIE (cf Figure 20 ; Lepot, 2012) sera réutilisé. En terme de capteurs, le bac sera équipé d'un pH::lyser, d'un s::pectrolyser et d'un condu::lyser (s::can), d'un turbidimètre (Endress-Hauser) et d'un pHmètre et un conductimètre (Yokogawa). Les données seront acquises à haute fréquence via des cartes d'acquisition National Instruments et pilotées sous Matlab.

Dans un premier temps, le travail d'optimisation portera principalement sur :

- l'acquisition et la transmission des données (environnement Matlab ou mixte LabVIEW/Matlab) 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 quasi-réel
- la gestion des opérations de maintenance avec une déconnexion automatique des capteurs.

Le bac du bungalow prototype servira aussi à tester des capteurs plus récents toujours dans une optique de réhabilitation des stations existantes et d'amélioration continue des équipements.

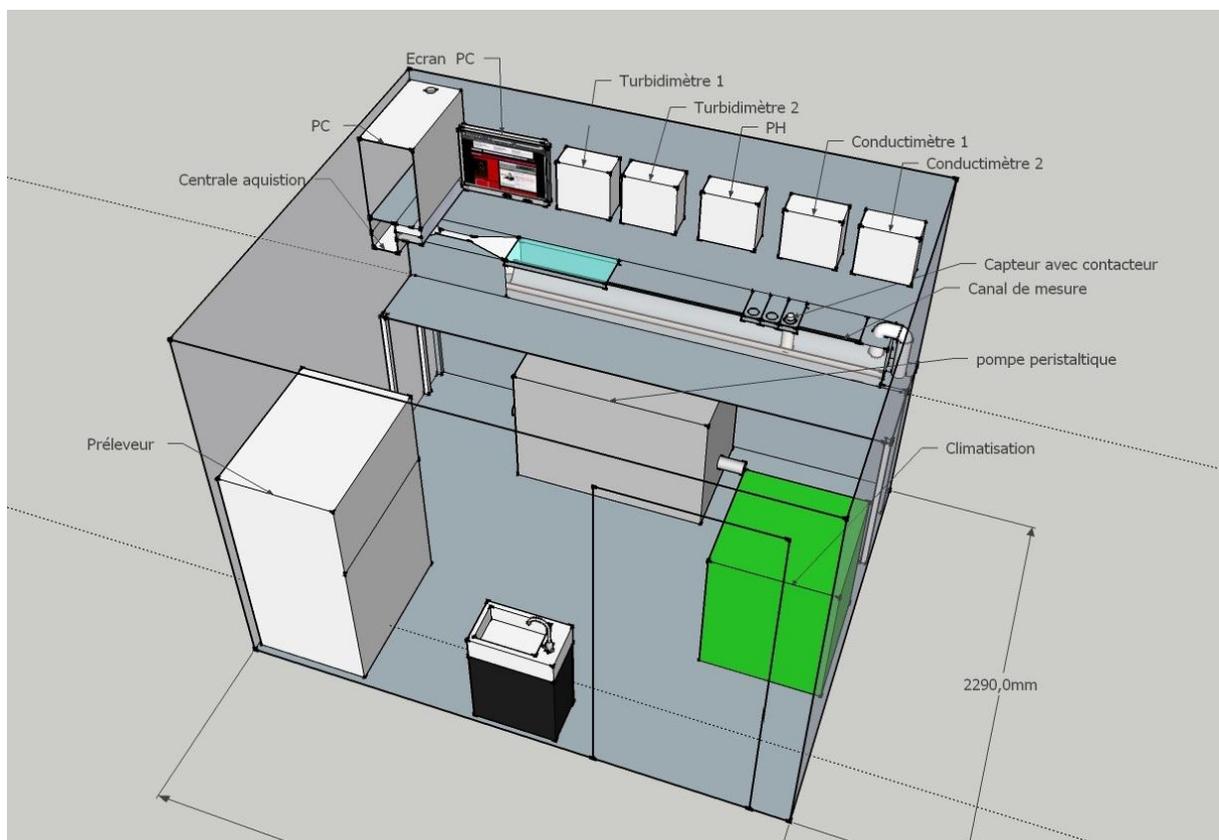


Figure 21. Première version du plan du bungalow prototype

B.7 Gestion des données

La gestion des données 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 recherches 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 Communauté urbaine de Lyon qui travaillait dans le même temps sur le développement de la base VIGILANCE, destinée à l'archivage des données produites pour le dispositif d'autosurveillance.

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). L'OTHU pour s'intégrer dans cette démarche développe depuis ces dernières années des outils de gestion et traçabilité inscrits dans la logique d'une démarche qualité.

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, le partage effectif et opérationnel l'est moins. Les données comme les équipes sont nombreuses si bien que la validation, la gestion, le partage et la valorisation des données restent encore difficiles. Or ces tâches sont plus que jamais indispensables. D'une part les données continuent à s'amonceler et l'on dispose aujourd'hui de chroniques d'une dizaine d'années qu'il serait bon d'exploiter plus complètement. D'autre part, nous avons co-élaboré un SOERE URBIS nécessitant des échanges de données entre observatoires français. Nous constituons enfin l'observatoire de la partie urbaine de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) qui nécessite également un accès à nos données et une mise en cohérence avec leur outil de gestion (Géorépertoire).

Néanmoins nous avons tenté d'avancer sur plusieurs points :

- Sur la validation des données en continu ;
- Sur la mise en place d'un outil de recensement de meta données ;
- 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

Pour l'instant, les données en continu sont encore validées et archivées par chaque équipe productrice de données.

Certaines disposent d'outils de validation et ou d'archivage spécifique en propre dont le principe est partagé avec les autres équipes sans cependant qu'aucune procédure transversale homogène ne soit mise en place. Par exemple : le LGCIE a développé des algorithmes de validation des données continues qu'elle vient matérialiser dans un logiciel EVOHE, IRSTEA dispose de procédures propres et stockent ses données dans une base propre BICHE.

Cependant conformément à la convention signée avec le Grand Lyon, l'ensemble des données continues doivent être rapatriées sur la base VIGILANCE. Concernant les données en continu (mesures débitométriques, pluviométriques et associées aux capteurs 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 LGCIE et Le Grand Lyon sont fonctionnels depuis juin 2003. Cependant, la très grande quantité de données a souvent posé problème. Une extension pour une accélération des procédures de transferts des fichiers a été mise en place par le Grand Lyon en 2007.

Un premier poste dédié au transfert sur VIGILANCE a été installé en 2006 au LGCIE de l'INSA. Le transfert des données est effectué par Yvan Béranger puis (Nicolas Walcker depuis septembre 2012) grâce à une plateforme FTP. Un second poste a été installé en 2009 à IRSTEA URHH. Toutefois l'accès en consultation à Vigilance n'est

pas optimal et est actuellement en cours d'amélioration. Cependant les données acquises par le IRSTEA URHH dans le cadre de l'OTHU sont accessibles sur Internet sur la base de données Biche : <http://biche.lyon.IRSTEA.fr> (téléchargement possible des données; accès par login et mot de passe). L'ensemble des données sont accessibles par simple demande auprès de l'équipe productrice.

Néanmoins, à l'usage, nous constatons aujourd'hui que VIGILANCE ne constitue pas un outil d'échange très adapté entre chercheurs et partenaires. Des réunions de redéfinition des données à verser et à échanger ont été initiées et un outil de métadonnées est en cours de développement pour compléter.

Les mesures en continu représentent en fait une masse considérable d'informations (au total environ 300 capteurs sont opérationnels et fournissent des données avec un pas de temps moyen de 6 minutes).

Pour traiter et qualifier les données en continu du site de Chassieu et 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. Une négociation pour une utilisation plus large au sein de l'OTHU au cours de l'année 2013 est en projet et pourrait permettre d'homogénéiser les pratiques.

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 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**

Concernant les échantillons (mesures physico-chimiques ou biologiques réalisées sur des échantillons d'eau, de sol ou de sédiment ou sur des micro-organismes), un protocole commun de formatage et d'échange des données a également été établi en cohérence avec la base VIGILANCE. Cette partie de la base est opérationnelle depuis le début de l'année 2002 car le nombre de données est très faible par rapport à celui des données en continu.

Le format n'est cependant pas optimal et les modalités peu pratiques. 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 ... encore faut-il qu'il sache quelles données ont été acquises exactement autrement qu'en consultant les rapports annuels où les informations sont noyées.

C'est la raison pour laquelle une base de métadonnées est en cours de développement et de constitution.

b) Nombre de données acquises

A titre d'information, plus de 50 millions de données brutes avec les capteurs uniques, doublés ou triplés (pour permettre la validation) ont été acquises au sein de l'OTHU en moins de 4 ans (2009-2012). Sur 2011, plus 13 millions de données brutes ont été acquises et validées.

c) Partage et Valorisation des données

Depuis 2009 l'OTHU a décidé de constituer un catalogue des métadonnées de l'observatoire.

Grace à deux séminaires internes à l'OTHU sur les "données" organisés en 2009 et 2010, trois types de données ont été qualifiés et décrits. Leur stockage, leur accessibilité et leur référencement au sein du catalogue des données ont été définis : Il s'agit des données continues, des campagnes, et des données d'état.

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)

- niveau "administrateur"
- de répondre à la directive européenne "Etablissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (INSPIRE)" pour permettre liaison avec le géorépertoire de la ZABR

Ce développement est actuellement en cours par la société Alison qui devrait proposer une première version en janvier 2013.

La production annuelle de l'ensemble des fiches de métadonnées pourrait permettre de remplacer les rapports annuels fournis à nos partenaires comme le Grand Lyon et l'Agence de l'Eau qui sont lourds et finalement peu utilisés. Cela permettrait de garantir la saisie et la mise à jour des fiches sans alourdir le travail des chercheurs. Enfin une partie du catalogue pourrait être rendue publique au sein de la page "Données" du site internet de l'OTHU.

Pour ce qui est des échanges entre observatoires, un premier diagnostic a été produit par la société SEPIA Conseil qui a auditionné et étudié les données acquises dans les différents observatoires et leur mode de gestion et partage (SEPIA Conseil, 2012)¹⁰. Elle a également à la demande du SOERE fait un état des lieux des modalités de gestion des données d'observatoires plus anciens 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 se poursuit dans le cadre d'URBIS par l'embauche d'un CDD chargé de faire des propositions concrètes.

En matière de valorisation il a été décidé en outre de réaliser des exploitations « grand public » 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? en analysant les températures mesurées en amont des sites d'infiltration et travailler à une rubrique « *Saviez-vous que?* » disponible sur le site web.

d) Perspectives

Les perspectives sont de :

- mettre en place et faire fonctionner la base de métadonnées
- systématiser le recours à une validation homogénéisée sur l'ensemble des sites
- d'avancer sur les modalités d'échange entre observatoires
- de produire une exploitation « grand public » des données en généralisant une rubrique « *Saviez-vous que ?* »

¹⁰SEPIA Conseil (2012). *URBIS – Etude de faisabilité d'un outil de partage de données entre les 3 observatoires OPUR ONEVU ET OTHU*, Rapport Affaire 09A148, Septembre 2012.

PRESENTATION DES RESULTATS ET PERSPECTIVES

C OBSERVER POUR AGIR : Résultats et perspectives

C.1. CLIMATOLOGIE À L'ÉCHELLE DE L'AGGLOMÉRATION : Amélioration des connaissances et développement d'outils et méthodes en matière de pluviométrie et de climatologie à l'échelle de l'agglomération, et facteurs de risques associés aux inondations et aux pollutions

a) Équipes concernées

Trois laboratoires lyonnais collaborent dans le cadre de l'action de recherche C1 « climatologie à l'échelle de l'agglomération » :

- Centre de Recherche en Géographie et Aménagement (CRGA), Université Jean Moulin Lyon 3, UMR 5600 Environnement Ville Société CNRS
- LGCIE (Equipe DEEP)
- IRSTEA (Unité H.H.)

b) Objectifs scientifiques et opérationnelles

Deux objectifs principaux fondés sur le recoupement d'approches à caractères cognitif, méthodologique et opérationnel, ont été formulés à long terme, dès la fondation de l'OTHU. Il s'agit de disposer de données pour alimenter les modèles de simulation, et de disposer de méthodes permettant d'utiliser de façon optimale les données au sol et les données radar, en temps différé et temps réel (alerte, gestion temps réel du système d'assainissement). Les objectifs majeurs sont aujourd'hui de concentrer les efforts de recherche sur l'exploitation des données radar (avec notamment le projet européen FP7-PREPARED- Cf. § B1), la caractérisation de la dynamique des phénomènes pluvieux (analyse par type de configuration synoptique) et les simulations. Pour y parvenir la recherche est organisée en 4 actions complémentaires et en interaction. Notons enfin que la thématique liée à la pollution atmosphérique et son entraînement par la pluie est plus particulièrement traitée dans les thématiques suivantes.

Plus précisément, les objectifs scientifiques du C1 sont divisés en 4 actions :

- Amélioration de la représentativité et la qualité des données pluviométriques
- Détermination des types de configuration synoptique à l'origine des pluies intenses
- Simulateur de pluies (développé par l'IRSTEA)
- Analyse de l'influence des changements globaux sur le régime des pluies sur l'agglomération lyonnaise

c) Principaux résultats scientifiques

La communauté urbaine de Lyon, fortement imperméabilisée, est affectée ponctuellement mais de manière récurrente par des inondations, conséquence de précipitations de forte intensité qui peuvent être appréhendées précisément à l'aide du radar météorologique local de Météo-France. La qualité de mesure de ce radar a été évaluée, et les conclusions se trouvent dans la partie dédiée aux résultats opérationnels (ci-dessous).

Une étude a été consacrée à l'analyse des cellules de pluies intenses (superficie, vitesse, orientation, intensité, etc.) par recours à des traitements de statistiques spatiales, à l'aide d'un SIG. Les résultats obtenus permettent la mise en évidence du caractère rectiligne du déplacement de ces cellules (*Figure 22*), associés à des vitesses relativement constantes (tableau 1).

Ces résultats ont été obtenus lors de l'analyse des 5 épisodes pluvieux les plus intenses sur le Grand Lyon pour la période 2001-2005. Une des perspectives de ce travail est d'étoffer l'échantillon d'études, avec l'analyse de mois, voire d'années en continu afin de se détacher de la question de la sélection d'épisodes (cf. ci-dessous partie perspectives).

Les cellules de pluie de forte intensité mises en évidence à l'aide de la méthodologie détaillée précédemment sont plus liées à des processus d'échelle synoptique que d'échelle microclimatique et sont le plus souvent associées à des types de temps advectifs, avec des vents suffisamment forts pour estomper les effets topoclimatiques. Cela explique peut-être que très peu d'analyses n'ont conjugué pour le moment les caractéristiques de ces cellules de pluies avec la topographie ou l'occupation du sol, de surcroît sur le Grand Lyon. Une récente étude s'est donc intéressée aux relations entre les effets locaux (topographie et occupation du sol) et les caractéristiques des cellules de pluie de forte intensité (intensité maximale et superficie notamment –

cellules dont l'intensité est supérieure à 8 mm/h – définition Météo-France), sur l'ensemble de la zone couverte par le radar de Météo-France.

Le modèle numérique de terrain de l'IGN français est utilisé ici, à une résolution de 1000 m et de 250 m. Outre l'altitude, les deux caractéristiques d'intérêt sont aussi mises en relation avec la pente du territoire et l'orientation du versant considéré. Ces paramètres sont obtenus sous forme vectorielle par l'utilisation d'un SIG. L'occupation du sol est fournie par la base de données *Corine Land Cover*. Cette étude se focalise sur les deux premiers niveaux de détails de la base. Les intensités maximales et les superficies des 1892 cellules de pluies intenses de l'échantillon des 5 épisodes retenus ont ainsi été confrontées à l'altitude, à la pente, à l'exposition et à l'occupation du sol du territoire sur l'ensemble de la zone de couverture du radar météorologique local de Lyon.

Aucune relation entre les cellules de pluie et la topographie ne se manifeste. Deux principales raisons pourraient apporter des éléments d'explication. Dans un premier temps, cette étude cherche des liaisons entre des phénomènes d'échelles sensiblement différentes. En effet comme nous l'avons déjà dit, les systèmes nuageux à l'origine des précipitations intenses sont, plus liés à des processus d'échelle synoptique que microclimatique, et sont le plus souvent liés à des types de temps advectifs, avec des vents suffisamment forts pour estomper les effets topoclimatiques. En second lieu, dans un flux advectif, les effets topoclimatiques, s'ils existent, peuvent ne pas être observés à la verticale du lieu. Il y a souvent un décalage spatial entre le facteur et son effet. En outre, ce décalage n'est pas constant, car il dépend de la vitesse du flux.

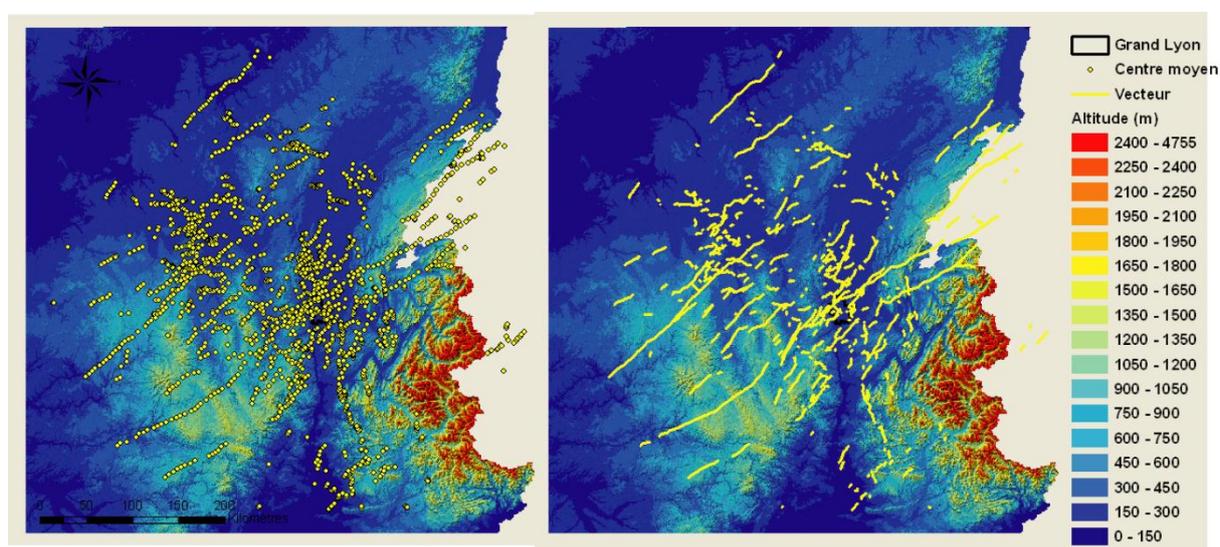


Figure 22. Centres moyens pondérés et vecteurs de déplacement des cellules de pluie intense sur le quart sud-est français pour les cinq épisodes pluvieux les plus intenses sur le Grand Lyon de la période 2001-2005

	Cellules	IntMax en 5 min (mm/h)	IntMoy (mm/h)	Aire (km ²)	Forme	Rotation (°N)	Direction	Orientation (°N)	Variance circulaire	Vitesse (km/h)
09/09/2002	2,6	133,9	91,2	9,6	2,6	82,0	S-N	36,9	0,04	36,4
19/09/2002	4,9	130,5	92,4	9,9	1,8	77,7	SO-NE	80,2	0,15	30,3
23/07/2004	2,4	186,1	102,0	48,0	2,5	108,3	SO-NE	66,4	0,04	50,4
04/08/2004	6,1	142,5	88,4	22,8	2,0	83,3	S-N	234,5	0,33	25,6
29/07/2005	4,7	174,4	96,6	42,7	1,9	97,2	SO-NE	47,3	0,05	66,5

Tableau 1. Caractéristiques moyennes par pas de temps de 5 minutes des cellules identifiées

Au niveau des résultats concernant l'occupation du sol, le constat est différent. Il ressort que les territoires artificialisés concentrent plus de cellules que les autres types de territoire (Figure 23).

Ces résultats pourraient être expliqués par des phénomènes météorologiques connus d'un point de vue théorique mais très rarement obtenus par cas d'étude, tels que la rugosité urbaine, l'îlot de chaleur urbain, ou encore l'accroissement de noyaux de condensation liés aux activités et à la pollution urbaine. Cependant, l'intensité et la

superficie des cellules reste constante, quelque –soit le mode d’occupation du sol associé. Ici aussi, une des perspectives est de densifier l’échantillon d’étude, avec l’analyse de mois ou d’années en continu, et de se focaliser sur le territoire du Grand Lyon, en recourant à une description de l’occupation du sol plus détaillé que la base Corine Land Cover (cf. partie perspectives).

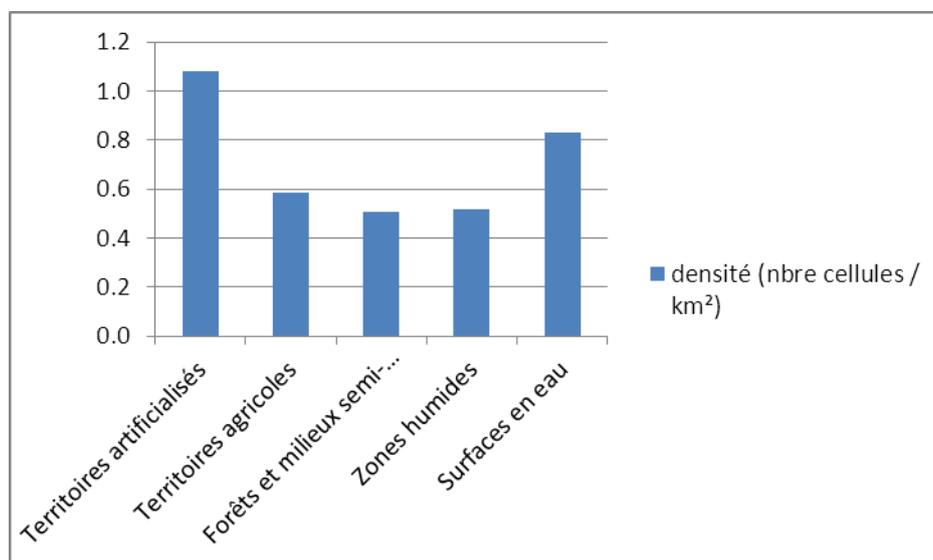


Figure 23. densité de cellules de pluie intense en fonction de l’occupation du sol

Par ailleurs, IRSTEA développe depuis de nombreuses années un simulateur spatio-temporel des champs de pluie (Leblois et Creutin, in revision¹¹) s’appuyant sur une approche géostatistique. Un champ de pluie est décomposé en produit d’un champ de pluie non nulle et d’un champ d’intermittence. Il permet la simulation de champs de pluie homogènes d’un point de vue géostatistique. Il peut aussi prendre en compte l’advection de la pluie (Lepioufle *et al.*, 2012). Dans le cadre de l’OTHU et du projet ANR AVuPUR, ce simulateur de pluie a été enrichi à deux niveaux. Tout d’abord, pour mieux respecter l’hypothèse d’homogénéité des pluies et décrire la variabilité de ces dernières, une classification non supervisée de Kohonen est appliquée aux différents pas de temps de pluie, ce qui conduit à l’identification d’un certain nombre de classes de pluies homogènes et à leur description géostatistique propre (Leblois *et al.*, in preparation¹²). Certains paramètres décrivant les champs de pluie peuvent aussi être tirés de l’analyse d’images radar (Emmanuel *et al.*, 2012). Un deuxième développement a consisté à enrichir le simulateur pour permettre des simulations conditionnelles (c’est-à-dire respectant les observations aux points de mesure). Ceci a conduit à la génération de 64 réalisations de champs de pluie sur la période 1985-2008 à pas de temps horaire et à maille kilométrique sur l’ensemble du bassin de l’Yzeron. Ces simulations permettent donc de quantifier l’incertitude sur la connaissance du champ pluviométrique (Renard *et al.*, 2011). Utilisées en entrée d’un modèle hydrologique (le modèle J2000, voir section C2), elles ont permis une nette amélioration de la simulation des débits à l’exutoire du bassin de l’Yzeron sur la période récente où le réseau de pluviographes a été renforcé sur le bassin (depuis 1997), mais conduisaient à une nette détérioration sur la période antérieure où seuls 3 pluviographes du Grand Lyon étaient présents sur le domaine. Ces champs de pluie simulés peuvent donc permettre de pallier l’absence de radars météorologiques sur les périodes passées. Il a aussi pu être constaté que parmi les différents types de pluie identifiés par la classification, certains étaient plus particulièrement associés à des pluies extrêmes.

d) Principaux résultats opérationnels

Une des études principales au niveau opérationnel du C1 « climatologie à l’échelle de l’agglomération » a été l’évaluation de la qualité de mesure du radar local lyonnais de Météo-France. Cette évaluation repose sur une

¹¹ Leblois E., Creutin J.D. (2013). Space time simulation of rainfall fields given a prescribed advection field : a geostatistical approach, *Water Resources Research*, in revision.

¹² Leblois E., Creutin J.D., Jeanpierre AL., Braud I., B. Renard, Segmentation and sequence in spatial precipitation (titre provisoire), en preparation for *Water Resources Research*

analyse par simulation, puis à partir de données réelles issues du réseau de pluviomètres du Grand Lyon, sur les données de réflectivité, et sur les lames d'eau *Hydrum* (2001-2006) et *Panthere* (depuis 2006).

La procédure de simulation mise en œuvre reprend précisément la démarche décrite par Delrieu *et al.* (1995), Pellarin (2001) et Pellarin *et al.* (2002)¹³. Les simulations peuvent être décomposées en deux étapes successives correspondant à la simulation des échos de sol et des masques générés par le relief, puis à l'intégration des effets de la structure verticale des précipitations sur les erreurs théoriques commises lors de l'estimation des intensités de pluie au sol. L'application de cette démarche aux radars opérationnels du réseau ARAMIS est décrite dans Faure 2005 et 2006¹⁴. Appliqué au radar de St Nizier, la comparaison des résultats de ces simulations avec des validations indépendantes des mesures du radar réalisées par Météo-France sur données réelles a montré que les simulations étaient très représentatives de la qualité moyenne des mesures opérationnelles du radar. Les simulations montrent que le Grand Lyon et ses abords immédiats sont situés dans la zone de très bonne visibilité de ce radar. Néanmoins, un nombre significatif de pixels devraient avoir une qualité de mesure hydrologique réduite en raison d'échos de sols sur les zones du Grand Lyon topographiquement contrastées, notamment pour les données de réflectivité et les lames d'eau *Hydrum*.

L'évaluation à partir des données réelles a porté sur une quarantaine de journées radar entre 2001 et 2005, et sur le mois de juillet, pour les trois types de données. On observe une très bonne cohérence entre les deux types de cumulés, ainsi qu'avec les résultats obtenus par simulation. Cette concordance permet de confirmer grâce aux indications apportées par les simulations, l'origine et l'importance des sources d'erreur affectant les images réelles.

Cette étude a donc permis de valider la qualité de mesure du radar météorologique lyonnais, qui offrait dans un premier temps des données d'une qualité acceptable avec les lames d'eau *Hydrum* (2001-2006), puis très satisfaisante avec les lames d'eau *Panthere* (depuis 2006). Ces résultats laissent entrevoir des perspectives intéressantes pour la gestion en temps réel du réseau d'assainissement du Grand Lyon, et ces données, une fois validées, ont donc permis le développement d'études ultérieures, détaillées dans la partie précédente portant sur les résultats scientifiques.

Des résultats issus de la simulation de pluie ont été valorisés auprès d'opérationnels (hors OTHU) : Conseil Général 92 pour la caractérisation du risque pluviométrique sur de petits bassins urbains, CCR pour l'évaluation du risque pluviométrique à l'échelle de la France entière. Les résultats des simulations réalisées sur le territoire du Grand Lyon pourraient être exploités de la même manière.

Notons également de manière plus anecdotique, que le renouvellement du réseau pluviométrique du Grand Lyon a été faite sur la base des tests de matériel réalisés dans l'OTHU.

¹³ Delrieu G., Creutin J.D., Andrieu H. (1995) - Simulation of X-band weather radar mountain returns using a digitized terrain model. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 12, 1038-1049.

Pellarin T. (2001). *Visibilité hydrologique de radars météorologiques opérant en régions montagneuses: application au bassin versant de l'Ardèche*. Thèse de l'Université Joseph Fourier, Grenoble I, 213 p.

Pellarin. T., Delrieu G., Sauliner M., Andrieu H., Vignal B. et Creutin J.D. (2002). Hydrologic visibility of weather radar systems operating in a mountainous region: case study for the Ardèche catchment (France). *Journal of hydrometeorology*, 3, 539-555

¹⁴ Faure D. (2005). *Cartographie globale de la visibilité hydrologique du réseau radar métropolitain ARAMIS à l'horizon 2006 : Extension à l'ensemble du territoire métropolitain pour le mode d'exploitation passé et actuel des radars*. Rapport ALICIME, RE05002b, 47 p.

Faure D. (2006). *Analyse de la qualité de mesure hydrologique des radars météorologiques de St Nizier et Lyon Satolas. Application au Grand Lyon*. Rapport ALICIME, RE08061, 46 p.

e) Programmes de recherches ayant servi de support

AVuPUR-ANR-07-VULN-01 (assessing the vulnerability of peri-urban rivers) 2008 - 2010

Projet européen FP7 PREPARED (www.prepared-fp7.eu) : WorkPackage WP3.4 sur l'amélioration de la mesure de la pluie pour une meilleure gestion des hydrosystèmes urbains.

f) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

Internationales :

Collaboration avec le DHI (Danish Hydraulic Institute) dans le cadre de PREPARED

Contacts établis avec le projet européen RainGain sur l'utilisation de radars en bande X en milieu urbain

Université d'Adélaïde (Australie) via un projet bilatéral FAST

Université de Daegu (Corée du sud) via un projet bilatéral STAR

Université de Quérétaro (Mexique) projet AGUA-QUERETARO

Nationales

- Laboratoires de recherche : IFSTTAR, LTHE
- Institutionnels : CG92
- Sociétés privées et bureaux d'étude : CCR

g) Perspectives (vis-à-vis de la recherche, des questions et vis-à-vis de l'observation)

Au niveau de l'observation, les premières données du radar à bande X du projet européen *Prepared* sont très attendues. Ces données seront couplées pour évaluation aux données du réseau au sol et aux données du radar de Météo-France. Si les résultats de cette première étude sont concluants, les données récoltées permettront d'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, explorer le potentiel de gestion en temps réel du réseau d'assainissement du Grand Lyon si un radar en bande X était installé de manière permanente, et affiner les relations entre la distribution spatio-temporelle de la pluie et l'occupation du sol et la topographie du Grand Lyon, comme précédemment évoqué.

La détermination des types de configuration synoptique à l'origine des pluies intenses fait partie des prochains objectifs à court terme de cette thématique, avec dans un premier temps une critique des méthodes de classification des types de circulation, puis une application aux différents types de pluie du Grand Lyon déjà mis en évidence. Ces types de circulation pourront en outre fournir des éléments explicatifs au niveau des trajectoires et des vitesses des cellules de pluie intense mis en évidence préalablement. Enfin, concernant cette dernière étude, l'analyse de plusieurs mois de données va faire l'objet d'analyse, afin de s'affranchir des contraintes liées à la sélection des épisodes (il est notamment envisagé de traiter l'ensemble de l'année 2008).

Les nouveaux développements en cours et prévus sur le simulateur de pluies concernent la prise en compte de l'impact du relief dans la simulation (on retrouvait son impact dans les champs de pluie conditionnés, mais pas dans les champs de pluie libre). Une deuxième voie de recherche concerne l'établissement de liens entre les classes de pluie et une classification des champs atmosphériques qui les engendrent (Leblois et Jeanpierre, 2011). Ceci permettrait, sous changement climatique, d'analyser les modifications des régimes de pluie, en particulier des extrêmes.

h) Production (2009 – 2012)

Thèse

Renard F. (2010). Le risque pluvial en milieu urbain. De la caractérisation de l'alea à l'évaluation de la vulnérabilité : Le cas du Grand Lyon. Thèse de l'Université Jean Moulin Lyon III.

Articles dans revues internationales à comité de lecture

EMMANUEL I., ANDRIEU H., LEBLOIS E., (2012). Temporal and spatial variability of rainfall at the urban hydrological scale, *Journal of Hydrology* 430, 162-172.

- LEPIOUFLE J.M., LEBLOIS E., CREUTIN, J.D. (2012). . Effect of time aggregation on rainfall variography in presence of advection, *Journal of Hydrology*, 464, 494-504.
- RENARD F., CHAPON P.-M., COMBY J. (2012). Assessing the accuracy of weather radar to track intense rain cells in the Greater Lyon area, France. *Atmospheric Research*, 103, 4-19.
- RENARD F., COMBY J. (2010). Overview of the Greater Lyon weather radar advances from 90's to 2008. *Advances in Geosciences*, 25, 79-83.
- RENARD F., FAURE D., COMBY J. (2009). Evaluation de la qualité de mesure hydrologique du radar météorologique de Saint-Nizier appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon (période 2001-2006). *La Houille Blanche – Revue internationale de l'eau*, 6, 56-59.
- RENARD, B., KAVETSKI, D., LEBLOIS, E., THYER, M., KUCZERA, G. (2011). Towards a reliable decomposition of predictive uncertainty in hydrological modelling : characterizing rainfall errors using conditional simulation, *Water Resources Research*, 47(11), doi:10.1029/2011WR010643.

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

- RENARD F. (2013). *First use and results of a C-band radar over an urban area: evaluation of the hydrologic quality and intense rain cells tracking*, 41p. *in* Radar Systems: Technology, Principles and Applications, Novapublishing, New-York (in press).
- RENARD F. (2011). *Le risque pluvial en milieu urbain. De la caractérisation de l'aléa à l'évaluation de la vulnérabilité*, Editions Universitaires Européennes, Sarrebrücken, 448 p.
- COMBY J., RENARD F. (2011). *L'excès de pluie, un aléa qui gagne à être connu*, pp. 48-49 ; in *Rhône-Alpes et l'environnement*. 100 questions pour la recherche, Lyon, 255 p.

Communications dans des conférences internationales avec actes

- RENARD F., CHAPON P.-M., LANGLOIS de SEPTENVILLE W. and COMBY J. (2013). Topographic and land use effects on the occurrence of rain cells : a French example (en collaboration avec). *Annual meeting of the Association of American Geographers*, Los Angeles (Etats-Unis), April 2013, 1 p. (accepted)
- SUN S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., VOLTE E. (2012). Event-based calibration of rainfall measurements using an X-band radar. *Proceedings of the 9th International Workshop on Precipitation in Urban Areas*, St Moritz, Switzerland, 6-9 December, 5 p.
- RENARD F., CHAPON P.-M. and COMBY J. (2012). Influence of local effects (topography and land cover) on extreme rainfall cells in east-central France (en collaboration avec). *9th International Workshop on Precipitation in Urban Areas. Rainfall in the Urban Context: Forecasting, Risk and Climate Change*, St-Moritz (Suisse), December 2012, 4 p.
- RENARD F., VOLTE E., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010). Improving the measurement of rainfall. *IWA World Water Congress, Montreal, Canada*, 19-24 September, 1 p.
- RENARD F. (2010). Apport de la géomatique dans l'étude des trajectoires des cellules de pluie intense et application au radar rhônalpin. *XXIII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Rennes, septembre 2010, pp. 505-510
- RENARD F. (2010). Comparaison spatiale des débordements observés et modélisés du réseau d'assainissement du Grand Lyon par temps de pluie. *7th International conference Novatech 2010*. Lyon, June 2010, 9 p.
- RENARD F. (2009). Assessment of vulnerability in urban systems for a global risk analysis associated with rainfall hazard. *8th International Workshop on Precipitation in Urban Areas. Rainfall in the Urban Context: Forecasting, Risk and Climate Change*, St-Moritz (Suisse), December 2009, 193-197.
- RENARD F. (2009). Appréciation de la qualité de mesure hydrologique du radar météorologique régional appliqué au contexte local de la communauté urbaine de Lyon pour l'analyse des épisodes pluvieux exceptionnels (période 2001 – 2006) (en collaboration avec J. Comby). *XXIII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Cluj-Napoca, Roumanie, septembre 2009. Actes publiés dans le numéro spécial 2009 de la revue *Geographia Technica*, pp. 389-394

Articles dans des revues nationales

- EMMANUEL I., ANDRIEU H., LEBLOIS E., (2012). Temporal and spatial variability of rainfall at the urban hydrological scale, *La Houille Blanche*, 4, 31-36.
- RENARD F., CHAPON P.-M. (2010). Une méthode d'évaluation de la vulnérabilité urbaine appliquée à l'agglomération lyonnaise. *L'Espace Géographique*, 1, 35-50.
- RENARD F., SARR A. (2009). Quantification spatiale de la pluie en milieu rural sahélien (Sénégal) et en milieu urbain tempéré (Grand Lyon). *Sécheresse – Sciences et changements planétaires*, 20 (3) 244-252.
- RENARD F., VOLTE E. (2009). Etude des débordements de temps de pluie du système d'assainissement du Grand Lyon. *Techniques Sciences Méthodes*, 7/8, 30-38.

Communications à des conférences nationales avec actes

- LEBLOIS E., JEANPIERRE A.L. (2011). Description stochastique des pluies et applications à des pluies de la région lyonnaise. *Journées de Climatologie de la commission climat et société de la société géographique de France 17/03/2011-18/03/2011*, Lyon, FRA. 10 p
- RENARD F. (2009). Elaboration d'une méthode de suivi de caractéristiques de noyaux de pluies intenses par SIG : application au territoire rhônalpin. *SIG 2009 – Conférence francophone ESRI*, Versailles, octobre 2009, 11 p.

RENARD F. (2009). La prise en compte des effets liés au relief dans la mesure du radar météorologique local de l'agglomération lyonnaise. *Commission Climat et Société des Journées de Climatologie du CNFG « Climat et relief »*, Besançon, mars 2009, pp. 113-129

KERMADI S., RENARD F., JACQUEMINET C., MICHEL K. (2010). Occupation du sol et pluviométrie dans un bassin versant péri-urbain lyonnais. *XXIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Rennes, septembre 2010 (p. 313-318)

Autres

LEBLOIS E., JEANPIERRE A.L., 2011 *Analysis of rainfall around Querétaro, Mexico & Link with the atmospheric circulation*, Report to the project Agua-Queretaro, Cemagref Lyon, France & Universidad Autonoma de Querétaro, Mexico, August 2011

C.2. APPORT DES BASSINS VERSANTS : Amélioration des connaissances, modélisation, développement d'outils et méthodes en matière de processus de production et de transfert de l'eau et des polluants en temps sec et en temps de pluie issus des bassins versants urbains et périurbains

a) Équipes concernées

IRSTEA Lyon – UR HH, UR Maly
 LRGE UMR 5600 CNRS - IRG - Université Lyon 2,
 LGCIE (DEEP) - INSA de Lyon
 LMFA- INSA / ECL Lyon
 BPOE - UMR CNRS 5557 - Ecologie Microbienne - Université Claude Bernard Lyon 1.

b) Objectifs scientifiques et opérationnels

Compte tenu de l'urbanisation croissante de l'agglomération lyonnaise, des territoires adjacents, et des contraintes imposées aux gestionnaires par les dispositions des directives cadre sur l'eau et les inondations, il est nécessaire de progresser sur la compréhension et la modélisation des flux d'eau et de polluants dans ces territoires. Pour les gestionnaires, les outils développés doivent permettre un diagnostic de la situation actuelle en terme d'impact sur le régime hydrologique des cours d'eau, notamment les inondations, mais aussi sur les milieux récepteurs. Ils doivent aussi permettre d'évaluer différentes stratégies de gestion des effluents urbains afin de minimiser cet impact.

Sur la période couverte par ce rapport, les questions scientifiques suivantes ont plus particulièrement été abordées :

- Quelle est la part des écoulements liée aux apports des zones rurales et urbaines et comment en tenir compte dans une modélisation hydrologique spatialisée ?
- Quelles sont les interactions entre la surface, le réseau souterrain et les rivières au cours des crues inondant des secteurs urbains ?
- Quels sont les flux polluants :

c) Principaux résultats scientifiques

Quantification des flux d'eau dans les bassins péri-urbains et modélisation hydrologique spatialisée

Les résultats obtenus sur ce thème sont majoritairement issus du projet ANR AVuPUR qui avait pour objectif de produire des connaissances et des outils de simulations sur l'hydrologie des bassins versants périurbains. Le bassin versant de l'Yzeron était l'un des deux bassins pilote, le second étant un bassin suivi pas l'ONEVU (Chézine à Nantes). Une partie de ces travaux est publiée dans un numéro spécial de Journal of Hydrology sur l'hydrologie des bassins péri-urbains en cours de finalisation. Les travaux ont d'une part permis une valorisation des données déjà disponibles dans l'OTHU, l'acquisition de nouvelles données et le développement de modélisations hydrologiques physiques et statistiques. Les modèles physiques ont permis d'aborder deux échelles distinctes : celle du petit bassin versant pour le test d'hypothèses de fonctionnement et la compréhension des processus, celle du bassin versant de taille intermédiaire où des modèles à vocation plus opérationnelle ont été développés et évalués.

Les travaux réalisés ont porté sur :

- L'exploitation des données hydrologiques et des banques de données urbaines et satellitaires pour i) détecter la signature de l'urbanisation sur les débits mesurés (Braud *et al.*, 2012) ; ii) délimiter les frontières des bassins et sous-bassins périurbains (Jankowsky *et al.*, 2012) ; iii) caractériser l'occupation des sols et l'imperméabilisation du milieu à l'aide d'images très haute résolution, tant à l'échelle du BV de quelques km² que de tout l'Yzeron (Jacqueminet *et al.*¹⁵, 2013). Ces cartographies ont aussi servi de support aux ateliers de prospective territoriale visant à élaborer des scénarii d'évolution de l'occupation des sols dans le bassin de l'Yzeron
- La caractérisation du milieu et la compréhension des rôles des zones urbaines et rurales avec i) une campagne d'essais d'infiltration pour documenter les propriétés des sols qui a montré l'impact prépondérant de

¹⁵ 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 special issue on "Hydrology of periurban catchments: processes and modelling", *in press*

l'occupation des sols sur ces dernières (Gonzalez-Sosa *et al.*, 2012) ; ii) la démonstration de l'intérêt des mesures de géophysiques pour caractériser les profondeurs et la nature des sols (Goutaland, 2009) ; iii) Dans la thèse de Sarrazin (2012), nous avons montré que des mesures spatialisées des hauteurs d'eau dans le cours d'eau, aident à mieux comprendre le fonctionnement et la réponse hydrologique des sous-bassins ruraux, les zones en forêt se révélant les plus aptes à stocker de l'eau et les moins connectées au réseau hydrographique alors que les zones agricoles sont plus propices au ruissellement et mieux connectées au réseau. L'apport de données topographiques très haute résolution (MNT lidar) a aussi été montré, en particulier pour identifier les éléments anthropiques venant perturber les écoulements (e.g. fossés) et pour caractériser les brins de cours d'eau toujours en eau de ceux qui le sont de manière intermittente. La combinaison des deux types d'information a permis de proposer une carte de synthèse du fonctionnement du BV du Mercier (Figure 24) ; iv) Dans la thèse de L. Grosprêtre (2011), le débit critique de mise en mouvement des sédiments a été déterminé *in situ* et a permis d'évaluer différentes formulations pour l'estimer. Il a aussi pu être montré que c'était la fréquence des déversements au niveau des déversoirs d'orage (DO) qui était déterminante sur le transport solide et donc le risque d'incision du lit.

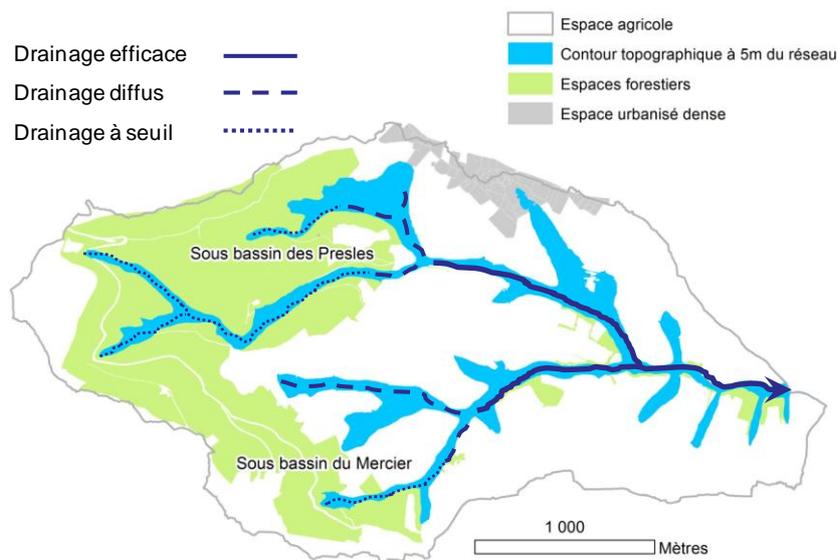


Figure 24. Patron de drainage du Mercier composé de trois tendances fonctionnelles déduites de la caractérisation des dynamiques de drainage (zones de forêt en vert, zones urbanisées en gris, zones de formation de zones saturées en bleu) et de la chenalisation des drains (drains pérennes et toujours en eau en traits pleins, drainage diffus autour des zones saturées en traits discontinus, drains où les écoulements n'ont lieu qu'au-delà d'un seuil de pluie en pointillé).

- Le développement d'une modélisation détaillée des bassins périurbains, le modèle PUMMA (Peri Urban Model for Landscape Management) (thèse S. Jankowsky, 2011) permettant de quantifier les flux issus des différents éléments du paysage et appliqué à un sous-bassin de la Chaudanne (2.6 km²). Le modèle construit dans la plateforme de modélisation LIQUID (Branger *et al.*, 2010) permet de coupler dans l'espace et dans le temps des modules de processus différents pour chaque type d'objets (Figure 25). Le module de production du modèle URBS de parcelle urbaine, développé à l'IFFSTAR par Rodriguez *et al.* (2008)¹⁶ a été intégré à la plate-forme pour représenter l'hydrologie des zones urbaines. Les zones rurales sont représentées par un module dérivé de Viaud *et al.* (2005)¹⁷. De nouveaux modules ont été construits pour représenter les bassins de rétention, les déversoirs d'orage (Jankowsky, 2011). Le modèle permet aussi de prendre en compte plusieurs réseaux, en particulier le réseau naturel et le réseau anthropique. On a montré que le modèle était capable de reproduire le fonctionnement saisonnier lié aux nappes de versant actives en hiver, le régime intermittent du cours d'eau (Figure 26), ainsi que les interactions entre le réseau d'assainissement et le sous-sol (infiltrations parasites dans le réseau). La mise en œuvre de cette modélisation a aussi nécessité une

¹⁶ Rodriguez, F., Andrieu, H., Morena, F., 2008. A distributed hydrological model for urbanized areas - Model development and application to case studies. *Journal of Hydrology*, 351(3-4): 268-287.

¹⁷ Viaud, V., Durand, P., Merot, P., Sauboua, E., and Saâdi, Z. (2005). Modeling the impact of spatial structure of a hedge network on the hydrology of a small catchment in temperate climate. *Agricultural Water Management*, 74(2):135-163.

réflexion approfondie sur le maillage de l'espace pertinent et a nécessité d'automatiser un ensemble importants de traitements géomatiques (Jankowsky, 2012 ; Sanzana *et al.*, soumis¹⁸).

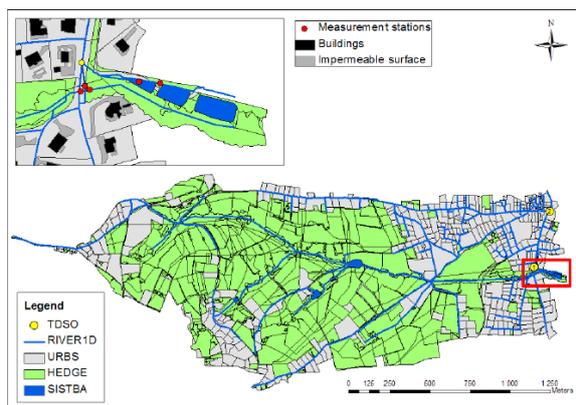


Figure 25. Maillage du bassin de la Chaudanne pour le modèle PUMMA. En gris, les mailles urbaines, en vert, les mailles rurales (forêt, parcelles agricoles, haies).

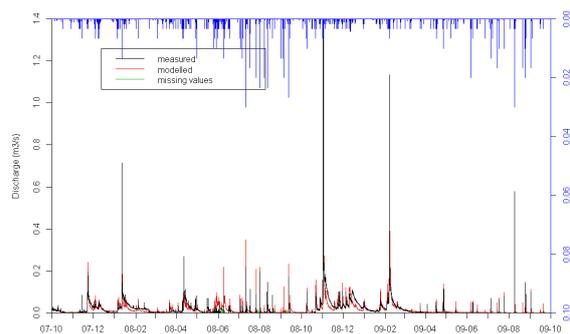


Figure 26. Comparaison des débits observés (noir) et simulés par PUMMA pour 2007-2009.

- L'adaptation de modèles hydrologiques urbain (CANOE) et rural (J2000, Krause, 2002¹⁹) au contexte périurbain pour des bassins de taille intermédiaire (l'ensemble de l'Yzeron). Ce travail a permis de refondre complètement la partie « production » du modèle CANOE dans une structure modulaire appelée Hydrobox (Dorval, 2011), capable de prendre en compte tant les zones urbaines que rurales et leur connexion aux différents réseaux. Quant au modèle J2000, il a, dans un premier temps, été évalué sans calage, au pas de temps journalier, et a montré une bonne capacité à reproduire le cycle saisonnier des écoulements. Une analyse de sensibilité à la façon de décrire l'occupation des sols a montré l'importance de la source d'information, essentiellement sur la partition entre écoulements de surface et de sub-surface (Branger *et al.*, soumis²⁰).
- Le développement d'une modélisation statistique des crues dans les petits bassins périurbains : le modèle QdF dans sa version ruissellement rapide a été adapté aux petits bassins péri-urbains (quelques km²). Il a plus particulièrement été testé sur le bassin urbain de la Camille (Yzeron) (Teixeira, 2012). Les mesures et la modélisation (CANOE) comparée ont montré sa capacité à reproduire les quantiles de ruissellement fréquents et moins fréquents en considérant les surfaces imperméables directement raccordées ainsi que les surfaces perméables connectées pour les pluies fortes. De mise en œuvre simple, ce modèle permet *a priori* de borner sur des bassins non jaugés les prévisions pour des modélisations plus complexes.

Ce projet a permis un travail réellement multidisciplinaire (hydrologie, géomorphologie, géographie physique et humaine, informatique) qui a permis d'obtenir des résultats originaux et de progresser dans la compréhension et la modélisation des écoulements complexes rencontrés dans les bassins périurbains.

Compréhension et modélisation des inondations en villes

Les principaux travaux scientifiques sur la période 2009-2012 ont été menés dans le cadre de la thèse de Pierre-Henri Bazin (2010-2013).

Une partie de ce travail vise à la modélisation des inondations dans un quartier d'Oullins soumis aux débordements du réseau et de l'Yzeron. Pendant les projets Hy2ville et RIVES (2005-2008), un dispositif de mesures (débitmètres, pluviomètres, caméra et limnimètres) avait été mis en œuvre et suivi. Les mesures ont été poursuivies (consultables dans la base BICHE) pour certaines après ces projets puis arrêtées progressivement

¹⁸ Sanzana Cuevas P., Jankowsky, S., Branger F., Braud, I., Vargas, X., Hirschfeld, N., Gironas, J., 2012. Automatic mesh optimization for object-oriented distributed hydrological modelling, *Computers and Geosciences*, submitted.

¹⁹ Krause, P., 2002. Quantifying the impact of land use changes on the water balance of large catchments using the J2000 model. *Phys. Chem. Earth* 27, 663-673.

²⁰ Branger, F., Kermadi, S., Jacqueminet, C., Michel, K., Labbas, M., Krause, P., Kralisch, S., Braud, I., 2012. Assessment of the influence of land use data on the hydrology of a periurban catchment using a distributed modelling approach, *Journal of Hydrology*, submitted.

en fonction soit de la mise hors service du matériel soit à cause de la constatation du caractère inexploitable des données collectées. Seules restent en service un pluviomètre et trois limnimètres sur l'Yzeron dont IRSTEA assure le suivi et le remplacement ou la réparation en cas de défaillance. Les mesures collectées sont exploitées afin de caler d'une part un modèle 1D du réseau comportant les principales conduites d'assainissement et d'autre part un modèle 2D pour les inondations en bord de rivière. A terme, ces deux modèles seront couplés afin d'estimer l'importance des interactions entre les deux systèmes de manière plus détaillée.

Par ailleurs, le travail de thèse s'est appuyé sur des expériences en laboratoire auxquelles le doctorant a participé de manière secondaire ou prépondérante. Il s'agit :

-d'une part d'expériences menées dans le hall hydraulique de l'INSA de Lyon (LMFA) sur des canaux en croix simulant un carrefour. Des obstacles ont été introduits pour estimer leur influence sur les écoulements et, en particulier, la répartition des débits. En outre, il a été vérifié si la modélisation bidimensionnelle reproduisait bien ces effets (Bazin et al., 2012).

- d'autre part d'expériences menées à l'Université de Kyoto pour représenter les interactions entre un écoulement dans une rue et la conduite placée sous cette rue. Les premiers résultats (les expériences se terminant en décembre 2012) feront l'objet d'une communication à Novatech 2013.

Flux de polluants des bassins versants urbains : mesure et modélisation

Sur la période couverte par ce rapport, les sites et les données OTHU ont permis de travailler notamment sur les questions principales suivantes :

- modélisation des concentrations et flux polluants à partir des séries chronologiques pluie – débit – turbidité de 2004 à 2008 sur Chassieu et Ecully.
- mesure et modélisation des concentrations et flux de polluants prioritaires (action ESPRIT du projet Rhodanos au sein du pôle de compétitivité Axelera), avec les sites OTHU comme support expérimental.

Par ailleurs, une analyse globale de toutes les campagnes de mesure sur échantillons effectuées aux exutoires des bassins versants de Chassieu et d'Ecully est en cours au LGCIE. Une présentation des premiers résultats préliminaires a été faite lors du séminaire interne OTHU du 5 juillet 2012. Le traitement et l'analyse de l'ensemble de ces données se poursuit jusqu'à la fin de premier semestre 2013. Ce travail permettra de tirer un bilan de l'ensemble des campagnes, de valoriser ces données peu utilisées jusqu'à présent car non rattachées à un programme de recherche spécifique, et de réviser, le cas échéant, la liste des polluants suivi dans le cadre de l'OTHU.

Modélisation à partir des séries chronologiques

Ces travaux correspondent essentiellement à la thèse de Marjolaine Métadier (2011). Ils se poursuivent depuis dans le cadre du post-doc de Siao Sun (2011-2014).

Les séries chronologiques de l'OTHU (turbidité notamment) ont permis de mieux connaître les concentrations et flux en MES et DCO (voir partie C5 pour le volet métrologique). Sur la période 2004-2008, 263 et 239 événements pluvieux sans aucune lacune sur l'ensemble des grandeurs mesurées, ont été validés, respectivement pour les sites de Chassieu et Ecully. Une étude de temps sec, basée sur 180 jours secs identifiés sur les années 2007-2008, a mis en évidence une importante variabilité des flux à l'échelle de l'année. Ce résultat met en évidence la limite d'un profil moyen annuel par type de jour utilisé dans la plupart des études opérationnelles. Une estimation au plus juste de la contribution du temps sec lors d'un événement pluvieux, basée sur l'exploitation des jours de temps sec les plus proches de l'événement, a été proposée. Des outils semi-automatiques ont été développés à cet effet. Si leur application dans les études opérationnelles est envisageable, l'automatisation de certaines étapes de l'analyse permettrait d'améliorer encore leur efficacité.

L'étude inter-événementielle de la variabilité des flux polluants de temps de pluie a montré la difficulté d'expliquer la variabilité des concentrations moyennes événementielles en MES et en DCO en fonction des caractéristiques des événements pluvieux. Les masses de polluants en revanche sont mieux corrélées, confirmant les résultats d'études antérieures. L'étude des courbes M(V) a permis de caractériser finement la variabilité intra-événementielle : 4 groupes de courbes ont été distingués. Une analyse statistique des caractéristiques des événements pluvieux en fonction des groupes, couplée à une analyse graphique des événements, a permis de mettre en évidence des tendances et de formuler des hypothèses sur les processus de génération des flux polluants, notamment l'influence de l'intensité de la pluie et des conditions antérieures à l'événement. Cet

exercice reste cependant difficile du fait de notre compréhension limitée des processus et de l'utilisation d'outils d'analyses simples.

Sur le volet modélisation, Métadier (2011) a travaillé sur des modèles globaux de types régression. Les résultats confirment tout d'abord la nécessité de développer des modèles locaux, sur la base d'une analyse approfondie des données disponibles. Une méthode de sélection semi-automatique et une méthode de recherche systématique des variables explicatives ont été comparées. Des résultats comparables ou meilleurs suivant les polluants considérés ont été obtenus avec la méthode de recherche systématique. Les meilleurs résultats ont été obtenus pour la modélisation événementielles des masses de MES et de DCO, avec des valeurs du coefficient de Nash et Sutcliffe supérieures à 0.8. Les modèles sont capables de reproduire la variabilité des observations en tendance mais pas les événements individuels. Leur utilisation pour des simulations de longue durée (estimation des flux annuels, dimensionnement d'ouvrages de traitement) est donc pertinente. L'influence des jeux de données utilisés pour le calage et l'évaluation a été étudiée. Les premiers résultats obtenus ont confirmé l'importance de la représentativité des données pour la construction de modèles fiables. Enfin l'analyse de sensibilité aux incertitudes sur les données a montré que la source d'incertitude prépondérante reste la structure du modèle et donc indirectement notre compréhension des processus de génération des flux polluants.

Concernant les modèles accumulation – érosion – transfert, les résultats obtenus sur le site de Chassieu ont mis en évidence la difficulté des modèles actuels à reproduire de manière satisfaisante les pollutogrammes observés. L'analyse des résultats met en avant les raisons suivantes : i) l'utilisation d'un modèle de temps sec trop simple, ii) le manque de séries représentatives pour des événements de faible et moyenne pluviométrie. Cette dernière a en effet été estimée à partir d'un unique pluviomètre pour chaque bassin versant, ce qui explique la mauvaise reproduction des débits, utilisés comme entrée dans le modèle de qualité, iii) un modèle d'érosion par la pluie à améliorer, sur la base de meilleures données pluviométriques. Cette étude a cependant montré l'intérêt de l'application du principe d'apprentissage bayésien à différentes échelles : i) à l'échelle du test d'un modèle : la mise en œuvre d'itérations permet au final une amélioration progressive de la structure du modèle, ii) à l'échelle du jeu de calage : lorsque le modélisateur dispose d'un grand nombre de données, l'application d'un calage en deux temps, d'abord sur une chronique représentative de taille réduite, puis sur la chronique totale semble pertinente.

Les premiers résultats obtenus suggèrent, que dans l'état actuel de notre connaissance des processus physiques, de la même manière qu'il n'existe pas des valeurs transposables des paramètres d'un modèle, il n'existe pas forcément de structure de modèle d'Accumulation-Erosion-Transfert transposable entre sites d'étude. De ce point de vue, l'analyse des données locales, constitue une étape primordiale pour identifier les processus majeurs et proposer une structure de modèle adaptée.

Les pistes explorées en 2011-2012, suite aux conclusions de Métadier (2011), ont été les suivantes : i) méthodes de calage et d'estimation des incertitudes (Sun et Bertrand-Krajewski, 2011, ii) choix optimisé des jeux de données de calage (Sun et Bertrand-Krajewski, 2012a, 2012b), iii) prise en compte combinée de l'ensemble des sources d'incertitudes, iv) correction des entrées pluviométriques (modèles inverses et de facteurs correctifs) (Leonhardt *et al.*, 2013)²¹, v) aide au choix de modèles comparés et formulation de nouveaux modèles dynamiques pour mieux représenter la variabilité des processus mise en évidence grâce aux séries chronologiques en continu de turbidité. Plusieurs publications ont été effectuées sur ces différents aspects, qui seront progressivement intégrés dans une approche globale en 2013-2014 pour établir une méthodologie cohérente de modélisation des flux polluants aux exutoires des bassins versants urbains. Ces travaux sont conduits dans le cadre de collaborations et de groupes de travail internationaux.

Enfin une dernière piste a été explorée par la thèse de Farah Dorval dont l'objet était de développer une méthodologie permettant d'exploiter au mieux des mesures en continu du débit et de différents paramètres physico-chimiques pour : (i) décomposer un hydrogramme mesuré à l'exutoire d'un bassin versant en ces différentes composantes : eaux usées d'origine domestique, eaux usées d'origine industrielle, eaux de ruissellement, eaux parasites permanentes et événementielles, (ii) caractériser le mieux possible chacune de ces composantes, en terme de débit et de qualité. La recherche a utilisé les données de deux des sites de l'OTHU : Chassieu et Ecully. Elle a permis de développer ou d'adapter trois approches originales :

²¹Leonhardt G., Sun S., Rauch W., Bertrand-Krajewski J.-L. (2013). Model based approaches for rainfall estimation in urban catchments. Submitted for Novatech 2013, 11 p.

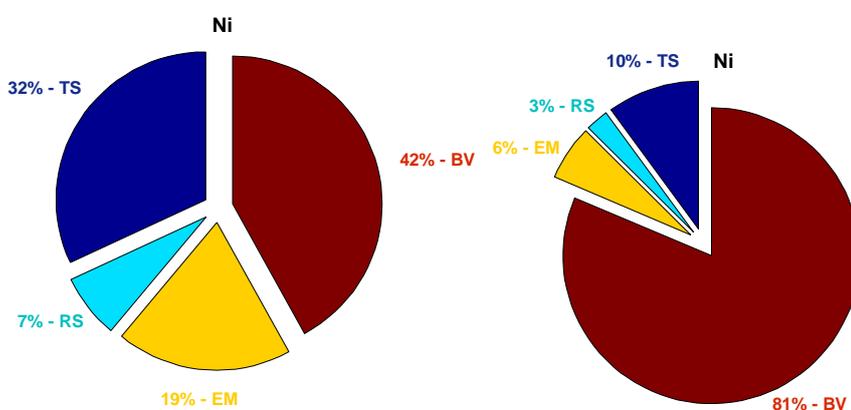
- la décomposition en ondelettes continues qui constitue une méthode potentiellement intéressante pour filtrer le signal et éliminer le bruit dû aux incertitudes de mesure, mais également pour identifier d'éventuelles composantes périodiques.
- La mise au point d'un indicateur spécifique, conçu pour détecter des variations rapides et simultanées de plusieurs des grandeurs mesurées. Cet indicateur permet de détecter clairement les instants d'arrivée d'une eau de nature différente au point de mesure.
- L'utilisation des techniques d'analyse linéaire permettant de déconvoluer le signal, laisse espérer pouvoir recomposer le signal émis original ainsi que la distance entre le point d'émission et le point de mesure.

Flux de micropolluants

Le projet ESPRIT (Évaluation des Substances Prioritaires dans les Rejets Inhérents au Temps de pluie) sur la période 2007-2010, avait pour objectif d'identifier, d'évaluer, de caractériser puis de modéliser les flux de substances prioritaires dans les RUTP dans les systèmes d'assainissement unitaire et séparatif en tenant compte de leurs différentes origines. Le projet ESPRIT a été le support de deux thèses : Becouze-Lareure (2010) et Dembélé (2010). Elle se poursuit à l'heure actuelle au travers de la thèse de Christel Sébastien et du projet ANR INOGEV dont l'un des objectifs est d'homogénéiser procédures et types de polluants à rechercher sur les sites d'URBIS.

Deux sites expérimentaux de l'OTHU ont été choisis pour les campagnes de mesures : Ecully et Chassieu. Les campagnes d'échantillonnage ont permis d'obtenir des concentrations moyennes événementielles à l'exutoire par temps de pluie (CME), des concentrations moyennes journalières par temps sec dans le cas du réseau unitaire, la collecte périodique des dépôts atmosphériques secs et des concentrations événementielles des eaux météoriques. 25 métaux ont été analysés par ICP-MS dans les phases dissoute et particulaire ; le mercure a été analysé séparément par spectrophotométrie de fluorescence atomique (AFS). Une nouvelle méthode d'analyse multi-résidus a été développée, qui permet de quantifier 36 micropolluants organiques dans les phases dissoute et particulaire. Plusieurs techniques de détection sont appliquées dans cette analyse (GS-MS, LC-FLD-MS/MS). Des analyses complémentaires sont également réalisées (MES, DCO, granulométrie, vitesses de chute) afin de mieux caractériser les rejets et évaluer leur traitabilité.

26 campagnes par temps de pluie ont été réalisées sur les deux sites, ainsi que 36 prélèvements d'eaux météoriques et 26 prélèvements de retombées sèches. Les polluants prioritaires sont détectés dans ces différents échantillons, en proportions variables dans les fractions dissoute et particulaire suivant le site et l'événement pluvieux. Une différence significative en termes de concentration et de flux polluants est observée entre les deux bassins versants, pour les métaux et les polluants organiques incluant les pesticides. La variabilité inter-événementielle est significative pour chaque site en termes de concentration (mg/L) et de flux spécifiques (kg/ha), indiquant que des mesures sur le long terme sont nécessaires pour évaluer de manière fiable les flux annuels. Des bilans de masse ont été établis et indiquent les différentes contributions en polluants dans les flux totaux aux exutoires (*Figure 27*).



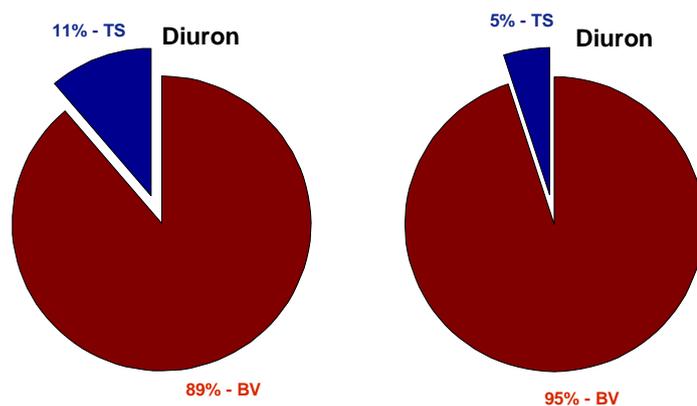


Figure 27. Contributions aux bilans de masse pour le nickel Ni (en haut) et pour le diuron (en bas), pour les deux sites (Ecully à gauche, Chassieu à droite), avec TS = eaux de temps sec, EM = eaux météoriques, RS = retombées atmosphériques sèches et BV = surfaces du bassin versant.

Différents modèles de régression, un modèle empirique et 3 modèles conceptuels ont été évalués avec trois algorithmes de calage différents pour la prédiction des concentrations moyennes événementielles (mg/L) et des flux événementiels (kg) des polluants. Des modèles performants ont été obtenus pour la plupart des polluants étudiés. Cependant, il apparaît que les performances des modèles de flux sont plus élevées que celles des modèles de concentration moyenne. Les modèles de régression varient suivant le site et le polluant.

Le projet ESPRIT a permis de fournir des résultats nouveaux et importants sur les concentrations et les flux de polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie, non seulement aux exutoires des bassins versants, mais aussi, et pour la première fois, en termes de contributions relatives de différentes sources (retombées atmosphériques sèches, eaux météoriques, eaux de temps sec, surfaces des bassins versants). Une première base de données de très bon niveau est désormais disponible (plus de 100 échantillons), qui a permis d'établir des modèles prédictifs performants pour l'ensemble des polluants analysés. Le projet a également permis l'application et le développement de méthodes analytiques présentant soit des limites de quantification plus performantes que la plupart des études antérieures, soit des possibilités d'analyse des polluants organiques en phase particulaire avec des échantillons beaucoup plus faibles. Le travail se poursuit dans le cadre d'INOGEV avec le suivi sur des bassins versants plus variés mais en séparatif pluvial et sur des gammes de substances élargies par exemple aux PBDEs (Cf. page 19 – Données acquises).

d) Principaux résultats opérationnels

Les principaux résultats du projet AVuPUR ont été présentés aux acteurs opérationnels lors de la 1ère conférence OTHU : « *Impact de l'urbanisation sur les rivières périurbaines* ». Compréhension et modélisation des phénomènes hydro-géomorphologiques, le 9 Juin 2011 à l'INSA de Lyon. Outre les actes de la conférence, 5 fiches techniques ont été produites à destination des opérationnels (fiches 22 à 26).

- Délimitation d'un bassin versant périurbain et identification de son réseau de drainage
- Méthodologies d'analyse de tendances sur de longues séries hydrométéorologiques
- Méthodes de cartographie de l'occupation du sol et de son évolution pour le suivi des phénomènes hydrologiques de bassins versants périurbains»
- Méthodes de prospective territoriale pour simuler les évolutions de l'occupation future du sol appliquées à un bassin versant périurbain
- Estimation des incertitudes sur les courbes de tarage

Les principaux résultats substances prioritaires ont également été présentés lors de la 5^{ème} journée technique OTHU en février 2012 ainsi qu'une synthèse des résultats sur les observatoires d'URBIS.

e) Programmes de recherches ayant servi de support

- ANR VMCS AVuPUR (Assessing the Vulnerability of Periurban Rivers) (2008-2011)
- EC2CO BV Péri-urbains Appréhender les évolutions futures des bassins versants périurbains: observation et modélisation hydrologique multi-échelle) (2012-2013)
- Projet bilatéral FAST MUROEI Australie, Université de Melbourne
- Projet ESPRIT, au sein du projet Rhodanos (pôle de compétitivité Axelera – Chimie et Environnement)
- Projet INOGEV Innovations pour la gestion durable de l'eau en Ville - connaissance et maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines (ANR – Villes Durables)

f) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

Internationales

- Université de Melbourne, Australie : projet bilatéral FAST MUROEI, numéro spécial J. Hydrology sur les bassins périurbains (guest editors : I. Braud, H. Andrieu, T. Fletcher)
- Université de Quérétero, Mexique (accueil d'un an de E. Gonzalez-Sosa à IRSTEA) : organisation et exploitation de la campagne d'essais d'infiltration sur le bassin du Mercier
- TU Innsbruck, Autriche : accueil sur 6 mois d'avril à octobre 2012 de G. Leonhardt, en thèse sur les modèles inverses débit – pluie
- TU Delft, Pays-Bas : travail préparatoire sur le calage des modèles et soumission d'un projet collaboratif Van Gogh pour 2013-2014 (projet accepté et financé, notification reçue en novembre 2012).
- Université de Kyoto (séjours de PA. Bazin). Etude des inondations en ville.
- 35 partenaires européens dont 23 organismes de recherche et 12 collectivités

Nationales

- Laboratoires de recherche : IRSTV-Nantes, IFSTTAR, ISARA, Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains (LEESU- ENPC, École des Ponts ParisTech, Université Paris-Est Créteil, Marne-la-Vallée et AgroParisTech), IRSN, CEREAL, le SCA-ISA (Institut des Sciences Analytiques), Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse (Université de Strasbourg) dans le cadre d'INOGEV et AVuPUR
- Institutionnels et collectivités : SAGYRC, ONEVU Nantes, CETE
- Sociétés privées et bureaux d'étude : Hydrowide
- Dans le cadre du projet ESPRIT : SCA-CNRS Lyon, IRSTEA Lyon, Suez Environnement Cirsee, Lyonnaise des Eaux SDEI et Grand Lyon.

g) Perspectives

Concernant la quantification et la modélisation des flux d'eau dans les bassins périurbains, nous poursuivons le développement d'approches de modélisation multi-échelles, afin de disposer d'outils pertinents pour des bassins de taille intermédiaire (100-200 km²) (thèse M. Labbas en cours, projet EC2CO). Il s'agira en particulier d'anticiper l'impact des évolutions de l'occupation des sols et des nouvelles pratiques de gestion des eaux pluviales sur le régime hydrologique des cours d'eau périurbains. Ces outils serviront ainsi à évaluer l'impact de techniques alternatives de gestion des eaux pluviales sur ces cours d'eau à l'échelle d'un bassin versant complet. L'évaluation des outils développés pourra bénéficier des mesures de débits disponibles dans le cadre de l'auto-surveillance des réseaux mise en place par les collectivités.

Sur la base des travaux préliminaires de Métadier (2011), poursuite des travaux de modélisation des flux polluants en travaillant sur plusieurs aspects : i) méthodes bayésiennes de calage et d'estimation des incertitudes, ii) choix optimisé des jeux de données de calage, iii) prise en compte combinée de l'ensemble des sources d'incertitudes, iv) correction des entrées pluviométriques (modèles inverses et de facteurs correctifs), v) aide au choix de modèles comparés et formulation de nouveaux modèles dynamiques pour mieux représenter la variabilité des processus mise en évidence grâce aux séries chronologiques en continu de turbidité. Ces travaux seront conduits en collaboration avec plusieurs partenaires (TU Delft, Pays-Bas – programme collaboratif PHC Van Gogh 2013-2014, TU Innsbruck, Autriche).

Le volet « Compréhension et modélisation des inondations en ville » bénéficiera des installations

du nouveau Hall Hydraulique d'Irstea qui devraient être opérationnelles fin 2013. Le hall sera équipé d'une maquette pour l'étude des interactions entre les écoulements de surface et le réseau d'assainissement (maquette MURI).

h) Production (2009 – 2012)

Thèses

- BECOUBE –LAREURE C. (2010). *Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux*. Thèse de doctorat de l'INSA Lyon
- DEMBELE A. (2010). *MES, DCO et polluants prioritaires des rejets urbains de temps de pluie : mesure et modélisation des flux évènementiels*, Thèse de doctorat de l'INSA Lyon.
- DORVAL F. (2011). *Mise au point de techniques de traitement de données en continu pour l'identification des composantes de débit à l'exutoire des bassins versants urbains : Etude de cas des bassins versants Django Reinhardt et Ecully*. Thèse de doctorat de l'INSA Lyon.
- GROSPRETRE L. (2011). *Dynamique hydro-morphologique, modélisation et gestion de petits systèmes fluviaux périurbains. Recherche méthodologique appliquée au bassin de l'Yzeron*, Thèse de l'Université de Lyon II (partagée avec le thème C4)
- JANKOWFSKY, S. (2011). *Understanding and modelling of hydrological processes in small peri-urban catchments using an object oriented and modular distributed approach. Application to the Chaudanne and Mercier sub-catchments (Yzeron catchment, France)*. Thèse IRSTEA / INPG.
- METADIER M. (2011). *Traitement et analyse de séries chronologiques continues de turbidité pour la formulation et le test de modèles des rejets urbains par temps de pluie*. Thèse de doctorat de l'INSA Lyon (en partenariat avec la Direction Recherche Innovation et Développement Durable de la société SAFEGE), France.
- SARRAZIN B. (2012) MNT et observations multi-locales du réseau de drainage d'un petit bassin versant rural dans une perspective d'aide à la modélisation spatialisée. Thèse de Doctorat : IRSTEA Lyon / ISARA / INPG

Thèses en cours :

- LABBAS M. (2014). 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. Thèse démarrée en Octobre 2011.
- BAZINP.H. (2013). Evaluation des incertitudes dans la modélisation d'une inondation en milieu urbanisé, Thèse de l'Université de Lyon.
- MOMPLOT A. 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 -
- SEBASTIAN C. : 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. (pour 20% de son travail sur ce thème)

Articles dans revues internationales à comité de lecture

- BECOUBE C., WIEST L., BAUDOT R., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., CREN-OLIVÉ C. (2011). Optimisation of pressurised liquid extraction for the ultra-trace quantification of 20 priority substances from the European Water Framework Directive in atmospheric particles by GC–MS and LC–FLD–MS/MS. *Analytica Chimica Acta*, 693(1-2), 47-53. doi:10.1016/j.aca.2011.03.008.
- BRANGER, F., BRAUD, I., DEBIONNE, S., VIALLET, P., DEHOTIN, J., HENINE, H., NEDELEC, Y., ANQUETIN, S. (2010). Towards multi-scale integrated hydrological models using the LIQUID framework. Overview of the concepts and first application examples, *Environmental Modeling & Software*, 25, 1672-1681, doi:10.1016/j.envsoft.2010.06.005.
- BRAUD, I., BREIL, P., THOLLET, F., LAGOUIY, M., BRANGER, F., JACQUEMINET, C., KERMADI, S., MICHEL, K. (2012). Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France, *Journal of Hydrology*, special issue on periurban catchments, 10.1016/j.jhydrol.2012.04.049.
- DELETIC A., DOTTO C.B.S., MCCARTHY D.T., KLEIDORFER M., FRENI G., MANNINA G., UHL M., HENRICH M., FLETCHER T.D., RAUCH W., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., TAIT S. (2011). Assessing Uncertainties in Urban Drainage Models. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 42-44, 3-10.
- DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B. (2010). Calibration of stormwater quality regression models: a random process? *Water Science and Technology*, 62(4), 875-882.

- DEMBELE A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BECOUZE C., BARILLON B. (2011). A new empirical model for stormwater TSS event mean concentrations (EMCs). *Water Science and Technology*, 64(9), 1926-1934. doi: 10.2166/wst.2011.187
- DORVAL F. A., CHOCAT B., EMMANUEL E., LIPEME KOUYI G. (2010). Sewer system flow components identification using signal processing. *Water Science and Technology*, 62(1), 106-114.
- EL KADI, K., LEWICKI, L., PAQUIER, A., RIVIÈRE, N., TRAVIN, G. (2011). Division of a critical flow at three branch open channel intersection. *Journal of Hydraulic Research*, vol. 49, n° 2, p. 231-238
- EL KADI, K., PAQUIER, A., MIGNOT, E. (2009). Modelling flash flood propagation in urban areas using a two-dimensional numerical model. *Natural Hazards*, vol. 50, p. 433-460
- GAMERITH V., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., MOURAD M., RAUCH W. (2011). Implications of long-term stormwater quality modelling for design of combined sewer infrastructure. *Urban Water Journal*, 8(3), 155-166.
- GONZALEZ-SOSA, E., BRAUD, I., DEHOTIN, J., LASSABATÈRE, L., ANGULO-JARAMILLO, R., LAGOY, M., BRANGER, F., JACQUEMINET, C., KERMADI, S., MICHEL, K. (2010). Impact of land use on the hydraulic properties of the topsoil in a small French catchment, *Hydrological Processes*, 24(17), 2382-2399, DOI: 10.1002/hyp.7640.
- 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 special issue on "Hydrology of periurban catchments: processes and modelling"*, in press.
- JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., GIRONAS, J., RODRIGUEZ, F. (2012). Comparison of catchment and network delineation approaches in complex suburban environments. Application to the Chaudanne catchment, France, *Hydrological Processes*, in press, doi: 10.1002/hyp.9506
- LEWICKI, L., PAQUIER, A., EL KADI, K., RIVIERE, N. (2010). Uncertainty in 2-D hydraulic modelling: a case study of an experiment in transcritical flow. *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 37, p. 1014-1023
- MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Assessing dry weather flow contribution in TSS and COD storm event loads in combined sewer systems. *Water Science and Technology*, 63(12), 2983-2991.
- MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). From mess to mass: a methodology for calculating storm event pollutant loads with their uncertainties, from continuous raw data time series. *Water Science and Technology*, 63(3), 369-376.
- MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Pollutographs, concentrations, loads and intra-event mass distributions of pollutants in urban wet weather discharges calculated from long term on line turbidity measurements. *Water Research*, 46(20), 6836-6856
- NAVRATIL O., BREIL P., SCHMITT L., GROSPRÊTRE L., ALBERT M.B. (2012). Hydrogeomorphic adjustments of stream channels disturbed by urban runoff (Yzeron river basin, France). *Journal of Hydrology*, doi:10.1016/j.jhydrol.2012.01.036, in press
- PREUSSER F., SCHMITT L., DELILE D., GROSPRETRE L. (2011). Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of the sedimentation history of the Yzeron basin (Chaudanne sub-catchment), Rhône Valley, France. *Quaternaire*, 22(1), 73-83
- RADOJEVIC, B., BREIL, P., CHOCAT, B. (2010). Assessing impact of global change on flood regimes. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 2(2): 167-179.
- SUN S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012a). On calibration data selection: the case of stormwater quality regression models. *Environmental Modelling & Software*, 35, 61-73.

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

- BRANGER, F., JANKOWFSKY, S., VANNIER, O., VIALLET, P., DEBIONNE, S., BRAUD, I. (2012). Use of open-source GIS for the pre-processing of distributed hydrological models, *Geospatial free and open source software in the 21st century*, Bocher, E., Neteler, M. (Eds), *Lecture notes in Geoinformation and Cartography, Chapter 3*, 35-48.
- LAPLACE, D., MIGNOT, E., PAQUIER, A. (2009). *Génération et propagation des crues en milieu urbain. Chapitre 10. De la goutte de pluie jusqu'à la mer, traité d'hydraulique environnementale, volume 1, processus hydrologiques et fluviaux*, Tanguy, J. M. (ed.), Lavoisier, Paris, France, p. 267-283.

Communications dans des conférences internationales

- BAZIN P.H., BESSETTE A., MIGNOT E., PAQUIER A., RIVIERE N. (2011). Influence of detailed topography when modeling flows in street junction during urban flooding. 5th International Conference on Flood Management (ICFM5), 27-29 September 2011, Tokyo-Japan
- BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., COQUERY M., DEMBÉLÉ A., CREN-OLIVÉ C. (2009). Assessment of fluxes of priority pollutants in stormwater discharges in two urban catchments in Lyon, France. *Geophysical Research Abstracts*, vol 11, abstract n° EGU2009-11867, 1 p.
- BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., COQUERY M., DEMBÉLÉ A., CREN-OLIVÉ C. (2009). Preliminary assessment of fluxes of priority pollutants in stormwater discharges in two urban catchments in Lyon, France. *EMEC 10 - 10th European Meeting on Environmental Chemistry*, Limoges, France, 2-5 December.
- BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., DEMBÉLÉ A., CREN-OLIVÉ C., COQUERY M. (2009). Preliminary assessment of fluxes of priority pollutants in stormwater discharges in two urban catchments in Lyon, France. *Proceedings of the 13th IWA international conference on Diffuse Pollution and Integrated Watershed Management*, Seoul, South Korea, 12-15 October, 10 p.

- BECOUBE-LAREURE C., DEMBÉLÉ A., COQUERY M., CREN-OLIVÉ C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Mass balances of priority pollutants from different sources in urban wet weather discharges. Proceedings of the *12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre, Brazil*, 11-16 September 2011, 8 p.
- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BECOUBE C., DEMBÉLÉ A., COQUERY M., CREN-OLIVÉ C. (2010). Priority substances in stormwater: results of a three year experimental research project. SPN6 - *6th international conference on Sewer Processes and Networks*, Surfers Paradise, Gold Coast, Australia, 7-10 November 2010. (conférence invitée).
- BRANGER, F., BRAUD, I., DEBIONNE, S., DEHOTIN, J., JANKOWFSKY, S., VIALLET, P. (2009). Use of open-source GIS and data base software for the pre-processing of distributed hydrological models built in the LIQUID hydrological modelling framework, *International Opensource Geospatial Research Symposium OGRS 2009*, Nantes, France, 8-10 July 2009, Abstracts Proceedings, 97-99. presentation available at <http://www.ogrs2009.org/doku.php?id=research>
- BRANGER, F., DEBIONNE, S., VIALLET, P., BRAUD, I., JANKOWFSKY, S., VANNIER, O., RODRIGUEZ, F., ANQUETIN, S., (2010). Advances in integrated hydrological modelling using the LIQUID® framework, Proceedings of the *International congress on Environmental Modelling and Software, iEMSS 2010*, 5-8 July 2010, Ontario, Ottawa, Canada, 8 pp. <http://www.iemss.org/iemss2010/index.php?n=Main.Proceedings>
- BRANGER, F., KERMADI, S., KRAUSE, P., LABBAS, M., JACQUEMINET, C., MICHEL, K., BRAUD, I., KRALISCH, S. (2012). Investigating the impact of two decades of urbanization on the water balance of the Yzeron peri-urban catchment, France, *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSS) 2012*, Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany, R. Seppelt, A.A. Voinov, S. Lange, D. Bankamp (Eds.), <http://www.iemss.org/society/index.php/iemss-2012-proceedings>, 8 p.
- BRANGER, F., RENARD, B., LE COZ, J., BONNIFAIT, L. 2011. Assessment of uncertainty of stage-discharge relations through hydraulic and bayesian approach. ICFM5: *5th International Conference on Flood Management*, 27-29 September 2011, Tokyo, Japan.
- BRAUD I., CHANCIBAULT K., DEBIONNE S., LIPEME KOUYI G., SARRAZIN B, JACQUEMINET C., ANDRIEU H., BÉAL D., BOCHER E., BOUTAGHANE H., BRANGER F., BREIL P., CHOCAT B., COMBY J., DEHOTIN J., DRAMAIS G., FURUSHO C., GAGNAGE M., GONZALEZ-SOSA E., GROSPRÊTRE L., HONEGGER A., JANKOWFSKY S., JOLIVEAU T., KERMADI S., LAGOUY M., LEBLOIS E., MARTIN J.Y., MAZAGOL P.O., MICHELL K., MOLINES N., MOSINI M.L., PUECH C., RENARD F., RODRIGUEZ F., SCHMITT L., THOLLET F., VIALLET P. (2010). The AVuPUR project (Assessing the Vulnerability of Peri-Urbans Rivers) : experimental set up, modelling strategy and first results, Proceedings of the *7th Novatech 2010 Conference*, June 28-July 1 2010, Lyon, France, 10p. http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00527564_v1/
- BRAUD, I., CHANCIBAULT, K., DEBIONNE, S., LIPEME KOUYI, G., SARRAZIN, B., JACQUEMINET, C., ANDRIEU, H., BÉAL, D., BOCHER, E., BOUTAGHANE, H., BRANGER, F., BREIL, P., CHOCAT, B., COMBY, J., DEHOTIN, J., DRAMAIS, G., FURUSHO, C., GONZALEZ-SOSA, E., GROSPRÊTRE, L., HONEGGER, A., JOLIVEAU, T., KERMADI, S., LAGOUY, M., LEBLOIS, E., LEDUC, T., MAZAGOL, P.O., MICHELL, K., MOLINES, N., PUECH, C., RENARD, F., RODRIGUEZ, F., SCHMITT, L., THOLLET, F., VIALLET, P. (2009). The AVUPUR project (Assessing the Vulnerability of Peri-Urban Rivers), *EGU General Assembly*, 19-24 April 2009, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, EGU2009-3353-1. Oral.
- BRAUD, I., GONZALEZ-SOSA, E., DEHOTIN, J., BRANGER, F., LAGOUY, M. (2009). Characterization and cartography of topsoil hydraulic properties in a French mountainous peri-urban catchment, *EGU General Assembly*, 19-24 April 2009, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, EGU2009-2220-2.
- BREIL, P., RADOJEVIC, B., CHOCAT, B. (2010). Urban development and extreme flow regimes changes, Proceedings of the *6th Friend Conference "Global change: facing risks and threats to water resources"*, 25-29 October 2010, Fez, Morocco, IAHS Public., 340, 314-319.
- DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). A new tool for automatic evaluation and selection of regression models for the prediction of stormwater pollutant event loads. Proceedings of Watermatex 2011 - *8th IWA Symposium on Systems Analysis and Integrated Assessment*, San Sebastian, Spain, 20-22 June, 616-622.
- DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B. (2009). Chronological evolution and sensitivity to the experimental data of calibration and test of stormwater quality regression models. Proceedings of the *8th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling*, Tokyo, Japan, 7-12 September, 8 p.
- DEMBELE A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B., BECOUBE C., CREN-OLIVÉ C., COQUERY M. (2010). Priority pollutants in urban stormwater: a global overview at catchment scale. Proceedings of the *IWA World Water Congress*, Montréal, Canada, 19-24 September, 9 p.
- DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B., BECOUBE C., CREN-OLIVÉ C., COQUERY M. DAUTHUILLE P. (2010). Priority pollutants in urban stormwater: from concentrations and loads analysis to modelling. Proceedings of the *Water Convention, SIWW 2010 - Singapore International Water Week*, Singapore, 28 June - 2 July, 9 p.
- DEMBELE A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BECOUBE C., BARILLON B. (2010). A new empirical model for stormwater TSS event mean concentrations (EMCs). Proceedings of *Novatech 2010*, Lyon, France, 27 June – 1 July, 10 p.
- DORVAL, F. A., CHOCAT B., LIPEME KOUYI G., EMMANUEL, E., 2011 : Use of multi-outlet approach to simulate flow components on urban catchment. *16th International Conference on Urban Drainage*, 11-16 September 2011, Porto Alegre, Brésil.
- DORVAL, F. A., CHOCAT, B., EMMANUEL E., LIPEME KOUYI, G. (2009). Signal processing to identify flow components in sewer system. Actes Colloque International : *Urban Drainage Modelling (UDM) 7-11 septembre 2009*, Tokyo, Japon.
- JACQUEMINET, C., KERMADI, S., MICHEL, C., JANKOWFSKY, S., BRAUD, I., BRANGER, F., BEAL, D., GAGNAGE, M. (2010). Three very high resolution optical images for land use mapping of a suburban catchment: input to distributed hydrological models. *EGU General Assembly*, 2-7 May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, vol. 12, EGU2010-6926.

- JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., RODRIGUEZ, F. (2010). Integration of sewer system maps in topographically based sub-basin delineation in suburban areas. *EGU General Assembly*, 2-7 May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, vol. 12, EGU2010-4553.
- JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., RODRIGUEZ, F., DEBIONNE, S., VIALLET, P. (2011). Influence of urban expansion on the hydrology of small catchments: development of the suburban PUMMA model by coupling of urban and rural hydrological models, *12th International Conference on Urban Drainage*, 11-15 September 2011, Porto Alegre, Bresil, PAPER005132, 8 p.
- JANKOWFSKY, S., SANZANA, P., BRANGER, F., BRAUD, I., PAILLÉ, Y., BROSSARD, F., RODRIGUEZ, F. (2012). Using GRASS and PostgreSQL/PostGIS for the development of automatic preprocessing methods for a distributed vector-based hydrological model, *Open Source Geospatial Research & Education Symposium*, OGRS 2012, Yverdon les Bains, Switzerland, October 24-26 2012, 5 p.
- JANKOWSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., DEBIONNE, S., VIALLET, P., RODRIGUEZ, F. (2010). Development of a suburban catchment model within the LIQUID® framework, *Proceedings of the International congress on Environmental Modelling and Software, iEMSs 2010*, 5-8 July 2010, Ontario, Ottawa, Canada, 9 p. <http://www.iemss.org/iemss2010/index.php?n=Main.Proceedings>
- METADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). INTEREST OF BAYESIAN LEARNING PRINCIPLE FOR STORMWATER QUALITY MODELLING BASED ON TURBIDITY TIME SERIES. 9th UDM - International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia, 3-6 September, 11 p.
- MILOGRANA CORTES J., BAPTISTA M., BARRAUD S, CAMPANA N. (2010). Choice of flood control measures in urban areas – a decision aid tool, 7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, Lyon, France, June 27 - July 1st, 2010, 10 p.
- PAQUIER, A., PONS, F., LEBLOIS, E., RODRIGUEZ, F. (2009). Influence of rainfall distribution on urban flood: a case study. 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment 09/08/2009-14/08/2009, Vancouver, CAN. *Proceedings of 33rd IAHR Congress*. 2383-2390
- PAQUIER, A., TACHRIFT, H., RIVIÈRE, N., EL KADI, K. (2009). Assessing the effects of two non-structural flood mitigation measures using laboratory and real cases. Road map towards a flood resilient urban environment 26/11/2009-27/11/2009, Paris, FRA. *Proceedings Final conference of the COST action C22.8* p.
- RADOJEVIC, B., BREIL, P., CHOCAT, B. (2010). Flood risk mitigation using dry reservoirs in a global change perspective. *Proceedings of the 6th Friend Conference "Global change: facing risks and threats to water resources"*, 25-29 October 2010, Fez, Morocco, IAHS Public., 340, 119-125
- SANZANA, P., JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., VARGAS, X., HITSCHFELD, N. (2012). Automatic pre-processing for an object-oriented distributed hydrological model using GRASS-GIS. *EGU General Assembly*, 22-27 April 2012, Vienna, Austria, Vol. 14, EGU2012-193.
- SANZANA, P., VARGAS, X., GIRONAS, J., JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I. (2012). Representatividad de una red de drenaje mediante el uso de funciones de ancho en una cuenca peri-urbana, XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, 9-12 Septiembre de 2012, San José, Costa Rica, 10 p.
- SARRAZIN, B., BRAUD, I., LAGOUY, M., BAILLY, J.S., PUECH, C., AYROLES, H. (2009). A distributed water level network in ephemeral river reaches to identify the hydrological responses of anthropogenic catchments, *EGU General Assembly*, 19-24 April 2009, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, EGU2009-6103, poster.
- SARRAZIN, B., BRAUD, I., LAGOUY, M., PUECH, C. (2010). Distributed water level sensors for hydrological network monitoring. *EGU Leonardo Topical Conference Series of the hydrological cycle 2010*, Looking at catchment in colours, Luxembourg, 10-12 Novembre 2010.
- SÉBASTIAN C., RUBAN V., MOILLERON R., BARRAUD S., CHEBBO G., GROMAIRE M-C., LORGEUX 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. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
- SUN S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). The calibration of urban stormwater quality models using genetic programming (GP). *Proceedings of CCWI 2011 - 11th International Conference on Computing and Control for the Water Industry*, Exeter, UK, 5-7 Sept., 6 p.
- SUN S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012b). Input variable selection and calibration data selection for storm water quality regression models. *Proceedings of the 9th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling*, Belgrade, Serbia, 3-6 September, 11 p.
- VANROLLEGHEM P.A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BROWN R., CROKE B., KAPELAN Z., KLEIDORFER M., KUCZERA G., MCCARTHY D., MIKKELSEN P.S., RAUCH W., REFSGAARD J.C., DELETIC A. (2011). Uncertainties in water system models - breaking down the water discipline silos. *Watermatex 2011 - 8th IWA Symposium on Systems Analysis and Integrated Assessment*, San Sebastian, Spain, 20-22 June, 81-84.

Articles dans des revues nationales

- DEMBELE A., BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., CREN-OLIVE C., BARILLON B., COQUERY M. (2009). Quantification des polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie - Les premiers résultats du projet de recherche ESPRIT mené sur deux bassins versants. *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 4, 60-76. ISSN 0299-7258.

Communications à des conférences nationales

- BEAL D., GAGNAGE M., JACQUEMINET C., KERMADI S., MICHEL C., JANKOWFSKY S., BRANGER F., BRAUD I. (2009). Cartographie de l'occupation du sol pour la modélisation hydrologique spatialisée du cycle de l'eau en zone péri-urbaine,

- Proceedings 2ème atelier SIDE2009 *Systèmes d'Informations et de Décision pour l'Environnement*, Biramonte S., Miralles, A., Pinet, F. (Eds), Toulouse, France, May 26 2009, 23-32. Proceedings available at <http://eric.univ-lyon2.fr/~sbimonte/side2009.html>
- BECOUCHE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., DEMBELE A., CREN-OLIVE C., COQUERY M. (2009). Evaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains par temps de pluie et les retombées atmosphériques. Actes des 27èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC, Saint-Malo, France, 3-5 juin, article AUGC2009 01/10, 15 p.
- BECOUCHE C., DEMBELE A., BAUGROS J.-B., WIEST L., BAUDOT R., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B., CREN-OLIVE C. (2009). Etude du transport de polluants prioritaires sur des sols urbains par l'analyse des retombées atmosphériques sèches. Actes des 2° Rencontres nationales de la Recherche sur les sites et sols pollués : pollutions locales et diffuses, Paris, France, 20-21 octobre, 6 p.
- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Ruissellement urbain et micropolluants. Actes de la 3° conférence GRAIE-ASTEE « Eau et santé – Eaux, chaîne trophique et santé », Lyon, France, 20 janvier 2011, 41-45. (conférence invitée).
- BRAUD, I., GONZALEZ-SOSA, E., LEBLOIS, E., MASTACHI-LOZA, C., AUBERT, M., JANKOWSKY, S., BAGHDADI, N. (2009). Variabilité spatiale de la teneur en eau de surface des sols nus par mesure in situ et imagerie radar, 34ème Journées Scientifiques du GFHN : Teneur en eau et transferts en milieux poreux: mesures et statistiques à l'échelle stationnelle, 25-26 Novembre 2009, Aix-en Provence, France, 6 p.
- DEMBELE A., BECOUCHE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., CREN-OLIVE C., BARILLON B., COQUERY M. (2009). Quantification des polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie - Les premiers résultats du projet de recherche ESPRIT mené sur deux bassins versants. *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 4, 60-76. ISSN 0299-7258.
- KERMADI, S., BRAUD, I., JACQUEMINET, C., MICHEL, K., BRANGER, F. (2011). Evolution de la pluviométrie dans le bassin péri-urbain de l'Yzeron (Ouest Lyonnais) depuis les années 1970 et caractérisation de l'imperméabilisation, XXIVème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 6-11 Septembre 2011, Rovereto (Italie), 6 p.
- KERMADI, S., BRAUD, I., JACQUEMINET, C., MICHEL, K., BRANGER, F. (2011). Evolution de la pluviométrie dans le bassin péri-urbain de l'Yzeron (Ouest Lyonnais) depuis les années 1970 et caractérisation de l'imperméabilisation, XXIVème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, 6-11 Septembre 2011, Rovereto (Italie), 6 pp, <http://www.climato.be/aic/colloques.html>

Autres

- BARRA A. (2009). Détermination des conditions critiques de mise en mouvement des particules constituant le lit de deux ruisseaux de tête de bassin. (Chaudanne et Presles : Ouest lyonnais). Mémoire de Master I de Géographie, Université Lumière Lyon 2, 128 p.
- BRANGERF., JANKOWFSKY, VANNIERO., VIALLET P., DEBIONNES., BRAUDI. (2011). Use of open-source GIS and data base software for the pre-processing of distributed hydrological models, Geospatial free and open source software in the 21st century, Bocher, E., Neteler, M. (Eds), Lecture notes in Geoinformation and Cartography, 12 p.
- Braud, I. (2011). Méthodologies d'analyse de tendances sur de longues séries hydrométéorologiques, Fiche technique OTHU n°23, 6p.
- BRAUD I., BRANGER F., CHANCIBAULTK., JACQUEMINET C., BREIL P., CHOCAT B., DEBIONNE S., DODANE C., HONEGGER A., JOLIVEAU T., KERMADI S., LEBLOIS E., LIPEME KOUYI G., MICHELK., MOSINI M.-L., RENARD F., RODRIGUEZ F., SARRAZIN B., SCHMITT L., ANDRIEU H., BOCHER E., COMBY J., VIALLET P. (2011). Assessing the Vulnerability of PeriUrban Rivers. Rapport scientifique final du projet AVuPUR (ANR-07-VULN-01), 96 p.
- BRAUD, I., JANKOWFSKY, S., BRANGER, F. (2011). Délimitation d'un bassin versant périurbain et identification de son réseau de drainage, Fiche technique OTHU n°22, 4p.
- BROSSARD F. (2011). Automatisation du prétraitement des données spatiales pour la modélisation hydrologique en zone périurbaine, Mémoire de stage 2ème année, EPMI, Cergy, 46p.
- COULAIS, Clément, 2011. Modélisation du bassin versant de Grézieu la Varenne. Etude du comportement du bassin d'orage, Mémoire de TFE ENTPE, Juin 2011, 65p.
- DELILE H. (2009). Mise en place des formations superficielles dans les fonds de vallée élémentaires du bassin versant de l'Yzeron, Université Lumière Lyon 2, Lyon, France, 208 p.
- GOUTALAND D. (2009). Programme ANR AVuPUR. Prospection géophysique par panneau électrique de trois parcelles d'un sous-bassin de l'Yzeron. Rapport du CETE de Lyon, Juin 2009, 31 p.
- JACQUEMINET C., KERMADI, S., MICHEL K., CHOCAT B. (2011). Méthodes de cartographie de l'occupation du sol et de son évolution pour le suivi des phénomènes hydrologiques de bassins versants périurbains. Fiche Technique OTHU n°24, 4p.
- JANDOT A. (2010). Développement et évaluation d'une modélisation hydrologique simplifiée sur le bassin versant de l'Yzeron dans le cadre du projet AVuPUR. Stage de fin d'études Génie des Procédés, option Génie de l'Environnement, ENSIACET, INP Toulouse, 53 p.
- JOLIVEAU T., DODANE C., HONEGGER, A. (2011). Méthodes de prospective territoriale pour simuler les évolutions de l'occupation future du sol appliquées à un bassin versant périurbains, Fiche Technique OTHU n°25, 4p.
- LABBAS M.(2011). Impacts de la caractérisation de l'occupation des sols par différentes sources sur la simulation des processus hydrologiques. Application au bassin versant de l'Yzeron. Mémoire de fin d'études Master ENGREF « Gestion de l'eau », 51 p.
- MICHEL C. (2009). Exploitation des données de deux sous-bassins versants de l'Yzeron : la Chaudanne et le Mercier. Analyse des données 1997-2008. Master 1 Sciences de l'eau dans l'environnement continental, Université Montpellier 2, Août 2009, 53 p.
- OEHLERC. (2009). Study of spatial dynamics of flows in the hydrographical network. Mémoire de Master recherche, ISARA-Lyon, 78 p.

- PAILLE, Y. (2010). Conceptualisation et modélisation d'une base de données en vue de son implémentation dans un modèle hydrologique distribué. Mémoire de Master 2 Cartographie et Gestion des Espaces à Fortes Contraintes, Université de Nantes, 50 p.
- PAQUIER A. (2009). Modélisation hydrodynamique des inondations en zone urbaine. Colloque CNFSH-2009 : inondations urbaines : quelles synergies pour les recherches hydrologiques ? 11/06/2009-12/06/2009, Marne La Vallée , FRA. 1 p.
- POTIER de LA VARDE, Guillaume (2011).. Modélisation comparée du ruissellement des petits bassins versants urbains en vue d'estimer les rejets de temps de pluie en milieu naturel, Mémoire de fin d'étude ENSGTI, Pau, 54 p.
- PRINCIPATO G. (2010). Calibration d'un hydrogramme géomorphologique sur le bassin du Mercier pour l'étude du fonctionnement du réseau hydrographique. Mémoire de fin d'étude, ENTPE, Vaulx en Velin.
- PRIVOLTG. (2009). Contribution à l'analyse de la mise en place des colluvions sur le bassin versant de l'Yzeron. Etude diachronique fine de l'occupation du sol depuis deux siècles, sur quatre sous-bassins de l'Yzeron : La Chaudanne, le Bouillon, le Verdy et le Prés-Mouchettes. Mémoire de Master I Interface-Nature-Société, Université Lumière Lyon 2, 121 pp + annexes de cartes.
- SANZANA P. (2012). Automatización del procesamiento de unidades de respuesta hidrológica (URHs) con GRASS para un modelo hidrológico distribuido, Master de l'Université de Chile, Chile, 165 p.
- TEIXEIRA (2012). Comparaison de la modélisation mécaniste et statistique du ruissellement de deux bassins urbanisés. Mémoire d'ingénieur Agronome de l'Agrocampus Ouest (Rennes). 59p + annexes.

C.3. IMPACT DES RUTP sur le SOL et la NAPPE : Amélioration des connaissances, modélisation et développement d'outils et méthodes en matière de transformations physiques, chimiques, biologiques des systèmes alternatifs de retenue et d'infiltration et impact de ces systèmes sur les nappes – Amélioration des techniques et des processus d'adoption

a) Équipes concernées

LGCIE – INSA (équipe DEEP),
 LEHNA (équipes E3S et IPE),
 BRGM,
 LEM (équipe BPOE)

b) Objectifs scientifiques et opérationnelles

La recherche menée dans ce domaine a pour but de mieux comprendre et modéliser (i) le fonctionnement des ouvrages de rétention/infiltration des eaux de ruissellement pluvial, (ii) le rôle joué par le sol dans le transfert d'eau et de polluants (interface ouvrage / sol et sol de la zone non saturée) et (iii) l'impact de ces infiltrations sur les eaux souterraines.

Elle couple plusieurs approches : des observations *in situ*, dont l'OTHU est le support, qui permet de dégager des propriétés émergentes complétées par des approches expérimentales effectuées au laboratoire qui permettent d'avancer sur la compréhension des mécanismes fins inobservables et non reproductibles sur site.

Les objectifs opérationnels sont : (i) d'améliorer la conception et la gestion des systèmes de retenue et d'infiltration, (ii) d'en évaluer les risques potentiels pour le sol et les nappes et (iii) d'améliorer les conditions de leur suivi dans le temps notamment vis-à-vis de la qualité des eaux souterraines (bon état écologique des masses d'eaux souterraines exigé par le DCE 2000).

c) Principaux résultats scientifiques

Durant ces quatre dernières années, la recherche a visé à développer une meilleure compréhension et/ou modélisation :

- du fonctionnement **des systèmes de rétention/ décantation**. Généralement présents en amont des systèmes d'infiltration de grande taille, ils sont censés jouer un rôle hydraulique en matière de régulation des flux d'eau et supposés piéger les polluants contenus dans les eaux pluviales. Ce piégeage des matières en suspension est également utilisé pour prévenir le colmatage du compartiment infiltration aval.

Compte tenu de nos travaux antérieurs et des études menées par ailleurs, nous avons focalisé nos recherches : (i) sur l'amélioration des modèles de fonctionnement hydrodynamique (eau et particules solides) dans ces systèmes, (ii) sur l'efficacité de ces dispositifs vis-à-vis des substances prioritaires ou dangereuses et les teneurs de ces substances dans les sédiments piégés, (iii) de manière plus récente, sur l'écotoxicité lié à leur rejet et aux sédiments déposés avec le développement d'outils d'analyse spécifique et enfin (iv) l'examen de la présence de contaminants pathogènes.

- du fonctionnement **des systèmes d'infiltration**. Sur ce point l'étude de l'évolution du colmatage et des facteurs prépondérants a été poursuivie ainsi que l'évolution de l'accumulation des métaux lourds au sein de l'interface ouvrage/sol. Le rôle des végétaux et de leur substrat a fait l'objet d'une attention particulière notamment en termes (i) de dynamique des peuplements spontanés au sein des bassins d'infiltration ou en terme d'évolution de la végétation implantée, (ii) de colmatage, (iii) de rétention et mobilité potentielle des polluants (principalement matière organique et métaux). Enfin l'étude et la modélisation du transfert des flux d'eau en milieu hétérogène tels que les sols sous-jacents aux bassins d'infiltration a été complétée.
- de l'**impact des infiltrations sur les eaux souterraines** abordé sur un plan bio-physico-chimique. Des tests de bio-indications ont été développés pour analyser l'impact des systèmes d'infiltration sur la nappe.

Par ailleurs nous avons amorcé une réflexion à caractère social sur les modalités et conditions d'adoption (i) des techniques alternatives d'assainissement pluvial urbain (systèmes de rétention et d'infiltration) et plus généralement les 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) et (ii) les rapports entre pratiques et contamination des environnements.

▪ **Fonctionnement des systèmes de rétention / décantation**

Avancées en matière de modélisation hydrodynamique

Pour améliorer le fonctionnement hydraulique des bassins de retenue/décantation, il est indispensable de maîtriser et mieux modéliser les phénomènes liés au transport des contaminants particulaires et dissous (décantation, transformation chimique et biologique, remise en suspension, dispersion). En général, le débit et les rejets polluants varient en fonction du temps. Cependant, la majorité des études faisant appel à la modélisation hydrodynamique à l'aide des outils CFD (Computational Fluid Dynamics – dynamique des fluides numérique) pour simuler le transport de contaminants dans les bassins de décantation n'a pas accordé suffisamment d'attention à l'effet des variations temporelles sur les mécanismes gouvernant ce transport.

Une nouvelle démarche de modélisation du transport de contaminants à l'aide de l'approche Euler-Lagrange a été développée afin de prendre en compte la remise en suspension dans des conditions transitoires. Pour ce faire, plusieurs fonctions ont été développées et implémentées dans le code de calcul ANSYS FLUENT afin de représenter l'interaction entre les particules et le fond du bassin. La comparaison des résultats des simulations avec les données expérimentales sur l'efficacité de décantation et les zones de dépôt montre que les conditions de type *Bed Turbulent Kinetic Energy (BTKE)* calculé (seuillage de l'énergie cinétique turbulente) et *Bed Shear Stress (BSS)* calculé (seuillage de la contrainte de cisaillement) sont satisfaisantes. Ces modèles ont été appliqués à des bassins pilotes (collaboration avec l'université de Munster en Allemagne) et sont en cours de test dans le cas du bassin Django Reinhardt (Thèse de YAN Hexiang).

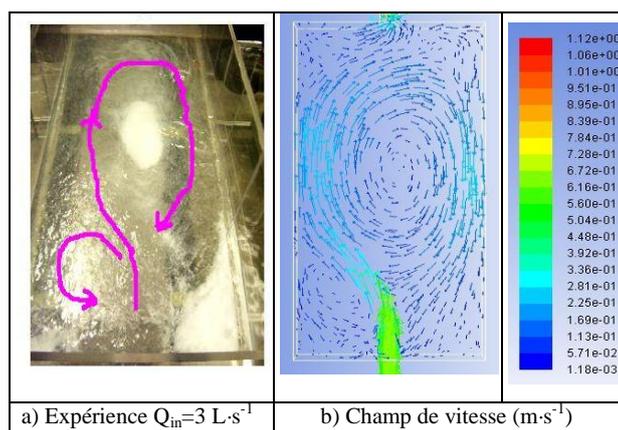


Figure 28. Champs de vitesse et dépôts dans un bassin de retenue-décantation pilote (Dufresne et al., 2009)²²

²²Dufresne M., Vazquez J., and Terfous A. (2009). Experimental investigation and CFD modeling of flow, sedimentation, and solids separation in a combined sewer detention tank. *Computers & Fluids*, 38, 1042-1049.

Avancées en matière de comportement des bassins vis-à-vis du piégeage des MES et des substances prioritaires ou émergentes

Les bassins de retenue-décantation des eaux pluviales sont souvent utilisés pour leur rôle dans l'amélioration de la qualité des rejets urbains par temps de pluie (RUTP) et leur aptitude à retenir la pollution particulaire. L'étude du comportement de ces systèmes vis-à-vis du piégeage des MES et l'étude de quelques micropolluants comme certains métaux lourds et hydrocarbures est documentée dans la littérature mais peu de recherches existent sur une gamme plus complète de micropolluants présents dans les RUTP. Dans le cadre de cette recherche, il a été choisi d'étudier non seulement les substances prioritaires pointées par la Directive Cadre sur l'Eau en 2000 (EC 2000, 2000)²³ dont il a été retrouvé trace dans les RUTP lors de travaux antérieurs (Lamprea, 2009 ; Zgheib *et al.*, 2010 ; Bressy, 2010 ; Becouze-Lareure, 2010)²⁴ mais également des substances peu étudiées présentant un risque sanitaire potentiel et fortement utilisées en ville. Au total une centaine de substances a été suivie en termes de concentrations moyennes événementielles sous formes particulaire et dissoute (Cf. § B2-d p 24) lors de 11 campagnes de mesures sur les eaux en entrée et en sortie de bassin. Des protocoles de préparation, d'échantillonnage et d'analyse ont ainsi été développés dans le cadre du projet INOGEV au sein d'URBIS (Sébastien *et al.*, 2011). Des prélèvements de sédiments accumulés ont été réalisés sur les mêmes substances.

Les premiers résultats en termes d'efficacité *événementielles* sont donnés à la *Figure 29*. Ils confirment les bonnes performances des bassins en termes d'abattement de métaux lourds qui sont fortement sous forme particulaire. Un bon abattement est observé pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui présentent un nombre de cycles et les masses molaires les plus élevées et qui sont, pour ceux-là, également majoritairement sous forme particulaire. Les pesticides préférentiellement en phase dissoute ne sont pas retenus. Les premiers résultats sur les polybromodiphényléthers (PBDE) indiquent une efficacité supérieure à 50% pour le BDE209, le plus répandu dans l'environnement mais une efficacité moindre pour les autres.

Le caractère fortement particulaire semble donc un facteur important, mais il n'explique toutefois pas à lui seul le comportement de certains polluants au passage dans le bassin de retenue. Par exemple, les Alkylphénols sont faiblement retenus alors que les distributions particulaires moyennes en entrée et en sortie ne sont pas spécialement faibles (respectivement de 45% pour le 4-Tert-Octylphenol et 61% pour le 4-Nonylphenol).

C'est pourquoi le recours à une modélisation des différentes cinétiques des substances associée à l'hydrodynamique dont les travaux ont été présentés précédemment sera prochainement testée en collaboration avec l'équipe danoise du Department of Environmental Engineering (DTU Environment).

Notons enfin, que les longues séries de données réalisées en continu (permettant une mesure indirecte des quantités de MES entrantes et sortantes du bassin) ont rendu possible l'élaboration de bilans annuels de l'efficacité du système au cours du temps. Alors qu'avant le curage de 2006, le bassin présentait une efficacité de 33%, après curage, l'efficacité de piégeage en matière de MES est remontée à 75% en 2007 et n'a cessé de se dégrader au cours du temps (61% en 2008, 54% en 2009 et 52% en 2010). Nous pouvons alors observer que le non curage a une incidence sur l'efficacité des systèmes de décantation avec des remises en suspension très probables en lien avec son hydrodynamique. (Gonzalez-Merchan, 2012).

²³ 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.

²⁴ 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.

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.

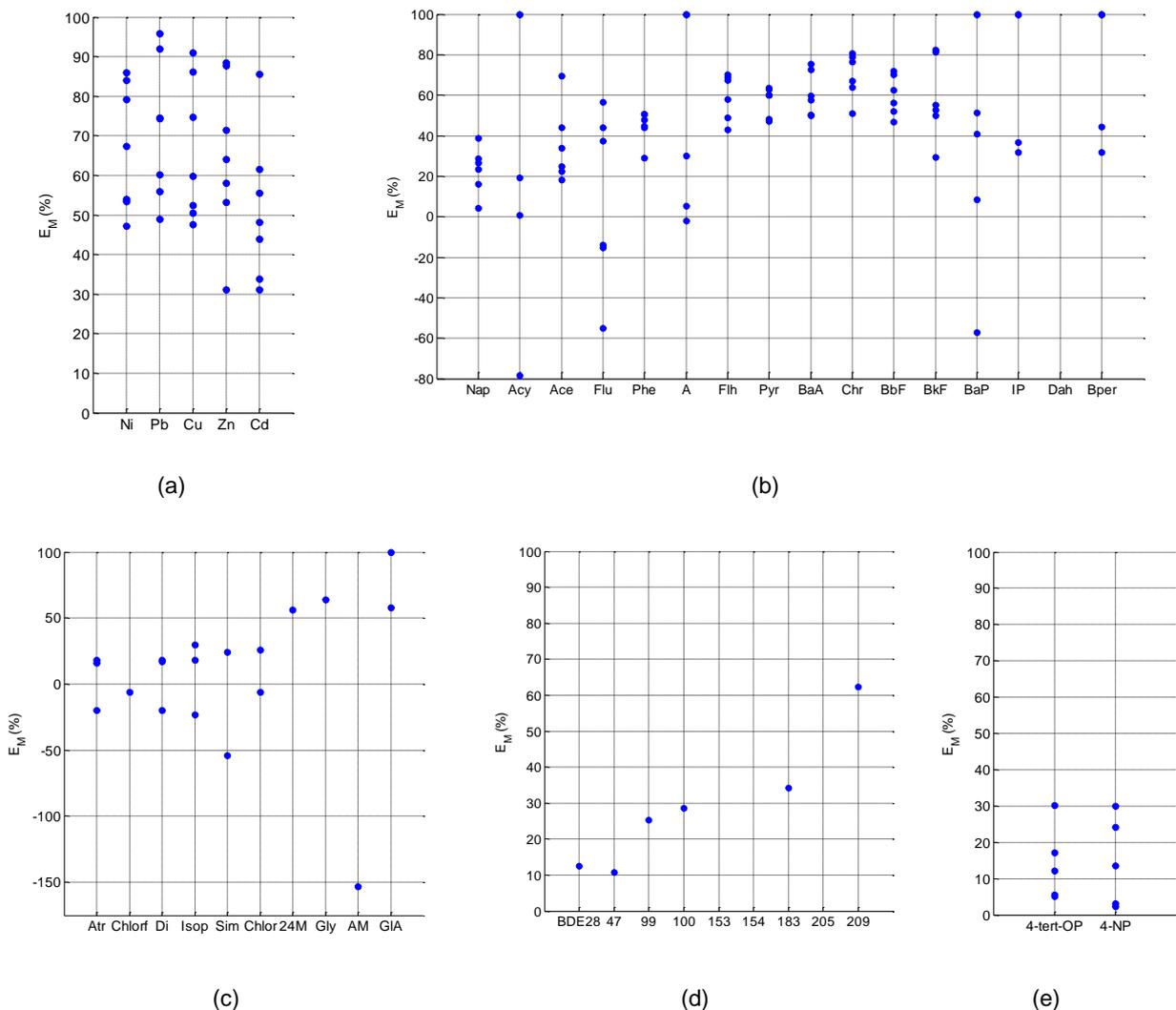


Figure 29. Efficacités évènementielles.

Les graphes présentent les efficacités évènementielles du bassin de rétention de Django Reinhardt vis-à-vis des :
 (a) métaux lourds, (b) HAPs²⁵, (c) pesticides²⁶, (d) PBDEs, (e) Alkylphénols²⁷,

Avancées en matière de caractérisation et suivi de l'écotoxicité des sédiments des bassins de rétention des eaux pluviales

Les travaux antérieurs et ceux présentés ci-avant, menés sur la chimie des eaux et des sédiments ont montré que le contenu de polluants véhiculés par les RUTPs, transitant ou se déposant dans les systèmes de rétention/décantation pouvait être non négligeable. Cependant, le contenu chimique total ou extractible renseigne très mal sur la toxicité potentielle vis-à-vis des organismes vivants. De plus les actions combinées liées à la présence de mélanges de polluants (e.g. : effets de synergie et/ou d'antagonisme) ne peuvent être prévues à partir d'une liste, même très détaillée, de ces polluants.

Comme nous en avons émis la volonté lors du dernier conseil scientifique, nous avons exploré les caractéristiques écotoxicologiques des effluents et des sédiments de ces systèmes.

²⁵Parmi ceux quantifiés : Naphtalène (Nap), Acénaphtylène (Acy), Acénaphène (Ace), Fluorène (Flu), Phénanthrène (Phe), Anthracène (A), Fluoranthène (Flh), Pyrène (Pyr), Benzo(a)anthracène (BaA), Chrysène (Chr), Benzo(b)fluoranthène (BbF), Benzo(k)fluoranthène (BkF), Benzo(a)pyrène (BaP), Indeno(1,2,3-cd)pyrene (IP), Dibenzo(a,h)anthracène (Dah), Benzo(g,h,i)perylene (Bper)

²⁶Parmi ceux quantifiés : Atrazine (Atr), Chlorfenvinphos (Chlorf), Diuron (Di), Isoproturon (Isop), Simazine (Sim), Chlorpyrifos (Chlor), 2_4, MCPA (24M), Glyphosate (Gly), AMPA (AM), Glyphosate ammonium (GIA)

²⁷4-Tert-Octylphenol (4-tert-OP) et 4-Nonylphenol (4-NP)

Cette étude dont les résultats sont soumis à la conférence Novatech 2013 (Gonzalez-Merchan et al., 2013)²⁸ a tout d'abord permis de préciser les outils adaptés pour la caractérisation de l'écotoxicité des eaux et des sédiments urbains²⁹.

Elle a ensuite permis de suivre l'écotoxicité du bassin de Django Reinhardt à partir de prélèvements proportionnels au volume écoulé lors d'un événement pluvieux, ainsi qu'au sein même de l'ouvrage à partir des prélèvements ponctuels de sédiments accumulés dans le bassin.

Ce suivi a montré une écotoxicité réelle mais modérée des sédiments, variable en fonction du temps et de la localisation du prélèvement dans le bassin.

Il a également montré que la réalisation de bio-essais sur des prélèvements ponctuels d'eau pluviale, en entrée ou en sortie de bassin de rétention, était peu exploitable en raison de la variabilité des résultats. En lieu et place d'essais d'écotoxicité sur l'eau, il est proposé de réaliser les mêmes bio-essais que ceux recommandés pour les sédiments, sur les MES collectées tout au long d'un événement, en entrée et en sortie du bassin de rétention. En outre, les différents essais réalisés ont également montré : (i) que les effets biologiques sont plus importants sur la phase particulaire que sur la phase liquide des eaux pluviales et (ii) que les effets biologiques sont plus importants sur le sédiment lui-même que sur sa phase liquide interstitielle.

Une étude complémentaire, réalisée sur 3 autres bassins de rétention de l'Est lyonnais (sites satellites), a en outre permis d'observer une variabilité de la toxicité des sédiments en fonction des caractéristiques du bassin (conception, usage, âge,...). Par exemple, les effets de toxicité au sein du bassin de rétention Django Reinhardt semblent être plus importants en raison de l'âge de l'ouvrage, et des apports par temps sec des entreprises localisées sur le bassin versant industriel.

Avancées en matière de caractérisation de la contamination par pathogènes

Enfin, les études précédentes ont été complétées par une recherche préalable à caractère microbiologique. Pour cela, les sédiments du bassin de retenue / décantation Django Reinhardt ont été caractérisés en 15 points. Les observations préliminaires ont permis de montrer la présence d'agents pathogènes d'origine fécale (*E. coli* et entérocoques intestinaux) notamment sur les zones proches de l'entrée et une présence plus que probable d'agents pathogènes de l'homme dans les bassins de rétention confirmée par une détection d'espèces du genre *Nocardia* (jusqu'à 11400 cfu.g⁻¹). Nous pouvons donc indiquer d'ores et déjà une prévalence significative d'actinomycètes potentiellement pathogènes dans les bassins de retenue. Les *Nocardia* et probablement autres actinomycètes associés aux sites pollués par des HAP (e.g. Mycobactéries non-tuberculeuses, Derz et al. (2004)³⁰) devraient donc faire l'objet d'études approfondies en termes de répartition spatiale et dynamique temporelle depuis leur source. Ceci se fera par approches culturales classiques mais également en développant des approches de PCR quantitatives lorsque les concentrations (>10³ bactéries par g ; e. g. selon Radomski et al. 2010)³¹ s'y prêteront et seront réalisés dans le cadre du projet ANR CABRES et d'une thèse qui débute en 2013 financée par le labex IMU (Claire Bernardin).

²⁸Gonzalez-Merchan C., Perrodin Y., Sébastien C., Bazin C., Winiarski T. & Barraud S. (2013 – *soumise*) Ecotoxicological characterization of sediments from stormwater retention basins. 8th international conference Novatech, 10 p.

²⁹Pour l'écotoxicité chronique des eaux pluviales (Test sur Ostracodes (*Heterocypris incongruens*), Rotifères (*Brachionus Calicyflorus*)) et pour les sédiments (tests sur Ostracodes (*Heterocypris incongruens*) pour la toxicité chronique, et sur *Vibrio Fischeri* pour la toxicité aiguë).

³⁰Derz, K., U. Klinner, I. Schphan, E. Stackebrandt et R. M. Kroppenstedt (2004). Mycobacterium pyrenivorans sp. nov., a novel polycyclic-aromatic-hydrocarbon-degrading species. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54(6): 2313-2317.

³¹Radomski N, Cambau E, Moulin L, Haenn S, Moilleron R, Lucas FS. Comparison of culture methods for isolation of nontuberculous mycobacteria from surface waters. *Appl Environ Microbiol.* 2010 Jun;76(11):3514-20.

▪ Fonctionnement des systèmes d'infiltration

Avancées sur le fonctionnement et la caractérisation de l'interface ouvrage /sol

Les travaux sur l'analyse de l'évolution spatio-temporelle du colmatage ont été poursuivis avec la thèse de Carolina Gonzalez-Merchan (2012). Une chronique de 8 années d'évolution de la résistance hydraulique globale et des résistances de fond et des parois normées à 20°C a pu être déterminée grâce à la mesure en continu des débits d'alimentation et températures d'entrée ainsi que des hauteurs d'eau dans le bassin.

Le travail montre que le colmatage est très progressif, qu'il s'opère principalement sur le fond de l'ouvrage et qu'il peut être ralenti par la croissance de végétation (Cf. Figure 30).

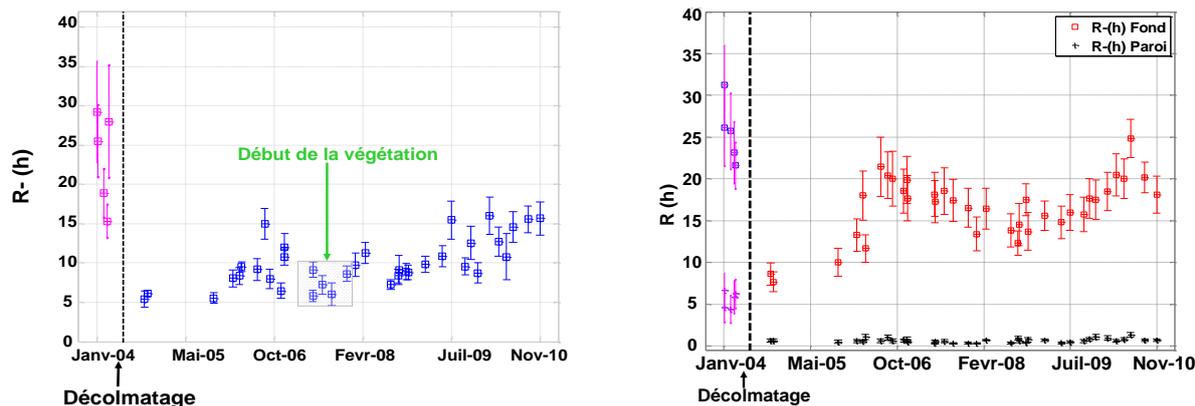


Figure 30. (a) Evolution dans le temps des résistances hydrauliques par événement similaire (même gamme de volume et de hauteur d'eau) ainsi que leur incertitude. (b) Evolution de la résistance hydraulique du fond et des parois avec leurs incertitudes.

Cette analyse a été complétée par 12 campagnes de caractérisation physico-chimique de la couche de fond en 8 zones représentatives sur 2 ans. Le rôle de la végétation sur le colmatage (mesuré grâce à l'acquisition *in situ* des conductivités hydrauliques à saturation) a pu également être mis en évidence.

Globalement on constate que le colmatage présente une composante physique claire. La granulométrie de la couche colmatée est fine (D50 compris entre 8 à 11 μm et D90 entre 20 et 25 μm) tout à fait en rapport avec la granulométrie des particules apportées par les eaux de ruissellement pluvial après passage par un compartiment de décantation. On constate au cours du temps une modification de l'horizon de surface qui tend à devenir plus organique et plus tourbeux. La comparaison de l'épaisseur moyenne de sédiments à la surface du bassin évaluée finement lors de 2 campagnes de mesures en 100 points et l'épaisseur moyenne équivalente issue des apports en MES contenues dans l'eau d'alimentation et acquises en continu nous montrent que 60 à 70 % environ des sédiments de la couche viennent des apports de MES. Les autres pouvant provenir de sources autres que nous n'avons pu identifier avec les informations dont nous disposons et qui peuvent être liées à la présence de végétation et à sa dégradation, aux apports atmosphériques, etc....

L'étude de la biodisponibilité des polluants métalliques au sein des matrices sédimentaires et du rôle du compartiment vivant sur la mobilité des polluants métalliques a été poursuivie. Cette thématique a porté tout d'abord sur l'acquisition des connaissances relatives au compartiment biologique de ces ouvrages : isolement et identification des bactéries présentes, caractérisation de la diversité bactérienne présente (par l'outil SSCP par exemple), recensement floristique des espèces végétales... avant de pouvoir aborder le rôle de ces éléments vivants sur la mobilité de certains métaux dans le cadre de conditions expérimentales contrôlées (suivi de croissance, d'accumulation et de répartition des polluants dans les différents pools du sédiment...).

Nous avons aussi développé certaines approches physico-chimiques (extraction chimique, désorption) mimant ou non la capacité de bioaccumulation des végétaux afin d'avoir des outils pour prédire ou évaluer cette mobilité potentielle. Au travers de la thèse de Muriel Saulais (2011), nous avons cherché à aborder des aspects novateurs sur la végétation qui se met en place dans les ouvrages des eaux pluviales tant à la fois par la connaissance des espèces que par le recouvrement qu'elles occupent. Grâce à l'outil de photographies aériennes prises à l'aide de drone ou de ballons, nous avons pu développer une approche de traitement d'images afin d'estimer les différents « canevas » végétaux présents à l'échelle de l'ouvrage (Cf. Figure 31). Leurs rôles potentiels tant sur l'infiltration

(perspective à long terme) que sur l'accumulation de polluants métalliques (perspective à moyen terme) ont été étudiés.

Le premier volet de ces travaux, consacré à la caractérisation de la végétation se développant dans ces bassins, montré que ces ouvrages abritaient une flore diversifiée, allant d'une végétation rudérale éparse à une végétation dense caractéristique de zones humides. Ensuite, une analyse physico-chimique multiparamétrique d'échantillons prélevés à la surface de bassins colonisés par des espèces végétales dominantes a été réalisée. Nous avons montré que les carbonates et la matière organique contrôlaient particulièrement la mobilité du Cu, Cd et Zn dans ces milieux. Les paramètres les plus variables temporellement et spatialement, sont essentiellement liés au cycle de la matière organique (nitrates, fraction métallique lié à la matière organique) mais également à l'apport de particules anthropiques. Lorsque la plante est à son maximum de croissance, la mobilité potentielle des métaux est la plus élevée alors que la phase de sénescence de la plante semble conduire à un meilleur piégeage de ces contaminants. Cette thèse invite à considérer la végétation comme un agent de transformation de l'horizon de surface et à intégrer cette composante dans les futurs travaux sur la contamination des ouvrages d'assainissement urbain.

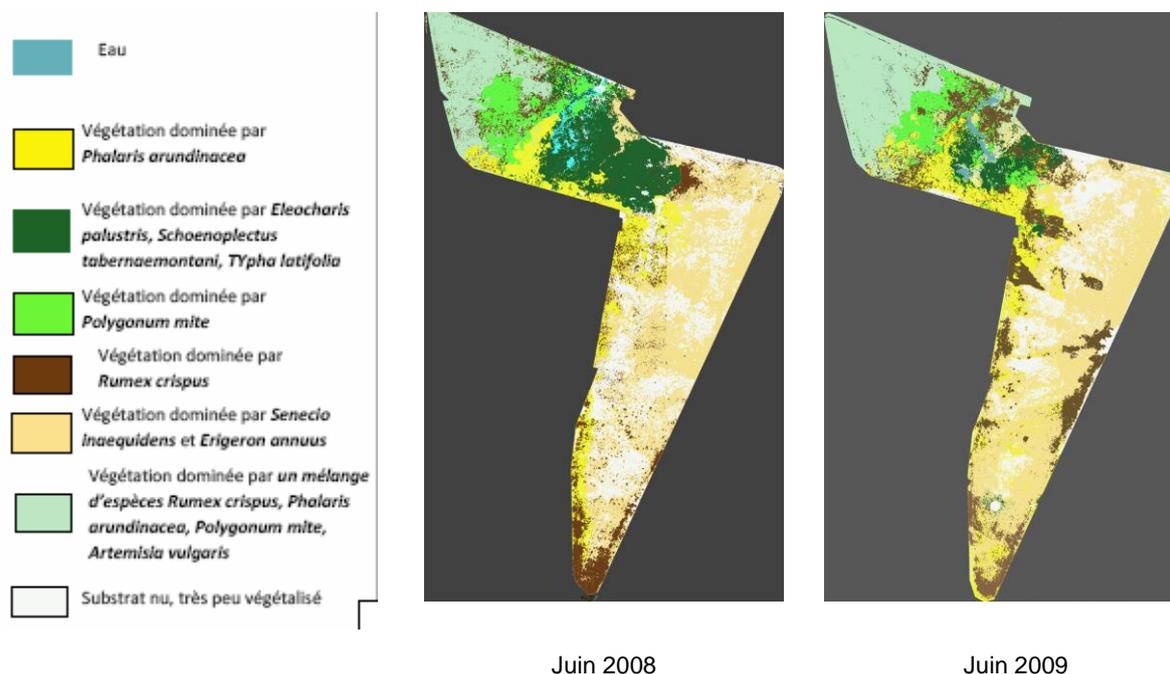


Figure 31. Evolution des groupements végétaux entre juin 2008 et 2009 (Saulais, 2011)

D'un point de vue thématique, l'ouverture de nos connaissances sur l'aspect « matière organique » via par exemple la prise en compte de la « litière » dans ces différentes matrices sédimentaires devrait permettre de faire le lien à la fois sur l'aspect végétal et microbien via la qualité et la contamination de cette litière mais aussi sa dégradabilité et donc le devenir de cette contamination (notion de source secondaire dans le cadre d'une évaluation des risques).

En relation avec la prise en compte de la matière organique dans les propriétés de rétention des contaminants, nous avons, dans le cadre du projet GESSOL FAFF, mené une étude sur la mobilité potentielle de la matière organique et du cuivre sur les matériaux de surface de 20 bassins d'infiltration (sites satellites). Les principaux résultats de cette étude montrent que pour des teneurs en cuivre total supérieures à 150 mg/kg et 5% en COT, la mobilité du cuivre est stable et ne dépend plus de la concentration totale. Ceci peut être expliqué par des mécanismes de solubilisation. Pour les concentrations inférieures, la mobilité du cuivre et du COT est proportionnellement plus grande, montrant des mécanismes de rétention plus réversibles. La maturation et l'accumulation de la matière organique dans les bassins semble donc faciliter la rétention du cuivre même pour des concentrations élevées. Ces résultats vont permettre de donner des fourchettes de solubilité du cuivre dans différents contextes de contamination et faciliter la généralité des connaissances et leur intégration dans des modèles de transfert de contaminants sous le bassin d'infiltration.

Avancées en matière de modélisation du transfert dans la zone non saturée

A partir de travaux préliminaires et grâce au financement du Programme GESSOL - projet FAFF, nous avons caractérisé plus précisément la zone non saturée du bassin d'infiltration Django Reinhardt à l'aide de techniques géophysiques : radar géologique et tomographie électrique. Un modèle géométrique des différents lithofaciés rencontrés a été proposé à l'échelle d'éléments de longueur 20 m, largeur 10 m et profondeur 4 m. Il est ainsi possible d'obtenir une répartition des différentes hétérogénéités de la surface jusqu'à la nappe (environ à 13 m de profondeur).

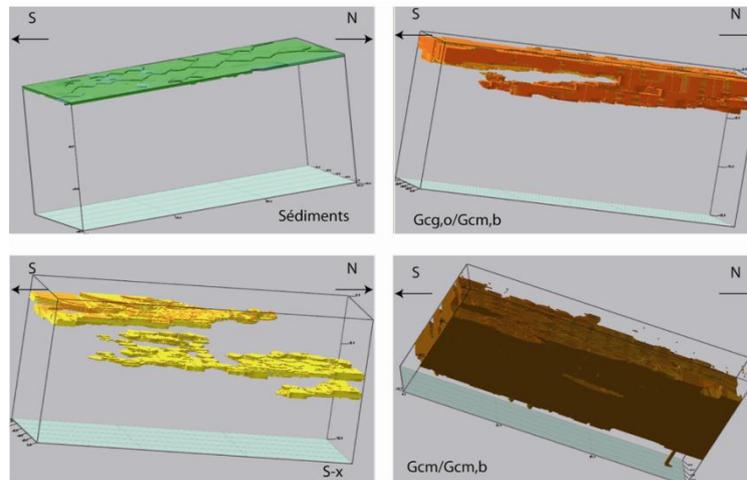


Figure 32. Représentation 3D des différents lithofaciés à partir des données géophysiques et des calculs d'interpolation. Gcm,b : mélange sables +gravier, S-x : sable, Gcm,o : graviers. Echelle : longueur 20 m, largeur 10 m, profondeur 4 m.

A partir de ces résultats et de la réalisation d'essai d'infiltration d'eau sur chacun des lithofaciés, un modèle hydrodynamique a été construit. L'obtention des courbes caractéristiques hydrodynamiques (courbe de rétention d'eau et de conductivité hydraulique) et leur implémentation dans le modèle numérique ont permis la modélisation des écoulements sur une section 2D et pour divers événements de temps sec et pluvieux. La modélisation des écoulements a été réalisée pour plusieurs géométries contenant des degrés d'hétérogénéités différents pour caractériser l'influence de l'hétérogénéité architecturale du dépôt sur les transferts. Les principaux résultats montrent que les petites hétérogénéités (inclusions de graviers sans matrice) peuvent être négligées. Cependant, le milieu ne peut être considéré comme homogène : les flux hydriques de sorties, en phase de drainage, sont plus élevés en présence d'hétérogénéités. En particulier, ce niveau d'hétérogénéité est responsable de l'apparition de phénomènes de barrière capillaire et de l'établissement d'écoulements préférentiels.

▪ Impact des infiltrations d'eau pluviale sur la nappe souterraine

L'impact des infiltrations d'eaux pluviales sur la nappe souterraine a été estimé en combinant suivis de terrain, expérimentation en laboratoire et expérimentation *in situ*.

Observations et suivis à long terme sur le terrain

Sans surprise, l'hydrologie de la nappe souterraine peut être modifiée par les infiltrations d'eaux pluviales. Nous avons pu observer des variabilités des niveaux piézométriques généralement plus fortes en aval de bassin d'infiltration comparé aux mesures effectuées dans les sites de référence situés en amont. Ces augmentations de la variabilité sont particulièrement visibles lors d'événements pluvieux isolés et en aval du bassin de Minerve (variabilité multipliée par 4 à 8 selon les années), Elles sont moins marquées en aval du bassin de l'IUT (augmentation de 10 à 50 % selon les années) et non significatives en aval de Django-Reinhardt et de Granges Blanches. Ces différences inter-bassins soulignent bien la nécessité de prendre en compte le contexte hydrogéologique dans lequel est situé le bassin avant de vouloir estimer son impact quantitatif sur la nappe.

Nous avons aussi pu mesurer l'impact des infiltrations d'eau pluviale sur la physico-chimie des eaux souterraines. Nous avons pu observer :

(1) une augmentation spectaculaire de la variabilité thermique de la nappe, avec des amplitudes pouvant être multipliées par 5 ou 10 en aval de bassin d'infiltration (Minerve, IUT et Granges Blanches) La température de la nappe mesurée en aval de bassin est plus froide en hiver et plus chaude en été que la température de la nappe mesurée en amont du bassin, traduisant bien les effets des apports d'eau météorique (Figure 33).

(2) Du point de vue des solutés, la conductivité électrique, l'Alcalinité, les teneurs en Chlorure et Sulfate sont en moyenne plus faibles dans l'eau souterraine en aval de bassin mais toujours plus variables.

(3) Pour les teneurs en nutriments, nous avons pu mesurer une augmentation des teneurs en Ortho-Phosphate (en aval des 4 bassins étudiés, mais plus particulièrement en aval de IUT et de Granges Blanches), des teneurs en Carbone Organique Dissous (COD, particulièrement à Django-Reinhardt et Minerve) et un comportement inverse des teneurs en Nitrate qui diminuent en aval de bassin soit par simple dilution (diminution identique à celle des teneurs en Chlorure comme à Django-Reinhardt) soit par dilution et consommation bactérienne (diminution plus forte de la concentration en Nitrate que celle des Chlorures utilisés comme traceur conservatif, cas observé à Minerve).

(4) En revanche, nous n'avons que très rarement pu observer des augmentations des teneurs en HAP ou en COV dans la nappe en aval des bassins d'infiltration (à l'exception d'un apport de MTBE en aval du bassin de l'IUT en 2010). Du point de vue de ces substances, les sols des bassins et la zone insaturée sont donc efficaces dans leur rôle protecteur de la nappe.

Un essai d'utilisation d'échantillonneurs passifs (POCIS) en 2011 a permis de mettre en évidence 32 pesticides différents dans la nappe de l'Est Lyonnais : Atrazine (et ses produits de dégradation), Diuron, Metalochlore et Simazine sont les plus fréquents. Toutefois, aucune tendance à l'augmentation amont/aval ne semble systématique.

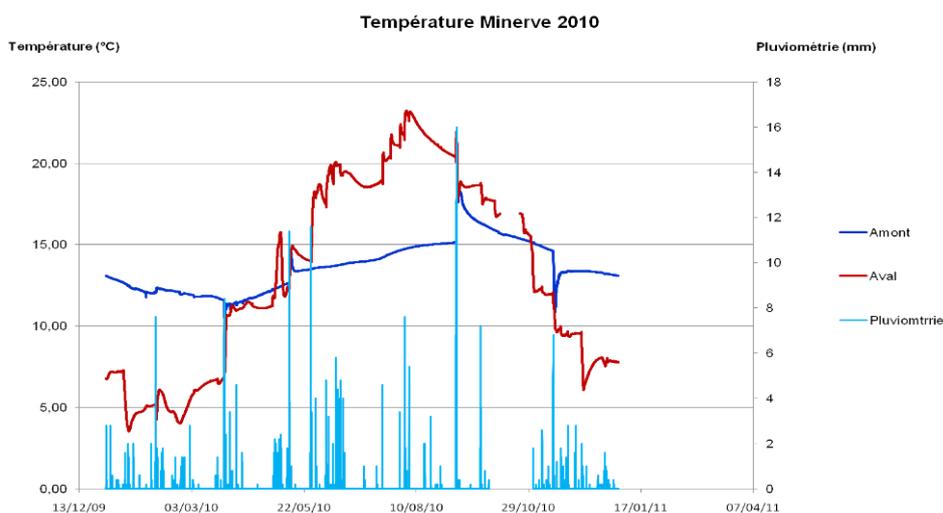


Figure 33. Exemple de variabilité thermique induite en aval du bassin d'infiltration de Minerve (en rouge) par rapport à l'amont (en bleu foncé) qui ne varie que lors des fortes pluies (en bleu clair)

Expérimentations de laboratoire

Les expérimentations en laboratoire menées en 2009 ont permis de montrer que les apports de Carbone Organique Dissous (COD) à la nappe, en aval de bassins d'infiltration, réduisent le stress trophique pour les biofilms microbiens se développant sur les sédiments de nappe. En comparant la dynamique des biofilms observés en laboratoire (poussant sur un COD biodégradable) et celle observée *in situ* dans la nappe en aval de bassin, nous avons pu évaluer que 16% du COD arrivant à la nappe serait biodégradable. Des expérimentations supplémentaires menées en 2011 sur des échantillons récoltés dans les eaux de surface, en zone insaturée, en amont et en aval des trois bassins d'infiltration ont confirmé ces premiers résultats. En utilisant la respiration microbienne comme indicateur de la biodégradabilité du substrat organique contenu dans l'eau, nous avons pu démontrer une diminution de cette biodégradabilité au cours du trajet de l'eau de la surface du bassin à la nappe.

Des expérimentations visant à quantifier l'effet des invertébrés sur la dynamique et les activités du biofilm microbien souterrain ont montré des influences fortement dépendantes du groupe d'invertébrés étudié : les vers Oligochètes qui bioturbent les sédiments ont un effet très significatif alors que les Crustacés Amphipodes souterrains (du genre *Niphargus*) ont un effet réduit car ils consomment une fraction très faible du sédiment et du carbone organique associé. Ces organismes souterrains ont un métabolisme réduit (hypométabolisme) qui limite leur impact sur le recyclage de la ressource carbonée.

Enfin, la mesure de l'impact d'un hydrocarbure aromatique polycyclique (le HAP benzo (a)pyrène) sur les voies de dégradation de la matière organique dans la nappe a permis d'observer que cette molécule induit une forte

baisse de l'activité des vers Oligochètes et, par effet cascade, sur l'effet stimulant des vers sur l'activité des biofilms.

Expérimentations *in situ* : vers l'utilisation d'organismes sentinelles.

Les critères d'évaluation de la qualité des eaux souterraines ne peuvent pas se limiter à des caractéristiques physiques et chimiques, nous avons donc proposé une stratégie originale d'évaluation du degré de perturbation des écosystèmes souterrains à l'aide d'organismes placés *in situ* : des organismes sentinelles.

Nous avons testé l'utilisation de biofilms microbiens se développant sur des billes de verres immergées dans l'eau de la nappe en utilisant les piézomètres situés en amont et en aval des bassins d'infiltration. Au cours de l'automne 2010 et du printemps 2011, nous avons pu observer que la biomasse et les activités des biofilms incubés en aval de bassins d'infiltration étaient supérieures à celles mesurées en amont, que ces caractéristiques des micro-organismes étaient corrélées positivement aux teneurs en Carbone Organique Dissous et que les Ortho-Phosphates pouvaient eux aussi jouer un rôle dans la dynamique des communautés microbiennes. Toutefois, les pentes de ces relations biofilms/DOC varient au cours des saisons, laissant supposer que la biodégradabilité des substances apportées avec les eaux pluviales est plus forte au printemps qu'à l'automne.

Nous avons aussi utilisé des Crustacés encagés pour jouer le rôle de sentinelles. Après avoir testé quatre espèces (trois Amphipodes et un Isopode), deux Amphipodes (*Gammarus pulex* animal épigé et *Niphargus rhenorhodanensis* animal souterrain) ont été retenus et encagés sur trois semestres, en 2010 et 2011. Les taux de survies des deux espèces étaient souvent inférieurs en aval de bassin par rapport à l'amont (situation de référence). Lorsque leur état physiologique (leurs réserves corporelles) était combiné à leur taux de survie sous la forme d'un indice écophysio-écologique (EPI), nous avons pu observer une diminution de cet indice avec la dégradation de la qualité de l'eau (WQI, Figure 34).

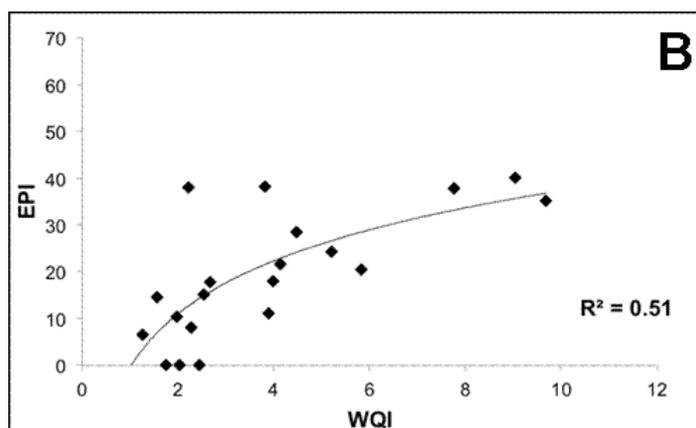


Figure 34. Relation entre qualité de l'eau de nappe (WQI) et indice de bonne santé des organismes sentinelles (EPI), ici pour l'Amphipodes souterrain *Niphargus rhenorhodanensis*.

▪ Modalités, conditions d'adoption des systèmes alternatifs d'assainissement pluvial urbain – usages pratiques et perception

La contribution à ce thème coordonnée par l'équipe ITUS-EVS, équipe travaillant en sciences sociales, porte principalement sur la réception et la généralisation des techniques dites alternatives au « tout-tuyau » : bassins de rétention, bassins d'infiltration, noues, filtres plantés de roseaux. Il s'agit de mieux saisir les modalités par lesquels ces dispositifs trouvent (ou pas) à « se naturaliser » dans la ville. Pour cela, la recherche intéresse d'une part les modes de fabrication de ces dispositifs (en particulier les raisons des choix techniques) et d'autre part leur mobilisation dans l'activité sociale (notamment les pratiques suscitées par ces dispositifs).

Elle s'appuie sur une série d'études de cas situées principalement dans l'agglomération lyonnaise³², des entretiens auprès des acteurs mobilisés dans la fabrication des dispositifs (collectivités territoriales, bureaux d'études techniques, entreprises de réalisation, entreprises gestionnaires) et des observations *in situ* des pratiques appelées par les dispositifs. Les enquêtes sont en cours et l'analyse des données reste partielle. Elle permet d'esquisser de premières conjectures sur les dispositifs d'infiltration et de rétention des eaux pluviales intégrant des aménagements urbains (parcs, squares, jardins publics).

- Ces dispositifs tendraient à appeler des pratiques de jeux, de loisirs et de sports. Ils actualiseraient ainsi des usages propres aux espaces publics urbains. Ce faisant, ils ne détonneraient pas dans l'espace urbain.
- Ces dispositifs apparaîtraient dominants parmi les dispositifs de gestion des eaux urbaines alternatifs au réseau. Compte tenu de leur configuration (intégrés à des espaces publics), leur gestion est assignée à la collectivité. Ce faisant, ils reprennent le modèle économique et organisationnel du réseau (prise en charge par l'impôt et la collectivité, participation au bien commun). La sélection des dispositifs semblerait liée à la robustesse de ce modèle et les dispositifs promus seraient ceux qui permettraient son application, c'est-à-dire ceux qui appelleraient des usages propres aux espaces publics urbains en intégrant des parcs, squares et jardins publics.

La contribution de l'équipe concerne également les rapports entre pratiques et contamination des environnements. Elle vise à mieux comprendre les modes de production et de circulation des contaminants. Pour cela, elle s'appuie sur le projet CABRRES. Le protocole d'enquête est en cours d'élaboration. Il mobilise une étude bibliographique sur l'imputation des contaminants à l'activité des publics et des études de cas (en particulier le bassin Django Reinhardt à Chassieu).

d) Principaux résultats opérationnels

L'ensemble des résultats de ce thème a fait l'objet d'une journée technique OTHU du 9 février 2012 et d'une demi-journée dite « de restitution » avec différents services du Grand Lyon qui s'est déroulé selon un format questions / réponses informelles basés sur les préoccupations directes des services.

Les recherches montrent que :

- le risque de pollution de la nappe au droit d'un système d'infiltration est moindre en termes de métaux lourds ou d'hydrocarbures et que ceux-ci sont piégés par des systèmes de rétention / décantation
- les systèmes de rétention / décantation de grandes tailles sont toutefois peu efficaces pour des polluants autres notamment les pesticides détectés dans les eaux pluviales. Comme ils sont préférentiellement sous forme dissoute, le risque de transfert à la nappe n'est pas à exclure. Cela fait partie des travaux de recherche qu'il faudra mener et qui ont débuté avec le test des capteurs passifs
- dans les systèmes de rétention / décantation comme celui de Chassieu, alors qu'il est alimenté par un réseau séparatif pluvial, il y a présence de contaminants pathogènes d'origine fécale mais aussi environnementale comme les *Norcadia*. Il s'agit maintenant de savoir : quels autres types de pathogènes sont présents dans des systèmes de ce type (ii) s'ils sont virulents (dangereux pour la santé humaine) ou s'ils peuvent le devenir au cours du temps, (iii) si les conditions présentes dans un bassin sont de nature à développer une telle virulence. Ces points seront traités dans le projet ANR-CABRRES
- plus le temps passe plus les performances des systèmes de décantation sont moindres pour les solides et donc pour les polluants associés).

³²Etat fin 2012 : Porte des Alpes (Bron, Chassieu, Saint-Priest), parc Bourlione (Corbas), zone de Miribel Jonage (agglomération lyonnaise), parc Jacob Kaplan (Lyon), chemin de la Beffe (Dardilly), jardins de Quincias (Villefontaine), quartier Confluence (Lyon).

- les sédiments piégés peuvent être pollués et parfois écotoxiques et qu'il y a donc nécessité d'examiner des filières de traitement ou des stratégies de valorisation selon les cas.
- le colmatage d'un bassin d'infiltration se développe principalement sur le fond. Ceci doit être pris en compte dans les méthodes de conception qui préconisent habituellement le fond comme surface infiltrante. Sur Django Reinhardt l'accumulation de sédiment contribuant au colmatage est de l'ordre de 10 mm/an et est d'origine physique à 70%.
- le colmatage peut être freiné par la présence de végétaux mais tous n'ont pas le même rôle. Il pourrait être préconisé alors des types de végétaux adéquats. Cependant l'étude de végétalisation des bassins au cours du temps montre que leur développement échappe aux gestionnaires à moins d'avoir recours à un entretien drastique.
- Enfin les végétaux eux-mêmes implantés ou présents spontanément ne sont pas de nature à « phytoextraire » les polluants notamment métalliques mais que leur substrat est précieux pour piéger les polluants (effets mécaniques favorisant la décantation et la filtration/adsorption par le substrat et non par la plante).

En outre, les études des effets des infiltrations d'eau pluviales sur la qualité de la nappe souterraine ont permis de mettre en évidence le rôle de plusieurs caractéristiques des bassins d'infiltration notamment que :

- plus la surface urbaine alimentant un bassin d'infiltration est grande, plus la perturbation thermique de la nappe est forte,
- moins la zone insaturée est épaisse plus les teneurs en Carbone Organique Dissous apportée à la nappe et les baisses des teneurs en oxygène sont fortes et
- plus les bassins d'infiltration sont âgés et moins ils retiennent les matières organiques apportées par les eaux de ruissellement (Figure 35 ci-dessous). L'ensemble de ces résultats doivent donc inciter les futures constructions de bassins d'infiltration d'eaux pluviales à être réalisées au plus près des sources de ruissellement, en amont de bassin versant (techniques alternatives à la source).

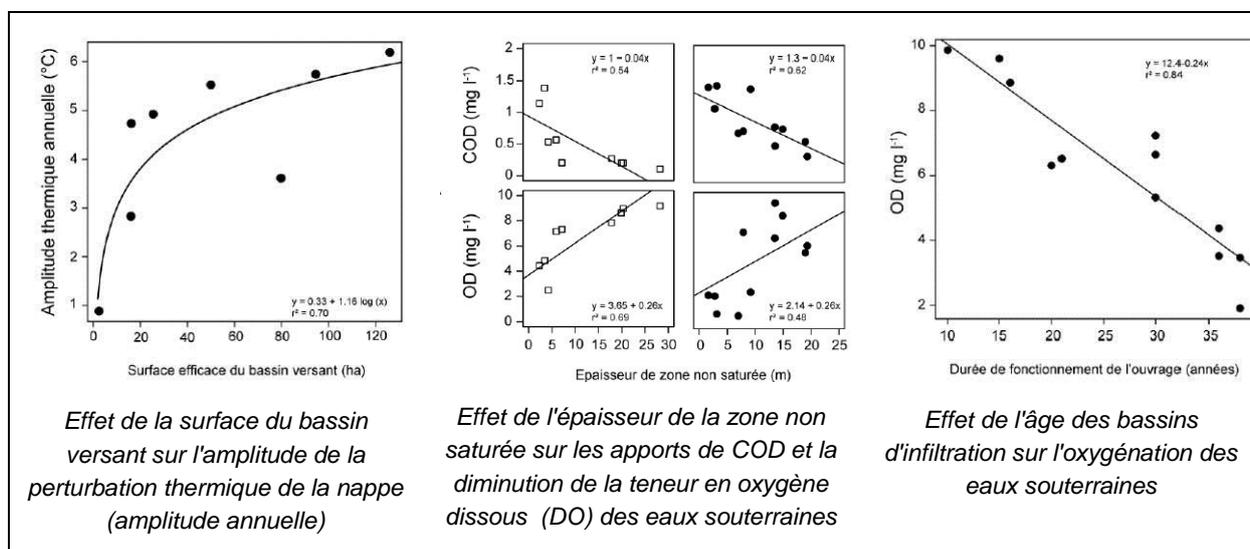


Figure 35.

e) Programmes de recherches ayant servi de support

Programme ANR Villes Durables, projet INOGEV Innovations pour une Gestion Durable de l'Eau en Ville – connaissance et maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines (2009-2013). Coordination (URBIS) : Véronique Ruban

Programme ANR Biodiversité 2006-2010 "InBioProcess" (ANR-2006-BDIV-007) "Linking biodiversity and ecological processes in the subsurface/surface water interfaces for sustainable groundwater management"

Programme EC2CO 2006-2009 – Projet NAPCOD "Fonctionnement de l'horizon supérieur des nappes phréatiques : influence du flux de matière organique dissoute, de la diversité fonctionnelle et d'un HAP sur la dynamique du carbone organique dissous"

Action BR TOX : « Efficacité des bassins de rétention des eaux pluviales en matière d'abattement des flux de substances prioritaires et d'écotoxicité des rejets » de la ZABR, financée par l'Agence de l'Eau (2011-2012). Coordination : Sylvie Barraud LGCIE, INSA de Lyon.

Programme ANR CESA- projet CABBRES, financé par l'ANR (2012-2016). Coordination : Gislain Lipeme Kouyi, LGCIE, INSA de Lyon.

Programme FAFF "Fonction Filtration d'un ouvrage urbain-Conséquence sur la formation d'un anthroposol" 2011-2013 dans le cadre du Programme GESSOL "fonctions environnementales et gestion du patrimoine sol" APR 2009 soutenu par le Ministère de l'écologie du développement durable et l'ADEME- Responsable Scientifique: Thierry Winiarski - L.S.E. – ENTPE - Partenaires: CETE Lyon; LTHE UMR 5564; Réseau Scientifique et Technique du MEEDDM

f) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

Laboratoires : IRSTV-Nantes, IFSTTAR, LEESU- ENPC, École des Ponts ParisTech, Université Paris-Est Créteil, Marne-la-Vallée et AgroParisTech), IRSN, CEREAS, SCA-ISA (Institut des Sciences Analytiques), Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse (Université de Strasbourg) et URBIS dans le cadre d'INOGEV, POLDEN, UMR 5570 pour le traçage isotopique des transferts de métaux (Zn, Cu) dans un ouvrage de rétention/infiltration des eaux pluviales,

Université de Munster en Allemagne sur la modélisation Hydrodynamique, Université Fédérale du Minas Gerais (Brésil) sur la partie colmatage des systèmes d'infiltration. Université Monash (Melbourne – Australie) sur la partie organismes pathogènes et Université de Melbourne sur les aspects infiltration, Pennine Water Group et University of Bradford sur l'aspect social. Department of Environmental Engineering (DTU Environment), Technical University of Denmark pour la modélisation de l'efficacité des bassins de retenue/décantation.

g) Perspectives

Fonctionnement d'un bassin de rétention

L'observation de la répartition spatiale et temporelle des particules sédimentaires physiques, chimiques, écotoxiques et microbiologique dans le Bassin de rétention de Chassieu, est prévue dans le cadre du programme ANR CABBRES. Notons qu'une thèse IMU débutera en 2013 sur l'aspect microbiologique.

Un effort particulier sera porté au devenir et à la gestion des sédiments piégés (filiales de traitement, valorisation des sous-produits, ...). Une thèse en convention CIFRE a été demandée sur ce point en lien avec le Grand Lyon.

Fonctionnement d'un système d'infiltration

Les perspectives sont ici de deux ordres. Il s'agira d'une part de continuer à évaluer le fonctionnement des systèmes d'infiltration et notamment de leur aptitude à piéger des micropolluants prioritaires ou présentant un risque sanitaire, de la toxicité des sédiments et des effluents rejetés vers la nappe et la caractérisation microbiologique.

Il s'agira d'autre part d'évaluer des systèmes d'infiltration d'observation plus à la source (tranchées, noues, ensemble de microstructures) via le développement d'observations sur le campus (Ecocampus), si les moyens le permettent.

Concernant l'interface ouvrage / sol (horizon de surface) et sol sous-jacent

Les principales perspectives sont à court terme de poursuivre la caractérisation de la végétation sur plusieurs bassins. Les perspectives commencées dans le cadre de la thèse de Muriel Saulais (rôle des végétaux sur l'infiltration et sur la pollution) devraient sans doute être ceux qui coupleraient le rôle physique et biologique de ces végétaux sur le fonctionnement d'un bassin d'infiltration des eaux pluviales. Enfin, nous avons une idée « statistique », à un instant donné des flux de métaux et de leurs répartitions, mais encore peu sur une vision dynamique des flux entre les différents compartiments (sédiment, plante, litière). Pour cela, un projet EC2CO a été soumis et accepté. Jean-Philippe Bedell est le co-animateur avec Anne Marie Aucour (ENS Lyon-UMR 5570) et il porte sur le traçage isotopique des transferts de métaux (Zn, Cu) dans un ouvrage de rétention/infiltration des eaux pluviales. Le projet proposé a pour objectif général de quantifier les flux métalliques au travers d'un ouvrage de rétention-filtration en contexte urbain en incluant le rôle de la végétation spontanée in situ.

Pour ce qui est de la mobilité potentielle des métaux et du COT, l'ambition est de croiser ces informations avec les autres éléments de caractérisations des 20 bassins étudiés dans le projet FAFF pour pouvoir mettre en avant des typologie de bassin et de situation et des risques de mobilité associés.

L'arrivée en octobre 2012 (Bourse MRT) d'un doctorant permettra également l'analyse géophysique de la totalité du bassin afin de proposer une géométrie à partir de laquelle un premier modèle d'écoulement en milieu non saturée en 3D pourra être fabriqué (Hydrus 3D pro). Un second modèle de transfert de polluant sera ensuite proposé.

Nappe

Les équipements de suivi en continu des caractéristiques des nappes souterraines en amont et en aval des bassins d'infiltration arrivent en fin de vie. Nous avons commencé à renouveler les sondes multi-paramètres les plus âgées. Cet effort de rajeunissement des équipements doit se poursuivre. Après plusieurs années de suivi de la concentration en Oxygène dissous, notre équipe avait fini par renoncer à la mesure de ce paramètre pourtant très intégrateur des conditions écologiques régnant dans la nappe. Nous testons actuellement des sondes optodes plus stables et plus solides que les classiques sondes à membranes. L'équipement de deux piézomètres par site avec ce type de sondes serait une possibilité d'évolution intéressante des suivis en continu. L'amélioration des techniques d'utilisation des biofilms et des invertébrés sentinelles doit se poursuivre afin d'aboutir en une méthodologie simple et efficace. Enfin, l'étude du devenir et de la dynamique des agents pathogènes dans les bassins d'infiltration, leur sol, leur zone insaturée et enfin dans la nappe sous-jacente constitue une perspective stimulante pour les années à venir.

h) Production (2009 – 2012)

Thèses :

- BADIN A.-L. (2009). Répartition et influence de la matière organique et des microorganismes sur l'agrégation et le relargage de polluants dans des sédiments issus de l'infiltration d'eaux pluviales. INSA de Lyon. France, 231 p.
- SAULAIS M. (2011). Colonisation végétale des bassins d'infiltration et de rétention. Caractérisation de la flore et évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface végétalisé. Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées, 245 p.
- GONZALEZ-MERCHAN C. (2012). Amélioration des connaissances sur le colmatage des systèmes d'infiltration d'eaux pluviales. Thèse de doctorat : INSA Lyon. 298 p.
- FOULQUIER A. (2009) Ecologie fonctionnelle dans les nappes phréatiques : liens entre flux de matière organique, activité et biodiversité biologiques, Thèse de doctorat de l'Université Lyon I, 254 p.
- FOURNEL J. (2012). Systèmes Extensifs de Gestion et de Traitement des Eaux Urbaines de Temps de Pluie, Thèse de doctorat de l'Université Montpellier 2 - Sciences et Techniques du Languedoc, en cours d'édition.

Thèses en cours :

- 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 ITUS – lab. EVS – UMR CNRS 5600, INSA Lyon.
- PATOUILLEARD C. : Modalités d'adoption des techniques alternatives d'assainissement pluvial urbain. Equipe ITUS – lab. EVS – UMR CNRS 5600, INSA Lyon.
- BAATI S. : Fabriquer et user des systèmes techniques. Le cas des systèmes d'assainissement urbain. Equipe ITUS – lab. EVS – UMR CNRS 5600.
- BIEN L. : 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

- COUVIDAT J. : Optimisation des sédiments et boues de curage pour leur valorisation en matières premières. Direction scientifique : Equipe DEEP- LGCIE - INSA Lyon.
- HESSE S. : Etude du rôle des micro-organismes des sédiments des bassins d'infiltration des eaux pluviales. Direction scientifique : Equipe IPEENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023
- HEXIANG Y. : Métrologie et modélisation hydrodynamique 2D/3D de la sédimentation en bassins de rétention d'eaux pluviales urbaines. Equipe DEEP- LGCIE - INSA Lyon.
- QUEYRON M. : Mobilité des polluants dans différentes typologies de dépôts de sédiments - Direction scientifique : Equipe IPEENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023
- SEBASTIAN C. : 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. (pour 80% de son travail sur ce thème)
- BERNARDIN C. : Origine, diversité et dangerosité des Nocardia d'un bassin de rétention des eaux pluviales en milieu urbain. Co-direction Equipe scientifique : LEM – Université Lyon I – VetAgro - UMR CNRS 5557 DEEP / LGCIE - INSA Lyon

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

- BAPTISTA M., NASCIMENTO N., BARRAUD S. (2011). *Técnicas compensatorias em drenagem urbana, (Deuxième édition – édition augmentée)* Porto Alegre: ABRH, Brasil, 2011, 318 p. ISBN 858868 631-7.

Articles dans revues internationales à comité de lecture

- BADIN, A.L., MOSTAFA, T., BERTRAND, C., MONIER, A., DELOLME, C., GEREMIA, R.A., BEDELL, J.P. (2012). Microbial communities of urban stormwater sediments: the phylogenetic structure of bacterial communities varies with porosity. *FEMS Microbiology Ecology* 81, 2, 324-338. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2012.01354.x.
- BADIN, A-L., MONIER, A., VOLATIER, L., GEREMIA, R.A., DELOLME, C., BEDELL, J-P., (2011). Structural stability, microbial biomass and community composition of sediments affected by the hydric dynamics of an urban stormwater infiltration basin. *Microbial Ecology*, 61 : 885-897.
- FOULQUIER A., MALARD F., BARRAUD S. AND GIBERT J. (2009). Thermal influence of urban groundwater recharge from stormwater basins. *Hydrological Processes*. 23 (12), 1701-1713.
- FOULQUIER A., MALARD F., MERMILLOD-BLONDIN F., DATRY T., SIMON L., MONTUELLE B. & J. GIBERT (2010). Vertical change in dissolved organic carbon and oxygen at the water table region of an aquifer recharged with stormwater: biological uptake or mixing ? *Biogeochemistry*, 99, 31-47.
- FOULQUIER A., MALARD F., MERMILLOD-BLONDIN F., MONTUELLE B., DOLÉDEC S., VOLAT B., GIBERT J. (2011). Surface water linkages regulate trophic interactions in a groundwater food web. *Ecosystems*, 14, 1339-1353.
- FOULQUIER A., MERMILLOD-BLONDIN F., MALARD F., GIBERT J. (2011) Response of sediment biofilm to increased dissolved organic carbon supply in groundwater artificially recharged with stormwater. *Journal of Soils and Sediments* 11(2), 382-393.
- FOULQUIER A., SIMON L., GILBERT F., FOUREL F., MALARD F. & F. MERMILLOD-BLONDIN (2010) Relative influences of DOC flux and subterranean fauna on microbial abundance and activity in aquifer sediments: new insights from 13C-tracer experiments. *Freshwater Biology*, 55, 1560-1576.
- GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LE COUSTUMER S., FLETCHER T. (2012). Monitoring of clogging evolution in the stormwater infiltration system and determinant factors. *European Journal of Environmental & Civil Engineering*, 16 (1), 34-47.
- LASSABATERE L., ANGULO-JARAMILLO R., GOUTALAND, D., LETELLIER, L., GAUDET, J. P., WINIARSKI, T., DELOLME, C. (2010). Effect of the settlement of sediments on water infiltration in two urban infiltration basins. *Geoderma* 156 (2010) 316-325.
- LIPEME KOUYI G., BRET P., DIDIER J.-M., CHOCAT B., BILLAT C. (2011). The use of CFD modelling to optimise measurement of overflow rates in a downstream-controlled dual-overflow structure. *Water Science and Technology*, 64 (2), pp 521-527.
- MAAZOUZI, C. PISCART, F. LEGIER, F. HERVANT (2011). Ecophysiological responses to temperature of the "killer shrimp" *Dikerogammarus villosus*: Is the invader really stronger than the native *Gammarus pulex*? *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 159 : 268-274.
- MERMILLOD-BLONDIN F. & LEMOINE D. (2010). Ecosystem engineering by tubificid worms stimulates macrophyte growth in poorly oxygenated wetland sediments. *Functional Ecology* 24, 444-453.
- MERMILLOD-BLONDIN F., FOULQUIER A., MAAZOUZI C., NAVEL S., NEGRETU Y., VIENNEY A., SIMON L. & MARMONIER P. (in press) Ecological assessment of groundwater trophic status by using artificial substrates to monitor biofilm growth and activity. *Ecological Indicators*.
- MOURA P., BARRAUD S., BAPTISTA M.B., MALARD F. (2011). Multicriteria decision-aid method for the evaluation of the performance of stormwater infiltration systems over the time. *Water Science & Technology*, 64 (10), 1993-2000.
- NOGARO G. & MERMILLOD-BLONDIN F. (2009) Stormwater sediment and bioturbation influences on hydraulic functioning, biogeochemical processes, and pollutant dynamics in laboratory infiltration systems. *Environmental Science and Technology*. 43, 3632-3638.
- NOGARO G., MERMILLOD-BLONDIN F., VALETT M.H., FRANÇOIS-CARCAILLET F., GAUDET J-P., LAFONT M. & J. GIBERT (2009) - Ecosystem engineering at the sediment-water interface: bioturbation and consumer-substrate interaction. *Oecologia*, 161, 125-138.

- NOGARO, G., DATRY, T., MERMILLOD-BLONDIN, F., DESCLOUX, S., MONTUELLE, B. (2010). Influence of streambed sediment clogging on microbial processes in the hyporheic zone. *Freshwater Biology* 55, 1288–1302.
- SAULAIS, M., BEDELL, J.P., DELOLME, C., (2011). Cd, Cu and Zn mobility in contaminated sediments from an infiltration basin colonized by wild plants: The case of *Phalaris arundinacea* and *Typha latifolia*. *Water Sciences and Technology*, 64(1): 255-262.
- TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (à paraître). Les clôtures ou l'expérience des limites dans les mondes urbains. Le cas de deux ouvrages de gestion des eaux urbaines dans l'agglomération lyonnaise. *Les cahiers européens des sciences sociales*, numéro spécial « La ville à travers ses limites », à paraître.

Communications dans des conférences internationales avec actes

- AH-LEUNG S. (2012). Entre "nature artificialisée" et "artifice naturalisé": les paysages naturels de l'urbain. Festival International de la géographie de Saint-Dié, 11-14 octobre 2012, Saint-Dié.
- BEDELL J.-P., M. SAULAIS, L. THIBAUT, M. DANJEAN AND C. DELOLME (2011). Field and Laboratory Evaluation of some Trace Elements Availability in Litter of Spontaneous Wild Plants in an Infiltration Basin. *ICOTHE 2011: 11th International Conference on Biogeochemistry of Trace Elements* - Florence, Italy, July 3-7 2011.
- BEDELL J.-P., X. CAPILLA, H. LARMET AND C. DELOLME (2011). Evaluation of the desorption predictability measures of Zn, Cu and Cd for rye grass in several sediments. *ICOTHE 2011: 11th International Conference on Biogeochemistry of Trace Elements* - Florence, Italy, July 3-7.
- GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S. (2011). Spatio-temporal evolution of clogging of stormwater infiltration systems. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
- GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., (2011). Characterization & main factors affecting clogging evolution of Stormwater Infiltration systems. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
- GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LE COUSTOMER S., FLETCHER T. (2010). Monitoring of clogging evolution in the infiltration system. *7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management*, Lyon, France, June 27 - July 1st, 2010, 10 p.
- LIPEME KOUYI G., ARIAS L., BARRAUD S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010). CFD Modelling of flows in a large stormwater detention and settling basin. *7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management*, Lyon, France, June 27 - July 1st, 2010, 10 p.
- LIPEME KOUYI G., ARIAS L., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARRAUD S. (2010). 3D modeling of flows in a large stormwater detention and settling basin. *SimHydro 2010 : Hydraulic modeling and uncertainty*, 2-4 June 2010, Sophia Antipolis,
- SAULAIS M., BEDELL J.-P., LEMOINE D., DELOLME C. (2011). Vegetation patterns evolution of an artificially revegetated stormwater infiltration basin. Session J; *IAVS2011*; Lyon 20 au 24 Juin 2011.
- SAULAIS M., MARSAULT X., SALERI R., LEMOINE D., DELOLME C., BEDELL J.-P. (2011). Plant colonization survey of an stormwater infiltration basin through static and dynamic approaches. Session C; *IAVS2011*; Lyon 20 au 24 Juin 2011.
- SEBASTIAN C., BARRAUD S., BECOUZE-LAREURE C., GONZALEZ-MERCHAN C., BAZIN C., PERRODIN Y. (2012). Micropollutants and ecotoxicity monitoring in a large dry retention / detention basin. *9th International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade (Serbia), 3-7 September 2012*. - 12 p
- SEBASTIAN C., BARRAUD S., PERRODIN Y., COURNOYER B., BLAHA D., RIBUN S. (2011). Assessment of chemical and microbial hazards in a full-scale stormwater detention basin – their characterization, toxicity and fate. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
- SOYER, M., DE ROUBAIX J.-F., DEUTSCH J.-C., BARRAUD S., CHEBBO G., RUBAN V. (2011). HURRBIS: A bottom-up approach gathering local territories and researchers at a national scale. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
- VOSSWINKEL N, LIPEME KOUYI G., EBBERT S., SCHNIEDERS A., MAUS C., LAILY A.-G., MOHN R. & UHL M. (2012) – Influence of transient behaviour on the settling of solids in storm water tanks. *9th Urban Drainage Modelling International Conference, 3rd - 7th September, Belgrad, Serbia*, 8 p.
- WINIARSKI T., LASSABATERE L., ANGULO-JARAMILLO R., GOUTALAND D., (2011). Modelling heterogeneous flow in the vadoze zone underneath a stormwater infiltration basin. *AGU 2011, San Fransisco, USA, 5-6 décembre 2011*.
- YAN H., LIPEME KOUYI G., & BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). 3D modeling of flow, solid transport and settling processes in a large stormwater detention basin. *Proceedings of 12th International Conference on Urban Drainage*, 11th-16th September, Porto Alegre, Brazil, 8p.
- YAN H., LIPEME KOUYI G., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Surface roughness effect on near bed Turbulent Kinetic Energy in a large stormwater detention basin. *the 9th UDM - International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia, 3-6 September*, 11 p.

Articles dans des revues nationales

- GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LIPEME KOUYI G. (2011). Mesure de l'évolution du colmatage d'un ouvrage. *Techniques Sciences & Méthodes Eau*, 10, 2011, 52-61.
- LASSABATERE L., SPADINI L., RAPSAT C., FEVRIER L., DELOLME C., GALVEZ-CLOUTIER R. AND T. WINIARSKI (2010). Modélisation du transfert de trois métaux Zn, Pb et Cd dans un dépôt fluvio-glaciaire carbonaté. *Bulletin du Laboratoire des Ponts et Chaussées*, N°276.

YAN H., LIPEME KOUYI G., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011a). Modélisation numérique 3D des écoulements turbulents à surface libre chargés en polluants particulaires dans un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales. *La Houille Blanche, Revue internationale des sciences de l'Eau*, 5, 40-44.

Communications à des conférences nationales avec actes

- AH-LEUNG S. (2012). Les objets de nature en milieu urbain : le cas des dispositifs techniques de traitement des eaux pluviales dans l'agglomération lyonnaise, *Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine*, ENGEES, 16- 17 octobre 2012, Strasbourg
- BARRAUD S. (2010). L'OTHU : L'observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. *Colloque « Collaborations entre collectivités & Laboratoires de recherche autour de l'Hydrologie Urbaine »*, Nantes, 22-23 novembre 2010, 109 – 120.
- BIEN LE BINH, PEYRARD X., LASSABATERE L., WINIARSKI T., ANGULO-JARAMILLO R. (2010). Transferts d'eau et de particules dans la zone non saturée hétérogène : développement du pilote de laboratoire LUGH. *35^{ème} Journées du GFHN*, 23-25 novembre 2010.
- GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LE COUSTOMER S., FLETCHER T. (2010). Suivi de l'évolution du colmatage dans les ouvrages d'infiltration des eaux pluviales et facteurs influents. *Actes des 28èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, La Bourboule, France, 2-4 juin 2010, 10 p. in [CD ROM].
- GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LE COUSTOMER S., FLETCHER T. (2010). Caractérisation des apports sur un bassin d'infiltration et impact sur son fonctionnement hydraulique. *Journées Franco-Brésiliennes en Hydrologie Urbaine 2010 : Mesure et Gestion des polluants issus des rejets urbains de temps de pluie*. Paris, 22-24 mars 2010.
- GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LIPEME KOUYI G. (2010). Mesure de l'évolution du colmatage d'un ouvrage d'infiltration des eaux pluviales et localisation. *4èmes Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine (JDHU 2010)*, École des Ponts ParisTech - Champs sur Marne, 16 - 17 Novembre 2010. 8 p.
- GOUTALAND D., WINIARSKI T., ANGULO-JAMILLO R., LASSABATERE L., BIÈVRE G., (2010). Caractérisation hydrogéophysique d'un dépôt fluvioglaciaire et modélisation des écoulements en milieu hétérogène. *35^{ème} Journées du GFHN*, 23-25 novembre 2010.
- MARMONIER P., FOULQUIER A., MALARD F., MERMILLOD-BLONDIN F., NOGARO G., HERVANT F., PISCART C., LEGROS C., NEGRUTIU Y. & BARRAUD S. (2010). L'exposition des nappes souterraines aux pollutions urbaines. Exemple de la nappe de l'Est Lyonnais. *23^{èmes} Entretiens Jacques Cartier*, 22-23 novembre 2010, Lyon, France, 6 p.
- MERMILLOD-BLONDIN F., FOULQUIER A., GILBERT F., NAVEL S., SIMON L. (2011) Rôle de la bioturbation sur les activités microbiennes à l'interface eau-sédiment : interaction avec la présence de HAP. *BioProcess "Role of biodiversity in processes at groundwater / surface water interface"*, 24-26 janvier 2011, Lyon, France.
- MOURA P.M., BARRAUD S., BAPTISTA M. (2009). O Funcionamento dos sistemas de infiltração de águas pluvias urbanas, *XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 22-26 de novembro de 2009, Campo Grande – MS (Brazil), 20 p. in [CD ROM].
- PATOUILLARD Céline (2012). L'évolution des dispositifs de gestion des eaux pluviales dans les opérations d'aménagement : études de cas dans l'agglomération lyonnaise. *Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine*, ENGEES, 16- 17 octobre 2012, Strasbourg
- SEBASTIAN C., BARRAUD S. (2010). Comportement d'un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales vis-à-vis des flux de micropolluants et écotoxicité des rejets. *4^{èmes} Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine (JDHU 2010)*, École des Ponts ParisTech - Champs sur Marne, 16 - 17 Novembre 2010. 8 p.
- SEBASTIAN C., BARRAUD S. (2012). Effet d'un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales sur les flux de micropolluants Approche globale. *5^{èmes} Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine (JDHU 2012)*, Strasbourg, 16-17 octobre 2012, 8 p.
- TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2013). Les rapports entre nature et société à l'aune de la nature en ville. *Colloque « Dynamiques environnementales, politiques publiques et pratiques locales : quelles interactions ? »*, UMR 5602 Géographie de l'Environnement (GEODE), 4-7 juin 2013, Toulouse (accepté)
- WINIARSKI T., LABONNE C., ANGULO-JAMILLO R., GOUTALAND D., LASSABATERE L., (2010). Modélisation hydrodynamique de la zone non saturée d'un bassin d'infiltration d'eau pluviale. Effet du degré d'hétérogénéité. *35^{ème} Journées du GFHN*, 23-25 novembre 2010.

Autres

- AH-LEUNG S., TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2012). Végétaux et eaux pluviales. Quand la ville fabrique la nature ? , *5^{ème} Journée technique de l'OTHU*, 9 février 2012, Villeurbanne
- AH-LEUNG S., TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2012), « La fabrique de la nature urbaine : le cas des "objets de nature", usages et fabrication, *Séminaire « Ecologie & Société »*, DIPEE, 30 novembre 2012, Lyon
- BARRAUD S. (2009). Fiche Technique OTHU 11-2 Nouveaux Éléments sur le colmatage des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales, Ed. GRAIE, 4 p Téléchargeable : <http://www.graie.org/othu/pdf/othu/fiches/F11-2.pdf>
- BARRAUD S. (2009). Fiche Technique OTHU 19 Accumulation des métaux au sein des bassins d'infiltration des eaux pluviales, GRAIE, 4 p. Téléchargeable : <http://www.graie.org/othu/pdf/othu/fiches/F19metaux.pdf>
- BARRAUD S. (2009). Fiche Technique OTHU 9-2 Indicateurs de performance de stratégies d'assainissement pluvial par infiltration: Analyse critique. Ed. GRAIE, 4 p Téléchargeable : <http://www.graie.org/othu/pdf/othu/fiches/F09v2.pdf>
- BARRAUD S., TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2011). Les techniques alternatives comme révélateurs de choix de gestion de l'eau en ville : Qu'est-ce que l'exercice de la pluralité scientifique apporte à la

- connaissance et à l'action ? », *Séminaire Interactions Eaux Territoires Sociétés* « *Que voulons-nous observer quand nous observons la dimension sociale*, ZABR, 19 avril 2011, Lyon.
- SAGE J. (2012). Mobilité des métaux et du carbone organique dans les sédiments du l'assainissement pluvial. Mémoire de Master 2 Recherche Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain SEIU, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Vaulx-en-Velin, France, 94 p.
- TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2010). Les services publics locaux de l'environnement observés comme mobilisation des dispositifs techniques et spatiaux dans l'activité urbaine *Séminaire ASTEE*, 3 mars 2010, Paris
- TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2012). Objets de nature et dispositifs techniques urbains. Que nous disent les objets de nature sur les objets techniques et inversement ? », *Séminaire « Nature, objets de nature... Comment la nature travaille-t-elle nos recherches ?* , UMR 5600 Environnement Villes Sociétés, 22 mars 2012, Lyon.

C.4. IMPACT DES RUTP sur les RIVIERES : Amélioration des connaissances, modélisation et développement d'outils et méthodes en matière de d'impacts physiques, chimiques, biologiques des systèmes de gestion des eaux pluviales sur les rivières et méthode d'amélioration de ces systèmes (notamment meilleure gestion des déversoirs d'orage)

a) Équipes concernées

IRSTEA Lyon HHLY,
 Université Lyon 1 & VetAgro Sup UMR CNRS LEM 5557,
 Université Lyon 2 UMR EVS 5600,
 Université Lyon 1 & ENTPE UMR LEHNA 5023,
 Université Lyon, Institut des Sciences Analytiques UMR 5280 LSA

b) Objectifs scientifiques et opérationnelles

Les surverses des réseaux unitaires constituent une importante source d'altération physique, chimique et biologique des petits cours d'eau récepteurs que l'on retrouve en périphérie des villes. Les objectifs de la DCE assignés aux masses d'eau imposent de bien comprendre ces mécanismes d'altération et de proposer des indicateurs d'état (écologique) mais aussi de suivi (tendance, fonction). Cela implique le développement d'une métrologie (capteurs, moyens analytiques, méthodes) adaptée pour accéder aux variables d'intérêt. C'est le cas pour les mesures de flux, d'écotoxicité et de virulence qui sont partie intégrante des développements cognitifs de ce thème.

Sur le plan opérationnel, il est attendu pour l'essentiel des éléments d'adaptation et d'évolution des pratiques de gestion actuelles du ruissellement urbain en incluant une meilleure gestion des risques écologiques et sanitaires. Les espaces périurbains s'avèrent être particulièrement exposés (cours d'eau à faible dilution, interactions entre réseaux d'écoulement naturel, agricole et urbain) mais ils disposent encore d'espaces fonciers libres pour développer des techniques de régulation des rejets urbains de temps de pluie « à la source » ou avant retour au milieu. Mais leur impact combiné (association de techniques alternatives à l'échelle d'un bassin versant) tant en termes hydrologique qu'écologique devra faire l'objet d'une attention particulière encore peu traitée ici.

▪ **Capacité d'auto-épuration et techniques de gestion des RUTP**

Objectifs scientifiques et opérationnels

Ces recherches ont pour objectif (axe 1) de développer des méthodes diagnostic pour l'identification et la caractérisation du fonctionnement épuratoire des milieux récepteurs que sont les petits cours d'eau. L'axe 2 vise à fournir des modèles prédictifs de l'effet de la généralisation des techniques alternatives (TA) sur les RUTP et à proposer des types de TA adaptées aux facteurs sensibles des petits cours d'eau.

Principaux résultats scientifiques et conséquences opérationnelles

A l'échelle du bassin de l'Yzeron, site de l'OTHU (étude ZABR 2010 ; Etude SAGYRC, 2012). Le bassin de l'Yzeron est découpé en 3 masses d'eau au sens de la DCE avec des objectifs d'état écologique par masse identifiée.

Des données chimiques et biologiques ont été rassemblées depuis les années 60 puis traduites en notes IBGN et SEQ-EAU. Sur le plan de la connaissance, on remarque que les principaux cours d'eau de ce bassin présentent des linéaires de régénération amont-aval dès lors qu'un contact avec une nappe existe au travers d'un substrat poreux. Les tronçons en contact avec la roche mère présentent une grande variabilité de qualité globale (SEQ-Eau), entre moyenne à mauvaise, liée aux points de RUTP. La dégradation SEQ-EAU est surtout notable les années humides. Ce constat peut être mis en relation avec des RUTP plus fréquents et des effets constatés de pollution chimique mais aussi géomorphologique comme le processus d'incision. Ce processus est statistiquement lié à la présence des déversoirs sur des petits cours d'eau (thèse L.Grosprêtre 2011). Il est de même significatif que le débit de plein bord est lié au taux d'urbanisation (Navratil *et al.*, 2012), toujours sur les petits cours d'eau. L'ensemble des résultats montre que l'interprétation des indicateurs d'état écologique (ex : SEQ-Eau) ne peut se faire sans une compréhension des facteurs physiques, de leur continuum amont (incision) – aval (ensablement) et de leur temporalité (hydrologie). La mobilité de la couche de sable peut expliquer dans certains secteurs du réseau hydrographique aval une qualité biologique jamais très bonne même si la qualité chimique ne semble pas être le facteur limitant. L'objectif de qualité « bon état écologique » au sens DCE ne peut être atteint pour raison naturelle dans ce cas. Ces résultats confirment qu'un cours d'eau soumis à des RUTP ne pourra assimiler la pollution organique qu'il reçoit de manière uniforme. Cela a des conséquences sur la stratégie

de gestion du ruissellement urbain à l'échelle du bassin versant. Sur un plan opérationnel, cela revient à sectoriser le cours d'eau en zones de récupération, d'assimilation et de non rejet. Le respect de ces zones permettrait au cours d'eau de maintenir une bonne qualité écologique globale.

A l'échelle des petits bassins versants urbanisés, la modélisation des RUTP (3 MASTER/TFE) a été abordée à l'aide de deux modèles hydrologiques (CANOE et QdF). Les données mesurées sur deux sites de l'OTHU (Grézieu et Ecully, 69), un site de la ville de Lyon (La Camille, 69) ainsi que sur un site de l'agglomération nantaise (Rezé, 44) ont confirmé que le modèle à base statistique QdF permettait de représenter correctement les quantiles (débit-durée-fréquence) de débit délivrés par un déversoir d'orage. La prédiction en fréquence des RUTP constitue un premier indicateur d'altération du milieu récepteur. L'étude du rapport de dilution fait l'objet de l'étape à venir et nécessite de simuler les quantiles des débits de base des petits cours d'eau. L'objectif opérationnel est de généraliser l'application du modèle statistique QdF-urbain à l'ensemble des points de rejets sur petit cours d'eau du Grand Lyon et du bassin de l'Yzeron. Ensuite de prendre en compte les déterminants de la capacité d'auto-épuration pour hiérarchiser les points de rejets selon un (des) critère d'impact.

A l'échelle des processus dans le cours d'eau ou le réseau

Trois tronçons du cours d'eau de la Chaudanne ont été équipés de sondes de mesures multiparamètres permanentes (mesures toutes les 10 min) afin de suivre la dynamique des conditions physico-chimiques avec l'hydrologie et les RUTP. Les sondes sont disposées dans le substrat (- 0.3m) et la colonne d'eau. Les points de mesures ont été choisis en fonction des faciès géomorphologiques naturels ou artificiels et des espèces de pathogènes (ANR INVASION).

Les résultats en physico-chimie montrent que :

- l'existence d'ambiances physico-chimiques différentes selon les faciès « pool, run, riffle » morphologiques (voir Figure 36)
- l'existence d'échanges entre la colonne d'eau et son substrat, de manière différente selon les faciès ;
- l'évolution des formes de l'azote dans le substrat en fonction des périodes d'alimentation par les RUTP, les périodes de temps sec où un gradient de bio-transformation est observé dans le sens de l'écoulement puis l'effet d'homogénéisation en lien avec les crues du bassin rural amont (voir Figure 37).

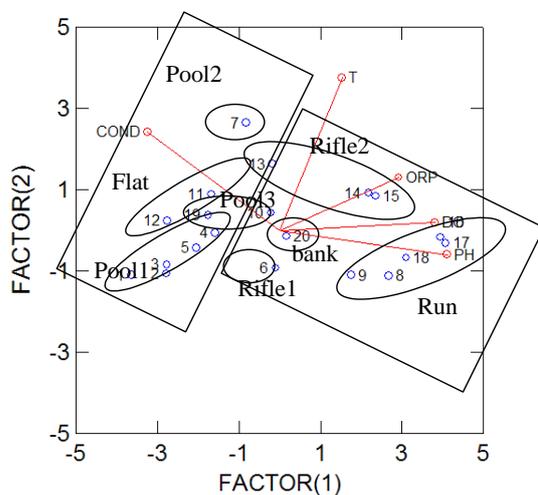


Figure 36. Cette ACP ($F1=47%$; $F2=31%$) montre une structuration des traceurs hydro-chimiques en fonction des faciès géomorphologiques du site expérimental, notamment une bonne séparation entre : d'une part les zones propices aux flux hyporhéiques comme les rapides (run) et les seuils (riffle); et d'autre part les zones à transfert lent comme les mouilles (pool) et les plats (flat). On note l'opposition entre conductivité (minéralisation, flux lents, eaux de nappe) et l'oxygène dissous (apports eux de surface) à partir de l'ensemble des données collectées (Projet Invasion).

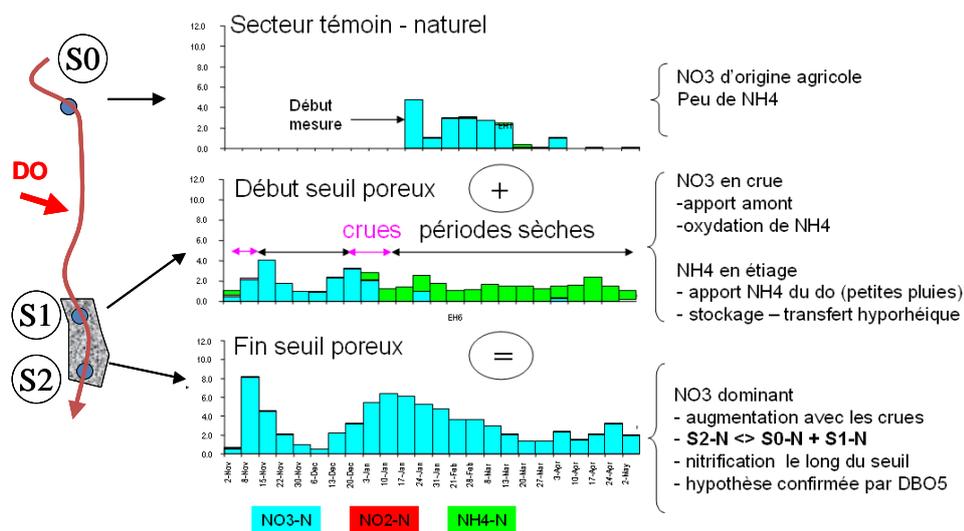


Figure 37. Le résultat montre que la morphologie du milieu et l'hydrologie conditionnent l'évolution physico-chimique. En particulier, les réactions de bio-dégradation semblent s'installer par temps sec et se différencier via les faciès.

Sur le plan métrologique, il paraît maintenant nécessaire d'accéder de manière moins intrusive et en plus de points aux caractéristiques physico-chimiques du cours d'eau et de son substrat. Des concepts de micro-capteurs de mesure pour NH_4^+ , matière organique, NO_3^- , et métaux (Cd, Hg, Ni & Pb) ont été évalués en laboratoire. Seuls les capteurs matière organique et métaux sont susceptibles de passer à la phase d'assemblage et validation (prototypes industriels). Le bilan positif du projet ANR Integreau à noter : un brevet, une thèse, deux articles de rang A (+ 2 en préparation), 3 communications orales, 6 posters et une lettre de félicitation de l'ANR. L'étape bloquante actuelle des micro-capteurs physico-chimiques est le manque d'intégration au sein d'un dispositif autonome d'acquisition, de stockage et transmission des données afin de les convertir en véritables sondes de mesure *in situ* (Namour et al., 2010 ; Namour & Jaffrezic 2010 et 2011 ; Namour et al. 2012). Des projets visant à combler ce manque, et intégrant des partenaires en micro-fluidique (CEA-LETI, INL UMR 5270), électronique (Heito, Mesureo, EFS, INL-CPE), traitement du signal (ISA, Irstea Motive), outils de gestion (Sogreah), n'ont pu trouver financement (projets ANR ECOTECH Vigil'Eau 2009 et 2010 ; ENV.2011.3.1.9-1 Eco-Innovation Witness) à l'inverse de projets sur des micro-capteurs innovants : Labex IMUST 2011 Mip-Fib et ANR CESA 2012 Endocrin'Eau.

▪ RUTP et contaminations microbiologiques

Objectifs scientifiques et opérationnelles

- (i) Etudier la dangerosité, l'écologie et l'évolution des bactéries pathogènes introduites en rivière par les RUTP. Etudier leurs dynamiques spatio-temporelles (sédiments benthiques et hyporhéiques) en fonction des contraintes environnementales dont les paramètres hydrauliques, géo-morphologiques, et chimiques.
- (ii) Définir des indicateurs « pathogènes » pertinents pour les milieux urbains et péri-urbains. Définir de nouvelles pratiques permettant de réduire la prévalence des agents pathogènes en rivière urbaine / péri-urbaine.

Principaux résultats scientifiques

Plusieurs espèces bactériennes pathogènes de l'homme et bactéries indicatrices de contamination fécale ont été recherchées dans les RUTP et au sein de la rivière expérimentale la Chaudanne de l'OTHU dont les espèces suivantes : *Campylobacter jejuni*, *Shigella*, *E. coli* O157:H7, *Enterococcus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia* du *cepacia* complexe, *Aeromonas hydrophila* et *A. caviae*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*. Des analyses de la diversité des communautés bactériennes ont également été effectuées par pyroséquençage de fragments du gène *rrs* (16S rRNA). Ces différentes approches ont permis de définir une liste d'espèces pathogènes pertinentes pour répondre aux objectifs ci-dessus. *Pseudomonas aeruginosa* a été retenu en raison d'une répartition tant au niveau des biofilms se développant dans les réseaux d'égout que dans les sédiments, *A. caviae* en raison d'une prévalence fortement liée aux rejets du DO, *L.*

monocytogenes en raison d'une faible rétention par les sédiments mais une prévalence significative dans les eaux de surface.

La Figure 38 présente un exemple de variations observées en concentration de bactéries pathogènes selon la période de prélèvement des échantillons sur la station expérimentale.

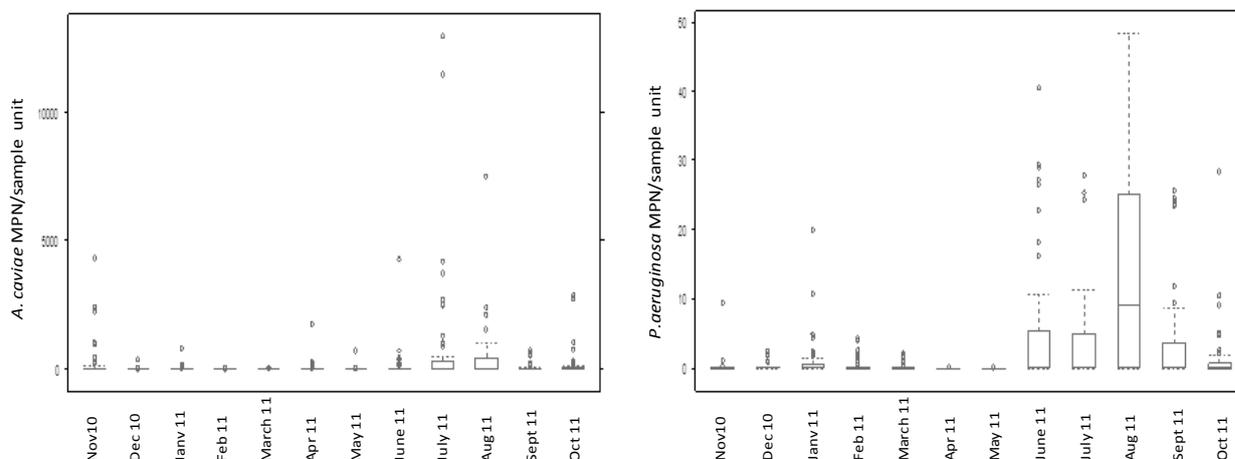


Figure 38. Concentrations en bactéries pathogènes (exprimées en équivalent MPN (nombre le plus probable) par g ou mL) dans les échantillons de la rivière Chaudanne (eau de surface & sédiments) en fonction du temps.

La Figure 39 donne un exemple de résultats concernant l'impact du déversoir d'orage sur les concentrations en bactéries pathogènes observées dans le cours d'eau. Cette figure montre l'incidence des faciès géomorphologiques sur la répartition de l'espèce *Aeromonas caviae*. Ces bactéries se concentrent dans l'hyporhéos et de façon plus significative dans le segment correspond à un rapide. Ces résultats indiquent des échanges entre eau de surface et zones interstitielles du lit de la rivière. Ils suggèrent un transfert de cette espèce dans l'hyporhéos par phénomène d'infiltration, transit et restitution (ou "downwelling" et "upwelling" e. g. Hendricks & White (1991. Can. J. Fishery Aquatic Sc., 48: 1645-1654) opérant dans le segment étudié. Ces résultats ont également permis de démontrer l'effet significatif du DO sur les concentrations mesurées en *E. coli*, coliformes fécaux, entérocoques intestinaux et *A. caviae*, pendant la durée complète de l'étude. Pour *P. aeruginosa*, l'effet DO n'a pu être révélé en raison d'une contamination du cours d'eau par d'autres sources. Par contre, des suivis de clones par typage moléculaire ont démontré le transfert de cette espèce lors de rejets par le DO. Ces travaux seront poursuivis par des analyses en rivière à proximité du DO i. e. à environ 10 m plutôt que dans les zones actuelles localisées à 150 m.

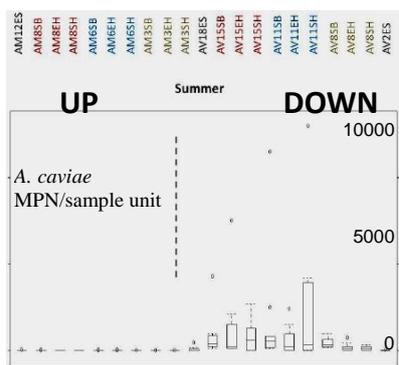


Figure 39. Concentrations en *Aeromonas caviae* (exprimées en équivalent MPN (nombre le plus probable) par g ou mL) dans les échantillons de la rivière Chaudanne (eau de surface & sédiments) durant les mois d'été. La relation entre concentrations en bactéries et faciès géo-morphologiques est indiquée. AM= 150 m en amont du DO, puis 8 indique un « plat », 6 un seuil, et 3 une mouille ; AV= 150 m en aval du DO puis ; puis 15 indique un « plat », 11 un seuil, et 8 une mouille. ES : eau de surface, SB : sédiment benthique, EH / SH : eau ou sédiment hyporhéique.

Des tests de corrélation ou d'association entre les paramètres mesurés durant ces études e. g. pH, conductivité, température, composition chimique (C-org, N-org, ammonium, éléments traces métalliques), les faciès, et les concentrations bactériennes ont été effectuées. Un schéma décrivant les principales tendances observées est présenté sur la Figure 40. Cette figure a été complétée des données de la littérature pour certains aspects non-traités à ce jour sur le site de la Chaudanne. Cette figure suggère que les matières en suspension (MES) seraient une composante explicative majeure de la dissémination des bactéries pathogènes comme suggéré pour d'autres

espèces bactériennes e. g. voir Characklis *et al.* (2005)³³. Les dynamiques de dépôt et remise en suspension des MES seraient fortement corrélées aux fluctuations de concentrations en bactéries pathogènes. Il a été précédemment observé que ces dynamiques de mobilisation des MES étaient fortement liées aux unités géomorphologiques d'un cours d'eau, et aux paramètres saisonniers tels que la vitesse des écoulements et hauteurs d'eau (e. g. Fazi *et al.*, 2005; Jamieson *et al.*, 2005 ; Reeves *et al.*, 2004)³⁴. Ces mêmes paramètres se sont avérés explicatifs pour les variations de concentrations en *P. aeruginosa*, *A. caviae*, et bactéries indicatrices de contamination fécale. Cependant, le DO s'est avéré un facteur clé de la contamination du cours d'eau malgré la présence d'autres sources de contaminants (chevaux, bovins). Les forces hydrauliques semblent avoir par la suite favorisées le transfert de ces bactéries vers l'hyporhéos de certains faciès géomorphiques.

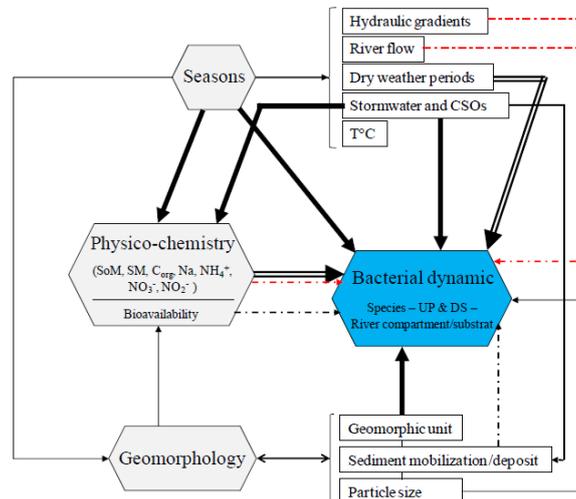


Figure 40. Relations entre paramètres environnementaux et dynamiques spatio-temporelles des bactéries pathogènes. Trait gras ou double: démontré en utilisant les résultats du site Chaudanne ; un trait noir et fin : démontré par d'autres études; un trait en pointillés noirs: démonstration indirecte avec les résultats du site Chaudanne ; un trait en pointillés rouges: en attente des traitements de données par HH IRSTEA.

Ces travaux ont également impliqué des études dans le réseau d'EU du site. La variabilité des flux de pathogènes dans le collecteur d'égout, selon les espèces, semble indiquer des périodes de colonisation et de croissance de biofilms suivies de leur arrachage lors des épisodes de ruissellement pluvial dans les conduites. L'étude de la relation entre les flux de pathogènes et les conditions hydrologiques antérieures à chaque mesure des concentrations en bactéries pathogènes montre une corrélation significative avec la durée de temps sec qui précède un rinçage des conduites par les eaux de pluie. De même, l'intensité maximum et le nombre de rinçages sont corrélés avec les variations des différents pathogènes mais toujours dans le même sens (+ ou -). Ces premiers éléments semblent indiquer des dynamiques de croissance et /ou des zones privilégiées de développement des différents pathogènes. Des mesures complémentaires seront réalisées dans le cadre du projet Pyo-Eau.

Pour compléter ces études et déduire la dangerosité des souches bactériennes isolées du cours d'eau et des réseaux d'eaux usées, un panel de souches de *P. aeruginosa* a été analysé par électrophorèse en champ pulsé (PFGE), MLST (multi-locus séquence typing), et autres outils d'épidémiologie moléculaire. Une persistance et dissémination de certains clones ont ainsi été observées. L'outil MLST a permis de mettre en évidence la présence de lignées décrites en milieu clinique mais également sur d'autres territoires géographiques. La dangerosité des souches isolées a été déduite par profilage des gènes de virulence. Ces profilages ont montré que toutes les souches analysées avaient un potentiel de virulence avéré. Ceci s'est confirmé par la détection de clones épidémiques majeurs au sein de la collection dont des souches apparentées aux clones PA14 et C. Les capacités métaboliques de ces souches ont été étudiées dont leur antibio-résistance.

Principaux résultats opérationnels

³³ Characklis G.W., Dilts M. J., Simmons O.D., Likirdopulos C.A., Krometis L-A. H., Sobsey M. (2005). Microbial Partitioning to Settleable Particles in Stormwater. *Water Research* 39: 1773-1782

³⁴ Fazi S., Amalfitano S., Pernthaler J. Puddu A. (2005). Bacterial communities associated with benthic organic matter in headwater stream microhabitats. *Environmental Microbiology* 7: 1633-1640

Jamieson R., Joy D.M., Lee H., Kostaschuk R., Gordonet R. (2005). Transport and deposition of sediment-associated *Escherichia coli* in natural streams. *Water Research* 39: 2665-2675.

Reeves R. L., Grant S. B., Mrse R.D., Copil Oancea C. M., Sanders B. F., and Boehm A.B (2004). Scaling and management of fecal indicator bacteria in runoff from a coastal urban watershed in Southern California. *Environ. Sc. Technol.* 38:2637-2648

Les travaux effectués ont permis d'identifier des espèces pathogènes fortement associées à l'urbanisation et introduites dans les cours d'eau par les déversoirs d'orage. Ces bactéries pourraient être utilisées pour une évaluation de la qualité microbiologique des masses d'eau, et une appréciation des risques d'exposition et d'infection des populations sensibles comme les enfants, immunodéprimées, et individus atteints de mucoviscidose. Ces travaux confortent l'idée de la nécessité d'un développement de méthodes alternatives pour la gestion des rejets dans les cours d'eau lors de fortes pluies. Des analyses préliminaires ont permis d'observer que des filtres végétalisés à flux vertical ou horizontal (les TA) pourraient réduire de façon significative les concentrations en *P. aeruginosa*. Ces travaux suggèrent également que des systèmes de rétention des MES devraient permettre de réduire les transferts de ces bactéries pathogènes dans les milieux naturels. C'est ainsi que les premières études sur les systèmes de rétention de l'OTHU ont été lancées comme indiqué au thème C3.

▪ Incidence des RUTP sur la géo-morphologie d'un cours d'eau intermittent

Objectifs scientifiques et opérationnelles

Le déclassement en qualité écologique des cours d'eau du Grand Lyon est en bonne partie lié à l'aspect géomorphologique. Cet axe vise à identifier les principaux facteurs et pratiques induisant une dégradation géomorphologique des cours d'eau, et d'établir des stratégies préventives et curatives.

Principaux résultats scientifiques

Le bassin de l'Yzeron a subi ces dernières décennies une augmentation très rapide de l'urbanisation. Les conséquences de cette évolution sont d'une part une augmentation significative des volumes et de l'intensité des crues fréquentes et d'autre part une modification des apports sédimentaires. Une approche hydromorphologique à l'échelle régionale (Navratil *et al.*, 2012) a été menée sur le bassin de l'Yzeron afin d'évaluer dans quelle mesure l'urbanisation (rejet DO, imperméabilisation...) pouvait impacter les caractéristiques hydrogéomorphologiques des cours d'eau à l'échelle locale. Nous avons donc mené une analyse multi-sites visant à comparer des cours d'eau situés en zone urbaine à des cours d'eau ruraux (0.2-34 km²). Des campagnes de mesures hydrauliques et géomorphologiques ont été menées sur 17 tronçons pour estimer le débit de pleins bords, la pente moyenne du chenal principal, sa largeur, hauteur, vitesse moyenne, granulométrie et puissance spécifique à pleins bords. Les résultats de ces recherches ont permis de montrer par exemple que le débit de pleins bords était bien corrélé avec la superficie du bassin versant pour les stations rurales, confirmant ainsi les résultats de la littérature dans le domaine. Par contre, à superficie de bassin versant équivalente, le débit de pleins bords est en moyenne 1.8 fois plus important pour les stations situées en milieu fortement urbanisé. Cette approche régionale montre ainsi sa pertinence dans un contexte périurbain. Elle offre alors la possibilité de quantifier les impacts de l'urbanisation sur les ajustements morphologiques et hydrauliques de ces cours d'eau, et par là même sur les habitats aquatiques, ou la capacité d'autoépuration des cours d'eau (par exemple en raison de la déconnexion du lit mineur avec sa plaine alluviale).

Un grand nombre d'incisions a été identifié sur le BV Yzeron à l'aide d'indicateurs visuels et des relations de géométrie hydraulique aval (space-time substitution technique). L'ensemble des tronçons incisés se situe sur les cours d'eau de tête de bassin (ordre 1 ou 2 selon Strahler). Les incisions sont plus importantes sur le Plateau Lyonnais où elles ont principalement été engendrées par l'imperméabilisation des sols et le développement des réseaux de drainage artificiels. Le rôle de l'urbanisation est également souligné par les analyses dendrochronologiques des arbres riverains qui montrent que les incisions ont principalement débuté entre 1970 et 1990. En effet, la superficie des zones urbaines a doublé durant cette période dans le bassin de l'Yzeron (Radojevic *et al.* 2002), et cette progression moyenne a probablement été supérieure sur le plateau qui a connu la plus forte croissance démographique relative. Sur le plateau, aucune incision n'a été identifiée dans les bassins dont le taux d'imperméabilisation est inférieur à 10%, seuil déjà observé par plusieurs auteurs dans différentes régions (Schueler 1995 d'après Doll *et al.* 2002, Booth et Jackson 1997, Bledsoe *et al.* 2001a, Coleman *et al.* 2005). Néanmoins, un tiers des incisions (en pourcentage de la longueur totale des tronçons incisés) se situent également dans les Monts du Lyonnais où l'urbanisation s'est très peu développée.

Les effets hydrologiques des déversoirs d'orages sur la stabilité du lit des cours d'eau ont été étudiés sur le ruisseau de la Chaudanne qui présente la plus importante incision du bassin versant. Les déversements augmentent fortement l'intensité et la fréquence de la plupart des crues morphogènes (supérieures au débit critique) mais ne s'accompagnent pas d'une augmentation équivalente de leur durée annuelle. Ils tendent également à diminuer les débits de basses eaux et la durée annuelle des crues de faible intensité, du moins par rapport aux crues plus intenses. Cela entraîne une modification de l'efficacité géomorphologique relative des écoulements de différentes intensités. Les chenaux doivent alors s'ajuster à des débits nettement plus élevés mais brefs, ce qui peut considérablement retarder le rétablissement d'un nouvel équilibre morphodynamique

(temps de relaxation plus long). Cette évolution pourrait également expliquer le fait que la réponse du chenal se soit manifestée par une importante incision plutôt que par un ajustement progressif de ses dimensions.

Principaux résultats opérationnels

Nous avons formulé diverses recommandations opérationnelles pour limiter les impacts hydrogéomorphologiques liés à l'anthropisation du bassin en général, et à l'urbanisation en particulier. Ces recommandations reposent sur trois échelles d'intervention : les versants, les cours d'eau de tête de bassin et les branches principales du réseau hydrographique. Les mesures proposées visent notamment à ralentir ou à stocker temporairement les flux hydriques sur les versants, à contrôler et à redresser le profil en long des tronçons incisés dans le cas d'enjeux locaux, et à piéger une partie de la charge sableuse en transit en amont des tronçons les plus sensibles à l'ensablement.

▪ Ecotoxicité des RUTP

Objectifs scientifiques et opérationnels

Les rejets de RUTP dans les milieux aquatiques peuvent, dans certaines circonstances, présenter des risques pour les organismes et les écosystèmes aquatiques (Marsalek *et al.* 1999³⁵, Angerville 2009). Il est désormais admis que le contenu chimique détaillé ne suffit pas pour renseigner sur la toxicité potentielle vis-à-vis des organismes vivants. Il est également reconnu que les actions combinées liées à la présence de mélanges de polluants (ex : effets de synergie et/ou d'antagonisme) ne peuvent pas être prévues à partir d'une liste, même très détaillée, de ces polluants (Deneer 2000, Feron and Groten 2002, Groten *et al.* 2001, Walter *et al.* 2002, Otitoloju 2002, Olmstead and LeBlanc 2005)³⁶.

Pour évaluer les risques écotoxicologiques liés à ces rejets, et identifier les compartiments du cours d'eau les plus exposés, ainsi que les périodes les plus à risques, il est nécessaire de mettre en place une procédure spécifique, basée sur la mise en œuvre de bio-essais (ou essais d'écotoxicité) adaptés. Les travaux effectués de 2009 à 2012 ont eu pour objectif principal de développer une telle procédure, et de la tester sur la rivière péri-urbaine, la Chaudanne. La batterie de bio-essais élaborée pour ce travail est constituée de quatre bio-essais complémentaires: *Daphnia magna*, *Vibrio fischeri*, *Brachionus calyciflorus* et *Heterocypris incongruens*.

Principaux résultats scientifiques

Il a été décidé (i) d'évaluer l'impact du DO sur le cours d'eau par le biais d'une étude comparative de points de prélèvement situés en amont et en aval du DO et (ii) d'identifier plus précisément les horizons (eau de surface, zone benthique et zone hyporhéique) qui présentent le plus de risques pour les organismes aquatiques. La batterie sélectionnée a permis d'identifier un risque pour les organismes aquatiques, suite à la réponse des essais d'écotoxicité chronique principalement. L'observation de cet impact écotoxicologique a essentiellement été effectuée pour la période correspondant aux RUTP et aux sédiments les plus pollués (novembre 2010). La zone benthique et la zone hyporhéique, prélevées en aval du DO, correspondent aux compartiments du cours d'eau qui présentent le plus de risque pour les organismes aquatiques. La fraction particulière des RUTP est la plus impliquée dans l'écotoxicité des échantillons étudiés. Ces risques écotoxicologiques ont été mis en relation avec la présence dans les mêmes échantillons de polluants à de plus fortes concentrations (Cr, Cu, Pb,...). L'approche développée permet d'observer le comportement des polluants lors de différentes configurations hydrologiques (accumulation, transfert, etc.), et de préciser les périodes et les zones du cours d'eau qui sont les plus à risque sur le plan écotoxicologique.

Principaux résultats opérationnels

³⁵ J. Marsalek, Q. Rochfort, T. Mayer, M. Servos, B. Dutka and B. Brownlee (1999). Toxicity Testing for Controlling Urban Wet-Weather Pollution: Advantages and Limitations," *Urban Water*, 1(1), 91-103

³⁶ Deneer JW (2000). Toxicity of mixtures of pesticides in aquatic systems. *Pest Manag. Sci.*, Vol. 56, n° 6, pp. 516-520
Feron VJ, Groten JP et Tonker D. (1995). Toxicological of chemical mixtures : challenges for today and the future. *Toxicology*, 105, 415-427

Feron VJ et Groten JP (2002) Toxicological evaluation of chemical mixtures. *Food Chem. Toxicol.*, Vol. 40, pp. 825-839
Groten JP, Feron VJ et Sühnel J. (2001). Toxicology of simple and complex mixtures. *Trends in pharmacological sciences*, 22(6),316-322

Walter H, Consolaro F et Gramatica P. (2002). Mixture toxicity of priority pollutants at No Observed Effect Concentration (NOECs). *Ecotoxicology*, 299-310

Otitoloju AA, (2002) Evaluation of the joint-action toxicity of binary mixtures of heavy metals against the mangrove periwinkle *Typanotonus fuscatus* var *radula* (L.). *Ecotox. Environ. Safe.*, Vol. 53, n° 3, pp. 404-415

Olmstead AW et LeBlanc GA (2005) Joint action of polycyclic aromatic hydrocarbons: Predictive modeling of sublethal toxicity. *Aquatic Toxicol.*, 75(3) 253-262

La méthodologie élaborée est maintenant opérationnelle pour la caractérisation de l'écotoxicité potentielle des RUTP au niveau du DO, mais aussi de l'écotoxicité d'échantillons prélevés dans différents compartiments du cours d'eau (eau de surface, zone benthique et zone hyporhéique).

Pour un site ou un projet donné, la mise en œuvre de cet outil pourra contribuer à la formulation de préconisations de gestion (maîtrise des émissions, construction de bassin de rétention des RUTP permettant de retenir la fraction particulaire écotoxique, ...) en fonction des résultats obtenus.

c) Programmes de recherches ayant servi de support

Projet INTEGREAU (ANR Precodd 2007-2012)

Démontrer la faisabilité d'un microsystème générique associant un système micro-fluidique de filtration, minéralisation et concentration à une microcellule électrochimique, appliqué aux Cd, Hg, Pb et Ni. Ce système générique est transposable à de nombreux micropolluants. Le champ d'application visé est le suivi et la surveillance de la qualité des masses d'eau. La microcellule électrochimique développée est l'objet d'un brevet.

Projet INVASION (ANR CES- 2009-2013)

Ce projet a pour objectif d'étudier le devenir sur le site OTHU de la Chaudanne des micro-organismes pathogènes introduits par un déversoir d'orage. Un tronçon témoin amont au déversoir et un tronçon exposé aux rejets ont été sélectionnés chacun avec deux séquences d'unités morphologiques plat-seuil-mouille.

Projet Epec (ANR Ecotech -2010-2014)

Ce projet a pour objectif d'étudier la capacité d'autoépuration de la Chaudanne, juste en aval du déversoir, dans un massif sableux créé par un seuil artificiel fait de bois. Le seuil a été mis en place pour bloquer le profil de fond du cours d'eau qui s'incisait en réponse au déversoir d'orage. Les suivis physico-chimiques hebdomadaires montrent une baisse de la matière organique dissoute ainsi que la nitrification de l'ammonium dans son parcours le long du massif de sable. Le processus est d'autant plus actif que le débit du cours d'eau est faible car ainsi les rejets du déversoir imprègnent le massif.

Projet pyo-eau (Anses 2012-2015)

Ce projet s'inscrit dans l'objectif d'une prédiction du devenir de formes pathogènes adaptées aux milieux hydriques introduites par un DO dans les compartiments (sédiments, végétations, eaux de surface) d'un cours d'eau. Il cherche à établir, entre autres, les effets des régimes hydrologiques sur la remise en suspension des *P. aeruginosa* suite à une adhérence sur certains supports naturels dont les macrophytes. Ce projet s'inscrit dans la continuité du projet ANR INVASION.

Projet persist-env (Anses 2013-2016)

Ce projet vise à comparer la qualité microbiologique des rejets de STEP en fonction de l'origine des eaux usées, et à étudier la dissémination de bactéries pathogènes dans le cours d'eau récepteur dont les biofilms épilithiques. Il a été inspiré des travaux sur le site Chaudanne, et permettra des comparatifs inter-sites.

Projet ZABR "Traquer le regard: vers une caractérisation des bénéfices sociaux induits par les travaux de restauration écologique en territoire urbain"

Notre participation à ce projet a pour objectif d'évaluer l'incidence de la réhabilitation de la rivière Yzeron à Oullins sur la composition en bactéries des sédiments et eau de surface du segment devant être réhabilité. Ce cours d'eau correspond à l'exutoire du BV Yzeron, et sa partie aval a été stabilisée par la construction d'une cunette de béton. La diversité bactérienne de ce site (dont la présence d'espèces pathogènes) sera comparée avec celle du secteur de la Chaudanne.

d) Perspectives de recherche

Les perspectives sont :

- Améliorer la compréhension de la dynamique temporelle des concentrations en bactéries pathogènes dans le collecteur d'égout de Grézieu-la-Varenne (site Chaudanne) – prédiction des quantités rejetées par les DO de la Chaudanne ; étude des interactions bactéries pathogènes - plantes aquatiques et analyse des propriétés bactériennes impliquées (Thèse A. Boukreb)
- Améliorer la compréhension de l'autoépuration : mesure en continu de la matière organique à partir d'un support ligneux implanté dans le substrat du cours d'eau (méthode décrite par P. Marmonier) dont la coloration indique un horizon anoxique. Les tests réalisés sur site et suivi d'analyse fines au spectromètre de masse montrent que le lien coloration / chimie est nuancé. Nous travaillons à l'interprétation automatique des colorations par décomposition du spectre RVB.

- Quantifier les variations temporelles des dégagements gazeux sédimentaires afin d'avoir une connaissance plus précise de la dynamique de l'azote et du carbone.
- Améliorer le suivi des mesures *in situ* en continu pour obtenir une meilleure couverture des phénomènes
- Dans le cadre du projet ANSES, intégrer de nouveaux acteurs de Lyon 2 (O. Navratil / N. Landon). Métrologie de terrain afin d'améliorer les connaissances sur le couplage biologique-physique en sortie de déversoir d'orage. L'approche sera basée sur des mesures en continu des hauteurs et vitesses d'écoulement pour estimer les contraintes locales s'exerçant sur le milieu en crue. Ces données seront validées par (1) un traçage RFID pour évaluer les seuils de mise en mouvement des sédiments grossiers ; (2) la mise en place de chaînes à érosion ainsi que (3) des levés topographiques réguliers sur la placette expérimentale (après chaque crue). La mise en place d'une prise d'image automatique haute résolution et horaire (avec déclenchement plus rapide en crue) devrait permettre de définir des indicateurs inter-crués pertinents pour les biologistes (e.g. durée d'ensoleillement, granulométrie, développement des biofilms, algues).
- Réaliser un suivi des MES sur ce même bassin sera mené par ailleurs : (1) une analyse SIG pour la cartographie des sources de sédiments fins en lien avec les sources de *Pseudomonas aeruginosa*; (2) un échantillonnage des MES à l'aide de pièges à particules pour une analyse des transferts microbiologiques associés aux MES en crue (gradient amont-aval notamment). Ces sédiments seront analysés (granulométrie, activité microbiologique) et des flux seront estimés lors des crues.
- Utiliser les relations entre flux, forme et fonctions biologiques pour accroître résistance et résilience des milieux face aux perturbations anthropiques, avec une voie possible de contrôle électro-catalytique du potentiel redox sédimentaire.
- Approfondir la caractérisation de la composition des sédiments écotoxiques stockés dans la zone hyporhéique au niveau des seuils, et identifier ainsi les polluants responsables. Le découplage des effets NH_4^+ et "métaux lourds" est notamment indispensable, en vue d'affiner les recommandations aux gestionnaires. Des travaux sur le rôle des bactéries de l'azote dans cette zone sont envisagés.
- Concevoir des micro-capteurs mesurant des effets toxiques. Deux cibles visées : perturbateurs endocriniens (récepteur ER α) et activité anticholinestérase (nanofibre enzymatique).

e) Production (2009 – 2012)

Thèses

- ANGERVILLER. (2009). Evaluation des risques écotoxicologiques liés au déversement de Rejets Urbains par Temps de Pluie (RUTP) dans les cours d'eau : Application à une ville française et à une ville haïtienne. Doctorat de l'INSA de Lyon- PCE. 485 p.
- GROSPRETRE L. (2011). *Dynamique hydro-morphologique, modélisation et gestion de petits systèmes fluviaux périurbains. Recherche méthodologique appliquée au bassin de l'Yzeron*, Thèse de l'Université de Lyon II (partagée avec le thème C2)
- PETIT S. (2012). Répartition spatiale et adaptation de populations allochtones de *Pseudomonas aeruginosa* introduites en rivière péri-urbaine par des rejets par temps de pluie. Doctorat de l'Université Lyon 1.

Thèses en cours

- BOUKREB, A. 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.

Articles dans revues internationales à comité de lecture

- ANGERVILLE R., BOILLOT C. & PERRODIN Y. (2009). Evaluation of the combined effects of binary mixtures of sodium hypochlorite and surfactants against *Daphnia magna* Strauss. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 10 (3/4), 353-370.
- BECOUBE-LAREURE C., BAZIN C., NAMOUR P., BREIL P. & PERRODIN Y. (2012). Multi-level approach of the ecotoxicological impact of a combined sewer overflow on a periurban stream. *Journal of Water Resource and Protection*, 4, 984-992.
- DOLÉANS-JORDHEIM, A., COURNOYER B., BERGERON E., CROIZÉ J., SALORD H., ANDRÉ J., MAZOYER M.-A., RENAUD F. N. R., FRENEY J. (2009). Reliability of *Pseudomonas aeruginosa* semi-automated rep-PCR genotypings in various epidemiological situations. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases* 28(9):1105-1111
- GRAINDORGE A., MENARD, M. NETO, C. BOUVET, R. MIOLLAN, S. GAILLARD, H. DE MONTCLOS, F. LAURENT, B. COURNOYER. (2010). Epidemiology and molecular characterization of a clone of *Burkholderia cenocepacia* responsible of nosocomial pulmonary tract infections in a French ICU. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 66(1):29-40.

- GRAINDORGE, A., A. MENARD, C. MONNEZ, B. COURNOYER.(2012). Insertion Sequences evolutionary patterns highlight convergent genetic inactivations and recent genomic islands acquisitions among epidemic *Burkholderia cenocepacia*. *Journal of Medical Microbiology* 61:394-409.
- KHADRO B., NAMOUR PH., BESSUEILLE F., LEONARD D., JAFFREZIC-RENAULT N. (2009). Validation of a conductometric bienzyme biosensor for the detection of proteins as marker of organic matter in river samples, *Journal of Environmental Sciences-CHINA*, 21:545-551 [IF : 1,41]
- KHADRO B., NAMOUR PH., BESSUEILLE F., LEONARD D., JAFFREZIC-RENAULT N.(2009). A novel conductometric sensor based on a PVC membrane containing nonactin for ammonium determination, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 89:11-19 [IF : 1,70]
- LAFONT M., JEZEQUEL C., VIVIER A., BREIL P., SCHMITT L., BERNOUD S. (2010). Refinement of biomonitoring of urban water courses by combining descriptive and ecohydrological approaches. *Ecohydrology & hydrobiology*, 10, 1, 3-11.
- LAFONT M., TIXIER G., MARSALEK J., JÉZÉQUEL C., BREIL P., SCHMITT L. (2012). From research to operational biomonitoring of freshwaters: a suggested conceptual framework and practical solutions. *Ecohydrology & hydrobiology*, 12, 1, 9-20.
- MARMONIER P., ARCHAMBAUD G., BELAIDI N., BOUGON N., BREIL P., CHAUVET E., CLARET C., CORNUT J., DATRY T., DOLE-OLIVIER M.-J., DUMONT B., FLIPO N., FOULQUIER A., GÉRINO M., GUILPART A., JULIEN F., MAAZOUZI C., MARTIN D., MERMILLOD-BLONDIN F., MONTUELLE B., NAMOUR PH., NAVEL S., OMBREDANE D., PELTE T., PISCART C., PUSCH M., ROBERTSON A., SANCHEZ-PÉREZ J.-M., SAUVAGE S., STROFFEK S., TALEB A., WANTZEN M., VERVIER PH.(2012). The role of biodiversity in hyporheic processes: gaps in knowledge and needs for applications, *International Journal of Limnology*, 48, 253-266.
- NAMOUR P., BREIL P., CLEMENT Y., DE SOUSA G., CHANET J.-P., LANTERI P. (2012). The Water Framework Directive requires new tools for a better water quality monitoring. E-WATER [on-line], 2012/01, <http://www.ewa-online.eu>
- NAMOUR PH., JAFFREZIC-RENAULT N. (2010). Recent Trends in Monitoring of European Water Framework Directive Priority Substances Using Micro-Sensors: A 2007–2009 Review, *Sensors*, 10:7947-7978 [IF : 1,82]
- NAMOUR PH., LEPOT M., JAFFREZIC-RENAULT N. (2010). Sensors for measuring biodegradable and total organic matter in water, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 29:848-857.[IF : 6,55]
- NAVRATIL O., BREIL P., SCHMITT L., GROPRÉTRE, L., ALBERT, M.B. (2012). Hydrogeomorphic adjustments of stream channels disturbed by urban runoff (Yzeron River basin, France). *Journal of Hydrology*, doi : 10.1016/j.jhydrol.2012.01.036
- PEYRARD D., DELMOTTE S., SAUVAGE S., NAMOUR PH., GERINO M., VERVIER P., SANCHEZ-PEREZ J.M. (2011). Longitudinal transformation of nitrogen and carbon in the hyporheic zone of an N-rich stream: A combined modelling and field study, *Physics & Chemistry of the Earth*, 36(12): 599-611.
- PINOT, C., A. DEREDJIAN, S. NAZARET, E. BROTHIER, B. COURNOYER, C. SEGONDS AND S. FAVRE-BONTE. (2011). Identification of *Stenotrophomonas maltophilia* strains isolated from environmental and clinical samples: a rapid and efficient procedure. *Journal of Applied Microbiology*. 111:1185-93
- PREUSSER F., SCHMITT L., DELILE D., GROSPRETRE L. (2011). Optically stimulated luminescence (osl) dating of the sedimentation history of the yzeron basin (chaudanne sub-catchment), rhône valley, france. *Quaternaire*, 22, 1, 73-83.
- PRIGENT-COMBARET, C., H. SANGUIN, L. CHAMPIER, C. BERTRAND, C. MONNEZ, C. COLINON, D. BLAHA, J.-M. GHIGO, AND B. COURNOYER.(2012). The bacterial thiopurine methyltransferase tellurite resistance process is highly dependent upon aggregation properties and oxidative stress response. *Environmental Microbiology* (in press)
- SBARTAI A., NAMOUR PH., ERRACHID A., KREJČI J., ŠEJNOHOVÁ R., RENAUD L., LARBI HANLAOUI M., LOIR A.-S., GARRELIE F., DONNET CH., SODER H., AUDOUARD E., GRANIER J., JAFFREZIC-RENAULT N. (2012). New electrochemical BDD film microcells, micromachined with femtosecond laser - Application to the Determination of Water Framework Directive metals, *Analytical Chemistry*, [5,87]
- SBARTAI A., NAMOUR PH., SARRUT, N., KREJČI J., KUNCEROVA R., LARBI HANLAOUI M., JAFFREZIC-RENAULT N. (2012). Direct detection of lead in RTIL using DPASV on BDD film microcells and determination of concentration factor after extraction from aqueous samples, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 686, 58-62.
- SBARTAI A., NAMOUR PH., SARRUT, N., KREJČI J., KUNCEROVA R., LARBI HANLAOUI M., JAFFREZIC-RENAULT N., 2012 Direct detection of lead in RTIL using DPASV on BDD film microcells and determination of concentration factor after extraction from aqueous samples, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 686, 58-62, [2,90]
- SCHMITT L., LAFONT M., TREMOLIERES M., JEZEQUEL C., VIVIER A., BREIL P., NAMOUR PH., VALIN K., VALETTE L. (2011). Using hydro-geomorphological typologies in functional ecology: preliminary results in contrasted hydrosystems. *Physics and chemistry of the earth*, 36, 539-548.

Communications dans des conférences internationales avec actes

- ANGERVILLE R., BAZIN C., EMMANUEL E., AND PERRODIN Y.(2009).Ecotoxicological characterization of Urban Wet Weather Effluents (UWWE) from French and Haitian sites.Communication orale.14th *International Symposium on Toxicity Assessment (ISTA 14)*, 29 Août au 4 Septembre 2009, Metz, France.
- ANGERVILLE R., SAULAIS M., EMMANUEL E. AND PERRODIN Y. (2010).Physicochemical and Ecotoxicological Characteristics of Urban Wet Weather Effluents (UWWE) from a French Site.20th *annual conférence of Association for Environmental Health and Sciences (AEHS)*.March 15-18(2010). Marriott Mission Valley Hotel, San Diego, California.
- BRAUD I., CHANCIBAUT K., DEBIONNE P. ET COLLABORATEURS.(2010). The AvuPur project (assessing the vulnerability of peri-urban rivers): experimental set up, modelling strategy and first results. Novatech 2010, Lyon, 10 p.
- BREIL P.(2011). Update overview of hydrological monitoring and modelling approaches. Workshop du projet bilatéral PHC-FAST (France-Australie). Melbourne (Aus) 13-17 juin 2011.

- BREIL P., LAFONT M., NAMOUR PH., SCHMITT L.(2011). Hydrological variability effect on benthic and hyporheic biotic metrics. Role of biodiversity in processes at groundwater / surface water interface, In *BioProcess 2011*, 26th –28th January 2011, Lyon (France).
- BREIL P., NAMOUR PH., LEPIMPEC P. (2012). In-stream natural and enhanced self purification capacity. *Balkan Water Observation & Information systems (BALWOIS) international conference*. 28th may 2nd June 28- May 2(2012). Ohrid (Republic of Macedonia).
- BREIL P. 2011. Geomorphic impacts of urbanisation: Case-study of the Chaudanne (techniques being used, observations to date, future approaches). *Workshop du projet bilatéral PHC-FAST (France-Australie)*. Melbourne (Aus) 13-17 juin 2011.
- COUNOYER B. Overview of pathogen research. 2011. *Workshop du projet bilatéral PHC-FAST (France-Australie)*. Melbourne (Aus) 13-17 juin 2011.
- GUO Z., LAGARDE F., ESCANDE A., NAMOUR PH., CASELLAS C., BALAGUER P., ERRACHID A., JAFFREZIC-RENAULT N.(2011). A new impedimetric biosensor for the assessment of endocrine disrupting compounds binding affinity for estrogen receptor- α . Principle and first results, *EmCon 2011*, 23rd – 26th August 2011, Copenhagen, (Denmark).
- LAFONT M., JEZEQUEL C., TIXIER G., MARSALEK J., VIVIER A., BREIL P., SCHMITT L., POULARD C., NAMOUR PH.(2010). From research to operational biomonitoring of freshwaters: a suggested conceptual framework and practical solutions. *Conference balwois 2010* - Ohrid, republic of Macedonia - 25, 29 may 2010, 11 p.
- NAMOUR Ph.(2010). Les besoins de nouveaux outils pour mesurer la qualité des eaux, MADICA, 7^{ème} Journées Maghreb-Europe, Matériaux & Applications aux Dispositifs et Capteurs, 18-22 octobre 2010, Tabarka (Tunisie), 67.
- NAMOUR PH., BREIL P., JAFFREZIC-RENAULT N., LEONARD D., ERRACHID A.(2011). Water quality monitoring needs new tools, Science for the Environment, Environment for Society, 5th & 6th October 2011, Aarhus (Denmark).
- NAMOUR PH., GROSPRÉTRE L., SCHMITT L.(2011). Dynamique des hydrosystèmes périurbains en réponse aux changements paysagers : l'exemple de l'Ouest lyonnais, *Colloque international "Aux marges de la ville: Paysages, Sociétés, Représentations"*, 5-6 mai 2011, Lyon (France).
- NAMOUR, P. (2012). Introduction to session 5: hydrology & hydrobiology: water quality assessment, needs and requirements, BALWOIS 2012, 5th International Scientific Conference on Water, Climate and Environment, 28th may 2012, Ohrid (Republic of Macedonia).
- NAMOUR, Ph. (2009). Besoins de micro-capteurs environnementaux, *Journées Nanotechnologies pour l'Environnement*, Tunis (Tunisie), 7 Mai 2009.
- NAMOUR, Ph. (2010). Water Quality Assessment needs new tools, *Water Week 2010 Shanghai* (People's Republic of China), 28th September 2010.
- PERRODIN Y., EMMANUEL E., BOILLLOT C. ET ANGERVILLE R. (2010). De l'usage des tests d'écotoxicité pour le suivi et la gestion d'effluents urbains potentiellement toxiques pour les milieux récepteurs : application aux effluents hospitaliers et aux RUTP. *Colloque E3D, Eau, Déchets et Environnement*. 28-31 mars 2010, Alexandrie, Egypte.
- PETIT S. et COURNOYER B. 2011, Water populations of *Pseudomonas aeruginosa*: their health hazards & ability at disseminating from wastewaters to rivers. Melbourne, Australia. June 2011. (oral)
- SBARTAI A., NAMOUR PH., ERRACHID A., KREJČÍ J., ŠEJNOHOVÁ R., RENAUD L., LARBI HANLAOUI M., LOIR A.-S., GARRELIE F., DONNET C., SODER H., AUDOUARD E., GRANIER J., (2012). Environmental Sensors, Determination of WFD metals using new electrochemical BDD microcells film micromachined with Femtosecond Laser, 23th -28th September 2012, Anglet (France)
- SBARTAI A., NAMOUR PH., ERRACHID A., KREJČÍ J., ŠEJNOHOVÁ R., RENAUD L., LARBI HANLAOUI M., LOIR A.-S., GARRELIE F., DONNET C., SODER H., AUDOUARD E., GRANIER J., JAFFREZIC-RENAULT N.(2012). Determination of WFD metals using new electrochemical BDD micro-cell film micro-machined with femtosecond laser, *Euroensors XXVI, The 26th European Conference on Solid-State Transducers*, September 9-12(2012). Wroclaw (Poland)
- SBARTAI A., NAMOUR PH., JAFFREZIC-RENAULT N.(2011). Micro-system for heavy metal measurement in water, Science for the Environment, *Environment for Society*, 5th & 6th October 2011, Aarhus (Denmark).

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

- NAMOUR PH., BREIL P., SCHMITT L., LAFONT M., GROSPRETRE L. (2012). Dynamique des hydrosystèmes périurbains en réponse aux changements paysagers : l'exemple de l'Ouest lyonnais. In : *Aux marges de la ville : Paysages, Sociétés, Représentations*, Editeurs Collin-Bouffier S, Brelot C-I, Menjot D, Presse universitaire de Lyon, Lyon (France) [accepté]

Articles dans des revues nationales

- NAMOUR PH., JAFFREZIC-RENAULT N. (2011). Capteurs de mesure en continu de la matière organique aquatique, Instrumentation, Mesure, Métrologie, n°20 : *Environnement et agroalimentaire*, 149-188.
- NAMOUR PH., JAFFREZIC-RENAULT N. (2011). Capteurs de mesure en continu de la matière organique aquatique, Instrumentation, Mesure, Métrologie, n°20 : *Environnement et agroalimentaire*, 149-188.
- PETIT, S., ET B. COURNOYER. (2011). Contaminants microbiens des milieux aquatiques anthropisés: bactéries pathogènes et indicateurs de pollution fécale. *Bulletin de Veille Scientifique Anses* 13 : 46-49
- PETIT, S., ET B. COURNOYER. (2011). Importance des sédiments et de la végétation aquatique en tant que réservoir d'indicateurs de contaminations fécales et de bactéries pathogènes. *Bulletin de Veille Scientifique Anses* 15 : 51-54.
- PETIT, S., ET B. COURNOYER. (2011). Rejets urbains par temps de pluie et qualité microbiologique des milieux aquatiques. *Bulletin de Veille Scientifique Anses* 14 : 41-44

Communications à des conférences nationales avec actes

- BRAUD I., BRANGER F., BREIL P. ET COLLABORATEURS (2011). Assessing the vulnerability of peri-urban rivers. Poster, colloque du programme anr « vulnérabilité : milieux et climat », 22-23 mars 2011, Montpellier.
- COURNOYER B. (2011). *Pseudomonas aeruginosa* dans l'environnement naturel: ubiquité, dynamique, exposition et évolution. *Colloque national sur les Pseudomonas, Société Française de Microbiologie*.
- PETIT S. et al. Sanitary quality of bathing and shellfish waters – IFREMER Centre de Brest (France). *Pseudomonas aeruginosa* in aquatic environments: the importance of fecal carriage and combined-sewer overflows. (Poster)
- PETIT S. Les populations hydriques de *Pseudomonas aeruginosa* Dissémination des eaux usées à la rivière. Journée Doctorales E2M2 – Univ. Lyon 1. 19 mai 2011. (oral)
- PETIT S., GIBERT S., LOISEAU L., BORGES E., MAURIN F., VILLARD L., SCHMITT L., FANTINO G., MOULIN B., NETO M., COURNOYER B. (2010). Transfert de contaminants microbiens dans les rivières en milieu péri-urbain : devenir de *Pseudomonas aeruginosa*, bactérie pathogène opportuniste de l'homme. *8ème colloque de la société française de microbiologie*, juin 2010, Marseille.
- PETIT S., GIBERT S., LOISEAU L., BORGES E., MAURIN F., VILLARS L., SCHMITT L., FANTINO G., MOULIN B., NETO M., COURNOYER B. (2010). Transfert de contaminants microbiens dans les rivières en milieu péri-urbain : devenir de *Pseudomonas aeruginosa*, bactérie pathogène opportuniste de l'Homme. *8ème colloque de la Société Française de Microbiologie*, Juin 2010, Marseille.
- PETIT S., LAVENIR R., BRIOLAY J., LOISEAU L., COURNOYER B. (2009). Test de dépistage de mutants de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'environnement. *Journée de l'IFR41 (Institut fédératif de recherche Bio-Environnement et santé)*, Mai 2009, Lyon, France.
- PETIT, S., R. LAVENIR, J. BRIOLAY, C. MONNEZ, L. LOISEAU, S. FAVRE-BONTE, S. NAZARET, ET B. COURNOYER. (2009). Sélection de variants génétiques de *Pseudomonas aeruginosa* en milieux hydriques anthropisés. *4^e Colloque de l'Association Francophone d'Ecologie Microbienne*. Septembre. Lyon, France.
- SCHMITT L., DELILE H., PREUSSER F., JACOB N., PRIVOLT G., GROSPRETRE L., ARGANT C., JACQUEMINET C., MICHEL K., KERMADI S. (2009). Méthodologie d'étude de la chronologie du colluvionnement des fonds de vallée élémentaires de l'ouest lyonnais (bassin de l'Yzeron. *Colloque AFEQ (association française pour l'étude du quaternaire) « les formations superficielles en domaine continental : apport des nouvelles méthodes de datation. Le point sur les méthodes de datation. Applications aux stratigraphies locales et régionales »*, 4 juin 2009, Montpellier.

Autres

- ANGELLOZ-PESSEY, S. (2012). Acquisition d'un flot génomique producteur de flagelles latéraux chez une souche de *Burkholderia ambifaria* isolée de la rivière Chaudanne. Master de Recherche I, Univ. Lyon 1.
- BOUKAREB, A. (2011). Importance des lectines de *Pseudomonas aeruginosa* dans la colonisation des milieux aquatiques. Master de Recherche II, Univ. Lyon 1.
- BREIL P. (2012). Projet détaillé de l'Observatoire, mode d'intégration des informations dans le SIC et chiffrage global. Fiche action G5 du contrat de rivière Yzeron Vif. 14p.
- BREIL P., GUERIN S., LAFONT M., JEZEQUEL C., SCHMITT L. (2010). Comment réduire l'impact du développement périurbain sur les petits cours d'eau ? - cas de l'ouest lyonnais. Séminaire Nantes métropole – Icp, collaborations entre collectivités et laboratoires de recherche autour de l'hydrologie urbaine. Intérêt, modalités, résultats, cité des congrès - Nantes - 22-23 novembre 2010, 10 p.
- BREIL P., LAFONT M., SCHMITT L., JEZEQUEL C. (2009). Evaluation du potentiel écologique dans une rivière urbaine fortement modifiée. Rapport d'avancement, ZABR, université de Lyon, cemagref de Lyon, 39 p.
- BREIL P.; SCHMITT L.; LAFONT M.; JEZEQUEL C.; MOULIN B.; FANTINO G.; FOURNIER T.; THOLLET F.; LAGOUY M. (2010) Evaluation du potentiel écologique dans une rivière urbaine fortement modifiée. Etude ZABR -Action 11. 126p.
- BRUNIN, H. (2011). Recherche et analyse de facteurs sigma impliqués dans la formation de flagelles chez des bactéries appartenant au complexe d'espèces *Burkholderia cepacia*. Master de Recherche I, Univ. Lyon 1.
- CHANCIBAUT K., BRAUD I., DEBIONNE P. et collaborateurs (2010) Le projet AvuPur : analyse et modélisation de la vulnérabilité hydrologique des bassins périurbains. *Journées « collaborations entre collectivités et laboratoires de recherche »*, Nantes, 22-23 novembre 2010, 10 p.
- COLINON C., B. COURNOYER. (2012). Pollution et contamination des eaux pluviales – nouvelles avancées. Eclairage sur les pathogènes. 5^{ème} Journée Technique de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. Espace Tête d'Or de Lyon, 9 février 2012.
- COURNOYER B. (2010). Atelier Eco-aquatron : mésocosmes lotiques extérieurs sur me Grand Lyon. ENTPE, 21 juin 2010 (oral)
- COURNOYER B. ET BLAHA D. (2011). Devenir des pathogènes urbains dans les petites rivières. Séminaire de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. 4 juillet 2011.
- COURNOYER B., NAZARET S., FAVRE-BONTE S., PETIT S., NETO M., MONNEZ C., LOISEAU L., BREIL P., LAGOUY M., NAMOUR P., JAFFREZIC N., SCHMITT L., MOULIN B., FANTINO G., PERRODIN Y. (2010). Les contaminants microbiens introduits lors d'événements pluvieux dans les rivières en milieu péri-urbain : conséquences écologiques et dangers pour la santé. Projet n° anr 08 cesa 022, bilan des activités de recherche 18 mois, 135 p.
- COURNOYER B., NAZARET S., FAVRE-BONTE S., PETIT S., NETO M., MONNEZ C., LOISEAU L., BREIL P., LAGOUY M., NAMOUR P., JAFFREZIC N., SCHMITT L., MOULIN B., FANTINO G., PERRODIN Y. (2009). Les contaminants microbiens introduits lors d'événements pluvieux dans les rivières en milieu péri-urbain : conséquences écologiques et dangers pour la santé. Projet n° anr 08 cesa 022, bilan des activités de recherche 18 mois, 86 p.

- COURNOYER B., SCHMITT L., BREIL P., PERRODIN Y., ANGERVILLE R.(2009). Projet STIMM. Etude d'un dispositif de stimulation du métabolisme microbien en cours d'eau. *ColloquePIR ingénierie écologique*, 31/03 – 01/04/2009, Paris.
- COURNOYER B..OTHU et PARMIC (2011). Présentation des dispositifs et partenariats.Observations et expériences sur les recherches en environnement : *état des lieux pour le DIPEE de Lyon*. 13 septembre 2011. (oral)
- COURNOYER, B. (2009). Rejets urbains : risques sanitaires et écologiques. Apports de la microbiologie : approches prospectives. 4^e Journée Technique de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. Hôtel de la Communauté Urbaine de Lyon, 20 Octobre 2009.
- GERBER, C. (2011). Évaluation des gènes de la famille *tpm* comme indicateur de la présence de *Pseudomonas aeruginosa* et d'autres bactéries pathogènes opportunistes dans l'environnement hydrique péri-urbain. Licence Pro, Univ. Nîmes.
- GROSPRETRE L., SCHMITT L.(2010). *Etude hydro-géomorphologique de l'yzeron et définition d'indicateurs de suivi partie 1 : diagnostic hydro-géomorphologique des affluents et sous-affluents de l'yzeron et des branches principales du réseau hydrographique et mesures de réhabilitation* CNRS/UMR 5600. Réalisé pour le compte du grand Lon et du S.A.G.Y.R.C., 107 p. + ann.
- GROSPRETRE L., SCHMITT L., BREIL P., BARRA A., CHOCAT B., DELILE H. (AVEC LA COLLABORATION DE SARRAZIN B., JACQUEMINET C., MICHEL K., JOLIVEAU T., DODANE C., HONEGGER A., BRANGER F., JACOB. N., PRIVOLT G., KERMADI S.(2011). Quelles sont les caractéristiques hydro-géomorphologiques associées aux rivières péri-urbaines et comment quantifier le risque d'incision ? Conférence thématique de l'OTHU « impacts de l'urbanisation sur les rivières périurbaines. Compréhension et modélisation des phénomènes hydro-géomorphologiques », 11 juin 2011, Lyon.
- NAMOUR PH., JAFFREZIC-RENAULT N. (2009). Qualité chimique des eaux. Application de la DCE : développement d'un micro-système de mesure, 4^{ème} Journée de l'OTHU : "rejets urbains, 10 ans de recherche et d'observation au service de l'action", 20 octobre 2009, Lyon (France) (support d'intervention et vidéo: <http://www.graie.org/othu/jtothu4.htm>).
- PERRODIN Y. (2009). Rejets urbains : risques sanitaires et écologiques. Apports de l'écotoxicologie : approches prospectives. 4^e Journée Technique de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. Hotel de la Communauté Urbaine de Lyon, 20 Octobre 2009.
- PETIT S., C. COLINON, E. BORGES, L. VILLARD, F. MAURIN, L. SCHMITT, B. MOULIN, G. FANTINO, B. COURNOYER. (2011). Rejets d'eaux usées par temps de pluie en milieu péri-urbain : risques sanitaires liés aux agents infectieux. *Journée scientifique OPUR – 8 juin 2011. Substances prioritaires et autres contaminants dans les eaux pluviales*. Paris. Ecole des Ponts et Chaussées.
- PETIT S., GIBERT S., LOISEAU L., BORGES E., MAURIN F., VILLARD L., MOULIN B., NETO M., COURNOYER B.(2010). Transfert de contaminants microbiens dans les rivières en milieu péri-urbain : devenir de *Pseudomonas aeruginosa*, bactérie pathogène opportuniste de l'Homme. Relations internationales UCBL-Université de Montréal, Colloque Infectiologie et Chimie de l'environnement, Mai 2010, Lyon. (Conférence oral)
- PETIT S., M. NETO, Y. RICHARD, B. COURNOYER. 2010. Quels sont les risques sanitaires associés aux rejets de micro-organismes pathogènes dans les milieux aquatiques via les déversements d'eaux usées ou pluviales ? La recherche en environnement en Rhône-Alpes, Editeur Cluster Environnement, Rhône-Alpes.
- PETIT S..Les populations hydriques de *Pseudomonas aeruginosa* Dissémination des eaux usées à la rivière. *Journée des thèses – CEMAGREF de Lyon*. 13 mai 2011. (oral)
- POTIER de la VARDE, G. (2011). Modélisation comparée du ruissellement des petits bassins versants urbains en vue d'estimer les rejets de temps de pluie vers le milieu naturel. Rapport de stage en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENSGTI de Pau.
- SBARTAI A., NAMOUR PH., ERRACHID A., KREJCI J., ŠEJNOHOVA R., RENAUD L., LARBI HAMLAOUI M., LOIR A.-S., GARRELIE F., DONNET C., SODER H., AUDOUARD E., GRANIER J., JAFFREZIC-RENAULT N.(2012). Microcellules électrochimiques en diamant dopé au bore (BDD) obtenues par usinage laser pour la détection de différents métaux lourds (Cd(II), Hg(II), Ni(II) et Pb(II), MADICA 2012, 8èmes *Journées Maghreb-Europe, Matériaux & Applications aux Dispositifs et Capteurs*, 7th -9th November(2012). Sousse (Tunisie).
- SCHMITT L., GROSPRETRE L., BREIL P., LAFONT M., BRAUD I. (et collaborateurs) (2009). Schéma méthodologique pour la gestion des petits cours d'eau périurbains. *Communication orale, journée technique othu*, 20 oct. 2009, Lyon.

f) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

Les partenaires des projets

Projet INTEGREAU (ANR Precodd 2007-2012): AREVA-ELTA; CEA-LETI; Suez-Environnement; IRSTEA MALY; Service Central d'Analyse du CNRS, USR CNRS 59; Université de Lyon, Lyon 1, UMR 5280, ISA, LSA, SIMS.

Projet INVASION (ANR CES2008-2012): Université de Lyon, Lyon 1, UMR CNRS 5557, LEM, ENTPE, UMR 5023 LEHNA; IRSTEA HHLy; Université de Lyon, Lyon 2, UMR 5600, EVS; Université de Lyon, Lyon 1, UMR 5280, ISA, LSA, SIMS.

Projet EPEC ANR (Ecotech2010-2014): IRH Ingénieur Conseil; Fluvial.IS; IRSTEA HHLy & MALY; Laboratoire LRGP de Nancy, UPR CNRS 3349, équipe sol & eaux; Université de Lyon, Lyon 1, UMR 5280, ISA, LSA, SIMS

Le projet bilatéral FAST-Muroei avec les universités de Monash et de Melbourne (Australie).

Collaboration avec l'université de Quisqueya (Haïti) sur les aspects ecotoxicité des rejets.

C.5. METROLOGIE : Amélioration des outils métrologiques

a) Équipes concernées

INSA de Lyon - LGCIE

IRSTEA Lyon – UR Hydrologie Hydraulique et UR MALY

LEHNA – Equipe IPE (ENTPE)

LSA - Laboratoire des Sciences Analytiques - Université Lyon I - CNRS UMR 5180

b) Objectifs scientifiques et opérationnels

Les objectifs scientifiques principaux visent à améliorer les méthodes et les techniques métrologiques, afin de mieux évaluer les incertitudes, de les réduire lorsque c'est possible, et de permettre l'acquisition de données fiables sur les flux d'eau et de polluants dans les hydrosystèmes urbains.

Ils traitent plus particulièrement les points suivants :

- mesurage en continu des flux polluants en réseau d'assainissement
- utilisation des débitmètres en réseau d'assainissement
- incertitudes des mesurages des débits en rivière
- détermination des vitesses de chute des matières en suspension.
- Développement de capteurs de mesure ou d'indication

Les objectifs opérationnels principaux sont les suivants : i) fiabiliser les dispositifs métrologiques, ii) permettre le transfert opérationnel des méthodes, outils et résultats métrologiques obtenus dans le cadre de l'OTHU et iii) contribuer à développer des outils de mesure si nécessaire

Sans qu'ils soient développés dans le cadre limité de ce rapport, on peut mentionner à titre complémentaire, et reliés à l'OTHU, les travaux effectués dans le cadre du projet PREPARED, sur le mesurage par sonar des sédiments en réseau d'assainissement.

c) Principaux résultats scientifiques

▪ Mesurage en continu des flux polluants en réseau d'assainissement

Ce volet a été traité principalement dans les thèses de Métadier (2011) et Lepot (2012). L'objectif principal est de mesurer en continu les concentrations en MES et DCO (d'autres polluants peuvent être envisagés ultérieurement) et d'estimer les incertitudes associées au moyen de capteurs placés dans le réseau d'assainissement, afin de remplacer les prélèvements d'échantillons et les analyses en laboratoire.

Dans le cadre de la thèse de Métadier (2011), les séries de données de Chassieu 2 et d'Ecully sur la période 2004-2008 ont été traitées et valorisées afin d'estimer les concentrations et les flux polluants en MES et DCO transférés par temps de pluie à l'exutoire de ces deux bassins versants, à partir des données de turbidité acquises au pas de temps de 2 minutes (Figure 41). Ces travaux ont confirmé la faisabilité de la méthode, et montré que les fonctions de corrélation entre turbidité d'une part, MES et DCO d'autre part, n'étaient pas nécessairement des droites mais que des fonctions polynomiales de degré 2 (voire 3) pouvaient être plus pertinentes. Les incertitudes sur les flux événementiels sont comparables, voire souvent inférieures, à celles qu'on peut obtenir à partir d'échantillons. Les résultats obtenus montrent par exemple que les concentrations moyennes événementielles sont extrêmement variables (Figure 42), et que toute estimation d'un flux annuel, compte tenu de cette variabilité, doit être établie sur le suivi d'un grand nombre d'événements pluvieux. Les résultats ont fait l'objet de plusieurs publications, notamment une synthèse générale (Métadier et Bertrand-Krajewski, 2011).

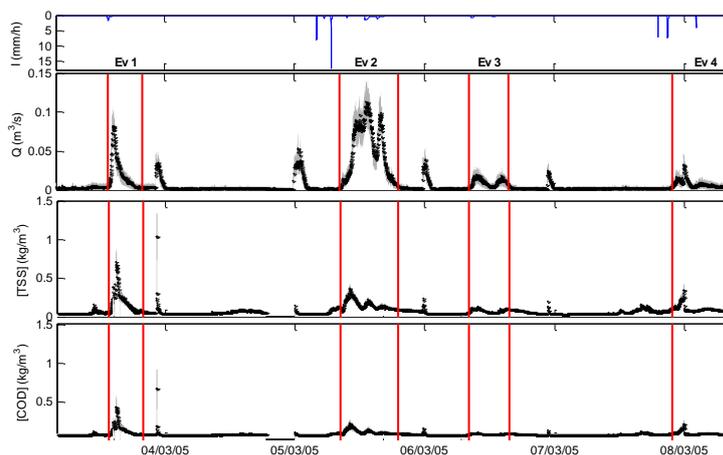


Figure 41. Quatre événements pluvieux du 3 au 8 mars 2005 à Chassieu (intensité de la pluie I , débit Q , concentrations en MES et DCO, intervalles de confiance à 95 % en grisé, les lignes verticales rouges indiquent les débuts et fins d'événements)

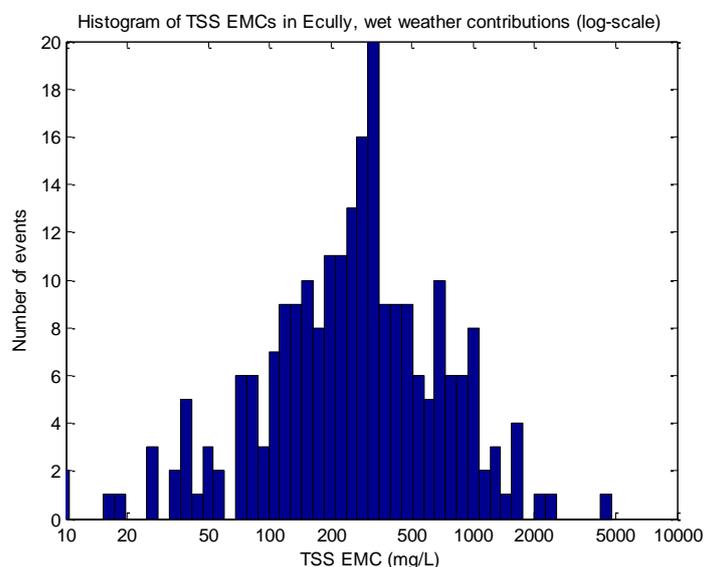


Figure 42. Histogramme des concentrations moyennes événementielles en MES à Ecully, 239 événements
Les travaux de Lepot, dans le cadre d'une thèse URBIS et du projet européen FP7 PREPARED, ont abordé d'autres questions, notamment :

- Quels sont les capteurs les plus appropriés pour estimer en continu les concentrations en MES, DCO totale (DCOt), et DCO dissoute (DCOd)?
- Quels sont les meilleurs modèles de corrélation entre les valeurs fournies par les capteurs et les concentrations en MES, DCOtotale et dissoute ?
- Quelles sont les incertitudes associées ?
- Quelle est la robustesse des capteurs pour différentes conditions d'utilisation ?

Plusieurs capteurs ont fait l'objet de tests dans des conditions contrôlées et identiques :

- deux turbidimètres mono-longueur d'onde (CUS 31 Endress-Hauser en néphélogéométrie noté T_{EH} , Optisens AOS 2000 Krohne en transmission noté T_K)
- un turbidimètre bi-longueur d'onde (UV-Probe 254+ FES noté UV254+)
- un spectromètre UV-visible (Spectro::lyser s::can)
- un capteur micro-onde (Kajaani TS Metso Automation)
- un pH-mètre (ORP FU 20 Yokogawa)
- un conductimètre (ISC40 Yokogawa noté cond).

Ces travaux ont nécessité le développement de nouvelles méthodes spécifiques, notamment pour i) la détection d'outliers, ii) la construction de modèles de régression entre les signaux délivrés par les capteurs et les concentrations (fonctions polynomiales à une ou plusieurs variables obtenues par régression classique ou

régression Williamson étendue, régressions de type PLS) et iii) la comparaison des performances de ces modèles pour différents jeux d'échantillons : 94 pour le temps sec, 44 pour le temps de pluie et 165 pour la globalité.

Pour la détection d'outliers, plusieurs méthodes ont été utilisées ou développées : i) celle proposée par Torres (2008), étendue à plus de variables explicatives (turbidité, pH, conductivité ou spectre UV/visible), ii) un prétraitement des données spectrales, inspiré de la théorie de la profondeur de données, pour l'identification de(s) spectre(s) outlier(s) et du spectre le plus représentatif, iii) une méthode basée sur la distance euclidienne entre les coefficients des modèles, uniquement pour les données spectrales. Ces méthodes seront implémentées dans les prochaines versions du logiciel Evohé (voir paragraphe 'Principaux résultats opérationnels' ci-dessous).

Selon la concentration que l'on cherche à estimer (MES, DCOt, DCOd), la nature des effluents (temps sec, temps de pluie ou mixte), le capteur et la fonction de corrélation les plus appropriés varient. Les capteurs testés (à l'exception du Kajaani TS dont la gamme est inadéquate) permettent tous d'estimer les concentrations, mais avec des précisions et des incertitudes très variables (Figure 43). Pour le spectromètre, les modèles de régression spectrale ne sont pas forcément plus performants qu'une adaptation locale de l'étalonnage global fourni par scan, spécialement pour les ensembles comprenant beaucoup d'échantillons (pour le temps sec et la globalité des échantillons). Ces résultats parfois contraires à certaines études antérieures seraient à confirmer. La prédiction des concentrations en DCO brute et dissoute par des modèles comprenant le produit Turbidité x Conductivité est significativement améliorée par rapport à des modèles n'utilisant que la turbidité. L'utilisation de la conductivité peut cependant être problématique lors de conditions hivernales (utilisation de sel de déverglaçage sur les chaussées). L'utilisation des signaux 4-20 mA des capteurs, sans passer par leur conversion en unités physiques (turbidité, absorbance), permet de réduire légèrement les incertitudes sur les concentrations.

Ces travaux ont également permis de tester plusieurs éléments qui seront utilisés pour la rénovation des stations de mesure de l'OTHU : l'acquisition des données à haute fréquence (pas de temps de 1 seconde) par carte d'acquisition sous Matlab, leur traitement *in situ* sous Matlab avant mise au pas de 2 minutes (détection d'outliers, moyenne et écart type), abandon des centrales d'acquisition classiques.

Capteurs ou groupe de capteurs	Type de données	RMSEP (mg/L)	Modèle
T _K -T _{EH} -Cond	Turbidity - Conductivity	27.6	T4
T _K -Cond	4-20 mA output	28.3	T2
T _K -Cond	Turbidity - Conductivity	31.0	T2
T _K -T _{EH} -Cond	4-20 mA output	31.3	T3
T _{EH} -Cond	Turbidity - Conductivity	36.7	T2
s::pectrolyser	Absorbance	37.2	PLS (6,6) (227.5, 230, 225, 232.5, 222,5 and 235 nm)
T _K -T _{EH}	Turbidity	38.5	T2
T _{EH} -Cond	4-20 mA output	41.1	T2
T _K -T _{EH}	4-20 mA output	41.1	T2
T _K	4-20 mA output	50.4	P3
T _K	Turbidity	51.8	P2
T _{EH}	4-20 mA output	68.7	P3
T _{EH}	Turbidity	70.7	P2
Cond-pH	4-20 mA output	92.5	T1
s::pectrolyser	Total COD	112.2	D, by using global calibration
Cond-pH	Conductivity - pH	244.4	T2

Figure 43. Erreurs moyennes d'estimation (RMSEP, mg/L) des concentrations en DCO totale pour des effluents de temps de pluie, pour les meilleurs modèles obtenus pour différents capteurs ou association de capteurs

▪ **Utilisation des débitmètres en réseau d'assainissement**

Cette action comporte plusieurs volets.

Le premier volet porte sur la vérification *in situ* des débitmètres installés en réseau d'assainissement, et notamment de leur composante de mesure des vitesses d'écoulement (sondes Doppler ou radar). En effet, les capteurs Doppler ou radar (type Flodar) ne sont pas étalonnables au sens strict (on ne dispose pas d'étalons de vitesse d'écoulement). Il n'est donc pas possible de vérifier directement *in situ* les valeurs des vitesses d'écoulement indiquées par ces appareils, ni d'estimer les incertitudes de mesure associées. C'est pourquoi des méthodes de mesurage indépendantes des capteurs en place sont généralement utilisées : exploration du champ de vitesse au moulinet ou au courantomètre électromagnétique, traçage au sel. L'exploration du champ de vitesse est faisable en rivière mais difficile en réseau d'assainissement (accès, variabilité rapide des débits, etc.). Le traçage au sel, dès lors que les débits sont élevés (en temps de pluie par exemple), nécessite des volumes importants de traceur. C'est pourquoi, dans le cadre de la thèse URBIS de Lepot (2012), une méthodologie complète de traçage à la rhodamine WT, mesurable *in situ* à court pas de temps (1 seconde) par un fluorimètre de terrain, a été mise en œuvre, testée et validée sur plusieurs sites laboratoire et de terrain (Lepot *et al.*, 2011). La méthode, qui associe une partie théorique fondée sur la solution semi-analytique de l'équation de convection-diffusion et la recherche du couple (concentration en traceur, volume à injecter) qui minimise l'incertitude de mesure, et une partie plus expérimentale et informatisée de traitement automatique du signal et des incertitudes (Figure 44), a été validée en conditions de laboratoire par rapport à des traçages au sel et un débitmètre électromagnétique. Elle a ensuite été appliquée avec succès sur plusieurs sites en réseau d'assainissement, où elle a permis soit de quantifier et de corriger des biais de mesure (sites OTHU Chassieu (Figure 45) et quais de Saône Grand Lyon), soit de déterminer des points d'une courbe de tarage pour des faibles débits où les capteurs de vitesse ne peuvent pas fonctionner (site Syndicat Intercommunal d'Assainissement Grand Projet - Veolia).

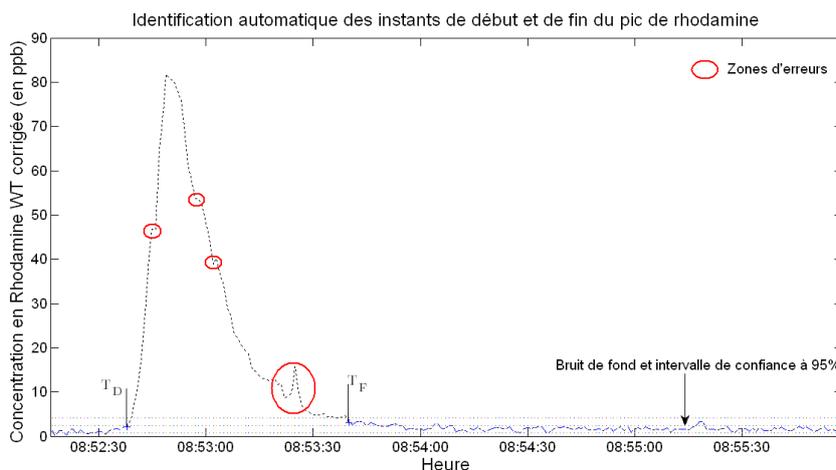


Figure 44. représentation d'un signal brut corrigé avant validation

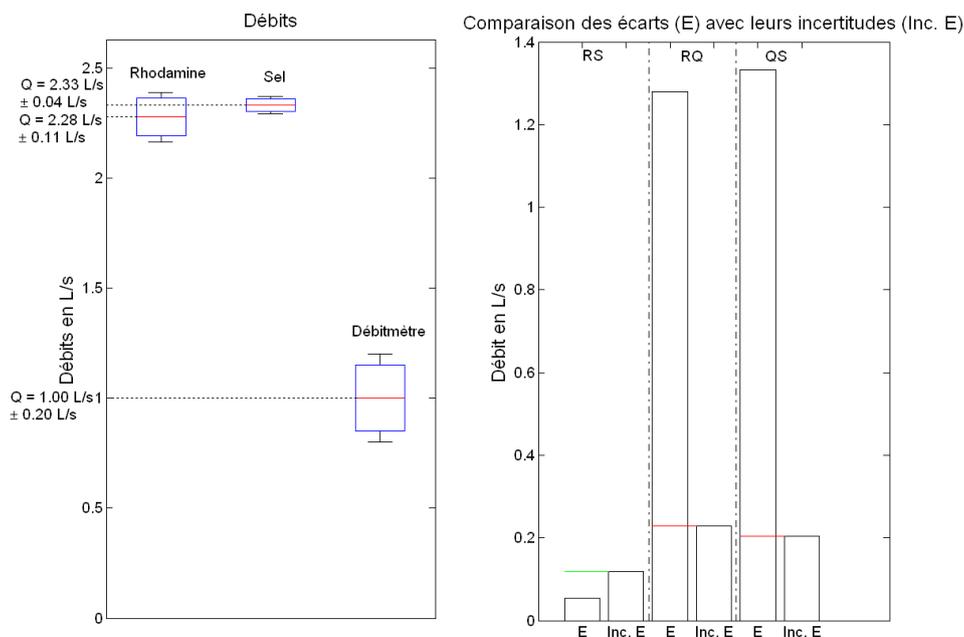


Figure 45. Comparaison des méthodes de mesure du débit à Chassieu (R : Rhodamine / S : Sel / Q: Débitmètre) et détermination du biais du capteur Doppler en place.

Le deuxième volet porte sur le couplage métrologie/modélisation pour améliorer la qualité des observations. Il s'agit par exemple d'optimiser l'emplacement des capteurs débitométriques en réseau, où les écoulements sont souvent perturbés par des jonctions, des branchements, des coudes et autres singularités géométriques générant des distributions des vitesses d'écoulement différentes de celles théoriquement attendues pour des conduites rectilignes où les profils de vitesses sont complètement développés. Il comporte deux sous-volets mettant en œuvre des outils de simulations CFD sous Fluent. Le premier considère un emplacement donné d'un capteur au sein du réseau : compte tenu des conditions hydrodynamiques locales à l'emplacement du capteur, notamment la distribution des vitesses, quelle correction faut-il apporter aux données fournies par le capteur pour obtenir une estimation non biaisée de la vitesse moyenne de l'écoulement à travers la section ? Le second part de la connaissance par modélisation des distributions des vitesses d'écoulement le long d'un collecteur donné : à quel endroit faut-il placer le capteur pour éviter un biais de mesure ou le réduire au minimum possible ? . Cela fait l'objet de projets de recherche menés dans le cadre d'URBIS (projet COACH et MENTOR)

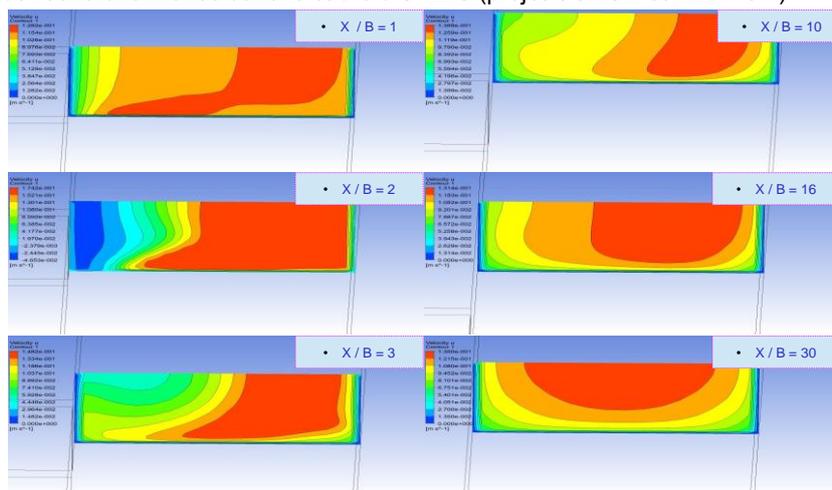


Figure 46. Représentation du champ de vitesse dans la section droite à l'aval d'une jonction. X= distance vers l'aval à partir de la jonction – B= largeur du canal rectangulaire. Il faut plus de 30B après la jonction pour que le champ de vitesse redevienne quasi symétrique.

▪ **Incertitude des mesurages des débits en rivière**

La quantification des flux d'eau dans les bassins versants nécessite une connaissance précise des débits dans les cours d'eau. IRSTEA développe des outils pour améliorer les courbes de tarage des stations hydrométriques

qui permettent de relier la hauteur d'eau dans la rivière au débit. Une méthodologie a été développée pour quantifier l'incertitude sur les débits résultant de l'emploi des courbes de tarage. Pour une station donnée, cette méthode (BaRatin -BAYesian RATINg curve-) utilise le cadre statistique de l'inférence bayésienne pour caler une courbe de tarage et estimer son incertitude, en fonction des incertitudes individuelles de chaque jaugeage et de l'analyse hydraulique de cette station. Cette méthodologie a été appliquée à plusieurs stations hydrométriques du bassin de l'Yzeron. Le résultat est illustré sur les Figure 47 et Figure 48.



Figure 47. Station de la rivière Charbonnières à Charbonnières-les-bains

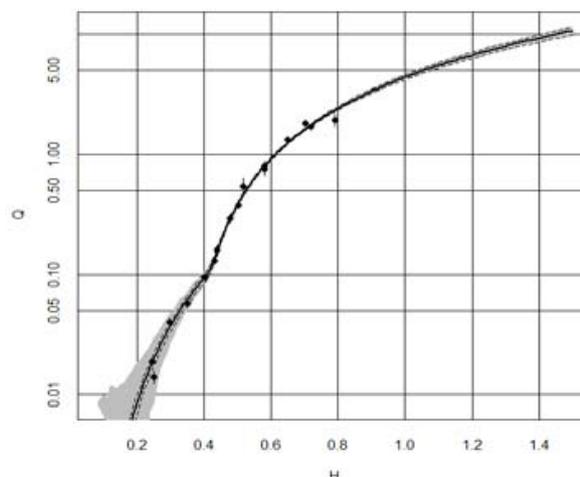


Figure 48. Courbe de tarage estimée en échelle logarithmique (b). Les hauteurs sont en m et les débits en m^3/s . En gris l'incertitude sur la courbe représentée par un intervalle de confiance à 95 %. Les points sont les jaugeages représentés avec leurs incertitudes respectives.

▪ Détermination des vitesses de chute des matières en suspension.

Le mesurage des vitesses de chute des matières en suspension constitue un élément essentiel pour la connaissance et la caractérisation des rejets urbains de temps de pluie, notamment en vue de leur traitement par décantation et pour la modélisation des ouvrages de retenue – décantation (thèse en cours de H. Yan). Au sein de l'OTHU, les vitesses de chute sont mesurées par le protocole Vicas (Chebbo et al., 2003)³⁷ au développement duquel le LGCIE a contribué. Ce protocole est commun aux observatoires d'URBIS, mais nécessite de nombreuses opérations manuelles. Une action de recherche est en cours depuis 2011 au LGCIE en vue d'une version modifiée automatisable fonctionnant sur le principe d'une pesée dynamique immergée en continu des sédiments décantés dans une colonne de sédimentation. Les premiers résultats (non publiés pour l'instant) ont montré que le principe était pertinent. Après plusieurs essais infructueux dus à des problèmes techniques des balances commerciales utilisées (Bally et Taveres-Cachat, 2011), une nouvelle balance a été testée avec succès en 2012, garantissant à la fois une précision de l'ordre de 0.1 mg et une stabilité de la pesée sur plusieurs heures lorsque le local est régulé en température. Depuis septembre 2012, une nouvelle phase est en cours, pour développer et tester la méthode.

g) Principaux résultats opérationnels

Sur la période concernée par ce rapport, un des principaux résultats opérationnels est le développement et la commercialisation du logiciel EVOHE. Ce logiciel permet, dans un seul outil intégré, de traiter des séries de données chronologiques, depuis l'installation du capteur jusqu'à l'exploitation finale des données validées (Figure 49). Il rend applicable par tout utilisateur, opérationnel ou chercheur, de façon simple, l'ensemble des méthodes et outils métrologiques et de validation des données développé depuis 2001 dans le cadre de l'OTHU (Figure 50) ; Il a été développé grâce aux financements de LST (Lyon Science Transfert), du projet européen PREPARED et du LGCIE. Le code, sous Matlab, est développé conjointement par le LGCIE (cahier des charges, méthodes, algorithmes) et par Alison (interface, organisation générale). Il est commercialisé par la société Alison (logiciel Canoé). Il est prévu deux versions par an.

³⁷Chebbo, G., M. C. Gromaire, and E. Lucas. "Protocole VICAS – mesure de la vitesse de chute des MES dans les effluents urbains." *Techniques Sciences et Méthodes*. 12 (2003): 39–49.

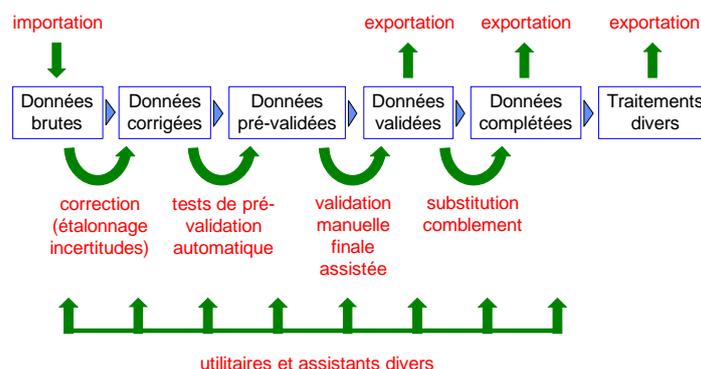


Figure 49. Organisation générale du logiciel Evohé

Il comprend les fonctionnalités suivantes (version 2012.1) :

- calcul des fonctions d'étalonnage des capteurs
- correction des données brutes à partir des fonctions d'étalonnage
- estimation des incertitudes à toutes les étapes des calculs
- pré-validation automatique des séries de donnée par tests paramétriques
- validation finale assistée par des outils graphiques interactifs
- substitution de données et comblement de lacunes avec traçabilité des opérations
- calculs automatiques des débits, volumes cumulés et de leurs incertitudes

La version 2012.2 (prévue en décembre 2012 ou janvier 2013) inclura en plus les éléments suivants :

- fonction de délimitation semi-automatique du temps sec et du temps de pluie
- modules de traitement automatique des fichiers bruts des pluviographes à augets ou à pesée
- outil de définition par l'utilisateur de tout type de fonction de calcul (interface de haut niveau)
- statistiques sur les séries de données
- mise à un pas de temps quelconque de toute série de données
- aide automatisée au paramétrage des tests de pré-validation
- automatisation des contrôles de maintenance et d'étalonnage des capteurs
- calculs automatiques des concentrations, masses et courbes M(V) pour les polluants
- fonctions de corrélation des capteurs de qualité des eaux (turbidimètres, puis spectro-UV visibles).

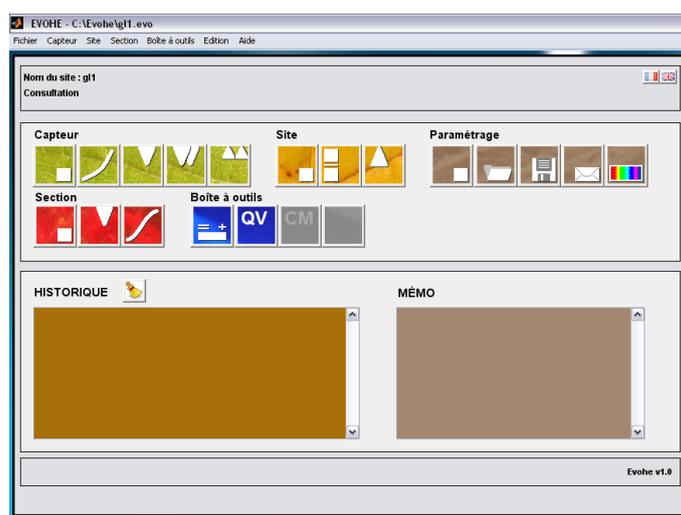


Figure 50.fenêtre principale d'Evohé – version 2012.1

Evohé est disponible avec une interface en français et en anglais. Ce logiciel représente une valorisation opérationnelle de l'expérience métrologique développée dans le cadre de l'OTHU. Il est désormais utilisé en routine au LGCIE et devrait, courant 2013, être utilisé plus largement par les partenaires de l'OTHU et du SOERE URBIS.

Concernant les incertitudes sur les mesurages des débits en rivière, la méthode BaRatin a été valorisée par la mise à disposition d'un outil, nommé BaratinAGE, qui peut être téléchargé gratuitement sur le web. <https://forge.irstea.fr/projects/baratin>

▪ Développement de microcapteurs et des méthodes de bioindication

Durant ces quatre années ont été développés des outils de mesure (microcapteurs et /ou biocapteurs)

Une première méthode de bio-indication a été présentée préalablement en même temps que la mesure de l'impact des infiltrations sur les eaux souterraines pour lesquelles elle a été développée (Cf. Partie C3 - paragraphe *Expérimentations in situ : vers l'utilisation d'organismes sentinelles* – page 76)

Un deuxième outil a été conçu et testé. Il concerne la mise au point d'un capteur microfluidique pour le suivi de métaux lourds en phase dissoute. En effet, le projet INTEGREAU a permis de :

- Construire une cellule d'électro-oxydation diamant/zirconium permettant de minéraliser plus de 95% de 25 mg/L de matière organique dissoute en 10 min.
- Concevoir, fabriquer et valider un système microfluidique diphasique de concentration des métaux par extraction liquide-liquide en liquide ionique
- Inventer une nouvelle façon de fabriquer une microcellule en diamant dopé au bore (BDD) et utiliser cette microcellule pour la mesure simultanée de Cd, Hg, Ni et Pb, à des limites de détection compatible avec la législation en cours.
- Démontrer la possibilité de concentrer Cd et Pb dans un liquide ionique (avec ou sans chélatant) et de doser ces métaux en DPASV directement dans le liquide ionique, la présence de chélatant améliorant le facteur de concentration en liquide ionique.
- Démontrer la faisabilité d'automatisation du dosage des métaux par voie électrochimique en associant les cellules électrochimiques et le potentiostat à une interface homme machine

Il a été exposé également préalablement dans la partie C4- Paragraphe « *Capacité d'auto-épuration et techniques de gestion des RUTP* » - Métrologie – page 87.

Le troisième outil concerne la proposition d'un dispositif de détection et d'identification des grandes familles de polluants dans les rejets. Son principe s'appuie sur l'utilisation d'indicateurs de la perturbation du métabolisme d'algues unicellulaires en réponse à une exposition aux rejets avec pour application le développement de biocapteurs permettant des contrôles automatisés sur sites. Dans ce cadre ont été effectuées depuis 2011 : (i) 25 campagnes de prélèvement (temps sec et temps de pluie), des bioessais sur algues unicellulaires (croissance, fluorescence chlorophyllienne, tests enzymatiques), (iii) l'analyse de données pour identifier les grandes tendances obtenues en bioessais en fonction des polluants présents qui a conduit à (iv) l'amélioration du biocapteur (nouvelles méthodes d'immobilisation, développement d'un automate, premières applications au terrain).

h) Programmes de recherches ayant servi de support

- Projet européen FP7 PREPARED (www.prepared-fp7.eu), notamment le Work Package WP3.1 sur les questions métrologiques
- Projet collaboratif R2DS (Réseau de Recherche sur le Développement Soutenable) financé par la région Ile de France (projet de l'inter-observatoire URBIS)
- Projet INTEGREAU - ANR PRECODD (2008-2012) : [Http://www.integreau.org](http://www.integreau.org) porté par Nicole JAFFREZIC, UCBL LSA vise au développement de micro-système de dosage des métaux lourds. Equipes OTHU concernées: UCBL LSA, CEMAGREF UR QE
- Projet MENTOR - ANR-ECOTECH : « Méthodologie et outils opérationnels de conception et de qualification des sites de mesure en réseau d'assainissement » - IFSTTAR Nantes (coordonnateur), LGCIE, LEESU (ENPC), GEMCEA (Groupement pour l'évaluation des mesures en continu dans les eaux et en assainissement), EVS- ITUS, LMFA, IMFS, UNIVERSITE DE STRASBOURG, Grand Lyon - Nantes Métropole, Lyonnaise des eaux.
- Projet COACH - RGPU-Modélisations et leurs applications à l'hydraulique des réseaux d'assainissement IFSTTAR Nantes, LGCIE, LEESU (ENPC), GEMCEA, LMFA, Grand Lyon - Nantes Métropole, Lyonnaise des eaux.

i) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

Internationales

- Pour le mesurage en continu des flux polluants, collaborations avec KWB, Berlin, Allemagne (PREPARED), Universidad Javeriana, Bogota, Colombie (programme collaboratif Ecos-Nord 2011-2013), TU Graz, Autriche, TU Vienne, Autriche, TU Delft, Pays-Bas.
- Pour l'utilisation des débitmètres en réseau, avec Nivus, Allemagne et Sintef, Trondheim, Norvège (PREPARED), TU Münster, Allemagne (programme collaboratif PHC Procope 2011-2012).
- Concernant les incertitudes en hydrométrie, rédaction d'un article en collaboration avec IIHR – Université d'Iowa, USA, et accueil d'un thésard de l'IIHR (Kyutae Lee, directeur de thèse Marian Muste) d'octobre à décembre 2012 au LGCIE.
- Pour l'étalonnage des capteurs, rédaction d'une communication en collaboration avec Aquateam, Norvège (PREPARED).
- Pour le mesurage des sédiments par sonar, collaboration avec CetAqua, Barcelone, Espagne (PREPARED)
- Pour le développement de microcapteurs algaux collaboration avec l'Université Buenos Aires, INQUIMAE; (poursuite dans le cadre d'un financement ECOSsud pour 2013-2016).

Nationales

- Collaboration avec Veolia Lyon sur la métrologie en réseau d'assainissement, Collaboration avec IFSTTAR Nantes sur les incertitudes sur les débits et volumes cumulés (Projets COACH, MENTOR)

j) Perspectives (vis-à-vis de la recherche, des questions et vis-à-vis de l'observation)

Les principales perspectives sur les questions métrologiques sont les suivantes :

1. développer et améliorer les méthodes de pré-validation et de pré-traitement automatiques des données, y compris au niveau quasi temps réel des acquisitions au pas de temps de la seconde, et implémenter les méthodes dans les nouvelles versions d'Evohé
2. mettre en œuvre des associations turbidité + conductivité pour mieux estimer les concentrations en DCO totale et dissoute
3. mettre en œuvre des spectromètres UV-visible pour l'estimation en continu de la DCO dissoute et d'autres indicateurs (H₂S par exemple).
4. explorer les possibilités de mesurer en continu au moyen de capteurs, pour des conditions de réseau d'assainissement, de nouveaux indicateurs polluants (métaux, polluants organiques, etc.)
5. poursuivre le développement du logiciel Evohé
6. mettre au point et valider le nouveau protocole de pesée en continu de mesurage des vitesses de chute des matières en suspension
7. mettre au point et développer opérationnellement la technique de mesure de sédiments en réseau par sonar (résultats du projet PREPARED, WP 3.2)
8. développer la question de la représentativité spatiale et temporelle des échantillonnages et des mesurages en réseau d'assainissement
9. en matière de biocapteur algal, rechercher de nouveaux indicateurs permettant d'affiner le diagnostic de pollution et poursuivre le développement des biocapteurs eux mêmes

Les points 1 à 5 sont envisagés dans le cadre d'une future thèse devant démarrer en avril 2013.

k) Production (2009 – 2012)

Thèses :

LEPOT M. (2012). *Mesurage en continu des flux polluants en MES et DCO en réseau d'assainissement*. Thèse de doctorat de l'INSA Lyon.

Thèses en cours :

FERRO Y. Evaluation de l'impact des Rejets Urbains par Temps de Pluie sur le compartiment algal. Equipe IPE ENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023.

Post Doctorants

KHADRO Basma, La détection du nickel et du mercure par mesures voltamétriques (dpasv) avec un système miniaturisé, LSA UCBL Lyon 1

MAAZOUZI Chaffik, Tests d'organismes sentinelles pour la quantification de la qualité des eaux souterraines, LEHNA, E3S, Lyon 1

Articles dans revues internationales à comité de lecture

FERRO Y. PERULLINI, M.; JOBBAGY, M.; BILMES, S.A.; DURRIEU, C. (2012). Development of a Biosensor for Environmental Monitoring Based on Microalgae Immobilized in Silica Hydrogels. *Sensors* 2012, 12, 16879-16891

MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Assessing dry weather flow contribution in TSS and COD storm event loads in combined sewer systems. *Water Science and Technology*, 63(12), 2983-2991. doi:10.2166/wst.2011.185.

MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). From mess to mass: a methodology for calculating storm event pollutant loads with their uncertainties, from continuous raw data time series. *Water Science and Technology*, 63(3), 369-376.

MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Pollutographs, concentrations, loads and intra-event mass distributions of pollutants in urban wet weather discharges calculated from long term on line turbidity measurements. *Water Research*, 21 p. In press. Accepted 14 December 2011, available on-line 22 December 2011. doi:10.1016/j.watres.2011.12.030.

MIGNOT E., BONAKDARI H., KNOTHE P., LIPEME KOUYI G., BESSETTE A., RIVIÈRE N., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Experiments and 3D simulations of flow structures in junctions and their influence on location of flowmeters. *Water Science and Technology*, 66(6), 1325-1332. doi: 10.1080/02626667.2012.675064.

- MUSTE M., LEE K., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Standardized uncertainty analysis for hydrometry: a review of relevant approaches and implementation examples. *Hydrological Sciences Journal*, 57(4), 643-667. doi:10.1080/02626667.2012.675064.
- NAMOUR P., LEPOT M., JAFFREZIC-RENAULT N. (2010). Recent Trends in Monitoring of European Water Framework Directive Priority Substances Using Micro-Sensors: A 2007–2009 Review. *Sensors*, 10(9), 7947-7978. doi <http://dx.doi.org/10.3390/s100907947>.

Communications dans des conférences internationales avec actes

- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2009). Advanced operation of urban water systems: some technical issues related to monitoring and modelling. Technical Seminar of the National Water Conference at 4th Water Expo 2009, Oeiras, Portugal, 5 November 2009. (conférence invitée).
- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). MES, DCO et polluants prioritaires des rejets urbains de temps de pluie : mesure et modélisation des flux événementiels. 2^o *Rendez-vous international sur la gestion intégrée de l'eau*, Sherbrooke, Québec, Canada, 23-25 octobre 2011. (conférence invitée).
- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., LYNGGAARD-JENSEN A. (2012). Data validation methods: Batchwise off-line and continuous on-line. Special session PREPARED, WCE - World congress on Water, Climate and Energy, Dublin, Ireland, 13-18 May.
- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., MÉTADIER M. (2010). Continuous monitoring of storm runoff quality: recent results on two experimental catchments. 2nd Regional Rainfall Conference of the Balkans, Belgrade, Serbia, 3-5 November 2010, 12 p.
- BRANGER, F.; Renard, B.; Le Coz, J., Bonnifait L. (2011). Assessment of uncertainty of stage-discharge relations through hydraulic and bayesian approach, 5th *International Conference on Flood Management (ICFM5)*, 27-29 September 2011, Tokyo, Japan.
- FERRO Y. AND DURRIEU C. (2012). Development of an algal biosensor for toxicity assessment of urban wet weather effluents, *SIDISA 2012 Sustainable Technology for Environmental Protection*, 26 - 29 June 2012, Milan, Italie
- FERRO Y., LASSEY W. AND DURRIEU C. (2012). Automatisation d'un biocapteur à cellules algales pour la surveillance in situ et en continu de rejets urbains par temps de pluie, *MADICA2012*, 7 – 9 novembre 2012, Sousse, Tunisie
- JOANNIS C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2009). Uncertainty in stormwater cumulated volumes and pollutant loads calculated from discrete time series. Proceedings of the 8th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling, Tokyo, Japan, 7-12 September, 2 p.
- LEPOT M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., AUBIN J.-B. (2012). Accuracy of different sensors for the estimation of pollutant concentrations (Total Suspended Solids, total and dissolved Chemical Oxygen Demand) in wastewater and stormwater. Proceedings of the 9th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia, 3-6 September, 15 p.
- LOMBARD V., TOLOMEO S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., DEBRAY R., COMTE C., DE BENEDITTIS J. (2010). Conception et mise en place de stations de mesure des flux polluants dédiées à la gestion intégrée d'un système d'assainissement. Proceedings of *Novatech 2010*, Lyon, France, 27 June – 1 July, 10 p.
- MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010). Assessing dry weather flow contribution in TSS and COD storm events loads in combined sewer systems. Proceedings of *Novatech 2010*, Lyon, France, 27 June – 1 July, 10 p.
- MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Interest of Bayesian learning principle for stormwater quality modelling based on turbidity time series. Proceedings of the 9th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia, 3-6 September, 11 p.
- MIGNOT E., BONAKDARI H., KNOTHE P., LIPEME KOUYI G., BESETTE A., RIVIÈRE N., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Experiments and 3D simulations of flow structures in junctions and of their influence on location of flowmeters. Proceedings of the 12th *International Conference on Urban Drainage*, Porto Alegre, Brazil, 11-16 September 2011, 8 p.
- XIN G., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). A unified protocol for sensor calibration and verification in applications of WWTPs and sewer systems monitoring. Proceedings of the 11th *International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Water Pollution*, 10-12 July, New Forest, UK, 12 p.

Articles dans des revues nationales

- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., JOANNIS C. (2009). Validation et critique des résultats de mesure en hydrologie urbaine. *La Houille Blanche*, 3, 60-67.
- BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., JOANNIS C., CHEBBO G., RUBAN G., METADIER M., LACOUR C. (2010). Comment utiliser la turbidité pour estimer en continu les concentrations en MES et/ou DCO ? *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 1/2, 36-46.
- JOANNIS C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2009). Incertitudes sur un mesurande défini comme une valeur intégrée d'un signal continu discrétisé en fonction du temps - Application aux mesures hydrologiques enregistrées *in situ*. *La Houille Blanche*, 3, 82-91. ISSN 0018-6368.
- JOANNIS C., RUBAN G., AUMOND M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BATTAGLIA P., LACOUR C., SAAD M., CHEBBO G. (2009). Mise en œuvre de capteurs de turbidité en collecteurs d'assainissement. *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 1/2, 21-31.
- LEPOT M., LIPEME KOUYI G., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Vérification des mesures de débit en réseau d'assainissement par traçage à la Rhodamine WT. *La Houille Blanche*, 4, 43-48. doi:10.1051/lhb/2011045.
- MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010). Traitement de séries chronologiques de turbidité continues à court pas de temps pour l'estimation des masses de MES et de DCO rejetées en milieu urbain par temps de pluie. *La Houille Blanche*, 2, 77-85.

Communications à des conférences nationales avec actes

METADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2009). Traitement de séries chronologiques de turbidité continues à court pas de temps pour l'estimation des masses de MES et de DCO rejetées en milieu urbain par temps de pluie. Actes des 27^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC, Saint-Malo, France, 3-5 juin, article AUGC2009 01/16, 15 p.

Autres

BRANGER, F. ; LE COZ, J. ; RENARD, B. ; BONNIFAIT, L. (2012). *Méthode d'estimation des incertitudes sur les courbes de tarage*, Fiche Technique OTHU n°26, 4 p.

STRUCTURATION, VALORISATION ET OUVERTURES DE L'OTHU

D STRUCTURATION, VALORISATION ET OUVERTURES DE L'OTHU

a) Structuration et fonctionnement de l'OTHU

Comme nous l'avions évoqué dans le dernier rapport 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 interdisciplinaire.

Une structuration spécifique, des actions de coordination et de communication ont ainsi été développées au sein de l'OTHU depuis sa création. On trouvera l'organisation interne de l'OTHU à l'annexe 3.

Les éléments clés qui ont permis et qui permettent encore de répondre aux ambitions énoncées tiennent à divers points :

- **Un travail sur la durée** (11 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 compris quand certains membres actifs sont partis dans le cadre d'évolution de carrière. Au contraire, l'observatoire s'enrichit de nouvelle compétence. Le domaine de la microbiologie nous avait rejoint en 2010 et l'ISA-SCA - CNRS UMR 5280 (Institut des sciences analytiques) devrait le faire prochainement. 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 maintenant l'appartenance à une structure fédérative de recherche (SFR 4161). Un règlement intérieur définit de façon explicite les règles de fonctionnement du groupe, en particulier :
 - le fonctionnement du comité de gestion³⁸ pour la définition, le suivi des stratégies, et les aspects administratifs et financiers,
 - l'organisation régulière de réunions techniques de sites³⁹
 - l'organisation régulière de séminaires d'échanges interne inter-chercheurs
 - Enfin la présence d'une structure d'animation et de valorisation (le GRAIE) est fondamentale pour orchestrer les activités (Cf. paragraphe c) Actions de valorisation de l'OTHU) que ni les scientifiques, ni les opérationnels n'ont le temps et les attributions pour les mener à bien.
- **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 du Grand Lyon ou l'Agence de l'eau RM&C. 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. 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

³⁸ Le comité de gestion de l'OTHU est composé du directeur, des directeurs de laboratoire ou de leur représentant désigné, d'un représentant du Grand Lyon, d'un représentant du GRAIE et d'un représentant des Agences de l'eau Rhône Méditerranée & Corse (RM&C). Il délibère 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.

³⁹ Les réunions techniques de sites OTHU sont des réunions bimestrielles, visant à assurer la coordination des interventions et campagnes de mesures sur les sites. Elles réunissent responsables scientifiques de site, techniciens assurant la maintenance du matériel et les campagnes d'analyses et les représentants techniques du Grand Lyon.

établissement membre de l'OTHU permettant d'avoir une vision externe du fonctionnement, des choix stratégiques et une estimation de la qualité de la production susceptible de nous aider à évoluer.

b) Programme finalisé de l'OTHU 2010-2014

(téléchargeable sur <http://www.othu.org> à la page programme de recherche - Lien)

Le contenu du programme finalisé matérialisant les caps scientifiques à tenir est défini pour quatre ans. Son élaboration mobilise des représentants des services gestionnaires qui établissent une liste de questions opérationnelles majeures et les représentants des laboratoires de recherche qui donnent leur vision des actions à mener. Après des réunions de type « brain-storming » puis synthèse et arbitrage, un programme est rédigé. Il couvre généralement un « large » panel de questionnements, plus large que ce que les membres réunis pourront traiter. Néanmoins ce programme permet de mettre en place des recherches cohérentes et complémentaires qui permettent de répondre de grands problèmes de société.

Des priorités sont établies. Les chercheurs de manière conjointe ... cherchent des moyens pour mener à bien les thèmes prioritaires (acquisition des données complémentaires nécessaires par rapport aux données récurrentes de l'observatoire, doctorants, post-doctorants, techniciens, ...) sur la base du programme. Des laboratoires ou d'autres structures professionnelles complémentaires peuvent être mobilisés (e.g. des bureaux d'études ou des gestionnaires privés).

Chaque thème du programme est animé par un couple (chercheur, opérationnel) et un point est fait annuellement à l'occasion d'une demi-journée d'échange.

Le programme actuel comprend 7 thèmes :

- Thème A- Amélioration des connaissances et développement d'outils et méthodes en matière de pluviométrie et de climatologie à l'échelle de l'agglomération, et facteurs de risques associés aux inondations et aux pollutions
- Thème B- Amélioration des connaissances, modélisation, développement d'outils et méthodes en matière de processus de production et de transfert de l'eau et des polluants en temps sec et en temps de pluie issus des bassins versants urbains et périurbains
- Thème C- Amélioration des connaissances et modélisation des transformations physiques, chimiques, biologiques des systèmes alternatifs de retenue et d'infiltration et impact sur les nappes – Amélioration des techniques et des processus d'adoption
- Thème D- Amélioration des connaissances, modélisation et développement d'outils et méthodes en matière de d'impacts physiques, chimiques, biologiques des systèmes de gestion des eaux pluviales sur les rivières et méthode d'amélioration de ces systèmes (notamment meilleure gestion des déversoirs d'orage)
- Thème E- Amélioration des outils métrologiques
- Thème F- Amélioration de la compréhension et de la modélisation de la gestion des eaux pluviales à l'échelle d'une ville
- Thème G- Actions transversales de mise en cohérence

Par rapport, aux programmes antérieurs et suite aux recommandations du conseil scientifique, l'OTHU a tenu à intégrer de manière plus étroite les sciences sociales. Une attention particulière a également été portée (i) à la question de la santé via une montée en puissance de l'étude des contaminations et de l'écotoxicité des milieux et des systèmes de gestion des eaux et (ii) aux changements globaux. Il intègre explicitement également la gestion et l'exploitation des données. La question de la modélisation est également abordée de manière plus systématique dans chaque thème et fait l'objet d'un groupe de travail à l'échelle inter-observatoire d'URBIS (Cf. paragraphe Partenariats et implications au plan national).

c) Actions de valorisation de l'OTHU

Le rôle d'animation et de valorisation de l'OTHU est tenu par le GRAIE⁴⁰ depuis la mise en place du projet en 1999. Le GRAIE assiste le Directeur de l'OTHU dans diverses tâches : secrétariat des réunions du comité de gestion, des réunions de sites et du comité scientifique, animation du programme de recherche, aide à la gestion administrative et financière, diffusion et valorisation des résultats. Il peut également aider à l'animation des programmes de recherche en appui sur l'OTHU. Ces activités au GRAIE mobilisent une secrétaire générale à mi-temps, un assistant métrologie / gestion des données à mi-temps et très ponctuellement une comptable et sa Directrice. Le GRAIE bénéficie d'un soutien financier direct pour la partie animation et gestion des données provenant de l'agence de l'eau RM&C. 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 et de diffusion des connaissances produites par l'OTHU sont 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.

Au cours des quatre dernières années les actions ont été les suivantes :

▪ **Organisation de SEMINAIRES INTERNES**

2 séminaires internes sur les données de l'observatoire :

- **Atelier d'échanges "Quelles données, pourquoi & Comment les échanger facilement ?" - 15 mai 2009.** Cet atelier a réuni 15 participants responsables ou gestionnaires des données OTHU et a permis de faire le point sur les données acquises et les différentes actions à lancer au sein de l'observatoire pour améliorer la gestion, l'échange et la capitalisation de ces données. L'une de ces actions a notamment été lancée dès mi 2009. Il s'agit de la définition des fonctionnalités d'un premier catalogue des données OTHU (données continues, campagnes, données d'état). Le GRAIE a constitué une première structure de fiches de saisie des métadonnées sur la base des propositions faites en réunion. Un stagiaire sur 1 mois a été accueilli au sein du LGCIE afin de référencer l'ensemble des métadonnées OTHU à partir de la base bibliographique tenue par le GRAIE.
- **Atelier interne "Données, Métadonnées OTHU" - Mercredi 7 juillet 2010.** Suite au séminaire de 2009 et des premiers travaux entrepris, l'atelier a permis d'avancer sur la structuration de cette base de meta données et de poursuivre les échanges sur les données actuellement acquises et envisagées au sein de l'observatoire. Un premier formulaire simple de type Excel a été testé et présenté en 2010. Cette première version de cette base de métadonnées ainsi constituées a été présentée à l'occasion du séminaire.

2 Séminaires internes de recherche (4 juillet 2011 – 5 juillet 2012)

L'OTHU a renoué avec les séminaires de présentation de doctorants et post-doctorants qui avaient été espacés momentanément en raison du grand nombre d'événements pour lesquels ces chercheurs étaient sollicités (Journées doctorales de l'hydrologie urbaine, Journées techniques et scientifiques de l'OTHU, journées doctorales de la ZABR, d'URBIS...). Cependant l'expérience a montré que ces séminaires internes, très informels et sans nécessité de « représentation » constituaient un besoin fort pour solidariser les chercheurs des différentes disciplines, améliorer l'esprit de pluralité scientifique cher à l'OTHU et débattre des résultats obtenus.

Depuis 2011, tous les ans en juillet, l'OTHU organise un séminaire en deux phases : la matinée est consacrée à la présentation des recherches par les doctorants, post-doctorants principalement et l'après-midi est dédié à la discussion sur les évolutions à mettre en œuvre en termes de métrologie et d'observations et

⁴⁰ 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

permet de mettre à jour le carnet de route de l'observatoire. Les opérationnels participent aux présentations et aux débats de la journée.

▪ Organisation de deux journées de restitution au Grand Lyon

A la demande des responsables opérationnels du Grand Lyon, un séminaire interne thématique **"Rétention/Infiltration : Concevoir- Entretien – Rénover"(21 septembre 2009)** a réuni plus de 25 participants opérationnels. Son objectif était de faire un point sur les avancées opérationnelles concrètes issues des recherches basées sur l'OTHU en lien avec la thématique. Cette matinée était consacrée à un seul thème et une large place aux échanges et discussions était proposée. 3 thèmes ont été détaillés : (i) Efficacité des Bassins de Rétention, (ii) Bassins d'infiltration : comportement et implication en termes de conception et gestion, (iii) Impacts sur les nappes.

Pour la deuxième journée **"Les ouvrages pluviaux : conception, exploitation, autosurveillance" (2 mars 2012- 24 participants)**, un autre format d'échange a été proposé. Il a été demandé au préalable aux participants opérationnels de faire une liste de leurs préoccupations, questions et besoin de connaissances concernant le thème de la journée. Le jour de l'échange, les chercheurs ont répondu de manière informelle et à bâton rompu aux sollicitations exprimés en s'appuyant sur les résultats de l'OTHU ou plus généralement sur leurs compétences propres. Ce format a rencontré un plus vif succès et sera renouvelé annuellement.

▪ Animation du programme de recherche finalisé en appui sur les données de l'observatoire :

Comme nous l'avons déjà évoqué, chaque année, un point sur la construction ou le suivi du programme de recherche finalisé est fait.

En 2009, 2 séminaires ont été organisés (le 19 juin (30 participants) et le 24 novembre 2009 (27 participants)) qui ont permis d'aboutir début janvier 2010 au corps de texte du programme finalisé 2010-2014. L'année 2010 a été consacrée à la rédaction des fiches actions et à leur lancement. Un point d'avancement des thématiques et des actions de recherche définies au sein du programme s'est déroulé le premier décembre 2011(31 participants – 3 ateliers en parallèle) puis le 11 décembre 2012 (29 participants). C'est à l'occasion de ce point annuel qu'est décidé par exemple la tenue de journée d'information interne telles que celles présentées ci-avant.

▪ JOURNÉE TECHNIQUE DE L'OTHU

Tous les deux ans se tiennent les journées techniques de l'OTHU. Leur objet est de diffuser les acquis et avancées, obtenus dans le cadre de l'OTHU et de permettre aux acteurs opérationnels de la communauté nationale de bénéficier de ces connaissances le plus directement possible. Pour ce faire, la présentation des résultats de recherche est suivie par une mise en perspective par des acteurs de terrain, pour chacun des thèmes de la journée. A cette occasion, les fiches techniques de l'OTHU, réalisées en partenariat avec le CERTU sont produites, réactualisées ou complétées et remises aux participants.

La 4^{ème} journée technique de l'OTHU "10 ans d'observation et de recherche au service de l'action " (20 octobre 2009 – Salle du conseil du Grand Lyon) a porté sur les rejets urbains de temps de pluie et leurs impacts sur les milieux récepteurs (eaux de surface et eaux souterraines), avec la présentation des résultats pratiques et opérationnels acquis depuis 10 ans en matière d'analyse, de connaissance du fonctionnement et de suivi des flux d'eau et de polluants et de leurs impacts.

Elle a rassemblé 159 participants, issus pour 37% de collectivités, région département Agence de l'eau, services de l'Etat et 17% de sociétés privés. 73% était des participants de Rhône-Alpes.

La synthèse, le recueil des interventions et les vidéos de la journée ainsi que les fiches techniques OTHU sont disponibles en téléchargement sur le site internet de l'OTHU et du GRAIE.

Partenaires de la journée: Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse – DREAL Rhône-Alpes – Région Rhône-Alpes – CERTU – Cluster environnement

La 5^{ème} Journée technique OTHU "Eaux pluviales: Connaissance, mesure et suivi pour une meilleure gestion des ouvrages"(9 février 2012 - Espace Tête d'Or –Villeurbanne) a porté sur : (i) les connaissances acquises en termes de pollution et de contamination des eaux pluviales (substances prioritaires et contaminants pathogènes), (ii) la mesure, le suivi des eaux pluviales et de leurs impacts, (iii) la connaissance des interactions eaux pluviales et plantes et des règles de gestion des ouvrages qui en découlent.

Elle a permis de réunir 181 participants (29% collectivités et 43% entreprises privées, venant à 63% de la région Rhône Alpes).

▪ **CONFERENCES SCIENTIFIQUES DE L'OTHU**

En alternance avec les journées techniques se tiennent les journées scientifiques.

Organisation de la Conférence thématique de l'OTHU "Impacts de l'occupation des sols et vulnérabilité des rivières périurbaines" – 9 juin 2011 – INSA de Lyon – Villeurbanne (69). Cette conférence thématique co-organisée avec le cemagref a réuni 140 participants. Elle visait à restituer les résultats du projet ANR- AVUPUR, portant sur l'évaluation de la vulnérabilité des rivières périurbaines. Ce projet de trois ans qui s'est terminé en août 2011, s'intéressait à l'impact des modifications de l'occupation des sols et de l'urbanisation sur le régime hydrologique des rivières périurbaines. Les pressions sur les cours d'eau (qualité chimique, géomorphologie et érosion), ainsi que les risques d'inondations ont été étudiés. Les travaux se sont appuyés sur deux bassins pilotes : un site de l'OTHU (le bassin versant de l'Yzeron) et un site nantais de l'ONEVU (le bassin de la Chézine) faisant de ce projet un projet URBIS.

▪ **AUTRES ACTIONS :**

Renouvellements de la convention GRAND LYON-OTHU (2011-2014) et du 3^{ème} avenant à la fédération d'équipes de recherche OTHU (1^{er} décembre 2010, sur le stand Pollutec du Grand Lyon en présence de Jean Paul Colin, Vice-Président du Grand Lyon chargé de la politique de l'eau et Sylvie BARRAUD, Directrice de la Fédération d'équipes de recherche OTHU) et des membres de la fédération.

Gestion du site et mise à jour du site Internet de l'OTHU : www.othu.org permettant la communication et la diffusion d'informations sur l'OTHU.

Regroupement de l'ensemble des documents produits (recueil des données, rapports, thèses, publications, etc.) dans un même lieu (le GRAIE), de façon à en permettre l'accès rapide. La liste des publications annuelles est également disponible sur le site internet de l'OTHU et donc accessible à l'ensemble de la communauté scientifique.

Communication – relation Presse :

Diffusion de l'information, actualités de l'observatoire aux membres et partenaires de l'OTHU par le biais d'une lettre d'information (2 fois par semestre - Diffusion à une quarantaine de personnes).

Diffusion de l'information à la presse spécialisée sur les journées techniques et séminaires scientifiques publics (Par exemple l'annonce de la journée technique OTHU de 2012 a été relayée par 12 sites internet spécialisés et signalée dans 5 journaux de presse écrite avec un partenariat spécifique monté avec Technicité). De plus l'OTHU publie régulièrement un point d'information dans la lettre du JCUD IAHR/IWA Joint (International Joint committee on URBAN DRAINAGE).

La diffusion de l'information aux partenaires et établissements membres reste cependant à améliorer, en communiquant par exemple plus dans les lettres d'information interne au Grand Lyon, à l'agence de l'eau et dans les lettres des établissements de recherche.

Utilisation des activités traditionnelles du GRAIE pour diffuser au mieux les résultats acquis. La conférence internationale **Novatech 2010**⁴¹, organisée à Lyon en juin 2010, a été l'occasion de présenter à la communauté scientifique et technique internationale les résultats acquis dans le cadre de l'OTHU (18 communications retenues par le comité scientifique de Novatech, étaient consacrées à des résultats produits sur la base des données acquises sur l'observatoire). Le site expérimental Grand Lyon OTHU a également fait l'objet d'une visite technique à cette occasion. Cette action sera reconduite pour l'édition Novatech 2013.

d) Produits de valorisation

Les fiches techniques de l'OTHU

Outre les publications traditionnelles des laboratoires de recherche (revues, actes de conférences et de colloques, mémoires de thèse, ...) dont la liste est donnée à l'annexe1, les rapports d'activité produits à l'occasion des réunions du comité scientifique et les états d'avancement annuels, les partenaires de l'OTHU rédigent des fiches techniques. Ce sont des documents de synthèse présentant les retombées opérationnelles des programmes de recherche menés dans le cadre de l'observatoire. Elles sont destinées aux bureaux d'études,

⁴¹ Les conférences internationales Novatech ont lieu tous les 3 ans à Lyon et concerne la gestion durable des eaux urbaines par temps de pluie. Il s'agit de l'une des plus grandes manifestations internationales en Hydrologie Urbaine. 700 participants venus de 35 pays en juin 2010.

aux gestionnaires de système d'assainissement et aux gestionnaires de milieux naturels. Elles sont réalisées à l'occasion des Journées Techniques (septembre 2002, janvier 2005, janvier 2007, octobre 2009, et février 2012) et diffusées plus largement via le site internet de l'OTHU et ses autres partenaires (sur les 6 derniers mois de 2012, 117 visites sur les fiches techniques OTHU).

26 fiches techniques OTHU sont aujourd'hui disponibles en téléchargement sur le site de l'OTHU (www.othu.org) :

- Fiche technique N°1 « Mesures de la pollution des sols issue des rejets urbains de temps de pluie » (2002)
- Fiche technique N°2 « Incertitudes de mesure des débits et prise en compte dans le calage des modèles » (2002)
- Fiche technique N°3 « Appréciation et suivi du potentiel écologique « PE » : application aux cours d'eau en paysages urbanisés. » (2007)
- Fiche technique N°4 « La base de données VIGILANCE du Grand Lyon » (2002)
- Fiche technique N°5 « Pré-validation automatique de données environnementales en hydrologie urbaine » (2002)
- Fiche technique N°6 « Plan d'expérimentation pour la mesure des impacts de l'infiltration des eaux pluviales sur la qualité physico-chimique et biologique des nappes en zones urbanisée. » (2005)
- Fiche technique N°7 « Métrologie de terrain et qualité des données » (2002)
- Fiche technique N°8 « Caractérisation des fonds de bassin d'infiltration : nouveaux paramètres physico-chimiques et microbiologiques » (2005)
- Fiche technique N°9 « Indicateurs de performance de stratégies d'assainissement pluvial par infiltration: Analyse critique » (actualisée en 2009)
- Fiche technique N°10 « Auto épuration des rejets urbains de temps de pluie par les bassins d'infiltration » (2005)
- Fiche technique N°11 « Eléments sur le colmatage des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales » (2005)
- Fiche technique N°11-2 « Nouveaux Eléments sur le colmatage des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales » (2009)
- Fiche technique N°12 « Micro-capteurs pour l'évaluation de la qualité chimique des petites rivières péri-urbaines » (2007)
- Fiche technique N°13 « Méthode d'estimation de la modification du régime des crues dû à l'urbanisation » (2007)
- Fiche technique N°14 « Une méthode de typologie hydro-géomorphologique d'états de référence de cours d'eau: vers un outil de gestion des hydrosystèmes périurbains » (2007)
- Fiche technique N°15 « Vers une méthodologie d'étude de la végétation naturelle de bassins d'infiltrations » (2009)
- Fiche technique N°16 « Tranchées d'infiltration » (2009)
- Fiche technique N°17 « Évaluation de l'aléa pluvieux rare » (2009)
- Fiche technique N°18 « Comportement hydrodynamique des bassins retenue/ décantation » (2009)
- Fiche technique N°19 « Accumulation des métaux au sein des bassins d'infiltration des eaux pluviales » (2009)
- Fiche technique N°20 « Amélioration des procédés de gestion des résidus de curage - Prétraitement des résidus de curage des bassins de rétention et d'infiltration » (2009)
- Fiche technique N°21 « Impact de l'infiltration artificielle d'eau pluviale sur le fonctionnement des aquifères : implications en termes de gestion » (2010)
- Fiche technique N°22 « Délimitation d'un bassin versant périurbain et identification de son réseau de drainage » (2011)
- Fiche technique N°23 « Méthodologies d'analyse de tendances sur de longues séries hydrométéorologiques » (2011)
- Fiche technique N°24 « Méthodes de cartographie de l'occupation du sol et de son évolution pour le suivi des phénomènes hydrologiques de bassins versants périurbains » (2011)
- Fiche technique N°25 « Méthodes de prospective territoriale pour simuler les évolutions de l'occupation future du sol appliquées à un bassin versant périurbains. » (2011)
- Fiche technique N° 26 « Méthode d'estimation des incertitudes sur les courbes de tarage » (2012)

e) Partenariats et implications au plan local, régional, national et international

▪ 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.

- **Le Grand Lyon**⁴² 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 organisées par l'OTHU. La

⁴² 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.

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.

- **L'Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse** soutient financièrement l'acquisition des données par les aides qu'elle apporte à la Communauté Urbaine de Lyon dans le cadre du contrat d'agglomération (à hauteur de 50 %) jusqu'en 2014 et par un soutien spécifique au GRAIE pour les tâches de valorisation. Par le biais de l'accord cadre Agence de l'eau RM&C / ZABR, elle soutient sur la période des actions de recherche en appui sur les données de l'OTHU comme "BRTOX" ou "DOTOX".
- **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 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 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 (ex Cemagref), 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.
 - Participation au Cluster "Environnement" et plus récemment à l'ARC environnement 3. La Région Rhône-Alpes a mis en place un Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche jusqu'en 2010 composé de Clusters et a lancé en 2011 pour 4 ans une nouvelle Stratégie Régionale de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

Dans le cadre du Cluster « Environnement », l'OTHU a bénéficié de financements et de manière plus significative de deux allocations doctorales de recherche : celle d'*Arnaud Foulquier* sur l'impact de l'infiltration sur le fonctionnement thermique, biogéochimique et la biodiversité des aquifères urbains soutenue en 2009 et celle de *Carolina Gonzalez* soutenue en 2012 sur le suivi et les facteurs explicatifs du colmatage des systèmes d'infiltration des eaux pluviales.

Plus récemment, la région a mis en place des ARCs "Communautés de Recherche Académique" parmi lesquels l'ARC 3 « Environnement ». L'OTHU a bénéficié en 2012 d'un financement pour l'animation du dispositif et particulièrement sur la gestion et la valorisation des données. Sa directrice fait partie du comité scientifique de l'axe « Ecotechnologies » de l'ARC 3.

- 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 avec laquelle encore peu de choses existent pourrait venir compléter l'activité de l'OTHU en valorisant technologiquement les 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 débitmétrie et de qualité pour l'autosurveillance des réseaux est testé dans le cadre d'une collaboration PROVADEMSE / OTHU en vue d'un dépôt de brevet.

- 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 de projets comme ESPRIT 2007-2010 (Evaluation des substances prioritaires dans les rejets urbains inhérents au temps de pluie - action n° 13 du projet Rhodanos « Traitement de l'eau ») et soutient le rayonnement scientifique des projets ANR.

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 créée depuis peu et que l'OTHU soutient et contribue à animer notamment dans le thème 5 « Environnements, Natures et Ecotechnologies » et par la participation de sa directrice au Comité scientifique.

▪ 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 – (SFR 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 :
 - AvuPur - ANR Vulnérabilité, Milieux Climats (VMC) porté par Isabelle Braud du Cemagref, UR HHLy, vise à mieux comprendre le fonctionnement hydrologique de bassins versants périurbains et ruraux. (2008- 2011). Il a pour objectif la construction de systèmes de modélisation des écoulements à l'échelle du bassin-versant pour étudier la vulnérabilité des hydro-systèmes péri-urbains soumis à un accroissement rapide de l'urbanisation et aux changements climatiques. Il s'applique à deux sites-test : le bassin de l'Yzeron (site expérimental OTHU) et celui de la Chézine (banlieue de Nantes).
Equipes OTHU concernées : CEMAGREF UR HH, UJM LYON 3 LCRE, INSA LGCIE
 - Integreau - ANR PRECODD porté par Nicole Jaffrezic, UCBL LSA vise au développement de micro-système de dosage des métaux lourds. L'OTHU offrira notamment au sein de ce programme des sites de test en vraie grandeur. (2008-2012). (<http://www.integreau.org>)
Equipes OTHU concernées : UCBL LSA, CEMAGREF UR QE, GRAIE
 - Invasion – Programme ANR- CES (Contaminants, écosystèmes, Santé) : Etude des contaminants microbiens introduits lors d'événements pluvieux dans les rivières en milieu péri-urbain : conséquences écologiques et dangers pour la santé porté par Benoit Cournoyer, (2008-2013)
Equipes OTHU concernées : LEM- BPOE Lyon I, Cemagref Lyon UR HH, UJM LYON 3 LCRE, ENTPE L.S.E.
 - SEGTEUP – Programme ANR- PRECODD - Systèmes extensifs pour la gestion et le traitement des eaux urbaines de temps de pluie (2008-2013)
Equipes OTHU concernées: Cemagref de Lyon UR QEPP et UR BEA, LGCIE – INSA et EVS-ITUS, GRAIE
 - OMEGA - Programme ANR Villes Durables "Outil Méthodologique d'aide à la Gestion intégrée d'un système d'Assainissement " : <http://www.omega-anrvillesdurables.org/> (2010/2013). Les principaux objectifs de ce projet sont : - de consolider et tester une méthodologie d'aide à la gestion globale et - de fournir les moyens d'évaluer le service rendu par le système de gestion des eaux urbaines. Plusieurs études de cas seront réalisées sur la Communauté urbaine de Bordeaux, le GRAND LYON, et Mulhouse agglomération.
Equipes OTHU concernées : LGCIE – INSA – EVS-ITUS - GRAIE autres Partenaires Lyonnaise des Eaux - Suez Environnement et Cemagref-ENGEES en « Gestion des Services Publics »

- CABRRES - ANR PROGRAMME CONTAMINANTS ET ENVIRONNEMENTS EDITION 2011 "Caractérisation chimique, microbiologique, écotoxicologique, spatio-temporelle des contaminants des Bassins de Retenue des eaux pluviales urbaines : évaluation et gestion des Risques Environnementaux et Sanitaires associés" (2012-2015) - <http://www.cabrres.org>
Equipes impliquées : INSA-LGCIE, LEM - BPOE UMR5557, LYON 1, CNRS, ET VETAGRO SUP, EVS-ITUS, ISA-SCA - CNRS UMR 5280, GRAIE, LEHNA -IPE - ENTPE
- INOGEV - Programme ANR Villes Durables « Innovations pour la gestion durable de l'eau en Ville - connaissance et maîtrise de la contamination des eaux pluviales urbaines » Equipes impliquées : LGCIE- INSA Lyon, IRSN, CEREAS, SCA-ISA (Institut des Sciences Analytiques), IRSTV-Nantes, IFSTTAR, LEESU (ENPC, École des Ponts ParisTech, Université Paris-Est Créteil, Marne-la-Vallée et AgroParisTech))Laboratoire des Matériaux, Surfaces et Procédés pour la Catalyse (Université de Strasbourg)
- Projet MENTOR - ANR-ECOTECH : « Méthodologie et outils opérationnels de conception et de qualification des sites de mesure en réseau d'assainissement » - IFSTTAR Nantes (coordonnateur), LGCIE, LEESU (ENPC), GEMCEA (Groupement pour l'évaluation des mesures en continu dans les eaux et en assainissement), Equipes impliquées : EVS- ITUS, LMFA, IMFS, UNIVERSITE DE STRASBOURG, Grand Lyon - Nantes Métropole, Lyonnaise des eaux.
- **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 (Allanvi)**
(<http://www.graie.org/hurrbis/urbis.htm>)

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. 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 depuis la constitution d'HURRBIS (10 décembre 2009, 29 juin 2011 à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées à Marne la Vallée, Réunion « modélisation à l'échelle du bassin versant » Lyon 29 avril 2012)

A l'heure actuelle 3 groupes de travail ont été constitués :

- Gestion des données (animateurs E. Bocher IRTSV/ONEVU, F. Branger IRTSTEA/OTHU)
- Modélisation des flux d'eau et de contaminants à l'échelle du bassin versant (animateurs C. Bonhomme LEESU/OPUR, G. Lipeme LGCIE/OTHU)
- Gestion amont des eaux pluviales (animateurs M.-C. Grommaire LEESU/OPUR, F. Rodriguez GERHA/ONEVU)

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).

▪ 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. On compte 16 collaborations avec des universités ou organismes de recherche étrangers avec pour la totalité d'entre elles des publications conjointes ou des projets en cours.

Participation à la création du site lyonnais de la plateforme technologique européenne Eau (WSSTP : Water Supply & Sanitation Technology Platform)

Notons enfin que l'OTHU constitue toujours le site d'observation de référence de la plateforme technologique européenne Eau (WSSTP : Water Supply & Sanitation Technology Platform) ⁴³ présent notamment au travers du projet européen PREPARED Enabling change sur l'adaptation des systèmes de gestion des eaux aux changements climatiques.

⁴³ 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 directrice.

BILAN et PERSPECTIVES

E BILAN ET PERSPECTIVES

Concernant le fonctionnement de l'OTHU comme support des recherches

Le fonctionnement et les recherches développés durant ces quatre années semblent montrer que l'observatoire a atteint un « régime de croisière » pour les grandes thématiques auxquelles il s'adresse.

Des projets à fortes composantes interdisciplinaires au sein de l'OTHU ont vu le jour comme AVuPur, INVASION ou encore ESPRIT. Ces Projets se sont inscrits, de surcroît, dans un cadre opérationnel fort relatif notamment aux nouvelles exigences réglementaires. Ce type de dynamique se pérennise dans l'OTHU au travers de projet comme tel que CABRRES, par exemple.

Par ailleurs les ouvertures vers la microbiologie et l'écotoxicologie et donc une vision « eau et santé / risque infectieux en ville » se sont révélées tout à fait pertinentes. Elles font désormais partie intégrante des préoccupations de l'observatoire et sont présentes de manière forte dans les projets OTHU.

Lors des derniers conseils scientifiques (CS), les membres du CS avaient souhaité à plusieurs reprises une implication plus forte des sciences sociales jugées, à juste titre, comme importantes pour la thématique de l'hydrologie urbaine. Un travail important a été mené en ce sens depuis 4 ans et l'investissement de l'équipe EVS-ITUS a été particulièrement bénéfique. D'autres composantes ont été intégrées ponctuellement notamment dans le projet AvuPur, mais aucune équipe n'a vraiment pérennisé sa participation à l'OTHU hormis EVS-ITUS. Ce laboratoire est par exemple présent dans la quasi-totalité des projets OTHU. Leur démarche associant Ingénieries, Techniques, Urbanisations et Sociétés s'y prête particulièrement. Notons enfin que le montage du Laboratoire d'excellence IMU (Intelligence des mondes Urbains) dont la pluralité scientifique en est le fer de lance a été, de ce point de vue, très favorable à cette évolution. En contrepartie l'OTHU s'implique de manière importante dans IMU (participation au comité scientifique et co-animation du thème « Environnements, Natures & Ecotechnologies »). L'intégration des sciences sociales a été également une préoccupation du SOERE URBIS qui mobilise, au travers de projets communs sur les trois observatoires, des compétences en sciences politiques et sciences des organisations. A ce titre, la thèse de Mathilde Soyer sur « Innovation et observatoires » est tout à fait originale. Le constat qu'elle fait sur l'adéquation de nos organisations vis-à-vis de la production d'innovation opérationnelle permet un regard distancié sur nos pratiques qui est très utile.

La question de l'harmonisation des diverses modélisations avait également été pointée lors du dernier CS. Le développement de la modélisation a plutôt progressé dans tous les domaines. Un réel effort d'harmonisation a été engagé en ce qui concerne le péri-urbain qui a principalement traité de problèmes liés aux écoulements dans les différents compartiments d'un bassin versant de ce type et de leurs impacts. L'harmonisation est encore insuffisamment menée sur les territoires urbains où les recherches intègrent des processus plus nombreux et sur lesquels beaucoup de méconnaissance subsiste. Néanmoins des pistes ont été initiées via des programmes de recherche tel que CABRRES. Ce dernier concerne les bassins de retenue et leur efficacité en termes de piégeage des polluants, des contaminants en lien avec l'hydrodynamique. Le réseau d'observatoire URBIS, dans lequel un groupe de travail spécifique sur ces thèmes a démarré, va également dans ce sens.

L'OTHU a par ailleurs, et de manière plus générale, continué à montrer sa capacité à « drainer » des projets nationaux, européens ou internationaux. L'attraction de l'observatoire à l'échelle internationale est bien présente. On recense sur la période de quatre ans pas moins de 16⁴⁴ universités ou organismes de recherche avec lesquels nous collaborons de manière effective (publications ou projets communs en cours). On peut cependant s'interroger sur les raisons du faible nombre de thèses en cotutelle et du faible nombre de post-doctorants étrangers. Globalement le nombre de post-doctorants est peu élevé et le vivier privilégié est interne (anciens doctorants en grand majorité). Ces derniers ont certes l'avantage de connaître « la machine et ses rouages » mais l'essaimage et l'apport de regards neufs restent en conséquence embryonnaires. C'est un point qu'il faudra sans doute améliorer compte tenu des opportunités qui se présentent à nous.

La bonne interdisciplinarité, les collaborations et le travail spécifique des chercheurs dans l'OTHU a été plutôt payant en terme de production scientifique. Une évolution satisfaisante est à noter également pour ce qui est du nombre de publications conjointes entre les différentes disciplines. Sur les revues internationales par exemple, les publications co-signées représentent environ 35% des articles.

⁴⁴ Sans compter les collaborations avec les laboratoires du projet Européen PREPARED ou lorsqu'il n'y a pas eu publications communes.

Globalement on dénombre :

- 15 thèses passées et 16 sont en cours,
- 8 ouvrages ou chapitres d'ouvrages,
- 69 articles dans revues internationales,
- 97 articles / communications dans conférences internationales,
- 19 articles dans revues nationales, francophones ou binationales,
- 34 articles dans conférences nationales, francophones ou binationales,
- 60 autres.

Si l'on ramène ces chiffres à une production annuelle, ce quadriennal a été le plus productif en matière de thèses et de publications internationales (revues et conférences).

Le nombre de chercheurs qui travaillent sur les données de l'OTHU a augmenté (81 chercheurs permanents émergent à l'observatoire et environ une vingtaine de doctorants et post-doctorants) soit au total une centaine de chercheurs auquel on peut rajouter une vingtaine de personnels techniques. De plus, si l'on examine la liste des chercheurs associés sur les publications et ceux qui travaillent sur nos données dans le cadre de projets, on ne peut que se réjouir de cette attractivité grandissante. Les données acquises servent donc bien la communauté scientifique au-delà de ses membres... déjà nombreux.

Cependant si l'on regarde de manière plus fine, on constate aussi un émiettement en termes de temps passés par chercheur ou par technicien notamment pour l'acquisition des données et le fonctionnement de l'observatoire. Cet émiettement appelle une gestion et une coordination plus lourde et parfois contreproductive. Il est donc important de faire attention à ce que les membres ne se transforment pas en simples consommateurs de données. L'acquisition de ces dernières doit donc être reconnue et valorisée, par exemple par des personnels mis à disposition qui permettrait une exploitation plus systématique des informations acquises et des chroniques (journal de données par exemple).

Le maintien d'un niveau d'investissement des membres est plus que jamais nécessaire car les sites arrivent aujourd'hui en bout de course. Si une réflexion sur la rénovation des dispositifs a d'ores et déjà été menée, il ne reste pas moins vrai que les données récurrentes sont à l'heure actuelle de moins bonne qualité en raison du vieillissement des installations et qu'un surcroît d'énergie va devoir être mobilisé.

Une critique des données en matière d'analyses de polluants a par ailleurs confirmé la piètre qualité des prestations réalisées par les laboratoires certifiés qui nous oblige à passer commande à des laboratoires proches de la recherche, mais plus onéreux. Il y a en effet nécessité de développer de nouveaux protocoles en phase avec les matrices étudiées. Sur la période de 4 ans, nous avons travaillé avec beaucoup de satisfaction avec le Service Central d'Analyses (SCA – CNRS) qui devrait intégrer l'OTHU. Cependant les analyses physico-chimiques vont constituer un budget supplémentaire non négligeable et remettre en cause les analyses récurrentes. C'est une des réflexions importantes à mener dès 2013.

Le point positif de cette période charnière est qu'il va y avoir une remise à plat des dispositifs, des procédures métrologiques et expérimentales ainsi que des réflexions sur ce qu'il y a à observer et comment les observer extrêmement stimulantes pour les équipes.

Cela va être également l'occasion de réfléchir à l'intégration ou la réactivation de thématiques identifiées comme importantes dans le programme finalisé et encore peu développées notamment :

- l'étude des changements d'échelle en termes de gestion des eaux pluviales (système diffus vs systèmes centralisés) ;
- l'étude plus globale de la mobilisation et de la circulation des polluants dans la ville via les systèmes de gestion des eaux pluviales ;
- l'étude de la traitabilité et de la valorisation des résidus issus des systèmes de gestion des eaux pluviales (sédiments piégés par exemple).

En termes d'organisation et de coordination

L'Observatoire est aujourd'hui une structure dont l'organisation est éprouvée. Ces quatre dernières années ont été consacrées à une meilleure assise institutionnelle de l'observatoire. Ainsi l'OTHU a été reconnu structure fédérative en 2011. Il a fait officialiser avec ces partenaires le réseau d'observatoires en hydrologie urbaine sous la forme d'un SOERE URBIS (Système d'Observation et d'Expérimentation de Recherche en Environnement).

Aujourd'hui encore, l'implication du GRAIE comme aide à la coordination, à l'animation et à la valorisation est un point jugé crucial dans son bon fonctionnement.

Plusieurs points cependant nous semblent importants à souligner :

Le premier point concerne la gestion interne (financière, administrative et technique) de l'observatoire. Rappelons que son fonctionnement est assuré par un financement régulier provenant du Grand Lyon et de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse. Ce financement qui a fait l'objet d'une convention quadriennale depuis 1999, reconduite jusqu'en 2014, représente environ 28 % du budget total non consolidé. Le complément est apporté par les crédits de la structure fédérative (moins de 10%) que tous les établissements n'abondent pas alors qu'ils en sont partenaires, par les laboratoires sur leurs crédits propres et surtout sur les crédits obtenus sur projets de recherche. Ce mode de financement est bien évidemment dépendant des opportunités et des réussites aux appels d'offres. Même si nos taux de réussite sont actuellement importants, ils ne sont pas pérennes, ni garantis, ni réguliers, ce qui rend la gestion difficilement compatible avec le fonctionnement de l'observatoire.

Le deuxième concerne la gestion des données. Si elles sont qualifiées, stockées et en passe de devenir complètement intégrées à la base VIGILANCE du Grand Lyon, l'accès de l'information à l'ensemble des équipes reste encore peu professionnelle, comme nous l'avons déjà mentionné. La mise en place de la base de métadonnées qui devrait entrer en vigueur début 2013 est un premier pas dans ce sens. La réflexion collective poussée par le SOERE URBIS en est un autre qui nous porte aujourd'hui à plus d'optimisme sur ce point.

ANNEXES

ANNEXE 1 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE SUR LA PERIODE 2009-2012

Thèses (par ordre alphabétique)

1. ANGERVILLE R. (2009). Evaluation des risques écotoxicologiques liés au déversement de Rejets Urbains par Temps de Pluie (RUTP) dans les cours d'eau : Application à une ville française et à une ville haïtienne. Doctorat de l'INSA de Lyon- PCE. 485 p.
2. BADIN A.-L. (2009). Répartition et influence de la matière organique et des microorganismes sur l'agrégation et le relargage de polluants dans des sédiments issus de l'infiltration d'eaux pluviales. INSA de Lyon. France, 231 p.
3. BECOUZE –LAREURE C. (2010). *Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux*. Thèse de doctorat de l'INSA Lyon
4. DEMBELE A. (2010). *MES, DCO et polluants prioritaires des rejets urbains de temps de pluie : mesure et modélisation des flux événementiels*, Thèse de doctorat de l'INSA Lyon.
5. DORVAL F. (2011). *Mise au point de techniques de traitement de données en continu pour l'identification des composantes de débit à l'exutoire des bassins versants urbains : Etude de cas des bassins versants Django Reinhardt et Ecully*. Thèse de doctorat de l'INSA Lyon.
6. FOULQUIER A. (2009) Ecologie fonctionnelle dans les nappes phréatiques : liens entre flux de matière organique, activité et biodiversité biologiques, Thèse de doctorat de l'Université Lyon I, 254 p.
7. FOURNEL J. (2012) Systèmes Extensifs de Gestion et de Traitement des Eaux Urbaines de Temps de Pluie, Thèse de doctorat de l'Université Montpellier 2 - Sciences et Techniques du Languedoc, en cours d'édition.
8. GONZALEZ-MERCHAN C. (2012). Amélioration des connaissances sur le colmatage des systèmes d'infiltration d'eaux pluviales. Thèse de doctorat : INSA Lyon. 298 p.
9. GROSPRETRE L. (2011). *Dynamique hydro-morphologique, modélisation et gestion de petits systèmes fluviaux périurbains. Recherche méthodologique appliquée au bassin de l'Yzeron*, Thèse de l'Université de Lyon II
10. JANKOWFSKY, S. (2011). *Understanding and modelling of hydrological processes in small peri-urban catchments using an object oriented and modular distributed approach. Application to the Chaudanne and Mercier sub-catchments (Yzeron catchment, France)*. Thèse IRSTEA / INPG.
11. LEPOT M. (2012). *Mesurage en continu des flux polluants en MES et DCO en réseau d'assainissement*. Thèse de doctorat de l'INSA Lyon.
12. METADIER M. (2011). *Traitement et analyse de séries chronologiques continues de turbidité pour la formulation et le test de modèles des rejets urbains par temps de pluie*. Thèse de doctorat de l'INSA Lyon (en partenariat avec la Direction Recherche Innovation et Développement Durable de la société SAFEGE), France.
13. PETIT S. (2012). Répartition spatiale et adaptation de populations allochtones de *Pseudomonas aeruginosa* introduites en rivière péri-urbaine par des rejets par temps de pluie. Doctorat de l'Université Lyon 1.
14. SARRAZIN B. (2012) MNT et observations multi-locales du réseau de drainage d'un petit bassin versant rural dans une perspective d'aide à la modélisation spatialisée. Thèse de Doctorat : IRSTEA Lyon / ISARA / INPG
15. SAULAIS M. (2011). Colonisation végétale des bassins d'infiltration et de rétention. Caractérisation de la flore et évolution des caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface végétalisé. Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées, 245 p.

Thèses en cours (par ordre alphabétique) :

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 ITUS – lab. EVS – UMR CNRS 5600, INSA Lyon.
2. BAATI S. Fabriquer et user des systèmes techniques. Lecas des systèmes d'assainissement urbain. Equipe ITUS – lab. EVS – UMR CNRS 5600.
3. BAZIN P.H. (2013). Evaluation des incertitudes dans la modélisation d'une inondation en milieu urbanisé, Thèse de l'Université de Lyon.
4. BIEN L. : 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 IPEENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023
5. BOUKREB A. 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.
6. COUVIDAT J. : Optimisation des sédiments et boues de curage pour leur valorisation en matières premières. Direction scientifique : Equipe DEEP- LGCIE - INSA Lyon.
7. FERRO Y. Evaluation de l'impact des Rejets Urbains par Temps de Pluie sur le compartiment algal. Equipe IPE ENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023.
8. HESSE S.: Etude du rôle des micro-organismes des sédiments des bassins d'infiltration des eaux pluviales. Direction scientifique : Equipe IPEENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023
9. HEXIANG Y. : Métrologie et modélisation hydrodynamique 2D/3D de la sédimentation en bassin de retenue d'eaux pluviales urbaines. Equipe DEEP- LGCIE - INSA Lyon.
10. LABBAS M. (2014). 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. Thèse démarrée en Octobre 2011.
11. MOMPLOT A. 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 -
 12. PATOUILLARD C. : Modalités d'adoption des techniques alternatives d'assainissement pluvial urbain. Equipe ITUS – lab. EVS – UMR CNRS 5600, INSA Lyon.
 13. QUEYRON M.: Mobilité des polluants dans différentes typologies de dépôts de sédiments - Direction scientifique : Equipe IPEENTPE - LEHNA - UMR CNRS 5023
 14. SEBASTIAN C. : 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.
 15. BERNARDIN C. Origine, diversité et dangerosité des Nocardia d'un bassin de rétention des eaux pluviales en milieu urbain. Co-direction Equipe scientifique : LEM – Université Lyon I – VetAgro- - UMR CNRS 5557DEEP / LGCIE - INSA Lyon

 16. SOYER Mathilde Observatoires et innovation dans la gestion des eaux pluviales en milieu urbain. Thèse URBIS : LEESU – ENPC en collaboration OTHU / ONEVU / OPUR

Articles dans revues internationales à comité de lecture (par ordre alphabétique du 1^{er} auteur) :

1. ANGERVILLE R., BOILLOT C. & PERRODIN Y. (2009). Evaluation of the combined effects of binary mixtures of sodium hypochlorite and surfactants against *Daphni magna* Strauss. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 10 (3/4), 353-370.
2. BADIN, A.L., MOSTAFA, T., BERTRAND, C., MONIER, A., DELOLME, C., GEREMIA, R.A., BEDELL, J.P. (2012). Microbial communities of urban stormwater sediments: the phylogenetic structure of bacterial communities varies with porosity. *FEMS Microbiology Ecology* 81, 2, 324-338. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2012.01354.x.
3. BADIN, A-L., MONIER, A., VOLATIER, L., GEREMIA, R.A., DELOLME, C., BEDELL, J-P., (2011). Structural stability, microbial biomass and community composition of sediments affected by the hydric dynamics of an urban stormwater infiltration basin. *Microbial Ecology*, 61 : 885-897.
4. BAZIN P.H., A. BESSETTE, E. MIGNOT, A. PAQUIER AND N. RIVIERE, (2012), Influence of detailed topography when modelling flows in street junction during urban flooding, *J. Disaster Research*, 7(5), 560-566
5. BECOUZE C., WIEST L., BAUDOT R., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., CREN-OLIVÉ C. (2011). Optimisation of pressurised liquid extraction for the ultra-trace quantification of 20 priority substances from the European Water Framework Directive in atmospheric particles by GC–MS and LC–FLD–MS/MS. *Analytica Chimica Acta*, 693(1-2), 47-53. doi:10.1016/j.aca.2011.03.008.
6. BECOUZE-LAREURE C., BAZIN C., NAMOUR P., BREIL P. & PERRODIN Y. (2012). Multi-level approach of the ecotoxicological impact of a combined sewer overflow on a periurban stream. *Journal of Water Resource and Protection*, 4, 984-992.
7. BRANGER, F., BRAUD, I., DEBIONNE, S., VIALLET, P., DEHOTIN, J., HENINE, H., NEDELEC, Y., ANQUETIN, S. (2010). Towards multi-scale integrated hydrological models using the LIQUID framework. Overview of the concepts and first application examples, *Environmental Modeling & Software*, 25, 1672-1681, doi:10.1016/j.envsoft.2010.06.005.
8. BRAUD, I., BREIL, P., THOLLET, F., LAGOUY, M., BRANGER, F., JACQUEMINET, C., KERMADI, S., MICHEL, K. (2012). Evidence of the impact of urbanization on the hydrological regime of a medium-sized periurban catchment in France, *Journal of Hydrology*, special issue on periurban catchments, 10.1016/j.jhydrol.2012.04.049.
9. DELETIC A., DOTTO C.B.S., MCCARTHY D.T., KLEIDORFER M., FRENI G., MANNINA G., UHL M., HENRICH M., FLETCHER T.D., RAUCH W., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., TAIT S. (2011). Assessing Uncertainties in Urban Drainage Models. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 42-44, 3-10.
10. DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B. (2010). Calibration of stormwater quality regression models: a random process? *Water Science and Technology*, 62(4), 875-882.
11. DEMBELE A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BECOUZE C., BARILLON B. (2011). A new empirical model for stormwater TSS event mean concentrations (EMCs). *Water Science and Technology*, 64(9), 1926-1934. doi: 10.2166/wst.2011.187
12. DOLÉANS-JORDHEIM, A., COURNOYER B., BERGERON E., CROIZÉ J., SALORD H., ANDRÉ J., MAZOYER M.-A., RENAUD F. N. R., FRENEY J. (2009). Reliability of *Pseudomonas aeruginosa* semi-automated rep-PCR genotypings in various epidemiological situations. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases* 28(9):1105-1111
13. DORVAL F. A., CHOCAT B., EMMANUEL E., LIPEME KOUYI G. (2010). Sewer system flow components identification using signal processing. *Water Science and Technology*, 62(1), 106-114.
14. EL KADI, K., LEWICKI, L., PAQUIER, A., RIVIÈRE, N., TRAVIN, G. (2011). Division of a critical flow at three branch open channel intersection. *Journal of Hydraulic Research*, vol. 49, n° 2, p. 231-238
15. EL KADI, K., PAQUIER, A., MIGNOT, E. (2009). Modelling flash flood propagation in urban areas using a two-dimensional numerical model. *Natural Hazards*, vol. 50, p. 433-460
16. EMMANUEL I., ANDRIEU H., LEBLOIS E. (2012). Temporal and spatial variability of rainfall at the urban hydrological scale, *Journal of Hydrology*, 430, 162-172.

17. FERRO Y. PERULLINI, M.; JOBBAGY, M.; BILMES, S.A.; DURRIEU, C. (2012). Development of a Biosensor for Environmental Monitoring Based on Microalgae Immobilized in Silica Hydrogels. *Sensors* 2012, 12, 16879-16891
18. FOULQUIER A., MALARD F., BARRAUD S. AND GIBERT J. (2009). Thermal influence of urban groundwater recharge from stormwater basins. *Hydrological Processes*. 23 (12), 1701-1713.
19. FOULQUIER A., MALARD F., MERMILLOD-BLONDIN F., DATRY T., SIMON L., MONTUELLE B. & J. GIBERT (2010). Vertical change in dissolved organic carbon and oxygen at the water table region of an aquifer recharged with stormwater: biological uptake or mixing ? *Biogeochemistry*, 99, 31-47.
20. FOULQUIER A., MALARD F., MERMILLOD-BLONDIN F., MONTUELLE B., DOLÉDEC S., VOLAT B., GIBERT J. (2011). Surface water linkages regulate trophic interactions in a groundwater food web. *Ecosystems*, 14, 1339-1353.
21. FOULQUIER A., MERMILLOD-BLONDIN F., MALARD F., GIBERT J. (2011) Response of sediment biofilm to increased dissolved organic carbon supply in groundwater artificially recharged with stormwater. *Journal of Soils and Sediments* 11(2), 382-393.
22. FOULQUIER A., SIMON L., GILBERT F., FOUREL F., MALARD F. & F. MERMILLOD-BLONDIN (2010) Relative influences of DOC flux and subterranean fauna on microbial abundance and activity in aquifer sediments: new insights from ¹³C-tracer experiments. *Freshwater Biology*, 55, 1560-1576.
23. GAMERITH V., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., MOURAD M., RAUCH W. (2011). Implications of long-term stormwater quality modelling for design of combined sewer infrastructure. *Urban Water Journal*, 8(3), 155-166.
24. GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LE COUSTUMER S., FLETCHER T. (2012). Monitoring of clogging evolution in the stormwater infiltration system and determinant factors. *European Journal of Environmental & Civil Engineering*, 16 (1), 34-47.
25. GONZALEZ-SOSA, E., BRAUD, I., DEHOTIN, J., LASSABATÈRE, L., ANGULO-JARAMILLO, R., LAGOUY, M., BRANGER, F., JACQUEMINET, C., KERMADI, S., MICHEL, K. (2010). Impact of land use on the hydraulic properties of the topsoil in a small French catchment, *Hydrological Processes*, 24(17), 2382-2399, DOI: 10.1002/hyp.7640.
26. GRAINDORGE A., A. MENARD, M. NETO, C. BOUVET, R. MIOLLAN, S. GAILLARD, H. DE MONTCLOS, F. LAURENT, B. COURNOYER. (2010). Epidemiology and molecular characterization of a clone of *Burkholderia cenocepacia* responsible of nosocomial pulmonary tract infections in a French ICU. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease* 66(1):29-40.
27. GRAINDORGE, A., A. MENARD, C. MONNEZ, B. COURNOYER. (2012). Insertion Sequences evolutionary patterns highlight convergent genetic inactivations and recent genomic islands acquisitions among epidemic *Burkholderia cenocepacia*. *Journal of Medical Microbiology* 61:394-409.
28. 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 special issue on "Hydrology of periurban catchments: processes and modelling", in press.*
29. JANKOWFSKY S., BRANGER F., BRAUD I., GIRONAS J., RODRIGUEZ F. (2012). Comparison of catchment and network delineation approaches in complex suburban environments. Application to the Chaudanne catchment, France, *Hydrological Processes*, in press, doi: 10.1002/hyp.9506
30. KHADRO B., NAMOUR PH., BESSUEILLE F., LEONARD D., JAFFREZIC-RENAULT N. (2009). Validation of a conductometric biosensor for the detection of proteins as marker of organic matter in river samples, *Journal of Environmental Sciences-CHINA*, 21:545-551 [IF : 1,41]
31. KHADRO B., NAMOUR PH., BESSUEILLE F., LEONARD D., JAFFREZIC-RENAULT N. (2009). A novel conductometric sensor based on a PVC membrane containing nonactin for ammonium determination, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 89:11-19 [IF : 1,70]
32. LAFONT M., JEZEQUEL C., VIVIER A., BREIL P., SCHMITT L., BERNOUD S. (2010). Refinement of biomonitoring of urban water courses by combining descriptive and ecohydrological approaches. *Ecohydrology & hydrobiology*, 10, 1, 3-11.
33. LAFONT M., TIXIER G., MARSALEK J., JEZEQUEL C., BREIL P., SCHMITT L. (2012). From research to operational biomonitoring of freshwaters: a suggested conceptual framework and practical solutions. *Ecohydrology & hydrobiology*, 12, 1, 9-20.
34. LASSABATÈRE L., ANGULO-JARAMILLO R., GOUTALAND, D., LETELLIER, L., GAUDET, J. P., WINIARSKI, T., DELOLME, C. (2010). Effect of the settlement of sediments on water infiltration in two urban infiltration basins. *Geoderma* 156 (2010) 316–325.
35. LEPIOUFLE J.M., LEBLOIS E., CREUTIN, J.D. (2012). . Effect of time aggregation on rainfall variography in presence of advection, *Journal of Hydrology*, 464, 494-504.
36. LEWICKI, L., PAQUIER, A., EL KADI, K., RIVIERE, N. (2010). Uncertainty in 2-D hydraulic modelling: a case study of an experiment in transcritical flow. *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 37, p. 1014-1023
37. LIPEME KOUYI G., BRET P., DIDIER J.-M., CHOCAT B., BILLAT C. (2011). The use of CFD modelling to optimise measurement of overflow rates in a downstream-controlled dual-overflow structure. *Water Science and Technology*, 64 (2), pp 521-527.
38. MAAZOUZI, C. PISCART, F. LEGIER, F. HERVANT (2011). Ecophysiological responses to temperature of the "killer shrimp" *Dikerogammarus villosus*: Is the invader really stronger than the native *Gammarus pulex*? *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 159 : 268–274.
39. MARMONIER P., ARCHAMBAUD G., BELAIDI N., BOUGON N., BREIL P., CHAUVET E., CLARET C., CORNUT J., DATRY T., DOLE-OLIVIER M.-J., DUMONT B., FLIPO N., FOULQUIER A., GÉRINO M., GUILPART A., JULIEN F., MAAZOUZI C., MARTIN D., MERMILLOD-BLONDIN F., MONTUELLE B., NAMOUR PH., NAVEL S., OMBREDANE D., PELTE T., PISCART C., PUSCH M., ROBERTSON A., SANCHEZ-PÉREZ J.-M., SAUVAGE S., STROFFEK S.,

- TALEB A., WANTZEN M., VERVIER PH. (2012). The role of biodiversity in hyporheic processes: gaps in knowledge and needs for applications, *International Journal of Limnology*, 48, 253-266.
40. MERMILLOD-BLONDIN F. & LEMOINE D. (2010). Ecosystem engineering by tubificid worms stimulates macrophyte growth in poorly oxygenated wetland sediments. *Functional Ecology* 24, 444-453.
 41. MERMILLOD-BLONDIN F., FOULQUIER A., MAAZOUZI C., NAVEL S., NEGRETIU Y., VIENNEY A., SIMON L. & MARMONIER P. (in press) Ecological assessment of groundwater trophic status by using artificial substrates to monitor biofilm growth and activity. *Ecological Indicators*.
 42. MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Assessing dry weather flow contribution in TSS and COD storm event loads in combined sewer systems. *Water Science and Technology*, 63(12), 2983-2991.
 43. MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Assessing dry weather flow contribution in TSS and COD storm event loads in combined sewer systems. *Water Science and Technology*, 63(12), 2983-2991. doi:10.2166/wst.2011.185.
 44. MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). From mess to mass: a methodology for calculating storm event pollutant loads with their uncertainties, from continuous raw data time series. *Water Science and Technology*, 63(3), 369-376.
 45. MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Pollutographs, concentrations, loads and intra-event mass distributions of pollutants in urban wet weather discharges calculated from long term on line turbidity measurements. *Water Research*, 46(20), 6836-6856
 46. MIGNOT E., BONAKDARI H., KNOTHE P., LIPEME KOUYI G., BESSETTE A., RIVIÈRE N., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Experiments and 3D simulations of flow structures in junctions and their influence on location of flowmeters. *Water Science and Technology*, 66(6), 1325-1332. doi: 10.1080/ 02626667.2012.675064.
 47. MIGNOT E., RIVIÈRE N., PAQUIER A., PERKINS R., (2011). "Hydraulic models of the flow distribution in a four open channels junction with supercritical flow", *J. Hydr. Eng.*, 137(3), 289-299.
 48. MOURA P., BARRAUD S., BAPTISTA M.B., MALARD F. (2011). Multicriteria decision-aid method for the evaluation of the performance of stormwater infiltration systems over the time. *Water Science & Technology*, 64 (10), 1993-2000.
 49. MUSTE M., LEE K., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Standardized uncertainty analysis for hydrometry: a review of relevant approaches and implementation examples. *Hydrological Sciences Journal*, 57(4), 643-667. doi:10.1080/02626667.2012.675064.
 50. NAMOUR P., BREIL P., CLEMENT Y., DE SOUSA G., CHANET J.-P., LANTERI P. (2012). The Water Framework Directive requires new tools for a better water quality monitoring. E-WATER [on-line], 2012/01, <http://www.ewa-online.eu>
 51. NAMOUR P., LEPOT M., JAFFREZIC-RENAULT N. (2010). Recent Trends in Monitoring of European Water Framework Directive Priority Substances Using Micro-Sensors: A 2007–2009 Review. *Sensors*, 10(9), 7947-7978. doi <http://dx.doi.org/10.3390/s100907947>.
 52. NAMOUR PH., LEPOT M., JAFFREZIC-RENAULT N. (2010). Sensors for measuring biodegradable and total organic matter in water, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 29:848-857.[IF : 6,55]
 53. NAVRATIL O., BREIL, P., SCHMITT, L., GROPRÈTRE, L., ALBERT, M.B. (2012). Hydrogeomorphic adjustments of stream channels disturbed by urban runoff (Yzeron River basin, France). *Journal of Hydrology*, doi : 10.1016/j.jhydrol.2012.01.036
 54. NOGARO G. & MERMILLOD-BLONDIN F. (2009) Stormwater sediment and bioturbation influences on hydraulic functioning, biogeochemical processes, and pollutant dynamics in laboratory infiltration systems. *Environmental Science and Technology*. 43, 3632-3638.
 55. NOGARO G., MERMILLOD-BLONDIN F., VALETT M.H., FRANÇOIS-CARCAILLET F., GAUDET J.-P., LAFONT M. & J. GIBERT (2009) - Ecosystem engineering at the sediment-water interface: bioturbation and consumer-substrate interaction. *Oecologia*, 161, 125-138.
 56. NOGARO, G., DATRY, T., MERMILLOD-BLONDIN, F., DESCLOUX, S., MONTUELLE, B. (2010). Influence of streambed sediment clogging on microbial processes in the hyporheic zone. *Freshwater Biology* 55, 1288–1302.
 57. PEYRARD D., DELMOTTE S., SAUVAGE S., NAMOUR PH., GERINO M., VERVIER P., SANCHEZ-PEREZ J.M. (2011). Longitudinal transformation of nitrogen and carbon in the hyporheic zone of an N-rich stream: A combined modelling and field study, *Physics & Chemistry of the Earth*, 36(12): 599-611.
 58. PINOT, C., A. DEREDJIAN, S. NAZARET, E. BROTHIER, B. COURNOYER, C. SEGONDS AND S. FAVRE-BONTE. (2011). Identification of *Stenotrophomonas maltophilia* strains isolated from environmental and clinical samples: a rapid and efficient procedure. *Journal of Applied Microbiology*. 111:1185-93
 59. PREUSSER F., SCHMITT L., DELILE D., GROSPRETRE L. (2011). Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating of the sedimentation history of the Yzeron basin (Chaudanne sub-catchment), Rhône Valley, France. *Quaternaire*, 22(1), 73-83
 60. PRIGENT-COMBARET, C., H. SANGUIN, L. CHAMPIER, C. BERTRAND, C. MONNEZ, C. COLINON, D. BLAHA, J.-M. GHIGO, AND B. COURNOYER.(2012). The bacterial thiopurine methyltransferase tellurite resistance process is highly dependent upon aggregation properties and oxidative stress response. *Environmental Microbiology* (in press)
 61. RADOJEVIC, B., BREIL, P., CHOCAT, B. (2010). Assessing impact of global change on flood regimes. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 2(2): 167-179.
 62. RENARD F., CHAPON P.-M., COMBY J. (2012). Assessing the accuracy of weather radar to track intense rain cells in the Greater Lyon area, France. *Atmospheric Research*, 103, 4-19.
 63. RENARD F., COMBY J. (2010). Overview of the Greater Lyon weather radar advances from 90's to 2008. *Advances in Geosciences*, 25, 79-83.

64. RENARD F., FAURE D., COMBY J. (2009). Evaluation de la qualité de mesure hydrologique du radar météorologique de Saint-Nizier appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon (période 2001-2006). *La Houille Blanche – Revue internationale de l'eau*, 6, 56-59.
65. RENARD, B., KAVETSKI, D., LEBLOIS, E., THYER, M., KUCZERA, G. (2011). Towards a reliable decomposition of predictive uncertainty in hydrological modelling : characterizing rainfall errors using conditional simulation, *Water Resources Research*, 47(11), doi:10.1029/2011WR010643.
66. RIVIÈRE, N., G. TRAVIN, AND R. J. PERKINS (2011), Subcritical open channel flows in four branch intersections, *Water Resour. Res.*, 47, W10517, doi:10.1029/2011WR010504.
67. SAULAIS M., BEDELL J.P., DELOLME C. (2011). Cd, Cu and Zn mobility in contaminated sediments from an infiltration basin colonized by wild plants: The case of *Phalaris arundinacea* and *Typha latifolia*. *Water Sciences and Technology*, 64(1): 255-262.
68. SBARTAI A., NAMOUR PH., ERRACHID A., KREJČI J., ŠEJNOHOVÁ R., RENAUD L., LARBI HAMLAOUI M., LOIR A.-S., GARRELIE F., DONNET CH., SODER H., AUDOUARD E., GRANIER J., JAFFREZIC-RENAULT N. (2012). New electrochemical BDD film microcells, micromachined with femtosecond laser - Application to the Determination of Water Framework Directive metals, *Analytical Chemistry*, [5,87]
69. SBARTAI A., NAMOUR PH., SARRUT, N., KREJČI J., KUNCEROVA R., LARBI HAMLAOUI M., JAFFREZIC-RENAULT N., 2012 Direct detection of lead in RTIL using DPASV on BDD film microcells and determination of concentration factor after extraction from aqueous samples, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 686, 58-62, [2,90]
70. SCHMITT L., LAFONT M., TREMOLIERES M., JEZEQUEL C., VIVIER A., BREIL P., NAMOUR PH., VALIN K., VALETTE L. (2011). Using hydro-geomorphological typologies in functional ecology: preliminary results in contrasted hydrosystems. *Physics and chemistry of the earth*, 36, 539-548.
71. SUN S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012a). On calibration data selection: the case of stormwater quality regression models. *Environmental Modelling & Software*, 35, 61-73.
72. TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (à paraître). Les clôtures ou l'expérience des limites dans les mondes urbains. Le cas de deux ouvrages de gestion des eaux urbaines dans l'agglomération lyonnaise. *Les cahiers européens des sciences sociales*, numéro spécial « La ville à travers ses limites », acceptée à paraître.

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages (par ordre alphabétique du 1^{er} auteur) :

1. ANDRIEU H., TASSIN B., BARRAUD S. (2009). *Chapitre 5: Hydrologie Urbaine ou comment rendre l'eau transparente dans la ville.* *In Ecologies urbaines : Etat des savoirs et perspectives* (Sous la direction d'Olivier Coutard et Jean-Pierre Lévy), Paris, Collection Villes, Economica-Anthropos, 380 p, ISBN 978-2-7178-5802-0.
2. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARRAUD S., LE GAUFFRE P., BAER E. (2010). *Chapitre 11: Generic multi-criteria methodology to compare investment/rehabilitation strategies : Principles and Case Studies.* *In Assessing infiltration and exfiltration on the performance of Urban Sewer Systems (APUSS)*(Coord. B.Ellis & J.L. Bertrand-Krajewski), IWA Publishing, 131-158. ISBN 10:184339149X.
3. BRANGER, F., JANKOWFSKY, S., VANNIER, O., VIALLET, P., DEBIONNE, S., BRAUD, I. (2012). Use of open-source GIS for the pre-processing of distributed hydrological models, Geospatial free and open source software in the 21st century, Bocher, E., Neteler, M. (Eds), *Lecture notes in Geoinformation and Cartography, Chapter 3*, 35-48.
4. COMBY J., RENARD F. (2011). *L'excès de pluie, un aléa qui gagne à être connu*, 48-49 ; in *Rhône-Alpes et l'environnement*. 100 questions pour la recherche, Lyon, 255 p.
5. LAPLACE, D., MIGNOT, E., PAQUIER, A. (2009). Génération et propagation des crues en milieu urbain. Chapitre 10. De la goutte de pluie jusqu'à la mer, traité d'hydraulique environnementale, volume 1, processus hydrologiques et fluviaux, Tanguy, J. M. (ed.), Lavoisier, Paris, France, p. 267-283.
6. NAMOUR PH., BREIL P., SCHMITT L., LAFONT M., GROSPRETRE L. (2012). Dynamique des hydrosystèmes périurbains en réponse aux changements paysagers : l'exemple de l'Ouest lyonnais. *In : Aux marges de la ville : Paysages, Sociétés, Représentations*, Editeurs Collin-Bouffier S, Brelot C-I, Menjot D, Presse universitaire de Lyon, Lyon (France) [accepté]
7. RENARD F. (2011). *Le risque pluvial en milieu urbain. De la caractérisation de l'aléa à l'évaluation de la vulnérabilité*, Editions Universitaires Européennes, Sarrebrücken, 448 p.
8. RENARD F. (2013). *First use and results of a C-band radar over an urban area: evaluation of the hydrologic quality and intense rain cells tracking*, 41p. *In Radar Systems: Technology, Principles and Applications*, Novapublishing, New-York (in press).

Articles & Communications dans des conférences internationales (par ordre alphabétique du 1^{er} auteur)

1. ANGERVILLE R., BAZIN C., EMMANUEL E., AND PERRODIN Y.(2009).Ecotoxicological characterization of Urban Wet Weather Effluents (UWWE) from French and Haitian sites.Communication orale. 14th *International Symposium on Toxicity Assessment (ISTA 14)*, 29 Août au 4 Septembre 2009, Metz, France.
2. ANGERVILLE R., SAULAIS M., EMMANUEL E. AND PERRODIN Y. (2010).Physicochemical and Ecotoxicological Characteristics of Urban Wet Weather Effluents (UWWE) from a French Site.20th *annual conférence of Association for Environmental Health and Sciences (AEHS)*.March 15-18(2010). Marriott Mission Valley Hotel, San Diego, California.
3. AH-LEUNG S. (2012). Entre "nature artificialisée" et "artifice naturalisé" : les paysages naturels de l'urbain. *Festival International de la géographie de Saint-Dié*, 11-14 octobre 2012, Saint-Dié.

4. BAZIN P.H., BESSETTE A., MIGNOT E., PAQUIER A., RIVIÈRE N. (2011). Influence of detailed topography when modeling flows in street junction during urban flooding. 5th International Conference on Flood Management (ICFM5), 27-29 September 2011, Tokyo-Japan
5. BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., COQUERY M., DEMBÉLÉ A., CREN-OLIVÉ C. (2009). Assessment of fluxes of priority pollutants in stormwater discharges in two urban catchments in Lyon, France. *Geophysical Research Abstracts*, vol 11, abstract n° EGU2009-11867, 1 p.
6. BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., COQUERY M., DEMBÉLÉ A., CREN-OLIVÉ C. (2009). Preliminary assessment of fluxes of priority pollutants in stormwater discharges in two urban catchments in Lyon, France. EMEC 10 - 10th European Meeting on Environmental Chemistry, Limoges, France, 2-5 December.
7. BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., DEMBÉLÉ A., CREN-OLIVÉ C., COQUERY M. (2009). Preliminary assessment of fluxes of priority pollutants in stormwater discharges in two urban catchments in Lyon, France. Proceedings of the 13th IWA international conference on Diffuse Pollution and Integrated Watershed Management, Seoul, South Korea, 12-15 October, 10 p.
8. BECOUZE-LAREURE C., DEMBÉLÉ A., COQUERY M., CREN-OLIVÉ C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Mass balances of priority pollutants from different sources in urban wet weather discharges. Proceedings of the 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre, Brazil, 11-16 September 2011, 8 p.
9. BEDELL J.-P., M. SAULAIS, L. THIBAUT, M. DANJEAN AND C. DELOLME (2011). Field and Laboratory Evaluation of some Trace Elements Availability in Litter of Spontaneous Wild Plants in an Infiltration Basin. ICOTHE 2011: 11th International Conference on Biogeochemistry of Trace Elements - Florence, Italy, July 3-7 2011.
10. BEDELL J.-P., X. CAPILLA, H. LARMET AND C. DELOLME (2011). Evaluation of the desorption predictability measures of Zn, Cu and Cd for rye grass in several sediments. ICOTHE 2011: 11th International Conference on Biogeochemistry of Trace Elements - Florence, Italy, July 3-7.
11. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2009). Advanced operation of urban water systems: some technical issues related to monitoring and modelling. Technical Seminar of the National Water Conference at 4th Water Expo 2009, Oeiras, Portugal, 5 November 2009. (conférence invitée).
12. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). MES, DCO et polluants prioritaires des rejets urbains de temps de pluie : mesure et modélisation des flux événementiels. 2^e Rendez-vous international sur la gestion intégrée de l'eau, Sherbrooke, Québec, Canada, 23-25 octobre 2011. (conférence invitée).
13. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BECOUZE C., DEMBÉLÉ A., COQUERY M., CREN-OLIVÉ C. (2010). Priority substances in stormwater: results of a three year experimental research project. SPN6 - 6th international conference on Sewer Processes and Networks, Surfers Paradise, Gold Coast, Australia, 7-10 November 2010. (conférence invitée).
14. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., LYNGGAARD-JENSEN A. (2012). Data validation methods: Batchwise off-line and continuous on-line. Special session PREPARED, WCE - World congress on Water, Climate and Energy, Dublin, Ireland, 13-18 May.
15. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., MÉTADIER M. (2010). Continuous monitoring of storm runoff quality: recent results on two experimental catchments. 2nd Regional Rainfall Conference of the Balkans, Belgrade, Serbia, 3-5 November 2010, 12 p.
16. BRANGER, F., BRAUD, I., DEBIONNE, S., DEHOTIN, J., JANKOWFSKY, S., VIALLET, P. (2009). Use of open-source GIS and data base software for the pre-processing of distributed hydrological models built in the LIQUID hydrological modelling framework, *International Opensource Geospatial Research Symposium OGRS 2009*, Nantes, France, 8-10 July 2009, Abstracts Proceedings, 97-99. presentation available at <http://www.ogrs2009.org/doku.php?id=research>
17. BRANGER, F., DEBIONNE, S., VIALLET, P., BRAUD, I., JANKOWFSKY, S., VANNIER, O., RODRIGUEZ, F., ANQUETIN, S., (2010). Advances in integrated hydrological modelling using the LIQUID® framework, Proceedings of the *International congress on Environmental Modelling and Software, iEMSs 2010*, 5-8 July 2010, Ontario, Ottawa, Canada, 8 p. <http://www.iemss.org/iemss2010/index.php?n=Main.Proceedings>
18. BRANGER, F., KERMADI, S., KRAUSE, P., LABBAS, M., JACQUEMINET, C., MICHEL, K., BRAUD, I., KRALISCH, S. (2012). Investigating the impact of two decades of urbanization on the water balance of the Yzeron peri-urban catchment, France, *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs) 2012*, Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany, R. Seppelt, A.A. Voinov, S. Lange, D. Bankamp (Eds.), <http://www.iemss.org/society/index.php/iemss-2012-proceedings>, 8 p.
19. BRANGER, F., RENARD, B., LE COZ, J., BONNIFAIT, L. 2011. Assessment of uncertainty of stage-discharge relations through hydraulic and bayesian approach. ICFM5: 5th International Conference on Flood Management, 27-29 September 2011, Tokyo, Japan.
20. BRAUD I., CHANCIBAUT K., DEBIONNE P. ET COLLABORATEURS. (2010). The AvuPur project (assessing the vulnerability of peri-urbans rivers): experimental set up, modelling strategy and first results. Novatech 2010, Lyon, 10 p.
21. BRAUD I., CHANCIBAUT K., DEBIONNE S., LIPEME KOUYI G., SARRAZIN B., JACQUEMINET C., ANDRIEU H., BÉAL D., BOCHER E., BOUTAGHANE H., BRANGER F., BREIL P., CHOCAT B., COMBY J., DEHOTIN J., DRAMAS G., FURUSHO C., GAGNAGE M., GONZALEZ-SOSA E., GROSPRÊTRE L., HONEGGER A., JANKOWFSKY S., JOLIVEAU T., KERMADI S., LAGOUY M., LEBLOIS E., MARTIN J.Y., MAZAGOL P.O., MICHELL K., MOLINES N., MOSINI M.L., PUECH C., RENARD F., RODRIGUEZ F., SCHMITT L., THOLLET F., VIALLET P. (2010). The AVuPUR project (Assessing the Vulnerability of Peri-Urbans Rivers) : experimental set up, modelling strategy and first results, Proceedings of the 7th Novatech 2010 Conference, June 28-July 1 2010, Lyon, France, 10pp. http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00527564_v1/

22. BRAUD, I., CHANCIBAULT, K., DEBIONNE, S., LIPEME KOUYI, G., SARRAZIN, B., JACQUEMINET, C., ANDRIEU, H., BÉAL, D., BOCHER, E., BOUTAGHANE, H., BRANGER, F., BREIL, P., CHOCAT, B., COMBY, J., DEHOTIN, J., DRAMAI, G., FURUSHO, C., GONZALEZ-SOSA, E., GROSPRETRE, L., HONEGGER, A., JOLIVEAU, T., KERMADI, S., LAGOUY, M., LEBLOIS, E., LEDUC, T., MAZAGOL, P.O., MICHELL, K., MOLINES, N., PUECH, C., RENARD, F., RODRIGUEZ, F., SCHMITT, L., THOLLET, F., VIALLET, P. (2009). The AVUPUR project (Assessing the Vulnerability of Peri-Urban Rivers), *EGU General Assembly*, 19-24 April 2009, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, EGU2009-3353-1. Oral.
23. BRAUD, I., GONZALEZ-SOSA, E., DEHOTIN, J., BRANGER, F., LAGOUY, M. (2009). Characterization and cartography of topsoil hydraulic properties in a French mountainous peri-urban catchment, *EGU General Assembly*, 19-24 April 2009, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, EGU2009-2220-2.
24. BREIL P. (2011). Update overview of hydrological monitoring and modelling approaches. Workshop du projet bilatéral PHC-FAST (France-Australie). Melbourne (Aus) 13-17 juin 2011.
25. BREIL P., LAFONT M., NAMOUR PH., SCHMITT L.(2011). Hydrological variability effect on benthic and hyporheic biotic metrics. Role of biodiversity in processes at groundwater / surface water interface, In *BioProcess 2011*, 26th – 28th January 2011, Lyon (France).
26. BREIL P., NAMOUR PH., LEPIMPEC P. (2012). In-stream natural and enhanced self purification capacity. *Balkan Water Observation & Information systems (BALWOIS) international conference*. 28th may 2^{sd} June 28- May 2(2012). Ohrid (Republic of Macedonia).
27. BREIL P. (2011). Geomorphic impacts of urbanisation: Case-study of the Chaudanne (techniques being used, observations to date, future approaches). *Workshop du projet bilatéral PHC-FAST (France-Australie)*. Melbourne (Aus) 13-17 juin 2011.
28. BREIL, P., RADOJEVIC, B., CHOCAT, B. (2010). Urban development and extreme flow regimes changes, *Proceedings of the 6th Friend Conference "Global change: facing risks and threats to water resources"*, 25-29 October 2010, Fez, Morocco, IAHS Public., 340, 314-319
29. COUNOYER B. (2011) Overview of pathogen research.. *Workshop du projet bilatéral PHC-FAST (France-Australie)*. Melbourne (Aus) 13-17 juin 2011.
30. DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). A new tool for automatic evaluation and selection of regression models for the prediction of stormwater pollutant event loads. *Proceedings of Watermatex 2011 - 8th IWA Symposium on Systems Analysis and Integrated Assessment, San Sebastian, Spain*, 20-22 June, 616-622.
31. DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B. (2009). Chronological evolution and sensitivity to the experimental data of calibration and test of stormwater quality regression models. *Proceedings of the 8th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling*, Tokyo, Japan, 7-12 September, 8 p.
32. DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B., BECOUZE C., CREN-OLIVÉ C., COQUERY M. (2010). Priority pollutants in urban stormwater: a global overview at catchment scale. *Proceedings of the IWA World Water Congress*, Montréal, Canada, 19-24 September, 9 p.
33. DEMBÉLÉ A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B., BECOUZE C., CREN-OLIVÉ C., COQUERY M. DAUTHUILLE P. (2010). Priority pollutants in urban stormwater: from concentrations and loads analysis to modelling. *Proceedings of the Water Convention, SIWW 2010 - Singapore International Water Week*, Singapore, 28 June - 2 July, 9 p.
34. DEMBELE A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BECOUZE C., BARILLON B. (2010). A new empirical model for stormwater TSS event mean concentrations (EMCs). *Proceedings of Novatech 2010*, Lyon, France, 27 June – 1 July, 10 p.
35. DORVAL F., CHOCAT B., LIPEME KOUYI G., EMMANUEL, E., (2011) : Use of multi-outlet approach to simulate flow components on urban catchment. *16th International Conference on Urban Drainage*, 11-16 September 2011, Porto Alegre, Brésil.
36. DORVAL, F. A., CHOCAT, B., EMMANUEL E., LIPEME KOUYI, G. (2009). Signal processing to identify flow components in sewer system. *Actes Colloque International : Urban Drainage Modelling (UDM) 7-11 septembre 2009*, Tokyo, Japon.
37. FERRO Y. , DURRIEU C. (2012). Development of an algal biosensor for toxicity assessment of urban wet weather effluents, *SIDISA 2012 Sustainable Technology for Environmental Protection*, 26 - 29 june 2012, Milan, Italie
38. FERRO Y., LASSEY W. , DURRIEU C. (2012). Automatisation d'un biocapteur à cellules algales pour la surveillance in situ et en continu de rejets urbains par temps de pluie, *MADICA2012*, 7 – 9 novembre 2012, Sousse, Tunisie
39. GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S. (2011). Spatio-temporal evolution of clogging of stormwater infiltration systems. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
40. GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LE COUSTOMER S., FLETCHER T. (2010). Monitoring of clogging evolution in the infiltration system. *7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management*, Lyon, France, June 27 - July 1st, 2010, 10 p.
41. GUO Z., LAGARDE F., ESCANDE A., NAMOUR PH., CASELLAS C., BALAGUER P., ERRACHID A., JAFFREZIC-RENAULT N. (2011). A new impedimetric biosensor for the assessment of endocrine disrupting compounds binding affinity for estrogen receptor- α . Principle and first results, *EmCon 2011*, 23rd – 26th August 2011, Copenhagen, (Denmark).
42. JACQUEMINET, C., KERMADI, S., MICHEL, C., JANKOWFSKY, S., BRAUD, I., BRANGER, F., BEAL, D., GAGNAGE, M. (2010). Three very high resolution optical images for land use mapping of a suburban catchment: input to distributed hydrological models. *EGU General Assembly*, 2-7 May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, vol. 12, EGU2010-6926.

43. JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., RODRIGUEZ, F. (201). Integration of sewer system maps in topographically based sub-basin delineation in suburban areas. *EGU General Assembly*, 2-7 May 2010, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, vol. 12, EGU2010-4553.
44. JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., RODRIGUEZ, F., DEBIONNE, S., VIALLET, P. (2011). Influence of urban expansion on the hydrology of small catchments: development of the suburban PUMMA model by coupling of urban and rural hydrological models, *12th International Conference on Urban Drainage*, 11-15 September 2011, Porto Alegre, Bresil, PAPER005132, 8 pp.
45. JANKOWFSKY, S., SANZANA, P., BRANGER, F., BRAUD, I., PAILLÉ, Y., BROSSARD, F., RODRIGUEZ, F. (2012). Using GRASS and PostgreSQL/PostGIS for the development of automatic preprocessing methods for a distributed vector-based hydrological model, *Open Source Geospatial Research & Education Symposium, OGRS 2012*, Yverdon les Bains, Switzerland, October 24-26 2012, 5 pp.
46. JANKOWSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., DEBIONNE, S., VIALLET, P., RODRIGUEZ, F. (2010). Development of a suburban catchment model within the LIQUID® framework, *Proceedings of the International congress on Environmental Modelling and Software, iEMSs 2010*, 5-8 July 2010, Ontario, Ottawa, Canada, 9 pp. <http://www.iemss.org/iemss2010/index.php?n=Main.Proceedings>
47. JOANNIS C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2009). Uncertainty in stormwater cumulated volumes and pollutant loads calculated from discrete time series. *Proceedings of the 8th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling*, Tokyo, Japan, 7-12 September, 2 p.
48. LAFONT M., JEZEQUEL C., TIXIER G., MARSALEK J., VIVIER A., BREIL P., SCHMITT L., POULARD C., NAMOUR PH. (2010). From research to operational biomonitoring of freshwaters: a suggested conceptual framework and practical solutions. *Conference balwois 2010 - Ohrid*, republic of Macedonia - 25, 29 may 2010, 11 p.
49. LEPOT M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., AUBIN J.-B. (2012). Accuracy of different sensors for the estimation of pollutant concentrations (Total Suspended Solids, total and dissolved Chemical Oxygen Demand) in wastewater and stormwater. *Proceedings of the 9th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia*, 3-6 September, 15 p.
50. LIPEME KOUYI G., ARIAS L., BARRAUD S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010). CFD Modelling of flows in a large stormwater detention and settling basin. *7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management*, Lyon, France, June 27 - July 1st, 2010, 10 p.
51. LIPEME KOUYI G., ARIAS L., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARRAUD S. (2010). 3D modeling of flows in a large stormwater detention and settling basin. *SimHydro 2010 : Hydraulic modeling and uncertainty*, 2-4 June 2010, Sophia Antipolis,
52. LOMBARD V., TOLOMÉO S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., DEBRAY R., COMTE C., DE BÉNÉDITTIS J. (2010). Conception et mise en place de stations de mesure des flux polluants dédiées à la gestion intégrée d'un système d'assainissement. *Proceedings of Novatech 2010*, Lyon, France, 27 June – 1 July, 10 p.
53. MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010). Assessing dry weather flow contribution in TSS and COD storm events loads in combined sewer systems. *Proceedings of Novatech 2010, Lyon, France, 27 June – 1 July*, 10 p.
54. MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). INTEREST OF BAYESIAN LEARNING PRINCIPLE FOR STORMWATER QUALITY MODELLING BASED ON TURBIDITY TIME SERIES. *9th UDM - International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia*, 3-6 September, 11 p.
55. MÉTADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Interest of Bayesian learning principle for stormwater quality modelling based on turbidity time series. *Proceedings of the 9th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia*, 3-6 September, 11 p.
56. MIGNOT E., BONAKDARI H., KNOTHE P., LIPEME KOUYI G., BESETTE A., RIVIÈRE N., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Experiments and 3D simulations of flow structures in junctions and of their influence on location of flowmeters. *Proceedings of the 12th International Conference on Urban Drainage*, Porto Alegre, Brazil, 11-16 September 2011, 8 p.
57. MIGNOT E., VINKOVIC I., RIVIÈRE N., DOPPLER D. (2012). Mean flow and turbulent characteristics of the mixing layer in an open-channel junction flow. *3rd Int. Symp. on Shallow Flows*, Iowa City, USA, June 4-6, 2012
58. MIGNOT E., DOMINGUEZ G., ZENG C., LI C.W., RIVIÈRE N., BAZIN P.H. (2012). Impact of singularities on the discharge distribution in open-channel bifurcations. *2nd IAHR Europe Congress*, June 27-29 2012, Munich, Germany.
59. MOMPLOT A., BONAKDARI H., MIGNOT E., LIPEME-KOUYI G., RIVIÈRE N., BERTRAND-KRAJWSKY J.L. (2012). Effects of computational meshes on hydrodynamics of an open channel junction flow using CFD technique. *9th International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia*
60. MILOGRANA CORTES J., BAPTISTA M., BARRAUD S., CAMPANA N. (2010). CHOICE OF FLOOD CONTROL MEASURES IN URBAN AREAS – A DECISION AID TOOL, *7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management*, Lyon, France, June 27 - July 1st, 2010, 10 p.
61. NAMOUR Ph. (2010). Les besoins de nouveaux outils pour mesurer la qualité des eaux, MADICA, *7ème Journées Maghreb-Europe, Matériaux & Applications aux Dispositifs et Capteurs*, 18-22 octobre 2010, Tabarka (Tunisie), 67.
62. NAMOUR PH., BREIL P., JAFFREZIC-RENAULT N., LEONARD D., ERRACHID A. (2011). Water quality monitoring needs new tools, *Science for the Environment, Environment for Society*, 5th & 6th October 2011, Aarhus (Denmark).
63. NAMOUR PH., GROSPRÊTRE L., SCHMITT L. (2011). Dynamique des hydrosystèmes périurbains en réponse aux changements paysagers : l'exemple de l'Ouest lyonnais, *Colloque international "Aux marges de la ville: Paysages, Sociétés, Représentations"*, 5-6 mai 2011, Lyon (France).

64. NAMOUR, P. (2012). Introduction to session 5: hydrology & hydrobiology: water quality assessment, needs and requirements, BALWOIS 2012, 5th International Scientific Conference on Water, Climate and Environment, 28th may 2012, Ohrid (Republic of Macedonia).
65. NAMOUR, Ph. (2009). Besoins de micro-capteurs environnementaux, *Journées Nanotechnologies pour l'Environnement*, Tunis (Tunisie), 7 Mai 2009.
66. NAMOUR, Ph. (2010). Water Quality Assessment needs new tools, *Water Week 2010 Shanghai* (People's Republic of China), 28th September 2010.
67. PAQUIER, A., PONS, F., LEBLOIS, E., RODRIGUEZ, F. (2009). Influence of rainfall distribution on urban flood: a case study. 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment 09/08/2009-14/08/2009, Vancouver, CAN. Proceedings of 33rd IAHR Congress. 2383-2390
68. PAQUIER, A., TACHRIFF, H., RIVIÈRE, N., EL KADI, K. (2009). Assessing the effects of two non-structural flood mitigation measures using laboratory and real cases. Road map towards a flood resilient urban environment 26/11/2009-27/11/2009, Paris, FRA. Proceedings *Final conference of the COST action C22.8* p.
69. PERRODIN Y., EMMANUEL E., BOILLOT C. ET ANGERVILLE R. (2010). De l'usage des tests d'écotoxicité pour le suivi et la gestion d'effluents urbains potentiellement toxiques pour les milieux récepteurs : application aux effluents hospitaliers et aux RUTP. *Colloque E3D, Eau, Déchets et Environnement*. 28-31 mars 2010, Alexandrie, Egypte.
70. PETIT S., COURNOYER B. (2011), Water populations of *Pseudomonas aeruginosa*: their health hazards & ability at disseminating from wastewaters to rivers. Melbourne, Australia. June 2011. (oral)
71. RADOJEVIC, B., BREIL, P., CHOCAT, B. (2010). Flood risk mitigation using dry reservoirs in a global change perspective. Proceedings of the 6th Friend Conference "Global change: facing risks and threats to water resources", 25-29 October 2010, Fez, Morocco, IAHS Public., 340, 119-125
72. RENARD F. (2009). Assessment of vulnerability in urban systems for a global risk analysis associated with rainfall hazard. 8th International Workshop on Precipitation in Urban Areas. *Rainfall in the Urban Context: Forecasting, Risk and Climate Change*, St-Moritz (Suisse), December 2009, 193-197.
73. RENARD F. (2010). Comparaison spatiale des débordements observés et modélisés du réseau d'assainissement du Grand Lyon par temps de pluie. *Novatech 2010 – 7ème conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie*, Lyon, June 2010, 9 p.
74. RENARD F. (2009). Appréciation de la qualité de mesure hydrologique du radar météorologique régional appliqué au contexte local de la communauté urbaine de Lyon pour l'analyse des épisodes pluvieux exceptionnels (période 2001 – 2006) (en collaboration avec J. Comby). *XXIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Cluj-Napoca, Roumanie, septembre 2009. Actes publiés dans le numéro spécial 2009 de la revue *Geographia Technica*, pp. 389-394
75. RENARD F. (2010). Apport de la géomatique dans l'étude des trajectoires des cellules de pluie intense et application au radar rhônalpin. *XXIIIème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Rennes, septembre 2010, pp. 505-510
76. RENARD F., CHAPON P.-M., COMBY J. (2012). Influence of local effects (topography and land cover) on extreme rainfall cells in east-central France (en collaboration avec). 9th International Workshop on Precipitation in Urban Areas. *Rainfall in the Urban Context: Forecasting, Risk and Climate Change*, St-Moritz (Suisse), December 2012, 4 p.
77. RENARD F., CHAPON P.-M., LANGLOIS de SEPTENVILLE W. and COMBY J. (2013). Topographic and land use effects on the occurrence of rain cells : a French example (en collaboration avec). *Annual meeting of the Association of American Geographers*, Los Angeles (Etats-Unis), April 2013, 1 p. (accepted)
78. RENARD F., VOLTE E., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010). Improving the measurement of rainfall. *IWA World Water Congress, Montreal, Canada*, 19-24 September, 1 p.
79. SANZANA, P., JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I., VARGAS, X., HITSCHFELD, N. (2012). Automatic pre-processing for an object-oriented distributed hydrological model using GRASS-GIS. *EGU General Assembly*, 22-27 April 2012, Vienna, Austria, Vol. 14, EGU2012-193. Poster
80. SANZANA, P., VARGAS, X., GIRONAS, J., JANKOWFSKY, S., BRANGER, F., BRAUD, I. (2012). Representatividad de una red de drenaje mediante el uso de funciones de ancho en una cuenca peri-urbana, XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, 9-12 Septiembre de 2012, San José, Costa Rica, 10 pp.
81. SARRAZIN, B., BRAUD, I., LAGOUY, M., BAILLY, J.S., PUECH, C., AYROLES, H. (2009). A distributed water level network in ephemeral river reaches to identify the hydrological responses of anthropogenic catchments, *EGU General Assembly*, 19-24 April 2009, Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts, Vol 11, EGU2009-6103, poster.
82. SARRAZIN, B., BRAUD, I., LAGOUY, M., PUECH, C. (2010). Distributed water level sensors for hydrological network monitoring. *EGU Leonardo Topical Conference Series of the hydrological cycle 2010*, Looking at catchment in colours, Luxembourg, 10-12 Novembre 2010. Oral.
83. SAULAIS M., BEDELL J.-P., LEMOINE D., DELOLME C. (2011). Vegetation patterns evolution of an artificially revegetated stormwater infiltration basin. Session J; *IAVS2011*; Lyon 20 au 24 Juin 2011.
84. SAULAIS M., MARSAULT X., SALERI R., LEMOINE D., DELOLME C., BEDELL J.-P. (2011). Plant colonization survey of an stormwater infiltration basin through static and dynamic approaches. Session C; *IAVS2011*; Lyon 20 au 24 Juin 2011.
85. SBARTAI A., NAMOUR PH., ERRACHID A., KREJČI J., ŠEJNOHOVÁ R., RENAUD L., LARBI HAMLAOUI M., LOIR A.-S., GARRELIE F., DONNET C., SODER H., AUDOUARD E., GRANIER J., (2012). Environmental Sensors, Determination of WFD metals using new electrochemical BDD microcells film micromachined with Femtosecond Laser, 23 th -28th September 2012, Anglet (France)
86. SBARTAI A., NAMOUR PH., ERRACHID A., KREJČI J., ŠEJNOHOVÁ R., RENAUD L., LARBI HAMLAOUI M., LOIR A.-S., GARRELIE F., DONNET C., SODER H., AUDOUARD E., GRANIER J., JAFFREZIC-RENAULT

- N.(2012). Determination of WDF metals using new electrochemical BDD micro-cell film micro-machined with femtosecond laser, *Eurosensors XXVI, The 26th European Conference on Solid-State Transducers*, September 9-12(2012). Wroclaw (Poland)
87. SBARTAI A., NAMOUR PH., JAFFREZIC-RENAULT N.(2011). Micro-system for heavy metal measurement in water, Science for the Environment, *Environment for Society*, 5th & 6th October 2011, Aarhus (Denmark).
 88. SÉBASTIAN C., BARRAUD S., BECOUZE-LAREURE C., GONZALEZ-MERCHAN C., BAZIN C., PERRODIN Y. (2012). Micropollutants and ecotoxicity monitoring in a large dry retention / detention basin. *9th International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade (Serbia), 3-7 September 2012.*- 12 p
 89. SEBASTIAN C., BARRAUD S., PERRODIN Y., COURNOYER B., BLAHA D., RIBUN S. (2011). Assessment of chemical and microbial hazards in a full-scale stormwater detention basin – their characterization, toxicity and fate. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
 90. SÉBASTIAN C., RUBAN V., MOILLERON R., BARRAUD S., CHEBBO G., GROMAIRE M-C., LORGEUX 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. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
 91. SOYER, M., DE ROUBAIX J-F., DEUTSCH J-C., BARRAUD S., CHEBBO G., RUBAN V. (2011). HURRBIS: A bottom-up approach gathering local territories and researchers at a national scale. *12nd International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre/Brazil, 10-15 September 2011* - 8 p in [CD-ROM].
 92. SUN S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). The calibration of urban stormwater quality models using genetic programming (GP). *Proceedings of CCWI 2011 - 11th International Conference on Computing and Control for the Water Industry*, Exeter, UK, 5-7 Sept., 6 p.
 93. SUN S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L.(2012b). Input variable selection and calibration data selection for storm water quality regression models. *Proceedings of the 9th UDM – International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia, 3-6 September*, 11 p.
 94. SUN S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., VOLTE E. (2012). Event-based calibration of rainfall measurements using an X-band radar. *Proceedings of the 9th International Workshop on Precipitation in Urban Areas*, St Moritz, Switzerland, 6-9 December, 5 p.
 95. VANROLLEGHEM P.A., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BROWN R., CROKE B., KAPELAN Z., KLEIDORFER M., KUCZERA G., MCCARTHY D., MIKKELSEN P.S., RAUCH W., REFSGAARD J.C., DELETIC A. (2011). Uncertainties in water system models - breaking down the water discipline silos. *Watermatex 2011 - 8th IWA Symposium on Systems Analysis and Integrated Assessment*, San Sebastian, Spain, 20-22 June, 81-84.
 96. VOSSWINKEL N, LIPEME KOUYI G., EBBERT S., SCHNIEDERS A., MAUS C., LAILY A.-G., MOHN R. & UHL M.(2012) – Influence of transient behaviour on the settling of solids in storm water tanks. *9th Urban Drainage Modelling International Conference, 3rd - 7th September, Belgrad, Serbia*, 8 p.
 97. WINIARSKI T., LASSABATERE L., ANGULO-JARAMILLO R., GOUTALAND D., (2011). Modelling heterogeneous flow in the vadoze zone underneath a stormwater infiltration basin. *AGU 2011, San Fransisco, USA, 5-6 décembre 2011*.
 98. XIN G., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). A unified protocol for sensor calibration and verification in applications of WWTPs and sewer systems monitoring. *Proceedings of the 11th International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Water Pollution*, 10-12 July, New Forest, UK, 12 p.
 99. YAN H., LIPEME KOUYI G., & BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). 3D modeling of flow, solid transport and settling processes in a large stormwater detention basin. *Proceedings of 12th International Conference on Urban Drainage*, 11th-16th September, Porto Alegre, Brazil, 8p.
 100. YAN H., LIPEME KOUYI G., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2012). Surface roughness effect on near bed Turbulent Kinetic Energy in a large stormwater detention basin. *the 9th UDM - International Conference on Urban Drainage Modelling, Belgrade, Serbia, 3-6 September*, 11 p.

Articles dans des revues nationales, francophones ou bi-nationales (par ordre alphabétique du 1^{er} auteur)

1. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., JOANNIS C. (2009). Validation et critique des résultats de mesure en hydrologie urbaine. *La Houille Blanche*, 3, 60-67.
2. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., JOANNIS C., CHEBBO G., RUBAN G., METADIER M., LACOUR C. (2010). Comment utiliser la turbidité pour estimer en continu les concentrations en MES et/ou DCO ? *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 1/2, 36-46.
3. DEMBELE A., BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., CREN-OLIVE C., BARILLON B., COQUERY M. (2009). Quantification des polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie - Les premiers résultats du projet de recherche ESPRIT mené sur deux bassins versants. *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 4, 60-76. ISSN 0299-7258.
4. EMMANUEL I., ANDRIEU H., LEBLOIS E., (2012). Temporal and spatial variability of rainfall at the urban hydrological scale, *La Houille Blanche*, 4, 31-36.
5. GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LIPEME KOUYI G. (2011). Mesure de l'évolution du colmatage d'un ouvrage. *Techniques Sciences & Méthodes Eau*, 10, 2011, 52-61.

6. JOANNIS C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2009). Incertitudes sur un mesurande défini comme une valeur intégrée d'un signal continu discrétisé en fonction du temps - Application aux mesures hydrologiques enregistrées *in situ*. *La Houille Blanche*, 3, 82-91. ISSN 0018-6368.
7. JOANNIS C., RUBAN G., AUMOND M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BATTAGLIA P., LACOUR C., SAAD M., CHEBBO G. (2009). Mise en œuvre de capteurs de turbidité en collecteurs d'assainissement. *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 1/2, 21-31.
8. LASSABATERE L., SPADINI L., RAPSAT C., FEVRIER L., DELOLME C., GALVEZ-CLOUTIER R. and T. WINIARSKI (2010). Modélisation du transfert de trois métaux Zn, Pb et Cd dans un dépôt fluvio-glaciaire carbonaté. *Bulletin du Laboratoire des Ponts et Chaussées*, N°276.
9. LEBLOIS E., JEANPIERRE A.L. (2011). Description stochastique des pluies et applications à des pluies de la région lyonnaise. *Journées de Climatologie de la commission climat et société de la société géographique de France* 17/03/2011-18/03/2011, Lyon, 10 p
10. LEPOT M., LIPEME KOUYI G., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Vérification des mesures de débit en réseau d'assainissement par traçage à la Rhodamine WT. *La Houille Blanche*, 4, 43-48. doi:10.1051/lhb/2011045.
11. METADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010). Traitement de séries chronologiques de turbidité continues à court pas de temps pour l'estimation des masses de MES et de DCO rejetées en milieu urbain par temps de pluie. *La Houille Blanche*, 2, 77-85.
12. NAMOUR Ph., JAFFREZIC-RENAULT N. (2011). Capteurs de mesure en continu de la matière organique aquatique, Instrumentation, Mesure, Métrologie, n°20 : *Environnement et agroalimentaire*, 149-188.
13. PETIT, S. et COURNOYER B. (2011). Contaminants microbiens des milieux aquatiques anthropisés: bactéries pathogènes et indicateurs de pollution fécale. *Bulletin de Veille Scientifique Anses* 13 : 46-49
14. PETIT, S. et COURNOYER B. (2011). Importance des sédiments et de la végétation aquatique en tant que réservoir d'indicateurs de contaminations fécales et de bactéries pathogènes. *Bulletin de Veille Scientifique Anses* 15 : 51-54.
15. PETIT, S. et COURNOYER B. (2011). Rejets urbains par temps de pluie et qualité microbiologique des milieux aquatiques. *Bulletin de Veille Scientifique Anses* 14 : 41-44
16. RENARD F., CHAPON P.-M. (2010). Une méthode d'évaluation de la vulnérabilité urbaine appliquée à l'agglomération lyonnaise. *L'Espace Géographique*, 1, 35-50.
17. RENARD F., SARR A. (2009). Quantification spatiale de la pluie en milieu rural sahélien (Sénégal) et en milieu urbain tempéré (Grand Lyon). *Sécheresse – Sciences et changements planétaires*, 20 (3) 244-252.
18. RENARD F., VOLTE E. (2009). Etude des débordements de temps de pluie du système d'assainissement du Grand Lyon. *Techniques Sciences Méthodes*, 7/8, 30-38.
19. YAN H., LIPEME KOUYI G., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011a). Modélisation numérique 3D des écoulements turbulents à surface libre chargés en polluants particuliers dans un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales. *La Houille Blanche, Revue internationale des sciences de l'Eau*, 5, 40-44.

Communications à des conférences nationales

1. AH-LEUNG S. (2012). Les objets de nature en milieu urbain : le cas des dispositifs techniques de traitement des eaux pluviales dans l'agglomération lyonnaise, *Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine*, ENGEES, 16- 17 octobre 2012, Strasbourg
2. BARRAUD S. (2010). L'OTHU : L'observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. *Colloque « Collaborations entre collectivités & Laboratoires de recherche autour de l'Hydrologie Urbaine »*, Nantes, 22-23 novembre 2010, 109 – 120.
3. BEAL D., GAGNAGE M., JACQUEMINET C., KERMADI S., MICHEL C., JANKOWFSKY S., BRANGER F., BRAUD I. (2009). Cartographie de l'occupation du sol pour la modélisation hydrologique spatialisée du cycle de l'eau en zone péri-urbaine, *Proceedings 2ème atelier SIDE2009 Systèmes d'Informations et de Décision pour l'Environnement*, Biramonte S., Miralles, A., Pinet, F. (Eds), Toulouse, France, May 26 2009, 23-32. Proceedings available at <http://eric.univ-lyon2.fr/~sbimonte/side2009.html>
4. BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., DEMBELE A., CREN-OLIVE C., COQUERY M. (2009). Evaluation des flux de substances prioritaires de la DCE dans les rejets urbains par temps de pluie et les retombées atmosphériques. Actes des *27èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil*, AUGC, Saint-Malo, France, 3-5 juin, article AUGC2009 01/10, 15 p.
5. BECOUZE C., DEMBELE A., BAUGROS J.-B., WIEST L., BAUDOT R., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., BARILLON B., CREN-OLIVE C. (2009). Etude du transport de polluants prioritaires sur des sols urbains par l'analyse des retombées atmosphériques sèches. Actes des *2° Rencontres nationales de la Recherche sur les sites et sols pollués : pollutions locales et diffuses*, Paris, France, 20-21 octobre, 6 p.
6. BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2011). Ruissellement urbain et micropolluants. Actes de la *3° conférence GRAIE-ASTEE « Eau et santé – Eaux, chaîne trophique et santé »*, Lyon, France, 20 janvier 2011, 41-45. (conférence invitée).
7. BIEN LE BINH, PEYRARD X., LASSABATERE L., WINIARSKI T., ANGULO-JARAMILLO R. (2010). Transferts d'eau et de particules dans la zone non saturée hétérogène : développement du pilote de laboratoire LUGH. *35^{ème} Journées du GFHN*, 23-25 novembre 2010.
8. BRAUD I., BRANGER F., BREIL P. ET COLLABORATEURS (2011). Assessing the vulnerability of peri-urban rivers. Poster, colloque du programme anr « vulnérabilité : milieux et climat », 22-23 mars 2011, Montpellier.
9. BRAUD, I., GONZALEZ-SOSA, E., LEBLOIS, E., MASTACHI-LOZA, C., AUBERT, M., JANKOWSKY, S., BAGHDADI, N. (2009). Variabilité spatiale de la teneur en eau de surface des sols nus par mesure in situ et imagerie

- radar, 34^{ème} Journées Scientifiques du GFHN : Teneur en eau et transferts en milieux poreux: mesures et statistiques à l'échelle stationnelle, 25-26 Novembre 2009, Aix-en Provence, France, 6 p.
10. COURNOYER B. (2011). *Pseudomonas aeruginosa* dans l'environnement naturel: ubiquité, dynamique, exposition et évolution. *Colloque national sur les Pseudomonas, Société Française de Microbiologie*.
 11. DEMBELE A., BECOUZE C., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., CREN-OLIVE C., BARILLON B., COQUERY M. (2009). Quantification des polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie - Les premiers résultats du projet de recherche ESPRIT mené sur deux bassins versants. *TSM – Techniques Sciences Méthodes*, 4, 60-76. ISSN 0299-7258.
 12. GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LE COUSTOMER S., FLETCHER T. (2010). Suivi de l'évolution du colmatage dans les ouvrages d'infiltration des eaux pluviales et facteurs influents. *Actes des 28^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, La Bourboule, France, 2-4 juin 2010, 10 p. in [CD ROM].
 13. GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LE COUSTOMER S., FLETCHER T. (2010). Caractérisation des apports sur un bassin d'infiltration et impact sur son fonctionnement hydraulique. *Journées Franco-Brésiliennes en Hydrologie Urbaine 2010 : Mesure et Gestion des polluants issus des rejets urbains de temps de pluie*. Paris, 22-24 mars 2010.
 14. GONZALEZ-MERCHAN C., BARRAUD S., LIPEME KOUYI G. (2010). Mesure de l'évolution du colmatage d'un ouvrage d'infiltration des eaux pluviales et localisation. *4^{èmes} Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine (JDHU 2010)*, École des Ponts ParisTech - Champs sur Marne, 16 - 17 Novembre 2010. 8 p.
 15. GOUTALAND D., WINIARSKI T., ANGULO-JAMILLO R., LASSABATERE L., BIÈVRE G., (2010). Caractérisation hydrogéophysique d'un dépôt fluvioglacière et modélisation des écoulements en milieu hétérogène. *35^{ème} Journées du GFHN*, 23-25 novembre 2010.
 16. KERMADI S., RENARD F., JACQUEMINET C., MICHEL K. (2010). Occupation du sol et pluviométrie dans un bassin versant péri-urbain lyonnais. *XXIII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Rennes, septembre 2010 (pp. 313-318)
 17. KERMADI, S., BRAUD, I., JACQUEMINET, C., MICHEL, K., BRANGER, F. (2011). Evolution de la pluviométrie dans le bassin péri-urbain de l'Yzeron (Ouest Lyonnais) depuis les années 1970 et caractérisation de l'imperméabilisation, *XXIV^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, 6-11 Septembre 2011, Rovereto (Italie), 6 p,
 18. MARMONIER P., FOULQUIER A., MALARD F., MERMILLOD-BLONDIN F., NOGARO G., HERVANT F., PISCART C., LEGROS C., NEGRUTIU Y. & BARRAUD S. (2010). L'exposition des nappes souterraines aux pollutions urbaines. Exemple de la nappe de l'Est Lyonnais. *23^{èmes} Entretiens Jacques Cartier*, 22-23 novembre 2010, Lyon, France, 6 p.
 19. MERMILLOD-BLONDIN F., FOULQUIER A., GILBERT F., NAVEL S., SIMON L. (2011) Rôle de la bioturbation sur les activités microbiennes à l'interface eau-sédiment : interaction avec la présence de HAP. *BioProcess "Role of biodiversity in processes at groundwater / surface water interface"*, 24-26 janvier 2011, Lyon, France.
 20. METADIER M., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2009). Traitement de séries chronologiques de turbidité continues à court pas de temps pour l'estimation des masses de MES et de DCO rejetées en milieu urbain par temps de pluie. *Actes des 27^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, Saint-Malo, France, 3-5 juin, article AUGC2009 01/16, 15 p.
 21. MOURA P.M., BARRAUD S., BAPTISTA M. (2009). O Funcionamento dos sistemas de infiltração de águas pluvias urbanas, *XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 22-26 de novembro de 2009, Campo Grande – MS (Brazil), 20 p. in [CD ROM].
 22. PATOUILLARD Céline (2012). L'évolution des dispositifs de gestion des eaux pluviales dans les opérations d'aménagement : études de cas dans l'agglomération lyonnaise. *Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine, ENGEES*, 16- 17 octobre 2012, Strasbourg
 23. PETIT S. *et al.* Sanitary quality of bathing and shellfish waters – IFREMER Centre de Brest (France). *Pseudomonas aeruginosa* in aquatic environments: the importance of fecal carriage and combined-sewer overflows. (Poster)
 24. PETIT S. Les populations hydriques de *Pseudomonas aeruginosa* Dissémination des eaux usées à la rivière. Journée Doctorales E2M2 – Univ. Lyon 1. 19 mai 2011. (oral)
 25. PETIT S., GIBERT S., LOISEAU L., BORGES E., MAURIN F., VILLARD L., SCHMITT L., FANTINO G., MOULIN B., NETO M., COURNOYER B. (2010). Transfert de contaminants microbiens dans les rivières en milieu péri-urbain : devenir de *pseudomonas aeruginosa*, bactérie pathogène opportuniste de l'homme. *8^{ème} colloque de la société française de microbiologie*, juin 2010, Marseille.
 26. PETIT S., LAVENIR R., BRIOLAY J., LOISEAU L., COURNOYER B. (2009). Test de dépistage de mutants de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'environnement. *Journée de l'IFR41 (Institut fédératif de recherche Bio-Environnement et santé)*, Mai 2009, Lyon, France.
 27. PETIT, S., R. LAVENIR, J. BRIOLAY, C. MONNEZ, L. LOISEAU, S. FAVRE-BONTE, S. NAZARET, ET B. COURNOYER. (2009). Sélection de variants génétiques de *Pseudomonas aeruginosa* en milieux hydriques anthropisés. *4^e Colloque de l'Association Francophone d'Ecologie Microbienne*. Septembre. Lyon, France.
 28. RENARD F. (2009). Elaboration d'une méthode de suivi de caractéristiques de noyaux de pluies intenses par SIG : application au territoire rhônalpin. *SIG 2009 – Conférence francophone ESRI*, Versailles, octobre 2009, 11 p.
 29. RENARD F. (2009). La prise en compte des effets liés au relief dans la mesure du radar météorologique local de l'agglomération lyonnaise. *Commission Climat et Société des Journées de Climatologie du CNFG « Climat et relief »*, Besançon, mars 2009, pp. 113-129
 30. SCHMITT L., DELILE H., PREUSSER F., JACOB N., PRIVOLT G., GROSPRETRE L., ARGANT C., JACQUEMINET C., MICHEL K., KERMADI S. (2009). Méthodologie d'étude de la chronologie du colluvionnement des fonds de vallée élémentaires de l'ouest lyonnais (bassin de l'Yzeron. *Colloque AFEQ (association française pour l'étude du*

- quaternaire) « *les formations superficielles en domaine continental : apport des nouvelles méthodes de datation. Le point sur les méthodes de datation. Applications aux stratigraphies locales et régionales* », 4 juin 2009, Montpellier.
31. SEBASTIAN C., BARRAUD S. (2010). Comportement d'un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales vis-à-vis des flux de micropolluants et écotoxicité des rejets. *4^{èmes} Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine (JDHU 2010)*, École des Ponts ParisTech - Champs sur Marne, 16 - 17 Novembre 2010. 8 p.
 32. SEBASTIAN C., BARRAUD S. (2012). Effet d'un bassin de retenue-décantation des eaux pluviales sur les flux de micropolluants Approche globale. *5^{èmes} Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine (JDHU 2012)*, Strasbourg, 16-17 octobre 2012, 8 p.
 33. TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2013). Les rapports entre nature et société à l'aune de la nature en ville. *Colloque « Dynamiques environnementales, politiques publiques et pratiques locales : quelles interactions ? »*, UMR 5602 Géographie de l'Environnement (GEODE), 4-7 juin 2013, Toulouse (résumé accepté)
 34. WINIARSKI T., LABONNE C., ANGULO-JAMILLO R., GOUTALAND D., LASSABATERE L., (2010). Modélisation hydrodynamique de la zone non saturée d'un bassin d'infiltration d'eau pluviale. Effet du degré d'hétérogénéité. *35^{ième} Journées du GFHN*, 23-25 novembre 2010.

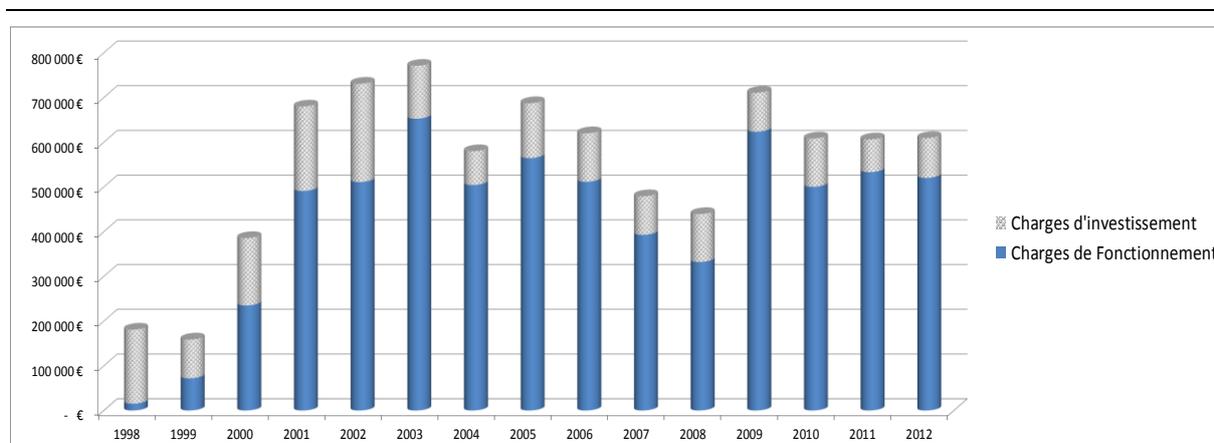
Autres (par ordre alphabétique du 1^{er} auteur) :

1. AH-LEUNG S., TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2012). Végétaux et eaux pluviales. Quand la ville fabrique la nature ? , 5^{ème} Journée technique de l'OTHU, 9 février 2012, Villeurbanne
2. AH-LEUNG S., TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S.(2012), « La fabrique de la nature urbaine : le cas des "objets de nature", usages et fabrication, Séminaire « Ecologie & Société », DIPEE, 30 novembre 2012, Lyon
3. ANGELLOZ-PESSEY, S. (2012). Acquisition d'un îlot génomique producteur de flagelles latéraux chez une souche de *Burkholderia ambifaria* isolée de la rivière Chaudanne. Master de Recherche I, Univ. Lyon 1.
4. BARRA A. (2009). Détermination des conditions critiques de mise en mouvement des particules constituant le lit de deux ruisseaux de tête de bassin. (Chaudanne et Presles : Ouest lyonnais). Mémoire de Master I de Géographie, Université Lumière Lyon 2, 128 p.
5. BARRAUD S. (2009). Fiche Technique OTHU 11-2 Nouveaux Éléments sur le colmatage des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales, Ed. GRAIE, 4 p Téléchargeable : <http://www.graie.org/othu/pdf/othu/fiches/F11-2.pdf>
6. BARRAUD S. (2009). Fiche Technique OTHU 19 Accumulation des métaux au sein des bassins d'infiltration des eaux pluviales, GRAIE, 4 p. Téléchargeable : <http://www.graie.org/othu/pdf/othu/fiches/F19metaux.pdf>
7. BARRAUD S. (2009). Fiche Technique OTHU 9-2 Indicateurs de performance de stratégies d'assainissement pluvial par infiltration: Analyse critique. Ed. GRAIE, 4 p Téléchargeable : <http://www.graie.org/othu/pdf/othu/fiches/F09v2.pdf>
8. BARRAUD S., TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2011). Les techniques alternatives comme révélateurs de choix de gestion de l'eau en ville : Qu'est-ce que l'exercice de la pluralité scientifique apporte à la connaissance et à l'action ? », Séminaire Interactions Eaux Territoires Sociétés « Que voulons-nous observer quand nous observons la dimensions sociale, ZABR, 19 avril 2011, Lyon.
9. BOUKAREB, A. (2011). Importance des lectines de *Pseudomonasaeruginosa* dans la colonisation des milieux aquatiques. Master de Recherche II, Univ. Lyon 1.
10. BRANGER F., JANKOWFSKY S., VANNIER O., VIALLET P., DEBIONNE S., BRAUD I. (2011). Use of open-source GIS and data base software for the pre-processing of distributed hydrological models, Geospatial free and open source software in the 21st century, Bocher, E., Neteler, M. (Eds), Lecture notes in Geoinformation and Cartography, 12 p.
11. BRANGER, F. ; LE COZ, J. ; RENARD, B. ; BONNIFAIT, L. (2012). Méthode d'estimation des incertitudes sur les courbes de tarage, Fiche Technique OTHU n°26, 4 p.
12. BRAUD I. (2011). Méthodologies d'analyse de tendances sur de longues séries hydrométéorologiques, Fiche technique OTHU n°23, 6p.
13. BRAUD I., BRANGER F., CHANCIBAUT K., JACQUEMINET C., BREIL P., CHOCAT B., DEBIONNE S., DODANE C., HONEGGER A., JOLIVEAU T., KERMADI S., LEBLOIS E., LIPEME KOUYI G., MICHEL K., MOSINI M.-L., RENARD F., RODRIGUEZ F., SARRAZIN B., SCHMITT L., ANDRIEU H., BOCHER E., COMBY J., VIALLET P. (2011). Assessing the Vulnerability of PeriUrban Rivers. Rapport scientifique final du projet AVuPUR (ANR-07-VULN-01), 96 p.
14. BRAUD, I., JANKOWFSKY, S., BRANGER, F. (2011). Délimitation d'un bassin versant périurbain et identification de son réseau de drainage, Fiche technique OTHU n°22, 4p.
15. BREIL P. (2012). Projet détaillé de l'Observatoire, mode d'intégration des informations dans le SIC et chiffrage global. Fiche action G5 du contrat de rivière Yzeron Vif. 14p.
16. BREIL P., GUERIN S., LAFONT M., JEZEQUEL C., SCHMITT L. (2010). Comment réduire l'impact du développement périurbain sur les petits cours d'eau ? - cas de l'ouest lyonnais. Séminaire Nantes métropole – Ipcp, collaborations entre collectivités et laboratoires de recherche autour de l'hydrologie urbaine. Intérêt, modalités, résultats, cité des congrès - Nantes - 22-23 novembre 2010, 10 p.
17. BREIL P., LAFONT M., SCHMITT L., JEZEQUEL C.(2009). Evaluation du potentiel écologique dans une rivière urbaine fortement modifiée. Rapport d'avancement, ZABR, université de Lyon, cemagref de lyon, 39 p.
18. BREIL P.; SCHMITT L. ; LAFONT M ; JEZEQUEL C.; MOULIN B. ; FANTINO G. ; FOURNIER T. ; THOLLET F.; LAGOY M. (2010) Evaluation du potentiel écologique dans une rivière urbaine fortement modifiée. Etude ZABR - Action 11. 126p.
19. BROSSARD F. (2011). Automatisation du prétraitement des données spatiales pour la modélisation hydrologique en zone périurbaine, Mémoire de stage 2ème année, EPMI, Cergy, 46p.
20. BRUNIN, H. (2011). Recherche et analyse de facteurs sigma impliqués dans la formation de flagelles chez des bactéries appartenant au complexe d'espèces *Burkholderia cepacia*. Master de Recherche I, Univ. Lyon 1.
21. CHANCIBAUT K., BRAUD I., DEBIONNE P. et collaborateurs (2010) Le projet AvuPur : analyse et modélisation de la vulnérabilité hydrologique des bassins périurbains. Journées « collaborations entre collectivités et laboratoires de recherche », Nantes, 22-23 novembre 2010, 10 p.
22. COLINON C., B. COURNOYER. (2012). Pollution et contamination des eaux pluviales – nouvelles avancées. Eclairage sur les pathogènes. 5^{ème} Journée Technique de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. Espace Tête d'Or de Lyon, 9 février 2012.
23. COULAIS, Clément, 2011. Modélisation du bassin versant de Grézieu la Varenne. Etude du comportement du bassin d'orage, Mémoire de TFE ENTPE, Juin 2011, 65p.
24. COURNOYER B. (2010). Atelier Eco-aquatron : mésocosmes lotiques extérieurs sur me Grand Lyon. ENTPE, 21 juin 2010 (oral)

25. COURNOYER B. ET BLAHA D. (2011). Devenir des pathogènes urbains dans les petites rivières. Séminaire de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. 4 juillet 2011.
26. COURNOYER B., NAZARET S., FAVRE-BONTE S., PETIT S., NETO M., MONNEZ C., LOISEAU L., BREIL P., LAGOYU M., NAMOUR P., JAFFREZIC N., SCHMITT L., MOULIN B., FANTINO G., PERRODIN Y. (2010). Les contaminants microbiens introduits lors d'événements pluvieux dans les rivières en milieu péri-urbain : conséquences écologiques et dangers pour la santé. Projet n° anr 08 cesa 022, bilan des activités de recherche 18 mois, 135 p.
27. COURNOYER B., SCHMITT L., BREIL P., PERRODIN Y., ANGERVILLE R. (2009). Projet STIMM. Etude d'un dispositif de stimulation du métabolisme microbien en cours d'eau. *Colloque PIR ingénierie écologique*, 31/03 – 01/04/2009, Paris.
28. COURNOYER B. *OTHU et PARMIC (2011)*. Présentation des dispositifs et partenariats. Observations et expériences sur les recherches en environnement : *état des lieux pour le DIPEE de Lyon*. 13 septembre 2011. (oral)
29. COURNOYER, B. (2009). Rejets urbains : risques sanitaires et écologiques. Apports de la microbiologie : approches prospectives. 4^e Journée Technique de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. Hôtel de la Communauté Urbaine de Lyon, 20 Octobre 2009.
30. DELILE H. (2009). Mise en place des formations superficielles dans les fonds de vallée élémentaires du bassin versant de l'Yzeron, Université Lumière Lyon 2, Lyon, France, 208 p.
31. GERBER, C. (2011). Évaluation des gènes de la famille *tpm* comme indicateur de la présence de *Pseudomonas aeruginosa* et d'autres bactéries pathogènes opportunistes dans l'environnement hydrique péri-urbain. Licence Pro, Univ. Nîmes.
32. GOUTALAND D. (2009). Programme ANR AVuPUR. Prospection géophysique par panneau électrique de trois parcelles d'un sous-bassin de l'Yzeron. Rapport du CETE de Lyon, Juin 2009, 31 p.
33. GROSPRETRE L., SCHMITT L. (2010). *Etude hydro-géomorphologique de l'Yzeron et définition d'indicateurs de suivi partie 1 : diagnostic hydro-géomorphologique des affluents et sous-affluents de l'Yzeron et des branches principales du réseau hydrographique et mesures de réhabilitation* CNRS/UMR 5600. Réalisé pour le compte du grand Lyon et du S.A.G.Y.R.C., 107 p. + ann.
34. GROSPRETRE L., SCHMITT L., BREIL P., BARRA A., CHOCAT B., DELILE H. (AVEC LA COLLABORATION DE SARRAZIN B., JACQUEMINET C., MICHEL K., JOLIVEAU T., DODANE C., HONEGGER A., BRANGER F., JACOB N., PRIVOLT G., KERMADI S. (2011). Quelles sont les caractéristiques hydro-géomorphologiques associées aux rivières péri-urbaines et comment quantifier le risque d'incision ? Conférence thématique de l'OTHU « impacts de l'urbanisation sur les rivières périurbaines. Compréhension et modélisation des phénomènes hydro-géomorphologiques », 11 juin 2011, Lyon.
35. JACQUEMINET C., KERMADI, S., MICHEL K., CHOCAT B. (2011). Méthodes de cartographie de l'occupation du sol et de son évolution pour le suivi des phénomènes hydrologiques de bassins versants périurbains. Fiche Technique OTHU n°24, 4p.
36. JANDOT A. (2010). Développement et évaluation d'une modélisation hydrologique simplifiée sur le bassin versant de l'Yzeron dans le cadre du projet AVuPUR. Stage de fin d'études Génie des Procédés, option Génie de l'Environnement, ENSIACET, INP Toulouse, 53 p.
37. JOLIVEAU, T., DODANE, C., HONEGGER, A. (2011). Méthodes de prospective territoriale pour simuler les évolutions de l'occupation future du sol appliquées à un bassin versant périurbain, Fiche Technique OTHU n°25, 4p.
38. LABBAS M. (2011). Impacts de la caractérisation de l'occupation des sols par différentes sources sur la simulation des processus hydrologiques. Application au bassin versant de l'Yzeron. Mémoire de fin d'études Master ENGREF « Gestion de l'eau », 51 p.
39. LEBLOIS E., JEANPIERRE A.L., (2011) Analysis of rainfall around Querétaro, Mexico & Link with the atmospheric circulation, Report to the project Agua-Queretaro, Cemagref Lyon, France & Universidad Autonoma de Querétaro, Mexico, August 2011
40. P. MICHEL C. (2009). Exploitation des données de deux sous-bassins versants de l'Yzeron : la Chaudanne et le Mercier. Analyse des données 1997-2008. Master 1 Sciences de l'eau dans l'environnement continental, Université Montpellier 2, Août 2009, 53 p.
41. NAMOUR PH., JAFFREZIC-RENAULT N. (2009). Qualité chimique des eaux. Application de la DCE : développement d'un micro-système de mesure, 4^{ème} Journée de l'OTHU : "rejets urbains, 10 ans de recherche et d'observation au service de l'action", 20 octobre 2009, Lyon (France) (support d'intervention et vidéo: <http://www.graie.org/othu/itothu4.htm>).
42. OEHLER C. (2009). Study of spatial dynamics of flows in the hydrographical network. Mémoire de Master recherche, ISARA-Lyon, 78 p.
43. PAILLE, Y. (2010). Conceptualisation et modélisation d'une base de données en vue de son implémentation dans un modèle hydrologique distribué. Mémoire de Master 2 Cartographie et Gestion des Espaces à Fortes Contraintes, Université de Nantes, 50 pp.
44. PAQUIER A. (2009). Modélisation hydrodynamique des inondations en zone urbaine. Colloque CNFSH-2009 : inondations urbaines : quelles synergies pour les recherches hydrologiques ? 11/06/2009-12/06/2009, Marne La Vallée, FRA. 1 p.
45. PERRODIN Y. (2009). Rejets urbains : risques sanitaires et écologiques. Apports de l'écotoxicologie : approches prospectives. 4^e Journée Technique de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine. Hôtel de la Communauté Urbaine de Lyon, 20 Octobre 2009.
46. PETIT S., C. COLINON, E. BORGES, L. VILLARD, F. MAURIN, L. SCHMITT, B. MOULIN, G. FANTINO, B. COURNOYER. (2011). Rejets d'eaux usées par temps de pluie en milieu péri-urbain : risques sanitaires liés aux

- agents infectieux. *Journée scientifique OPUR – 8 juin 2011. Substances prioritaires et autres contaminants dans les eaux pluviales*. Paris. Ecole des Ponts et Chaussées.
47. PETIT S., GIBERT S., LOISEAU L., BORGES E., MAURIN F., VILLARD L., MOULIN B., NETO M., COURNOYER B.(2010). Transfert de contaminants microbiens dans les rivières en milieu péri-urbain : devenir de *Pseudomonas aeruginosa*, bactérie pathogène opportuniste de l'Homme. Relations internationales UCBL-Université de Montréal, Colloque Infectiologie et Chimie de l'environnement, Mai 2010, Lyon. (Conférence oral)
 48. PETIT S., M. NETO, Y. RICHARD, B. COURNOYER. 2010. Quels sont les risques sanitaires associés aux rejets de micro-organismes pathogènes dans les milieux aquatiques via les déversements d'eaux usées ou pluviales ? La recherche en environnement en Rhône-Alpes, Editeur Cluster Environnement, Rhône-Alpes.
 49. PETIT S..Les populations hydriques de *Pseudomonas aeruginosa* Dissémination des eaux usées à la rivière. *Journée des thèses – CEMAGREF de Lyon*. 13 mai 2011. (oral)
 50. POTIER de LA VARDE, G. (2011). Modélisation comparée du ruissellement des petits bassins versants urbains en vue d'estimer les rejets de temps de pluie vers le milieu naturel. Rapport de stage en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENSGTI de Pau.
 51. POTIER de LA VARDE, Guillaume (2011).. Modélisation comparée du ruissellement des petits bassins versants urbains en vue d'estimer les rejets de temps de pluie en milieu naturel, Mémoire de fin d'étude ENSGTI, Pau, 54 pp.
 52. PRINCIPATO G. (2010). Calibration d'un hydrogramme géomorphologique sur le bassin du Mercier pour l'étude du fonctionnement du réseau hydrographique. Mémoire de fin d'étude, ENTPE, Vaulx en Velin.
 53. PRIVOLT G. (2009). Contribution à l'analyse de la mise en place des colluvions sur le bassin versant de l'Yzeron. Etude diachronique fine de l'occupation du sol depuis deux siècles, sur quatre sous-bassins de l'Yzeron : La Chaudanne, le Bouillon, le Verdy et le Prés-Mouchettes. Mémoire de Master I Interface-Nature-Société, Université Lumière Lyon 2, 121 pp + annexes de cartes.
 54. SAGE J. (2012). Mobilité des métaux et du carbone organique dans les sédiments du l'assainissement pluvial. Mémoire de Master 2 Recherche Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain SEIU, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Vaulx-en-Velin, France, 94 p.
 55. SANZANA P. (2012). Automatización del procesamiento de unidades de respuesta hidrológica (URHs) con GRASS para un modelo hidrológico distribuido, Master de l'Université de Chile, Chile, 165 pp.
 56. SBARTAI A., NAMOUR PH., ERRACHID A., KREJČI J., ŠEJNOHOVÁ R., RENAUD L., LARBI HAMLAOUI M., LOIR A.-S., GARRELIE F., DONNET C., SODER H., AUDOUARD E., GRANIER J., JAFFREZIC-RENAULT N.(2012). Microcellules électrochimiques en diamant dopé au bore (BDD) obtenues par usinage laser pour la détection de différents métaux lourds (Cd(II), Hg(II), Ni(II) et Pb(II), MADICA 2012, 8èmes *Journées Maghreb-Europe, Matériaux & Applications aux Dispositifs et Capteurs*, 7th -9th November(2012). Sousse (Tunisie).
 57. SCHMITT L., GROSPRETRE L., BREIL P., LAFONT M., BRAUD I. (et collaborateurs) (2009). Schéma méthodologique pour la gestion des petits cours d'eau périurbains. *Communication orale, journée technique othu*, 20 oct. 2009, Lyon.
 58. TEIXEIRA (2012). Comparaison de la modélisation mécaniste et statistique du ruissellement de deux bassins urbanisés. Mémoire d'ingénieur Agronome de l' »Agrocampus Ouest (Rennes). 59p + annexes.
 59. TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2010). Les services publics locaux de l'environnement observés comme mobilisation des dispositifs techniques et spatiaux dans l'activité urbaine *Séminaire ASTEE*, 3 mars 2010, Paris
 60. TOUSSAINT J.-Y., VAREILLES S. (2012). Objets de nature et dispositifs techniques urbains. Que nous disent les objets de nature sur les objets techniques et inversement ? », *Séminaire « Nature, objets de nature... Comment la nature travaille-t-elle nos recherches ?* , UMR 5600 Environnement Villes Sociétés, 22 mars 2012, Lyon

CHARGES DE L'OBSERVATOIRE (non consolidées)



Les dépenses ou charges de fonctionnement de l'OTHU correspondent à des frais (i) 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 (relatif à l'installation et à l'équipement des sites).

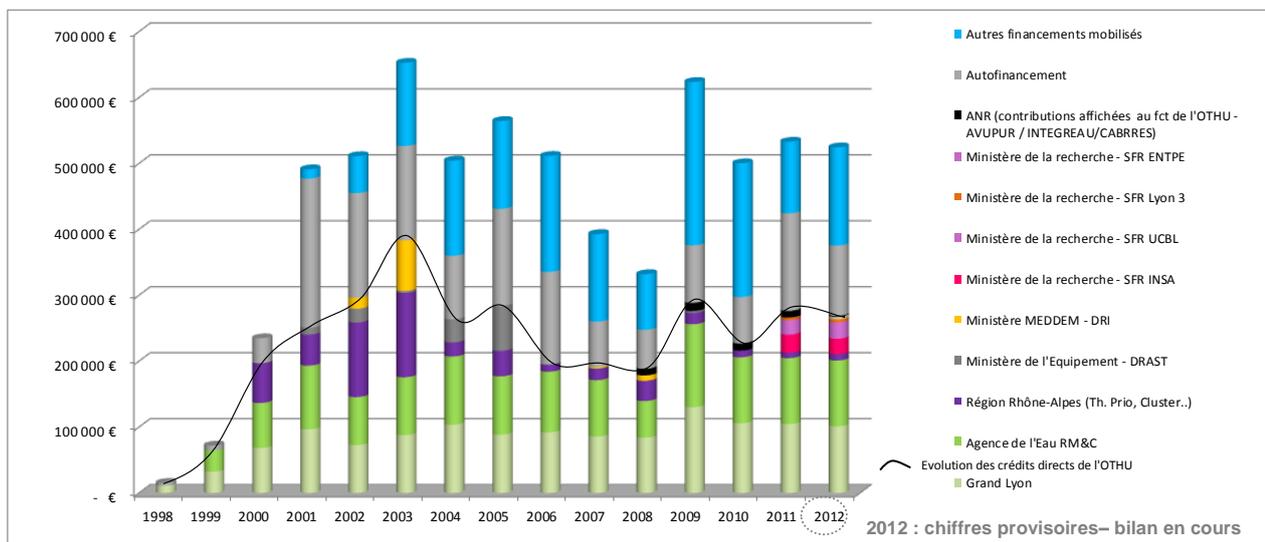
Les dépenses de fonctionnement et d'investissement sont présentées et commentées ci-après. Les sommes sont présentées HT.

FONCTIONNEMENT DE L'OBSERVATOIRE

Le graphe ci-dessous présente les dépenses de fonctionnement depuis le début de l'observatoire.

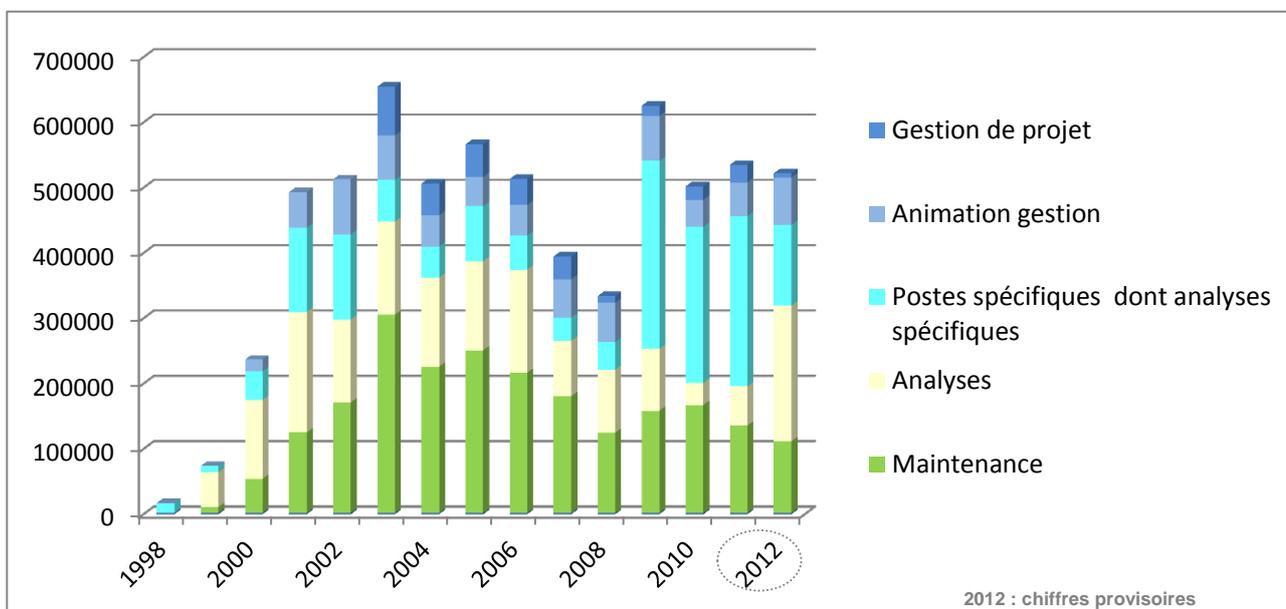
Le budget non consolidé est d'environ 500 K€ / an si l'on exclut la première année (1999 et l'année de préfiguration de 1998). Sur la période 2009-2012 le budget a été en moyenne de 545 K€ / an contre 450 K€ / an sur 2005-2008.

Évolution 1998⁴⁵/2012 – Crédits de fonctionnement OTHU



L'évolution et la ventilation suivant les différents postes sont données ci-dessous.

Evolution 1998/2012 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).

⁴⁵ 1998 : date de montage de l'observatoire avant constitution officielle de la fédération d'équipes de recherche OTHU en 1999

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.

Le budget annuel de fonctionnement consolidé est d'environ 710 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.)*).

Le budget recherche proprement dit vient s'ajouter au fonctionnement de l'observatoire : environ 1,5 millions d'euros (1,2 M € en 2007, 1,3 M € en 2008, 1,4 M€ en 2009, 1,5 M€ en 2010, 1,7 M€ en 2011 et 2012). Il est en hausse constante depuis 2007 montrant 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 2,3 millions € HT sur 2009-2012.

Analyse des dépenses de fonctionnement sur 2009/2012 :

Depuis 2009, le budget est relativement stable. Il a connu en 2009 une augmentation transitoire liée principalement à la « commande » par le groupe d'analyses exploratoires (mises au point et réalisations) en microbiologie, chimie (substances prioritaires) et écotoxicologie. On peut ainsi constater une évolution de la répartition des charges de fonctionnement. Depuis 2006, les analyses physico-chimiques et biologiques traditionnelles diminuent au profit d'analyses plus spécifiques telles les analyses microbiologiques ou de substances prioritaires.

La maintenance, quant à elle, a diminué depuis 2006, du fait de l'optimisation des pratiques, de la professionnalisation des techniciens, du choix des matériels et de l'absence de modification des stations. Cela devrait être bien différent sur les quatre années à venir compte tenu des futures évolutions (modernisation et refonte des stations qui vont demander des moyens supplémentaires au moins pendant 2 ans).

On peut constater également que le budget recherche n'a cessé d'augmenter depuis 2007 (1,2 M € en 2007 pour 1,7 M€ en 2012) montrant l'attractivité de l'observatoire et l'efficacité du dispositif à générer de l'activité scientifique.

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 à l'obtention de moyens du ministère de la recherche au laboratoire membre et gérés de façon commune au sein de l'OTHU.

Le passage à une structure fédérative a été tout à fait bénéfique et permet d'assurer sur 4 ans des apports réguliers, même ils ne représentent que 10% du budget de fonctionnement non consolidé.

Les laboratoires et équipes continuent « à jouer » le jeu de la communauté puisque la règle de 20% d'autofinancement qui leur ait demandé se maintient tout à fait régulièrement.

Cependant la part « autres financements mobilisés » et « autofinancements » des laboratoires c'est-à-dire l'argent que la direction de l'OTHU, les équipes membres cherchent et donnent uniquement pour le fonctionnement de l'observation (hors recherche) reste très conséquente (en moyenne 51% sur 2009-2012 du budget non consolidé) et s'appuie sur un émiettement des financements couteux en termes de temps passé qui rend le futur assez incertain. La région, le ministère de l'Équipement / Environnement via la DRAST puis la DRI qui étaient des sources de financement importante sont aujourd'hui très limitées et quasi inexistantes.

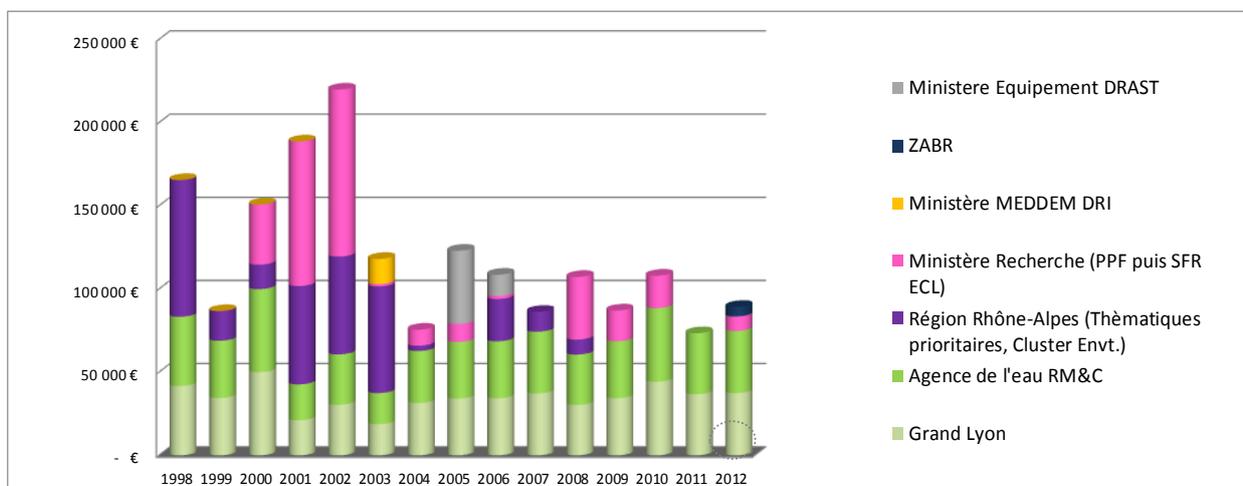
Les besoins notamment en maintenance des sites restent importants (et nécessitent une connaissance fine des sites) et de plus au cours des années futures elle est amenée à se développer avec l'équipement de nouveaux sites tel le bungalow prototype et la formation de nouveau personnel technique. Il s'ensuit une pression importante exercée sur les personnels techniques payés sous contrat à l'OTHU, mais également sur les chercheurs au détriment de leur activité scientifique.

Des personnels dédiés à l'observatoire (mis à disposition officiellement), et des postes techniques de permanents statutaires des établissements membres sont donc nécessaires à la survie du dispositif.

INVESTISSEMENT de l'Observatoire

Les investissements pour l'OTHU depuis 1998 se montent à 1 788 k€ HT, soit une moyenne sur **2009/2012 : 89,4 k€ HT** (moyenne depuis 2002 de **108,7 k€ HT / an**)

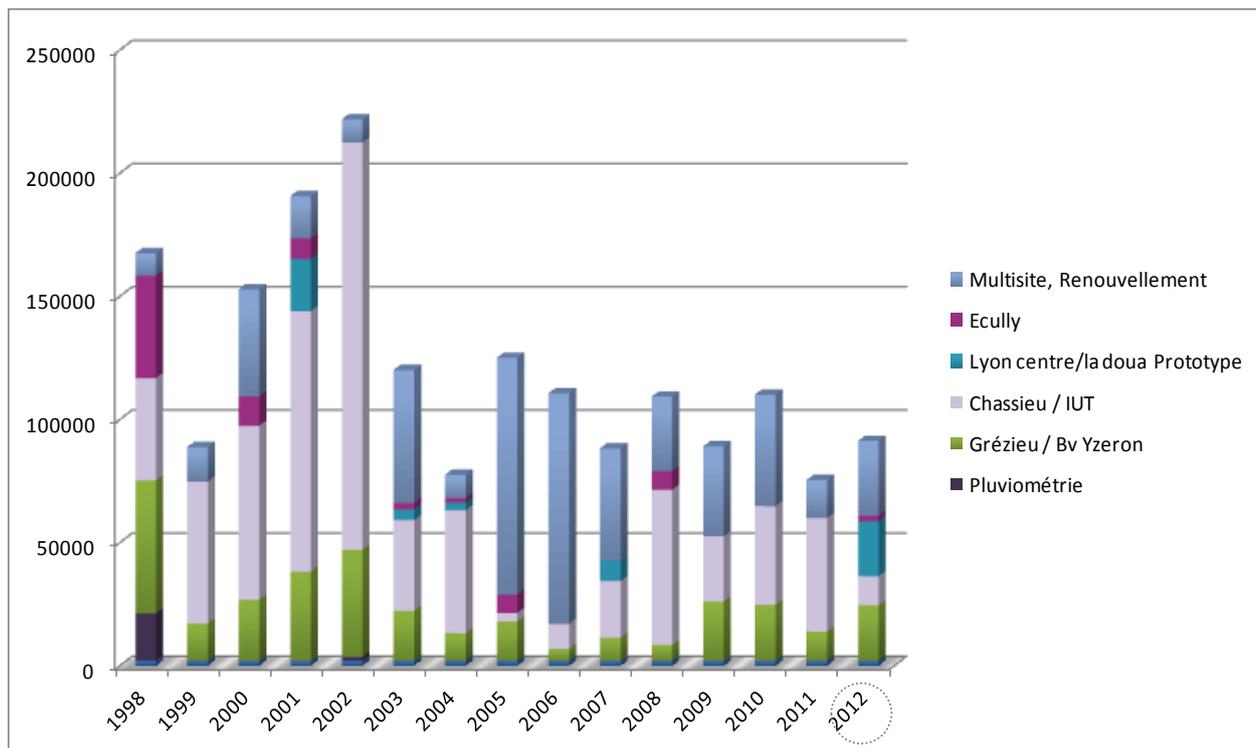
Évolution 1998⁴⁶/2012 – Crédits d'investissement OTHU



2012 : chiffres provisoires

⁴⁶ 1998 : date de montage de l'observatoire avant constitution officielle de la fédération d'équipes de recherche OTHU en 1999

Évolution 1998-2012 - Dépenses d'investissement par site



2012 : chiffres provisoires

Analyse des dépenses d'investissement sur 2009/2012 :

Le budget d'investissement de l'OTHU est à peu près stable depuis 2003.

Les dépenses d'équipement diminuent au profit du renouvellement, ce qui est assez logique.

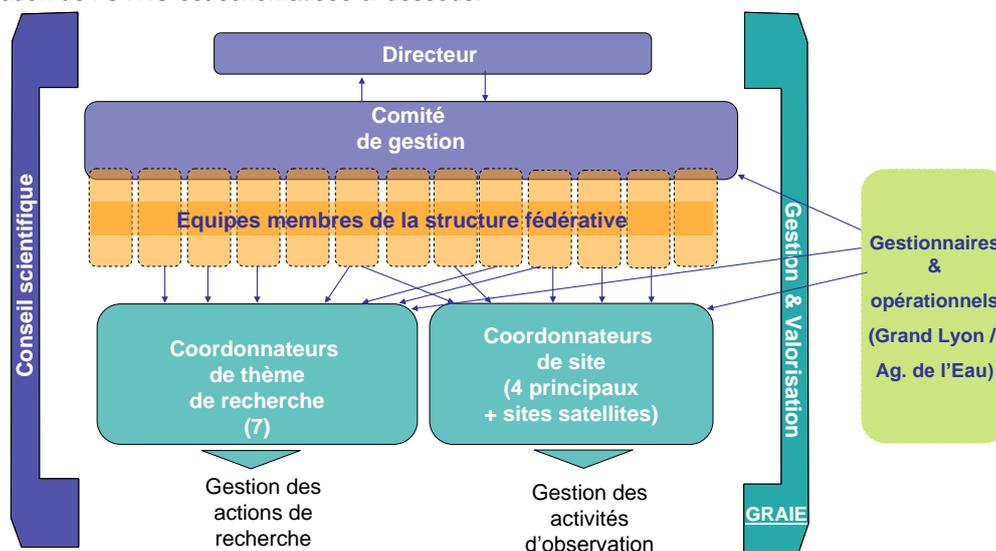
Cependant la modernisation des sites (remplacement de La Doua par la mise en place d'un bungalow prototype), et quelques autres sites satellites se poursuivant, cela contribuera à faire augmenter les besoins en équipement dans le futur. On peut déjà constater un développement de l'équipement notamment dès 2012 grâce à l'installation du site Bungalow prototype.

Cette modernisation qui va occuper les prochaines années est absolument indispensable car la qualité des données en dépend. A titre d'exemple, sur certains sites 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.

On peut constater qu'au cours du temps la source majeure de financement en termes d'investissements reste le Grand Lyon et l'agence de l'Eau. Des moyens complémentaires devront donc être recherchés.

ANNEXE 3 : ORGANISATION INTERNE ET GOUVERNANCE DE L'OTHU

L'organisation de l'OTHU est schématisée ci-dessous.



Elle Comprend :

Une Instance de pilotage

L'instance de pilotage de l'OTHU comprend un directeur assisté d'un comité de gestion et d'un conseil scientifique.

- **Le directeur** est nommé parmi les membres des équipes constituant la fédération. Son rôle est :

- de définir la politique scientifique, avec les membres de l'OTHU, ses partenaires et le conseil scientifique. Il organise notamment tous les 4 ans les réunions nécessaires à l'élaboration du programme de recherche;
- 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 et 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.

Jusqu'à maintenant 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.

- 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 associées⁴⁷ 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.

⁴⁷ Des équipes de recherche autres que les équipes fondatrices peuvent participer aux activités de l'observatoire ou utiliser les données de l'observatoire. Elles peuvent le faire, soit sous la responsabilité d'une équipe membre soit en tant qu'équipe associée. Le statut d'équipe associée implique le respect d'un certain nombre de règles. Elle doit notamment prendre part à un programme de recherche en collaboration avec une équipe membre de l'OTHU, se plier aux règles générales de l'OTHU en particulier respecter le caractère collectif et public des résultats de recherche et doit en faire une demande écrite.

- **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 (AERES).

Instances fonctionnelles

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 GRAIE⁴⁸ 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 (<http://www.othu.org>);
 - le secrétariat.

Participants

On trouvera à l'annexe 4 (ci-après) la liste 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 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
- un technicien de site (temps plein),
- un technicien chargé à mi temps de la validation et de la gestion des données et à mi temps de la maintenance des sites.

⁴⁸ GRAIE : Groupe Rhône Alpes sur les Infrastructures et l'Eau dont les fonctions est : 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

ANNEXE 4 : LISTE DES MEMBRES ET PERSONNELS IMPLIQUES DE L'OTHU 2009/2012

(Les statuts des personnes sont ceux sur la période 2009 - 2012)

NOM	Prénom	Grade ou titre	Etablissement	% temps consacré aux activités OTHU (% annuel)	% temps consacré au fonctionnement de l'OTHU	Laboratoire - équipe /unité
Chercheurs et Ingénieur						
Barraud	Sylvie	PR	Université Lyon 1 / INSA	30%	30%	LGCIE - DEEP
Bertrand-Krajewski	Jean-Luc	PR	INSA	40%	10%	
Buffière	Pierre	PR		5%		
Cherqui	Frédéric	MCF	Université Lyon 1	5%		
Chocat	Bernard	PR	INSA	30%		
Desjardin-Blanc	Valérie	MCF		5%		
Gourdon	Rémy	PR		5%		
Le Gauffre	Pascal	MCF		5%		
Lipeme Kouyi	Gislain	MCF		40%	10%	
Castebrunet	Hélène	MCF		30%	20%	
Vacherie	Stéphane	IE		15%	10%	
Personnel technique						
Naltchayan	Serge	TR	INSA Valor / INSA		100%	LGCIE - DEEP
Babaud	Dominique	TR	INSA		50%	
Doctorants /Post-doctorants						
Sun	Siao	Post-Doctorant	INSA	20%		LGCIE - DEEP
Becouze	Céline	Doctorant / Postdoctorante		98%	2%	
Dembele	Abel	Doctorant		98%	2%	
Dorval	Farah	Doctorant		98%	2%	
Gonzalez	Carolina	Doctorant		98%	2%	
Lepot	Mathieu	Doctorant		98%	2%	
Métadier	Marjolaine	Doctorant		98%	2%	
Montplot	Adrien	Doctorant		75%	2%	
Sebastian	Christel	Doctorant		98%	2%	
Chercheurs						
Marmonier	Pierre	PR	Université Lyon 1 - CNRS	30%	5%	E3S/ LEHNA
Malard	Florian	CR		2%	0%	
Mermillod-Blondin	Florian	CR		10%	3%	
Hervant	Frederic	MCF		10%		
Personnel technique ou scientifique						
Martin	Dominique	Assistante ingénieur	Université Lyon 1 - CNRS	2%	3%	E3S/ LEHNA
Vienney	Anthonin	Technicien		15%	15%	

Doctorant / Post -Doctorant

Foulquier	Arnaud	Doct / Post-Doctorant	E3S/ LEHNA - UMR-CNRS	50%	2%	E3S/ LEHNA
Maazouzi	Chaffik	Post-Doctorant		50%	20%	

Chercheurs

Volatier	Laurence	CR	ENTPE - UMR-CNRS	2%		IPE/ LEHNA - UMR-CNRS
Angulo	Rafaël	CR1		5%		CNRS LTHE détaché à l'IPE/ LEHNA - CNRS
Bedell	Jean-philippe	CR1		30%	5%	IPE/ LEHNA - UMR-CNRS
Perrodin	Yves	DR		30%	5%	
Winiarski	Thierry	DR		30%	5%	
Delolme	Cécile	ITPE-Docteur		30%		
Durrieu	Claude	CR		10%		

Personnel scientifique ou technique

Danjan	Marc	TECH	ENTPE - UMR-CNRS		10%	IPH/ LEHNA - UMR-CNRS
Bastide	Thérèse	TECH			5%	

Doctorants

Saulais	Muriel	Doctorant	ENTPE - UMR-CNRS	50%	2%	IPH/ LEHNA - UMR-CNRS
Badin	Anne-Loire	Doctorant		25%	0%	
Angerville	Ruth	Doctorant		5%	0%	
Bien	Lebinh	Doctorant		25%	0%	
Ferro	Yannis	Doctorant		50%	2%	
Hesse	Anne sophie	Doctorant		20%	0%	
Queyron	Marine	Doctorant		25%	0%	

Chercheurs

Cournoyer	Benoit	DR	CNRS	30%	5%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement
Nazaret	Sylvie	CR		2%		
Richard	Yves	PR	VetAgro Sup	2%		
Blaha	Didier	MCF	UCB Lyon 1	10%	2%	
Boiron	Patrick	PR		2%		
Dijoux-Franca	Marie-Geneviève	PR		2%		
Favre-Bonté	Sabine	MCF		2%		
Neto	manuele	IR		10%	10%	
Rodriguez -Nava	Véronica	MCF	2%			

Personnel technique

Tilly	Bruno	T	VetAgro Sup		10%	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement
Borges	Evelyne	T		1%	1%	
Brothier	Elisabeth	IE	CNRS	1%	1%	
Couple	Andrée	IE	UCB Lyon 1	1%	1%	
Dabour	Nicole	IE		1%	1%	
Marjolet	Laurence	AI	VetAgro Sup	1%	1%	
Maurin	Françoise	T	VetAgro Sup	1%	1%	
Monnez	Claire	AI	CNRS	1%	1%	
Mounié-Robert	Delphine	AT	UCB Lyon 1	1%	1%	

Doctorants						et Environnement
Petit	Stephanie	Doctorant	UCB Lyon 1	98%	2%	
Boukreb	Amine	Doctorant		25%	2%	

Chercheurs						
Comby	Jacques	DR	Université Lyon 3	10%	2%	UMR 5600 - Centre de recherche en géographie physique et aménagement
Renard	Florent	Chaire Climato		15%	2%	

Doctorants					
Renard	Florent	Doctorant	Doctorant	50%	2%

Chercheurs					
Doppler	Delphine	MCF	UCBL Lyon1	2%	LMFA UMR5509 / équipe Fluides Complexes et Transferts
Lance	Michel	PR		2%	
Mignot	Emmanuel	MCF	INSA	2%	
Perkins	Richard	PR	Ecole Centrale de Lyon	2%	
Rivière	Nicolas	PR	INSA	10%	

Chercheurs						
Toussaint	Jean-Yves	Pr	INSA	30%	5%	Ingénierie Techniques Urbanisations Sociétés (ITUS) / Environnement Ville Société (UMR 5600)
Vareilles	Sophie	MCF		30%	2%	
Doctorants						
Céline	Patouillard	Doctorant	INSA	98%	2%	
Sebastien	AH-leung	Doctorant		48%	2%	
Selma	Baati	Doctorant		48%	2%	

Chercheurs						
Jaffrezic-Renault	Nicole	DR	Université Lyon 1 / CNRS	20%	LSA	
Namour	Philippe	IR	IRSTEA détaché à l'Université Lyon 1 / CNRS	40%		5%
Herbretreau	Bernard	PR	Université Lyon 1 / CNRS	5%		
Sigaud	Monique	MCF	Université Lyon 1 / CNRS	2%		

Personnels scientifiques & techniques						
Farre	Carole	IE	Université Lyon 1 / CNRS	2%	2%	LSA
Gauvit	Yves	IE		2%	2%	
Lagarde	Florence	IE		2%	2%	
Khadro	Basma	Post-Doctorant		10%		

Chercheurs						
Schmitt	Laurent	MCF	Université Lyon 2	30%	10%	Institut de Recherche Géographique (IRG)
Navratil	Oldrich	MCF		8%	1%	
Gartner	vincent	TECH		5%		

Doctorants						
Grosprêtre	Loic	Doctorant	Université Lyon 2	48%	2%	Institut de Recherche Géographique (IRG)

Chercheurs

Lang	Michel	IDTPE	IRSTEA	15%	5%	UR HH
Lafont	Michel	DR		5%		UR MALY
Montuelle	Bernard	DR		2%		UR MALY
Braud	Isabelle	DR		30%	5%	UR HH
Garric	Jeanne	DR		5%		UR MALY
Coquery	Marina	DR		5%		UR MALY
Babut	Marc	IPEF		5%		UR MALY
Boistard	Pascal	ICPEF		0%	5%	UR MALY
Molle	Pascal	IR		30%		UR MALY
Breil	Pascal	CR		30%	5%	UR HH
Faure	Jean-Baptiste	CR		5%		UR HH
Datry	Thibault	CR		2%		UR MALY
Branger	Flora	IPEF		30%	5%	UR HH
Paquier	André	ICPEF		15%		UR HH
Choubert	Jean-Marc	IAE		2%		UR MALY
Leblois	Etienne	ICPEF		10%		UR HH
Le Coz	Jérôme	IPEF		2%		UR HH
Roulier	Jean-Louis	IR		2%		UR MALY
Poulard	Christine	IAE		2%		UR HH

Personnels scientifiques & techniques

Vollat	Bernard	IE	IRSTEA	18%		UR MALY
Lagouy	Mickaël	TR		10%	5%	UR HH
Motte	Bernard	TR		2%		UR MALY
Thollet	Fabien	TR		15%	10%	UR HH
Dramais	Guillaume	AI		5%		UR HH
Volat	Bernardette	AI		2%		UR MALY
Gahou	Josiane	AI		2%		UR MALY
Gorini	Dominique	AI		2%		UR MALY
Sanejouand	Hélène	AI		2%		UR MALY

Doctorants

Jankowsky	Sonja	Doctorant	IRSTEA	98%	2%	UR HH
Sarrazin	Benoît	Doctorant		98%	2%	UR HH
Labbas	Meriem	Doctorant		25%	1%	UR HH

Chercheurs et personnels techniques et scientifiques

Deverly	Fabrice	DR	BRGM	0%	2%	BRGM SGR/RHA
Le Bel	Laurent	DR		5%		BRGM
Thierry	Pierre	Ingénieur		2%		BRGM Service RSC
Negrel	Philippe	Ingénieur		2%		BRGM Service EAU
Guyonnet	Dominique	Ingénieur		2%		BRGM Service EPI
Brenot	Agnès	Ingénieur		2%		BRGM SGR/RHA
Nicolas	Jérôme	Ingénieur		2%		BRGM SGR/RHA
Clozel	Blandine	Ingénieur		30%	5%	BRGM SGR/RHA
Chartier	Romain	Ingénieur		2%		BRGM SGR/RHA

Personnels techniques et scientifiques

Bacot	Laëtitia	Secrétaire Générale	GRAIE	5%	50%	GRAIE
Brelot	Elodie	Directeur			2%	GRAIE
Béranger	Yvan	TECH		38%	38%	GRAIE
Walker	Nicolas	TECH		17%	17%	GRAIE

FÉDÉRATION D'ÉQUIPES DE RECHERCHE OTHU
FED N°4161



PARTENAIRES



Animation/Secrétariat de l'OTHU
Domaine scientifique de la Doua
66 bd Niels Bohr - B.P. 52132
69603 Villeurbanne Cedex – France
Tél : 33 (0)4 72 43 83 02
E.mail : info@othu.org

<http://www.othu.org>