



Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine
FIELD OBSERVATORY FOR URBAN WATER MANAGEMENT



RAPPORT D'ACTIVITÉ SCIENTIFIQUE OTHU

2006 - 2008



NOVEMBRE 2008

SOMMAIRE

A.	INTRODUCTION.....	3
	Rappels de quelques éléments de contexte.....	3
	Rappels sur ce qu'est l'OTHU	4
	Quelques clés de lecture du document	6
B.	DES SITES, UN SYSTEME METROLOGIQUE, DES DONNEES	9
B.1	Climatologie	9
B.2	Site de Chassieu (Django Reinhardt)	12
a)	Objectif de ce site en terme d'observation.....	12
b)	Présentation du site	12
c)	Equipement métrologique	14
d)	Données acquises.....	18
B.3	Site d'Ecully.....	21
a)	Objectif de ce site en termes d'observation	21
b)	Descriptif du site.....	21
c)	Données acquises.....	22
B.4	Site de l'IUT.....	23
a)	Objectif de ce site en termes d'observation	23
b)	Descriptif du site.....	23
c)	Données acquises.....	25
B.5	Site de Lyon centre – Partie La Doua	26
B.6	Site de l'Yzeron	27
a)	Objectif de ce site en termes d'observation	27
b)	Descriptif du site.....	27
c)	Données acquises.....	32
B.7	Site satellites	34
a)	Objectif de ce site en termes d'observation	34
b)	Descriptif du site.....	34
c)	Données acquises.....	37
B.8	Gestion des données	38
C	OBSERVER : Résultats et perspectives.....	43
C.1	Pluviométrie	43
a)	Equipes concernées.....	43
b)	Objectifs scientifiques et opérationnels.....	43
c)	Principaux résultats.....	43
d)	Programmes de recherches supplémentaires ayant servi de support	46
e)	Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées	46
f)	Perspectives (vis-à-vis de la recherche, des questions et vis-à-vis de l'observation)	46
g)	Production scientifique et autre (2006 – 2008).....	48

C.2	Apports des Bassins Versants	50
a)	Equipes concernées.....	50
b)	Objectifs scientifiques et opérationnels.....	50
c)	Principaux résultats.....	50
d)	Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées	58
e)	Programmes de recherches supplémentaires ayant servi de support	58
f)	Perspectives.....	58
g)	Production scientifique et autre (2006 – 2008).....	59
C.3	Impacts des rejets urbains de temps de pluie sur le sol et la nappe	62
a)	Equipes concernées.....	62
b)	Objectifs scientifiques et opérationnels.....	62
c)	Principaux résultats.....	62
h)	Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées	72
i)	Programmes de recherches supplémentaires ayant servi de support	72
j)	Perspectives (vis-à-vis de la recherche, des questions et vis-à-vis de l'observation).....	72
k)	Production scientifique et autre (2006 – 2008).....	73
C.4	Impacts des rejets de temps de pluie sur les rivières	78
a)	Equipes concernées.....	78
b)	Objectifs scientifiques et opérationnelles.....	78
c)	Principaux résultats.....	78
d)	Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées	82
e)	Perspectives (vis-à-vis de la recherche ou vis-à-vis de l'observation)	83
f)	Programmes de recherches supplémentaires ayant servi de support	83
g)	Production scientifique et autre (2006 – 2008).....	83
D	STRUCTURATION, VALORISATION ET OUVERTURES DE L'OTHU.....	89
D.1	Structuration et fonctionnement de l'OTHU	89
D.2	Programme finalisé de l'OTHU 2006-2009 (téléchargeable sur http://www.othu.org à la page programme de recherche)	89
D.3	Actions de valorisation de l'OTHU	90
D.4	Produits de valorisation.....	92
D.5	Partenariats et implications au plan local, régional , national et international	93
a)	Partenariats et implications au plan local et régional.....	93
b)	Partenariats et implications au plan national	95
c)	Partenariats et implications au plan international	96
E.	BILAN DE FONCTIONNEMENT DEPUIS 2006	101
	ANNEXE 1 : OTHU FINANCIER : QUELQUES GRANDS CHIFFRES	105
	ANNEXE 2 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE SUR LA PERIODE 2006- 2008.....	109
	ANNEXE 3 : LISTE DES MEMBRES DE L'OTHU 2006/2008.....	125

A. INTRODUCTION

Rappels de quelques éléments de contexte

Les rejets urbains de temps de pluie (RUTP) sont constitués de l'ensemble des eaux rejetées i) par les installations d'épuration (mélange d'eaux usées et d'eaux pluviales traitées), ii) par les déversoirs d'orage (mélange d'eaux usées et d'eaux pluviales non traitées) et iii) par les exutoires pluviaux (eaux pluviales généralement non traitées), pendant un événement pluvieux et pendant la période de temps qui lui succède, au cours de laquelle le système d'assainissement n'a pas encore retrouvé un fonctionnement nominal de temps sec¹. Ils constituent une des sources importantes de polluants des milieux récepteurs. La concentration urbaine et son développement conduisent à collecter et transporter des quantités d'eaux de plus en plus importantes (accroissement des volumes et des débits de pointe) qui provoquent des inondations chroniques et sévères. Des recherches antérieures montrent que les eaux de ruissellement ainsi que celles qui ont transité dans les réseaux séparatifs ou unitaires sont très polluées en métaux lourds, en hydrocarbures et parfois aussi en autres composés organiques naturels ou de synthèse (Ellis et al., 1991², Chebbo, 1992)³ si bien que les rejets urbains de temps de pluie sont de plus en plus souvent mis en cause dans la pollution des cours d'eau servant d'exutoires (Chocat, 1997)⁴ et même dans la contamination bactériologique des eaux de baignade pour les villes côtières (MSSF, 2004)⁵.

Les enjeux sont donc importants, la France devant respecter d'ici 2015 ses engagements sur l'amélioration de la qualité des milieux récepteurs superficiels et souterrains liés à la Directive cadre européenne sur l'Eau. Des moyens importants vont être déployés par les collectivités (CERTU & MEDD, 2003)⁶ pour atteindre ou conserver le bon état écologique des masses d'eau alors même que les solutions envisagées en ce sens restent encore empiriques et qu'il paraît bien illusoire de proposer des solutions contre des phénomènes dont les mécanismes restent encore assez mal connus. Notons que loin d'être franco-française, cette problématique est également présente dans la plupart des pays développés ou émergents comme l'attestent les publications récentes dans le domaine (par exemple ICUD, 2008)⁷.

Cependant, la compréhension des phénomènes liés aux rejets urbains se heurte à une complexité importante liée aux échelles spatiales et à l'hétérogénéité des « objets » étudiés (ouvrages du système d'assainissement, sol, milieux récepteurs superficiels et souterrains). Elle se heurte également à la diversité et la complexité des phénomènes naturels et anthropiques qui demandent la prise en compte de phénomènes aussi bien hydrodynamiques (modes d'écoulement), physico-chimiques (mobilisation et transfert des polluants) que biologiques (caractérisation des impacts des rejets sur les milieux) dont les dynamiques temporelles sont très différentes et qui sont de surcroît intimement interdépendants. Les phénomènes dépendent par ailleurs 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.

¹ Chocat B., Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S. (2007). Eaux pluviales urbaines et rejets urbains par temps de pluie. Paris (France): Les Techniques de l'Ingénieur, article W 6 800, août 2007, 17 p. + annexes.

² Ellis, J.B. (1991). Urban runoff quality in the UK: Problems, prospects and procedures. *Appl. Geog.*, 11, 187-200.

³ Chebbo, G. (1992). *Solides des rejets pluviaux urbains, caractérisation et traitabilité*. Thèse de doctorat : ENPC, Paris, 1992. 400p + annexes.

⁴ Chocat, B. (1997). Aménagement urbain et hydrologie. *La houille blanche* 7, 12-19.

⁵ 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/>>

⁶ CERTU, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (2003). *La ville et son assainissement : principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau*. CD ROM Juin 2003.

⁷ ICUD (2008) : 11th International Conference on Urban Drainage, Edimbourg/Ecosse, 31 August - 5 septembre 2008.

Mieux connaître et mieux maîtriser les rejets urbains de temps sec et de temps de pluie demande l'acquisition de données. La pratique courante dans ce domaine⁸ a été de développer 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 STU (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.

C'est donc dans le prolongement de ces approches antérieures que l'OTHU s'est construit, avec l'ambition de constituer un réseau d'observations

- intensives (pour être sûr d'observer correctement le phénomène s'il se produit et avoir une bonne couverture spatiale et temporelle de phénomènes dont la variabilité est grande),
- fiables ou du moins avec des incertitudes maîtrisées
- et surtout pérennes (pour pouvoir intercepter des événements rares et intégrer l'évolution des systèmes sur le long terme).

Ce n'est donc pas un outil qui se plie et se modifie au gré des opportunités ou des financements de recherche.

Rappels sur ce qu'est l'OTHU

L'observatoire de terrain en hydrologie urbaine (OTHU) est un laboratoire de recherche hors murs, reposant sur un ensemble de dispositifs de mesure installés sur le système d'assainissement de la Communauté urbaine de Lyon et sur les milieux récepteurs recevant les effluents issus de ce système d'assainissement.

Les objectifs généraux liés à l'OTHU sont les suivants : (i) 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 ; (ii) une meilleure connaissance des processus de production et de transfert de l'eau et des polluants en temps sec et en temps de pluie ; (iii) 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 ; (iv) 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).

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

Cet observatoire établi en 1999 est fondé sur l'association de 13 laboratoires rattachés à 8 établissements de recherche lyonnais présentant des compétences multiples (climatologie, hydrobiologie, chimie, hydrologie, hydrogéologie, sciences du sol, génie des procédés, sociologie, aide à la décision). Ces laboratoires ont fondé une fédération d'équipes de recherche ayant fait l'objet d'une convention inter-établissements et sont :

⁸ Contrairement à d'autres champs (astronomie, sismologie par exemple) qui depuis plus longtemps mis en place des observatoires pérennes

- Bureau de Recherches Géologiques et Minières - Service Géologique Régional Rhône-Alpes (BRGM)
- CEMAGREF Groupement de Lyon
 - o U.R. biologie des écosystèmes aquatiques (UR BEA)
 - o U.R. hydrologie hydraulique (UR HH)
 - o U.R. qualité des eaux et prévention des pollutions (UR QEPP)
- Ecole Centrale de Lyon - Laboratoire de Mécanique des Fluides et d'Acoustique (LMFA) - UMR 5509 : CNRS, ECL, UCBL, INSA
- ENTPE- Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E.)
- INSA de Lyon / UCBL Lyon 1 -Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie de l'Environnement (LGCIÉ)
- INSA de Lyon - Laboratoire Environnement, ville et société (EVS), - UMR 5600 : CNRS, Université Lumière Lyon2, Université Jean Moulin Lyon3, Université Jean Monnet Saint Etienne, INSA Lyon, ENTPE, ENS-LSH - Equipe Développement urbain (EDU)
- UCBL Lyon 1 -Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux, UMR-CNRS 5023 - Equipe Hydrobiologie et Ecologie Souterraines (HBES)
- UCBL Lyon 1 -Laboratoire des Sciences Analytiques (LSA) - CNRS UMR 5180- Equipe SEPSYS
- UCBL Lyon 1 - UMR 5557 Ecologie Microbienne - CNRS ENVL UCBL et USC INRA - Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement (BPOE)
- UJM Lyon 3 - Laboratoire Environnement, ville et société (EVS), - UMR 5600 : CNRS, Université Lumière Lyon2, Université Jean Moulin Lyon3, Université Jean Monnet Saint Etienne, INSA Lyon, ENTPE, ENSLSH- Laboratoire de climatologie, risques, environnement (LCRE) Rattaché au Centre de Recherche en Géographie et Aménagement (CRGA)
- Université Lyon2 - Laboratoire Environnement, ville et société (EVS), - UMR 5600 : CNRS, Université Lumière Lyon2, Université Jean Moulin Lyon3, Université Jean Monnet Saint Etienne, INSA Lyon, ENTPE, ENS-LSH - Laboratoire rhodanien de géographie de l'Environnement (LRGE)

Sur la période 2006-2008, 55 chercheurs permanents ont participé aux recherches de l'OTHU en moyenne à 25 % de leur temps et 22 doctorants.

Cette fédération d'équipes de recherche fonctionne en relation étroite avec des acteurs opérationnels de la gestion de l'eau (Direction de l'Eau du Grand Lyon, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse) et attache une grande importance à la diffusion et la valorisation des résultats. Cet observatoire essaie donc de relever un défi difficile et parfois périlleux : celui de mobiliser une recherche scientifique de haut niveau au service de problèmes finalisés, ambitionnant de produire des résultats opérationnels applicables...à partir de données patiemment acquises et validées. Le nombre de chercheurs actifs impliqués dans l'OTHU est de l'ordre de la cinquantaine (Cf. Annexe 3 – Listes des membres et leur statut).

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 terme 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 terrain⁹.

⁹ Ces dispositifs de laboratoire ne sont cependant pas financés dans le cadre de l'OTHU

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. Les façons de présenter cette recherche sont multiples (orienté phénomène, orientée objet, orienté problématiques scientifiques, orienté objectifs opérationnels, ...). Pour faciliter la lecture du rapport d'activité et suite aux remarques du comité scientifique précédent, nous avons choisi une présentation qui suit le « cours de l'eau » ... très traditionnelle : pluviométrie, apports des bassins versants, impacts des rejets de temps de pluie sur le sol et la nappe, impacts des rejets de temps de pluie sur les rivières. Cet ordre de présentation et qui correspond également à des sous-groupes de recherche qui se sont structurés plus fortement et plus transversalement ces dernières années.

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 terme de valorisation des résultats et son rayonnement local, régional, national et international.

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

PRÉSENTATION 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 (Renard et Comby, 2006). L'essentiel des pluviomètres est la propriété de la Communauté Urbaine de Lyon, avec 29 appareils situés sur le territoire administratif du Grand Lyon dont la description est donnée ci-après.

A ces 29 pluviomètres s'ajoutent ceux de Météo France qui a installé 18 appareils depuis 1705 dont 12 sont encore actuellement opérationnels. 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.). Les autres appareils fonctionnent avec des pas de temps variables mais rarement courts, tous sont supérieurs à l'heure.

Sept autres pluviomètres à pesée ou à augets basculeurs ont été installés dans le cadre de l'OTHU. Les pas de temps utilisés vont de 2 à 6 minutes. La longueur des séries disponibles est variable et traduit la chronologie des installations (voir paragraphe suivant et détails des sites).

L'ensemble des sources est exploité dans les recherches de l'OTHU, selon divers objectifs et échelles d'analyses.

Pluviométrie sur le Grand Lyon. Ce sont essentiellement les données fournies par les pluviomètres du Grand Lyon qui ont été retenues pour l'analyse de la pluviométrie sur le Grand Lyon (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 pluviomètres sont à augets basculeurs (Figure 1) et les données sont exploitées au pas de temps de six minutes (pas de temps évidemment modulable jusqu'à l'impulsion de l'auget basculeur, si besoin est).



Figure 1: Pluviomètre à auget basculeur du Grand Lyon (exemple : Site de Corbas)

Les services techniques de la direction de l'Eau du Grand Lyon ont la charge de veiller à la maintenance de ces pluviomètres, en les re-calibrant une fois par mois. 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). Les premières installations datent de 1985, mais la densité du réseau actuel a été atteinte en 1989.

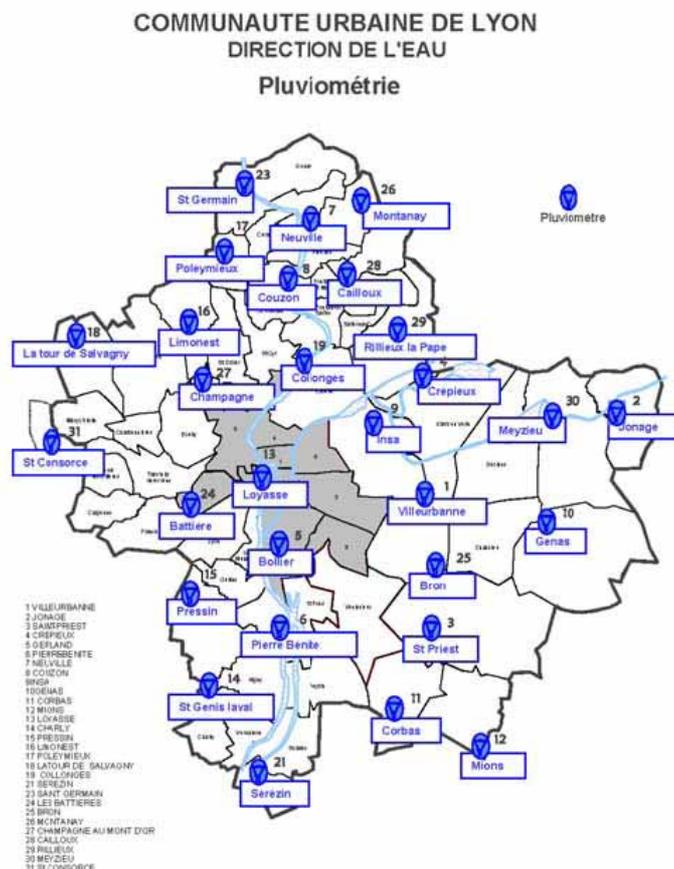


Figure 2: Réseau des 29 pluviomètres du Grand Lyon (source Grand Lyon - 2003)

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 57 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.

Dans cet esprit il a été fait recours aux pluviomètres disponibles au-delà des limites administratives du Grand Lyon (Météo France, OTHU). Parallèlement, plusieurs installations ont été programmées au cours des exercices précédents, notamment dans l'ouest lyonnais. Un premier poste a été installé sur le site de l'école Jacques Prévert à Francheville, un deuxième sur la commune de Sainte-Consorce (par le LCRE, 2005), un troisième et quatrième sur Ecully (Poste Valvert et Perrollier, LGCIE). Un dernier est en cours d'installation au sommet du bassin versant de l'Yzeron (Cemagref, LCRE). Sur l'est lyonnais, un poste pluviométrique est installé à Chassieu (Django Reinhardt, par le LGCIE) et un est situé au centre de l'agglomération sur le site de l'Université Jean Moulin (7ème arrondissement, par le LCRE). Des problèmes de maintenance interne au LCRE n'ont pas permis la mise en fonctionnement des autres stations.

Conjointement le recours aux données radar, depuis 2006, et les attentes du couplage radar/pluviomètre ont conduit Le LCRE à différer la programmation des installations et celle de nouveaux sites dont la localisation éventuelle et l'intérêt sont conditionnés par les évaluations sur la qualité des mesures à disposition (détermination des lacunes, voir C1). Parallèlement, plusieurs installations ont été effectuées ou sont en cours par le Cemagref et l'INSA (voir logique de site).

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 du Cemagref, de l'INSA et du LCRE. Les objectifs de ces installations sont donc variables. La plupart vise à assurer la meilleure couverture possible des bassins.

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,
- 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.
- Présentation du site

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 3).

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



Figure 3 : Photo aérienne du bassin Versant de Chassieu

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 4 et la Figure 5.

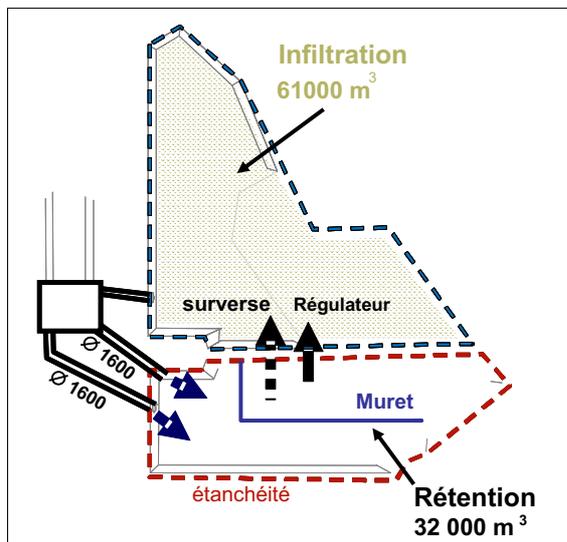


Figure 4 : Schéma du site expérimental de Django Reinhardt



Figure 5 : Bassin de rétention (1) et Bassin d'infiltration (2) du site Django Reinhardt

La nappe phréatique est assez profonde dans cette zone sous le bassin versant : elle est située à environ 13 m sous le fond du bassin d'infiltration. L'ouvrage est situé sur une couche de sol fluvioglaciale qui a une conductivité hydraulique moyenne de $5 \cdot 10^{-4}$ m/s. L'analyse granulométrique a

de graves (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) Equipement métrologique

L'équipement métrologique est le suivant.

- Au niveau des retombées atmosphériques sèches et humides : un prototype de collecte a été installé pour évaluer la contribution des retombées atmosphériques à la masse totale de polluants mesurés dans les rejets urbains par temps de pluie. Ce dispositif comprend deux bacs de collecte ouverts en alternance : un récepteur des retombées atmosphériques humides ouvert pendant les événements pluvieux et un récepteur des retombées atmosphériques sèches ouvert en temps sec. La reconnaissance du type de temps est faite par l'analyse en temps réel, par un automate, des informations pluviométriques fournies par un pluviographe à pesée installé sur site (Cf. Figure 7).

- Au niveau du collecteur principal d'arrivée dans le bassin de rétention : une mesure en continu au pas de temps deux minutes (= 720 mesurages par jour) des débits (mesure de hauteur d'eau – mesures de la vitesse d'écoulement, triplée depuis 2008), et de la qualité des eaux (mesures de turbidité, triplée depuis 2008, du pH, de la conductivité et de la température).

Deux préleveurs réfrigérés équipés de 24 flacons de 1 L sont installés de manière permanente. Le premier est un préleveur classique avec flacons en plastiques. Le deuxième possède de flacons en verre résine et tous les éléments du circuit de collecte sont en Téflon[®] pour éviter les contaminations croisées entre ces éléments et les échantillons.

L'ensemble du dispositif est représenté Figure 8.

Le site est également équipé d'un spectromètre UV-Visible s::can depuis 2006 sur l'entrée principale du bassin de retenue-décantation afin d'estimer en continu les concentrations en MES et DCO entrant dans l'ouvrage en temps sec et en temps de pluie. Un étalonnage spécifique de cet appareil puis des tests en 2006/2007 ont été effectués. Il sera utilisé de manière opérationnelle à partir de 2009.

- Au niveau de la connexion entre le bassin de retenue et le bassin d'infiltration : le dispositif est à peu près identique au précédent : mesure en continu au pas de temps deux minutes des débits (1 hauteur – 1 vitesse), implantation d'un préleveur et d'une station qualité fonctionnant en continu (turbidité, pH, conductivité, température) basée sur le même principe qu'en entrée du bassin de retenue. Ce dispositif a été complété en juillet 2006 par une sonde UV Docteur Lange afin d'estimer en continu les concentrations en DCO dissoute entrantes dans le bassin d'infiltration. En 2009, cette sonde sera remplacée par un spectromètre UV-visible s::can.
- Au sein du bassin de retenue : le dispositif comprend la mesure en continu de 2 hauteurs d'eau dans le bassin et sur la surverse et l'installation de 15 pièges à sédiments en fond de bassin installés fin 2003. Depuis début 2005, suite à la construction du muret de séparation dans le bassin de retenue, une nouvelle configuration de 12 pièges à sédiments a été mise en place sur le radier du bassin pour le suivi de la sédimentation au cours d'événements pluvieux et pour la caractérisation physico-chimique des solides décantés. Cette série de 12 pièges remplace la première série test de 15 pièges mise en place entre juillet 2003 et début 2004 (Cf. Figure 9). Ces pièges ne sont mis en place que pour des expérimentations particulières (notamment dans le cadre de la thèse d'Andrès Torres) et ne fonctionnent donc pas de manière permanente. Leur utilisation a été réduite depuis fin 2007.
- Au niveau du bassin d'infiltration : la mesure en continu de 4 hauteurs d'eau (Cf. Figure 6) dans le bassin est réalisée permettant de suivre son fonctionnement hydraulique et notamment l'évolution du colmatage.
- Au niveau de la nappe : le réseau d'observation comprend au total 18 piézomètres (Figure 11).
 - A l'amont du bassin d'infiltration, dans le sens de l'écoulement de la nappe, un réseau de 6 piézomètres avait été installé en 1999 (SC1 à SC6), préalablement au programme. Il est conçu de manière à faciliter l'échantillonnage sélectif des eaux souterraines à différents horizons sous la surface piézométrique. Six piézomètres distants de 1,5 m recoupent la nappe aux profondeurs respectives de 0, 1, 2, 3 et 4 m sous la surface piézométrique. Le dernier piézomètre est crépiné sur toute sa hauteur afin de permettre la réalisation de

diagraphies (Figure 10). Des sondes multiparamètres sont installées dans chacun des piézomètres pour mesurer l'oxygène dissous, la conductivité, le niveau piézométrique, la température, le pH et le potentiel redox. Des prélèvements manuels peuvent également être effectués.

- A l'aval du bassin d'infiltration, dans le sens de l'écoulement de la nappe, une batterie de 5 piézomètres (SC7 à SC11), conçus comme ceux de l'amont. Ce dispositif permet de réaliser des mesures par sonde multiparamètre, et des prélèvements comparables à ceux de l'amont.
- 7 autres piézomètres viennent compléter le dispositif. Les piézomètres latéraux gauche (SC12, SC26 et SC27) recourent le dôme hydraulique. Deux piézomètres recourent le panache d'eau pluviale dans la nappe à l'aval du bassin (SC28 et SC29). Enfin, deux piézomètres latéraux droits (SC13 et SC14) recourent la nappe dans une zone non influencée par le bassin. L'équipement sur ces piézomètres complémentaires est le suivant : sondes multiparamètres sur les piézomètres SC26, SC27, SC28 et SC29. Sondes piézométriques (mesure du niveau de la nappe) sur les piézomètres SC12, SC13, SC14, SC26, SC27, SC28 et SC29.

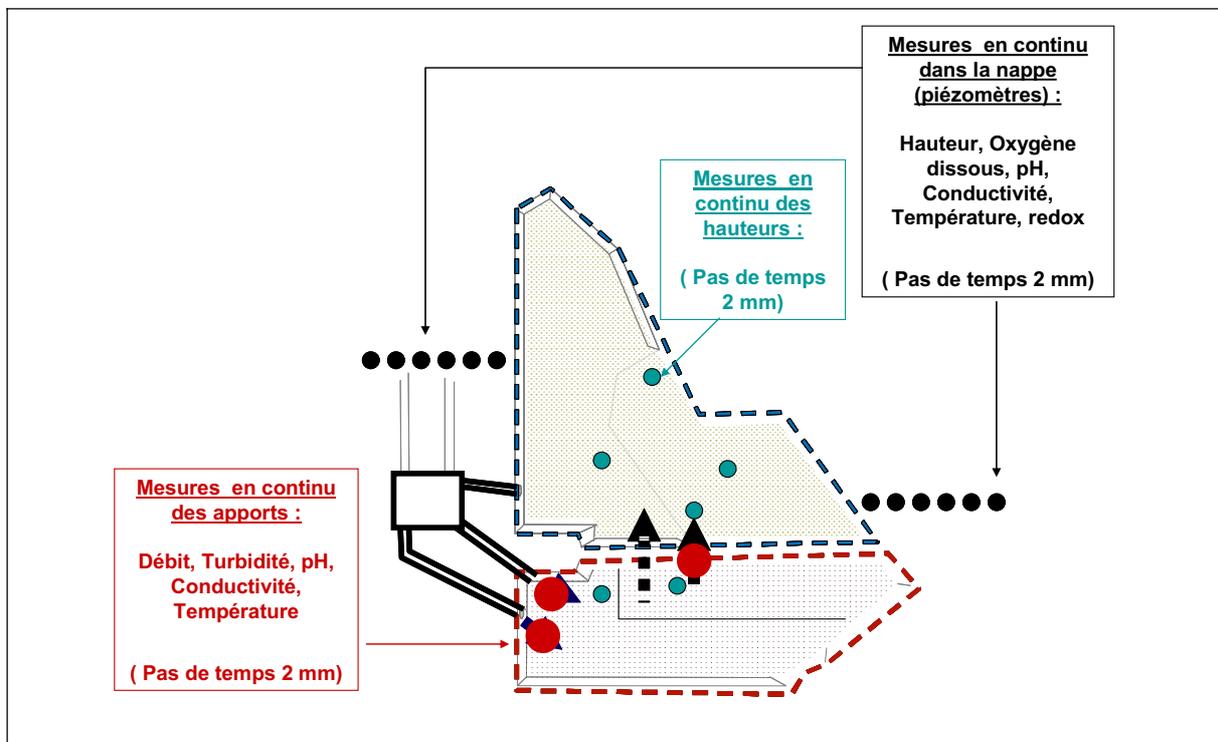


Figure 6: Instrumentation en continu du site de "Django Reinhardt"

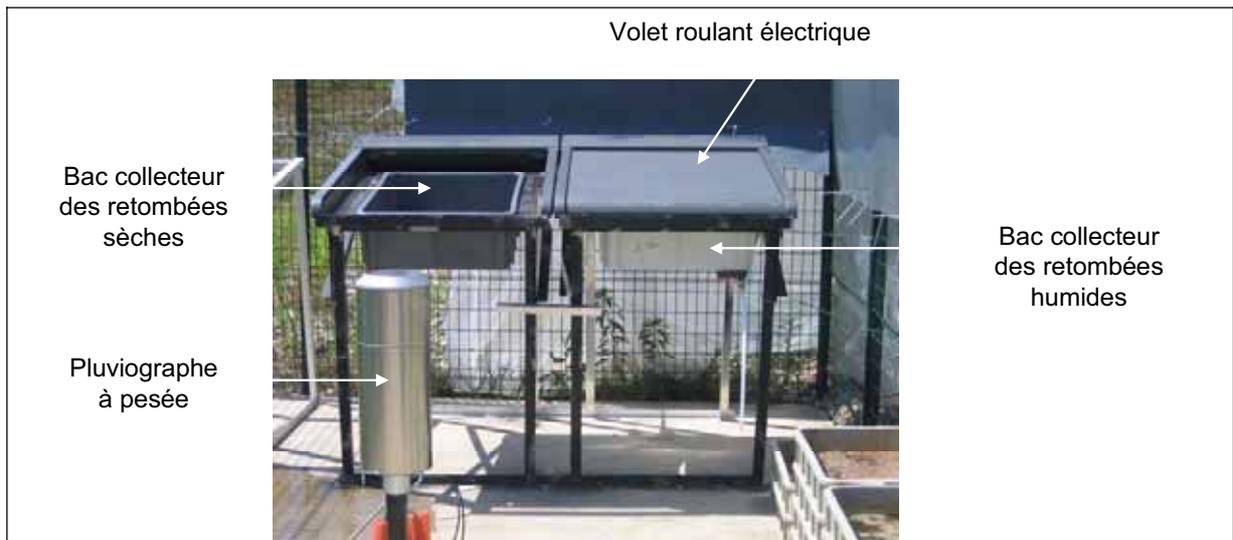


Figure 7: Prototype de collecte des retombées atmosphériques en mode temps sec à Chassieu

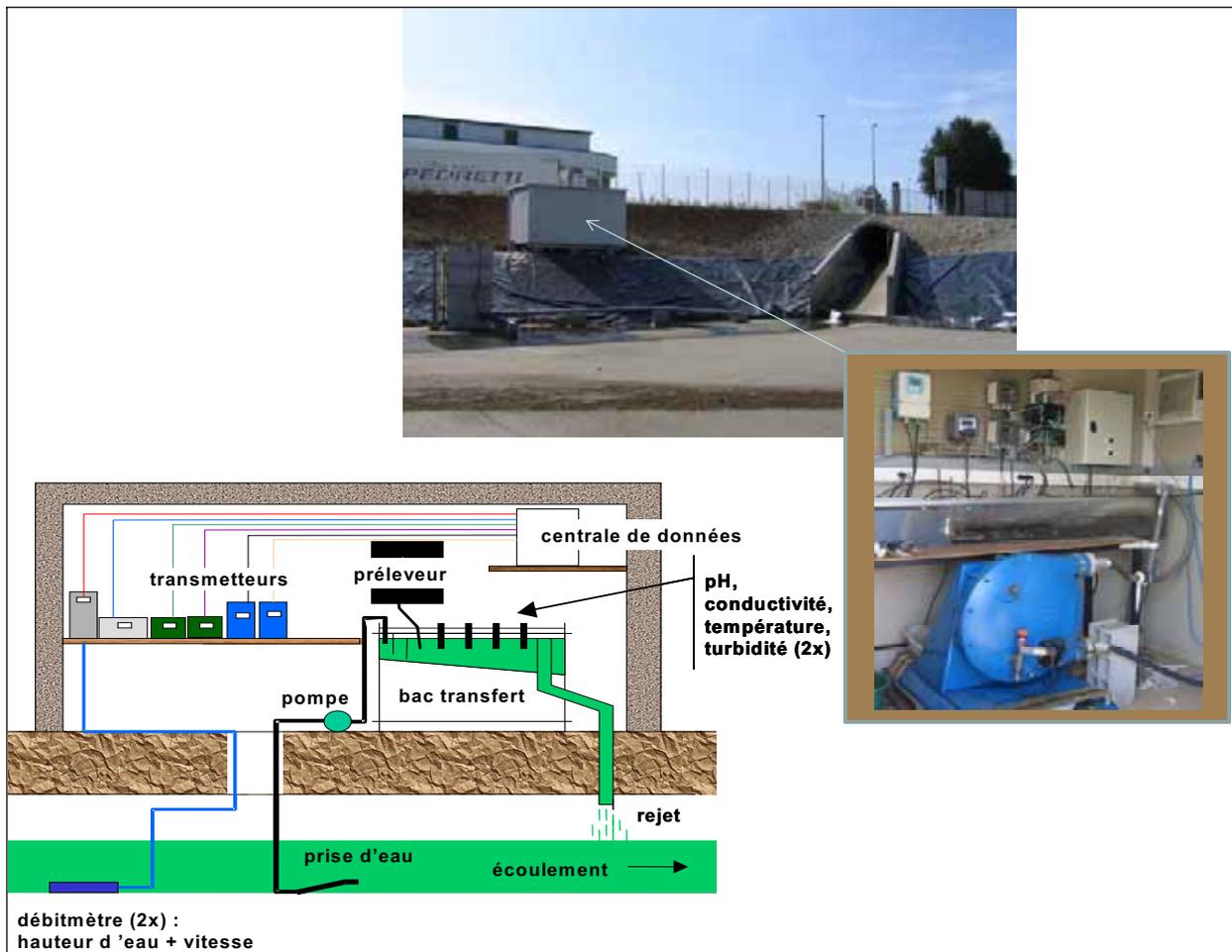


Figure 8: Bungalow 1 situé à l'entrée du site Django Reinhardt

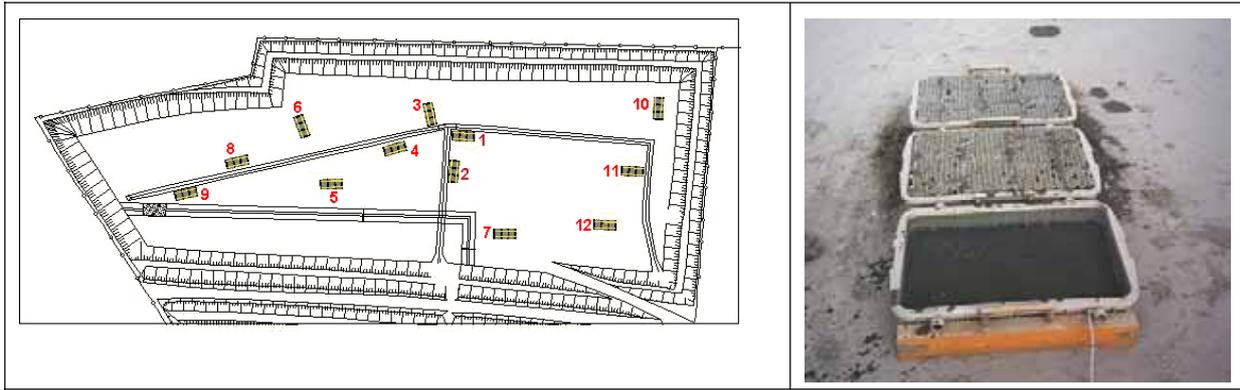


Figure 9. Système de piège à sédiment placé dans le compartiment décantation (emplacement et constitution des pièges à sédiments)

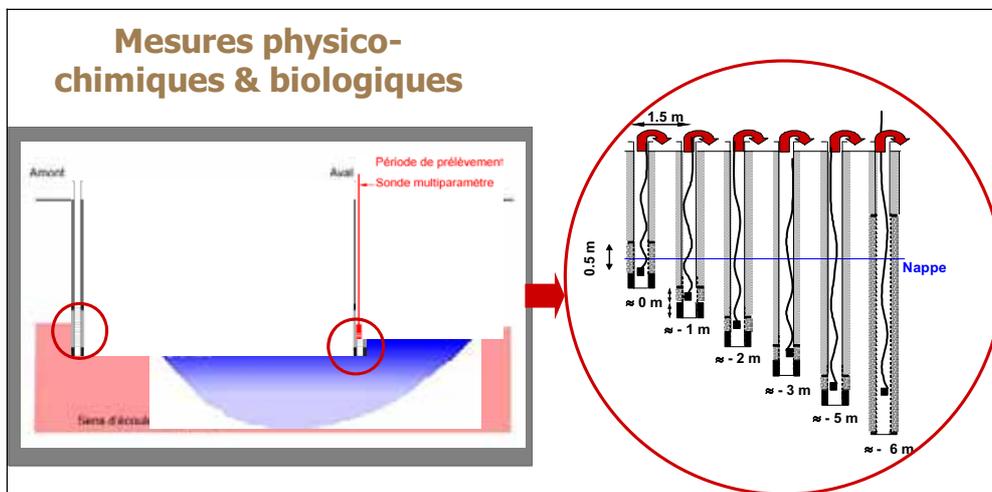


Figure 10: Impact sur la nappe : Illustration des mesures effectuées au sein des piézomètres Amont Aval



Figure 11: Vue aérienne du bassin d'infiltration de Django Reinhardt (Chassieu) montrant la localisation des différents piézomètres

- En association et en complément de ces installations fixes *in situ*, 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. Ces expériences ont été basées sur la mise en place de 24 colonnes expérimentales sur lesquelles ont été effectuées 480 échantillons d'eau (24 colonnes x 2 horizons x 10 dates) et 48 échantillons de sédiments (24 colonnes x 2 dates). 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, 4 métaux (Zn, Pb, Cu, Cd), et 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Les analyses effectuées sur les sédiments concernent l'azote, le phosphore, le carbone organique, les métaux (Zn, Pb, Cu, Cd), 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) et des mesures permettant d'évaluer l'abondance et l'activité du compartiment microbien: dénombrements bactériens (abondance totale par DAPI et abondance des eubactéries actives par FISH) et activité hydrolytique microbienne (FDA).

d) Données acquises

Les données des flux produits par le bassin versant et alimentant l'ouvrage d'infiltration 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.

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.

- Mesures en continu de la concentration en DCO avec un pas de temps de 2 minutes par sonde ultraviolet (Docteur Lange) depuis juillet 2006 à l'entrée du bassin d'infiltration.
- Tests de mesures de MES et DCO en continu à l'aide d'un spectromètre UV-visible (temps de pluie et temps sec) au niveau de l'entrée principale du bassin de retenue-décantation de Django Reinhardt (Chassieu) sur 8 échantillons de temps de pluie et 8 de temps sec.
- Analyses ponctuelles, réparties dans le temps, 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 :
 - 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 et/ou visible) avec la concentration en MES et en DCO ;
 - d'observer la variation de la pollution véhiculée par temps sec ou par temps de pluie, à de faibles pas de temps (6 à 12 minutes).

Pour 2006-2007, cela a été réalisé sur plus d'une vingtaine de pluies représentant la caractérisation de plus de 400 échantillons en relation avec la turbidité en entrée des 2 compartiments rétention (exutoire du bassin versant) et infiltration (exutoire du bassin de rétention).

- Mesures de concentrations moyennes journalières ou par tranche de 2 heures d'effluent de temps sec et mesures de concentrations moyennes lors d'événements pluvieux. Pour les événements pluvieux, les concentrations moyennes sont mesurées sur des échantillons moyens confectionnés à partir de prélèvements automatiques, en mélangeant les flacons au prorata des débits moyens lors de leur remplissage. 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.
- Plus récemment, les échantillons collectés sur les retombées atmosphériques sèches et humides et sur les apports issus du bassin versant font 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)).

De 2006 jusqu'à aujourd'hui, ont été prélevés et analysés 23 échantillons au cours de 9 pluies et d'une période de temps sec, 12 échantillons de retombées humides et 12 de retombées sèches.

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 de 5 événements pluvieux. Pour deux d'entre eux, les courbes de vitesse de chute des matières en suspension ont été établies également pour les eaux d'entrée et de sortie du bassin de rétention/ décantation
- la détermination de la distribution granulométrique des sédiments pour 2 des 5 événements pluvieux
- la caractérisation physico-chimique des sédiments, pour 3 des 5 événements et pour les 12 pièges. Cette caractérisation concerne des analyses de la teneur en matière sèche, en matière volatile, en métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cu), en éléments traces organiques (HAP (fluoranthène, benzo(b)fluoranthène, benzo(a)pyrène et PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)). Pour 2 événements, l'évolution des concentrations de ces polluants a également été suivie dans le temps pour 4 pièges à 1 mois puis 4.5 mois d'intervalle pour une campagne et à 3.5 mois d'intervalle pour l'autre.

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

- Mesure en continu des hauteurs en 4 points du bassin d'infiltration (pas de temps 2min)
- Caractérisation physico-chimique et biologique de l'interface formant le fond de bassin par prélèvement et analyse d'échantillons moyens :
 - Granulométrie : 500 échantillons environ,
 - Analyse des métaux lourds par attaque acide et dosage SAA : 350 échantillons environ,
 - Evaluation du compartiment bactérien par méthodes classiques de détection et d'isolement (sur milieu nutritif et/ou sélectif), par la quantification à l'aide de colorants fluorescents (type DAPI, BackLight...), et application d'outils de biologie moléculaire (PCR/SSCP) obtenus sur les différents échantillons après extraction de l'ADN : 80 échantillons environ.
- Caractérisation spatiale et temporelle des métaux pièges par prélèvement annuel mené depuis 2005 et analyse des concentrations en métaux d'échantillons de sol superficiel (Analyse réalisée à l'aide d'un spectromètre de terrain à fluorescent X) en 100 points à la surface du bassin /an.

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, conductivité électrique, température, oxygène dissous, pH et potentiel redox 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, Ca, Mg, Na, K, TAC, nitrates, ammonium, sulfates, phosphates, silice) des métaux (Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd), de 15 composés organiques volatils (COVs) et de 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs).
- Des échantillons faunistiques permettant d'évaluer l'abondance et la diversité des peuplements d'invertébrés dans la nappe à l'amont et à l'aval du bassin

Pour 2006-2008, les mesures en continu de la conductivité électrique, température, oxygène dissous, pH et potentiel redox ont été réalisées sur les piézomètres SC6, SC5 SC7, SC8, SC11, SC26, SC27, SC28 et SC29. Le niveau de la nappe a été enregistré en continu sur les piézomètres SC1, SC5, SC7, SC11, SC12, SC13, SC14, SC26, SC27, SC28 et SC29.

B.3 Site d'Ecully

a) Objectif de ce site en termes d'observation

Ce site est dédié à la mesure des flux d'eau et de polluants produits par un bassin versant caractéristique d'un milieu urbain moyennement dense et par un déversoir d'orage situé à l'exutoire du bassin versant.

b) Descriptif 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.

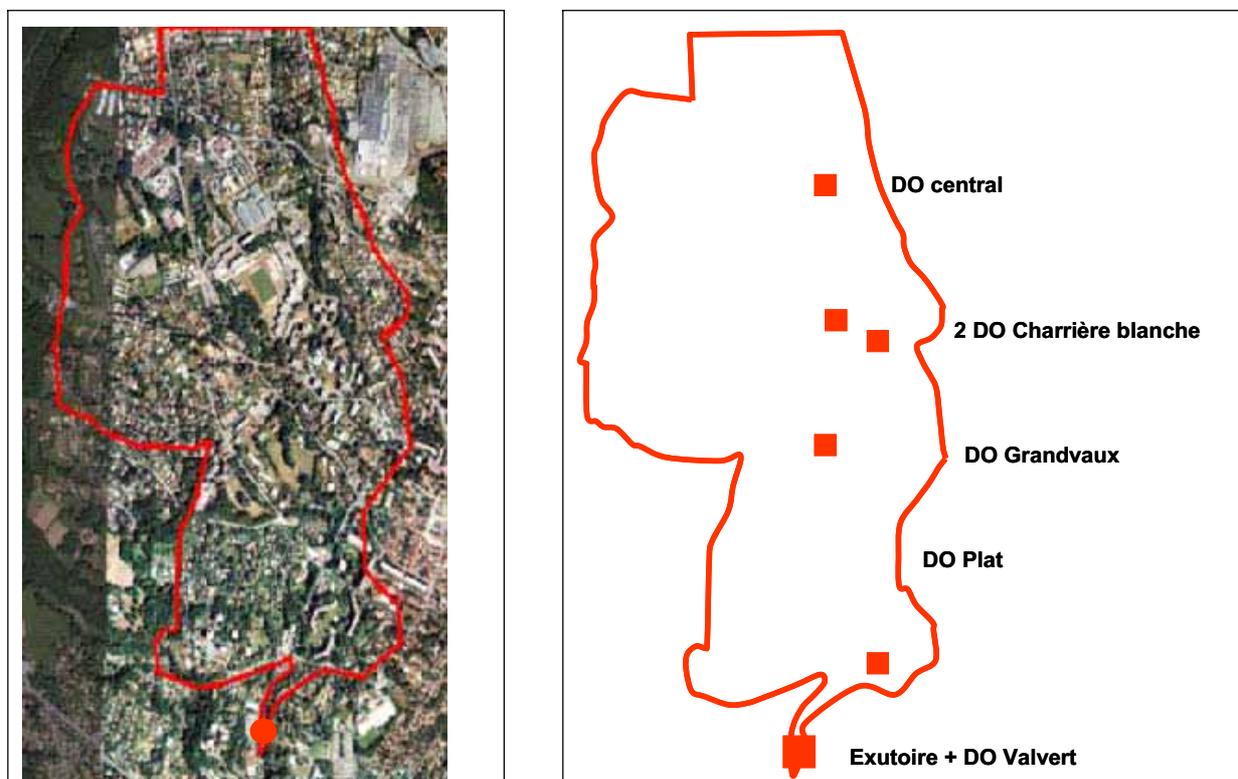


Figure 12: Bassin versant d'Ecully et position des déversoirs d'orage

Equipements

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
- Au niveau du collecteur amont du déversoir Valvert : triple mesure en 2008 des débits en continu (hauteur - 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 8)

- Au niveau de la conduite de déversement du déversoir Valvert vers le ruisseau des Planches : mesure du débit (hauteur - vitesse) (depuis 2001 également)

En juin 2004, un spectromètre UV-visible s::can a été mis en place.

c) 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 mai 2001 ;
- 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.
- Tests de mesures des MES et de la DCO en continu à l'aide d'un spectromètre UV-visible s::can débutés en 2005. Entre 2006 et 2007, l'appareillage a été testé par temps de pluie et temps sec sur 24 échantillons.
- Analyses ponctuelles, au cours de périodes de temps sec ou d'épisodes pluvieux (MES, turbidité, DCO brute et dissoute) sur quelques pluies (40 échantillons environ). 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.
- Plus récemment, les échantillons collectés sur les retombées atmosphériques sèches et humides et sur les apports issus du bassin versant font 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)).

De 2006 jusqu'à aujourd'hui, ont été analysés 22 échantillons prélevés au cours de 9 pluies et 2 périodes de temps sec, 17 échantillons de retombées humides et 7 de retombées sèches.

B.4 Site de l'IUT

a) Objectif de ce site en termes d'observation

Ce site a été retenu afin de valider une méthodologie de suivi de la qualité physico-chimique et biologique de la nappe à l'aplomb d'un bassin présentant une zone non saturée peu épaisse et permet également d'effectuer des études précises de la variabilité spatiale des différents paramètres en nappe.

b) Descriptif 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 13: 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.

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 15 piézomètres métalliques témoins (3 réplicats * 5 profondeurs: 20, 40, 60, 80 et 100 cm sous la surface de la nappe) situés sur le site étang du campus et un groupe de 15 piézomètres métalliques (3 réplicats * 5 profondeurs) situés à l'aplomb du dôme de recharge en eau pluviale dans le bassin. Implantation de 2 tubes plexiglas transparents supplémentaires (1 sur le site étang et 1 dans le bassin). (Figure 14).



Figure 14: Vue aérienne du bassin d'infiltration de l'IUT (Villeurbanne) montrant la localisation et la disposition des différents piézomètres métalliques et Plexiglas installés en 2006.

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. Ces expériences ont été basées sur la mise en place de 36 colonnes expérimentales sur lesquelles ont été effectuées 720 échantillons d'eau (36 colonnes x 2 horizons x 10 dates) et 72 échantillons de sédiments (36 colonnes x 2 dates). 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, 4 métaux (Zn, Pb, Cu, Cd), et 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Les analyses effectuées sur les sédiments concernent l'azote, le phosphore, le carbone organique, les métaux (Zn, Pb, Cu, Cd), 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) et des mesures permettant d'évaluer l'abondance et l'activité du compartiment microbien: dénombrements bactériens (abondance totale par DAPI et abondance des eubactéries actives par FISH), activités microbiennes (INT, FDA), potentiels bactériens à dégrader plusieurs composés carbonés (par utilisation de plaques Biolog) et respirations aérobie et anaérobies (dénitrification, méthanisation) des sédiments.

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, oxygène dissous, pH et potentiel redox 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, Ca, Mg, Na, K, TAC, nitrates, ammonium, sulfates, phosphates, silice) des métaux (Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd), de 15 composés organiques volatils (COVs) et de 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs).
- Des échantillons faunistiques dans la nappe permettant d'évaluer l'abondance et la diversité des peuplements d'invertébrés dans la nappe à l'amont et à l'aval du bassin.
- Des campagnes de prélèvement de sédiment dans le lit du bassin d'infiltration et dans la nappe. Les analyses effectuées sur les sédiments du lit du bassin concernent l'azote, le phosphore, le carbone organique, les métaux (Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd), 15 composés organiques volatils (COVs) et 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Les mêmes analyses sont effectuées sur les sédiments de nappe auxquelles viennent s'ajouter des mesures permettant d'évaluer l'abondance, la diversité et l'activité biologique des communautés microbiennes: protéines (méthode de Lowry), EPS (substances polymériques extracellulaires mesurées par la méthode de Dubois), dénombrement bactérien (DAPI), DGGE, activités microbiennes (INT, FDA), et respiration des sédiments.

Pour 2006-2008, les mesures effectuées sont les suivantes:

- Mesure en continu du niveau de la nappe, de la conductivité électrique, température, oxygène dissous, pH et potentiel redox sur deux piézomètres (PZ4 et PZ8) situés à l'amont et à l'aval du bassin.
- 30 prélèvements d'eau de nappe et 3 prélèvements d'eau de ruissellement pluvial sur lesquels les paramètres suivants ont été mesurés: COD, Cl, Ca, Mg, Na, K, TAC, NO₃, NH₄, SO₄, PO₄, SiO₂, Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd, 15 COVs et 15 HAPs.
- 30 échantillons faunistiques dans la nappe (tri et comptage).
- 3 prélèvements de sédiment dans le lit du bassin et 6 prélèvements de sédiment dans la nappe sur lesquels ont été analysés l'azote, le phosphore, le carbone organique, les métaux (Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd), 15 COVs et 15 HAPs.
- 30 prélèvements de sédiment dans la nappe sur lesquels ont été mesurés l'azote, le phosphore, le carbone organique, les protéines, EPS, DAPI, INT, FDA et la respiration des sédiments.

B.5 Site de Lyon centre – Partie La Doua

Ce site est dédié à la mesure des flux d'eau et de polluants produits par un bassin versant de type centre ville. Le bassin versant LYON-CENTRE, représentatif d'un milieu urbain dense.

Le bassin versant de 298 ha était composé en trois sous-bassins versants :

- à l'aval, le sous bassin Lyon 6ème correspond à un centre ville avec des îlots denses ;
- dans la partie intermédiaire, le sous-bassin du parc de la tête d'or n'est quasiment pas urbanisé ; la plus grande partie des eaux de pluie s'infilte ou ruisselle dans le lac du parc ;
- à l'amont, le sous bassin de la DOUA comporte un bâti dense, entrecoupé de nombreux espaces verts de dimensions variables (pelouses ou terrains de sport). Trois points expérimentaux ont donc été retenus (Figure 15)

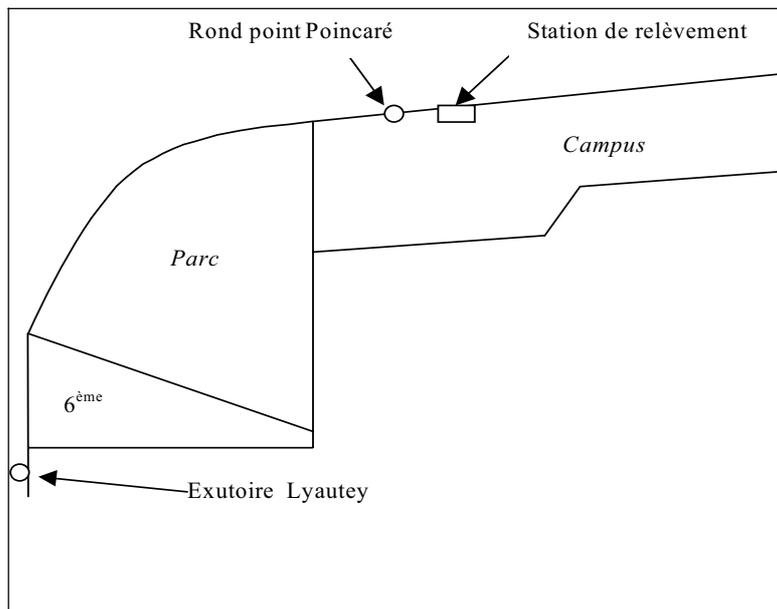


Figure 15: Points expérimentaux du site Lyon Centre.

L'installation du matériel sur la Partie de la Doua était prévue pour le deuxième semestre 2001, avec des équipements identiques à ceux installés à Django Reinhardt et à Ecully, auquel il était prévu d'ajouter un capteur en continu pour le mesurage de la DCO (soit par analyseur micro-ondes, soit par absorption UV). Le démarrage effectif complet de l'installation a eu lieu en novembre 2006, le retard étant dû à des difficultés administratives liées à l'installation d'un bungalow sur le campus. Cependant le fort encrassement des capteurs et des conditions limites de sécurité, due à la forte concentration en MES au niveau de la bache où a lieu le prélèvement, ne permettait pas une maintenance correcte du site. Ce site a donc été arrêté en février 2008.

B.6 Site de l'Yzeron

a) Objectif de ce site en termes d'observation

Le bassin de l'Yzeron est situé en périphérie ouest de l'agglomération lyonnaise. Il subit depuis le XXe siècle l'influence du développement de la ville de Lyon. Cela se traduit par une augmentation de l'imperméabilisation dans son aval urbain mais aussi à partir des villages satellites. Cette configuration est caractéristique des villes historiques européennes qui se sont développées autour des voies d'eau. Le territoire périurbain est par ailleurs le lieu d'enjeux multiples, économiques et sociaux, du fait d'un mouvement général des populations rurales vers les zones urbaines (UNEP 2007)¹⁰, projection 2050) et en particulier leur périphérie (INSEE, 2007)¹¹. Il faut aussi noter que le milieu périurbain apparaît comme le plus déclassant pour les bio-indicateurs de l'état écologique des cours d'eau à l'échelle européenne. Les maux endémiques du développement urbain sont le risque d'inondation par augmentation conjointe de l'aléa et de la vulnérabilité et l'impact sur les cours d'eau par augmentation d'un ruissellement non maîtrisé dans un contexte d'évolution rapide.

Sur le bassin de l'Yzeron, le développement périurbain est accompagné d'une déprise agricole au profit des forêts dans sa partie amont (Cottet, 2005)¹². Les conséquences de ces évolutions sur le régime hydrologique du bassin sont complexes à modéliser du fait des interactions et rétroactions entre les réseaux d'écoulement ruraux et urbains, comme cela a été constaté pour le régime des crues de ce bassin. L'origine des flux d'eau, les chemins empruntés et leur évolution pendant les événements hydrologiques sont autant d'incertitudes dans le calage des modèles de simulation. Il convient de les lever par l'observation. A la modélisation de l'effet du développement périurbain il faut ajouter la nécessité de pouvoir aussi modéliser l'effet d'une évolution possible du climat. Ces deux facteurs affecteront le fonctionnement hydrologique. Pour les collectivités en charge de la protection des personnes et des biens ainsi que de la préservation des masses d'eau au sens de la DCE, cela se traduit par des questions opérationnelles de gestion et de planification auxquelles la recherche et les données collectées sur le bassin de l'Yzeron doivent *in fine* apporter des réponses.

Les questions générales sont donc : Quelles solutions d'aménagement de l'espace périurbain pour réduire le ruissellement et l'érosion (incision, dépôt et colmatage) ? Quelles solutions pour ne pas déporter le ruissellement par les réseaux et priver les sous bassins d'une ressource en étiage ? Peut-on étaler les flux par désynchronisation des sous affluents ? Comment évaluer les milieux récepteurs les plus sensibles à la pollution ? Que deviennent les toxiques et les pathogènes dont le contact avec l'homme est facilités par l'accès à la rivière ? Comment définir le bon état écologique et le bon potentiel écologique dans ce territoire évolutif ? Quelles solutions techniques et/ou de gestion pour réduire l'impact sur les milieux ? Peut-on continuer le « tout tuyau » ? Peut-on mesurer et favoriser l'auto-épuration du milieu naturel ? Comment augmenter la résilience du système « réseau-solution alternatives-milieu récepteur » face au changement des activités et du climat ? Quels indicateurs suivre pour évaluer les effets des aménagements ?

b) Descriptif du site

Récapitulatif des principales caractéristiques

Le bassin versant périurbain de l'Yzeron a une surface de 147 km² et pour exutoire final le Rhône¹³ à Oullins. La topographie est contrastée (altitude du point le plus haut 917 m ; altitude de l'exutoire

¹⁰ United Nations (2007). World urbanization prospect. The 2007 revision. 244p.

http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007WUP_ExecSum_web.pdf

¹¹ INSEE (2007). Aire urbaine de Lyon : densification au centre et attractivité à la périphérie. 4p.

http://www.insee.fr/fr/insee_regions/rhone-alpes/rfc/docs/LA79.pdf

¹² Cottet M. (2005). *Evolution de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Yzeron au cours du XXème siècle. Premiers éléments pour un diagnostic hydrologique*. Université Jean Moulin Lyon III, Université Lumière Lyon II, UMR 5600 CNRS, Mémoire de Master 1 de Géographie, 105 p.

¹³ Le Rhône ne fait cependant pas l'objet d'étude dans le cadre de l'OTHU

162m). La géologie du territoire est formée de roches cristallines et métamorphiques et d'alluvions sur substrat cristallin. Le bassin versant couvre 20 communes dont la population est de 141 000 habitants.

Le régime hydrologique du bassin est naturellement marqué par des crues rapides et des étiages sévères. Son évolution rapide depuis un grand centre urbain pilote (Figure 16) est assez caractéristique. Ce bassin a été partagé, au sens DCE (commission Agence de l'Eau, Diren..), en deux masses d'eau avec trois 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. La dernière partie est considérée trop artificialisée pour faire l'objet d'un objectif d'amélioration.

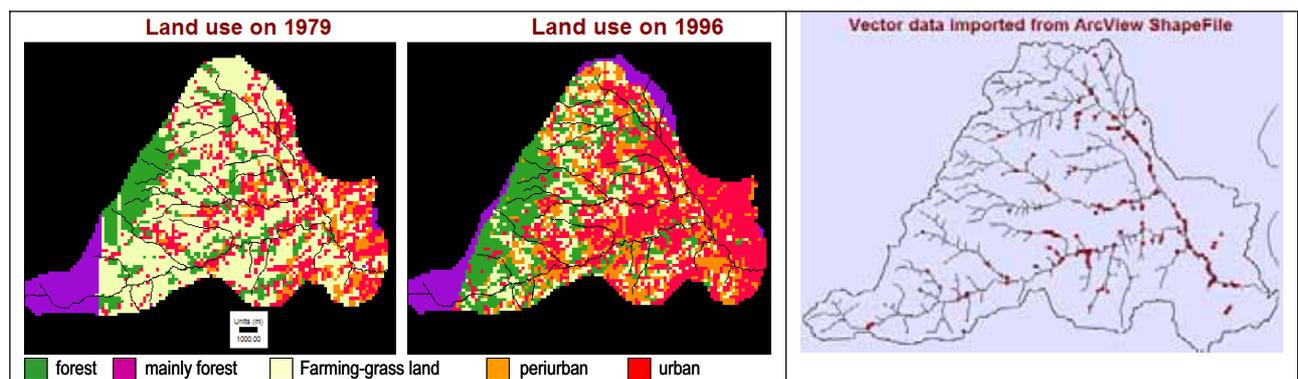


Figure 16 : Evolution des usages des sols du bassin de l'Yzeron (Radojevic et al. 2002)

Figure 17 : les points de contact entre réseau d'assainissement et réseau hydrographique de l'Yzeron (Grosprêtre, 2006)

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 (eaux usées et eaux de pluie) en fond de vallée et connexes aux rivières principales (Figure 17). Ils présentent de nombreux points de contact avec le réseau hydrographique, notamment par les déversoirs d'orages et les tampons d'accès situés en bordure de rivière. Un an de mesure de débit réalisé sur le grand collecteur à l'exutoire montre que 27% de l'écoulement annuel de la rivière est drainé par le réseau. Les interactions entre réseau naturel et artificiel ont une influence très sensible sur l'hydrologie des « petites crues » et des étiages du bassin versant.

Descriptif détaillé du dispositif à l'échelle du bassin d l'Yzeron

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 métrologique est organisé à deux échelles :

- (I) celle du bassin versant de l'Yzeron (Figure 18) avec un ensemble de stations de mesures hydrométriques et météorologiques réparties.

Ce dispositif, bâti à partir de l'existant (OTHU, DIREN), est actuellement complété. Il doit permettre le développement et la validation d'une modélisation hydrologique spatialisée du milieu périurbain. Le dispositif métrologique est organisé à l'échelle du bassin pour (a) effectuer des bilans hydrologiques par sous bassins principaux et (b) par mode dominant d'occupation du sol (forêt, agricole, périurbain, urbain).

- (II) celle d'un bief de cours d'eau de 200 m de long pour étudier l'impact en quantité et qualité des rejets urbains de temps de pluie (RUTP), liés au développement urbain, sur un cours d'eau à faible capacité de dilution

Ce bief fait partie du ruisseau de la Chaudanne (cf Figure 18) dont l'amont du bassin est principalement en prairies et cultures. C'est au passage du village de Grézieux la Varenne qu'un premier déversoir d'orage vient 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.

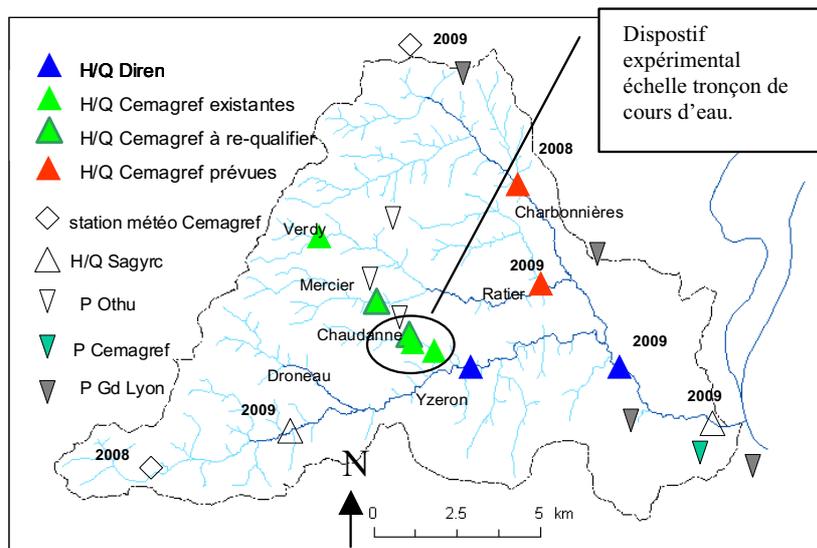


Figure 18 : Points de mesure distribués (pluviométrie/limnimétrie) sur le bassin de l'Yzeron

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.

Equipement métrologique

A l'échelle du bassin versant de l'Yzeron : Pour le Suivi pluviométrique et météorologique (Figure 19) l'équipement métrologique OTHU comprend 4 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 (mise en service en juillet 2008). Il sera proposé d'intégrer à ce réseau un pluviomètre installé à Oullins dans le cadre du projet Rives. Le réseau est actuellement complété par 3 pluviomètres du Grand Lyon (P15, P18 et P24) situés en bordures interne du bassin, deux vers l'aval et un au Nord. L'objectif est d'assurer la couverture la plus homogène possible sur le bassin.

Pour le suivi débitmétrique (Figure 19), il y a actuellement 6 stations en fonctionnement sur les cours d'eau du bassin (deux stations supplémentaires doivent également être installées dans les prochaines années). 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). Une station sur la rivière Chaudanne est par ailleurs équipée d'un canal Parshall 36". Ce réseau est aussi complété par deux stations gérées par la DIREN Rhône-Alpes sur l'Yzeron (Craponne et Taffignon) dans la zone aval du bassin.



Figure 19 : La station météo de Montromant (comm. Yzeron), le canal Parshall de la station de la Léchère et la section de contrôle du vieux pont de la barge sur la Chaudanne (Grézieu)

A l'échelle du bief de la Chaudanne : le dispositif central est organisé autour d'un déversoir en 3 unités de mesures pour faire le bilan des flux d'eau et de substances en entrée (amont et déversoir) et en sortie (aval) d'un bief de 200m (fig. B6-5).

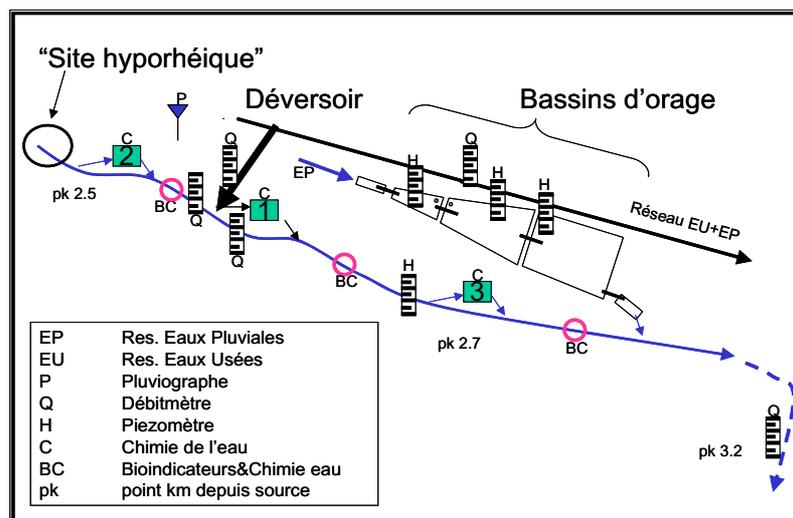


Figure 20 : Organisation du dispositif métrologique autour du déversoir d'orage et du dispositif de bassins d'orage. La Chaudanne à Grézieu la Varenne.

Pour le suivi des flux rejetés par les déversoir d'orage de Grézieu-la-Varenne (Figure 21) : Les trois unités de mesure sont abritées dans des bungalows (Figure 20). Les mesures sont réalisées sur de l'eau pompée en rivière et dans le déversoir d'orage (figure). Le pompage est déclenché par le fonctionnement du déversoir d'orage. Différents paramètres de qualité sont mesurés dans les canaux de dérivation :

- dans le ruisseau à l'amont du déversoir d'orage (conductivité, température, oxygène dissous) ;
- dans le déversoir d'orage (débit, pH, conductivité, turbidité, température) ;
- dans le ruisseau à l'aval du déversoir d'orage (conductivité, température, oxygène dissous) ;

Des échantillonneurs réfrigérés (un par bungalow) sont déclenchés sur niveau d'eau dans les canaux en vue d'établir des pollutogrammes en MES, CO part., CO dissous, NH₄, NO₃, PO₄, Nt, Pt, DCO, et plus rarement les métaux (Cd, Pb, Zn, Cu) (total et dissous).



Figure 21 : Vue (éclatée) de l'unité de mesure n°1 qui pilote le déclenchement des unités amont et aval. Les flux sont dérivés vers un canal équipé de capteurs en continu et d'un préleveur pour analyses chimiques plus détaillées au laboratoire. (photo T. Fournier)

Les canaux ont été dimensionnés pour atteindre un profil d'équilibre de 10 cm de tirant d'eau en 1 minute pour un débit de pompage de 1,5 l/s qui permet l'entraînement des matières en suspension depuis le point de pompage. Ce détail est essentiel car 70 à 80% de la pollution apportée par le déversoir est adsorbée sur les MES. Ils disposent d'une lame d'eau morte pour protéger les capteurs sensibles à l'assèchement. Les fonds plats devraient être remplacés par des fonds ovoïdes pour faciliter l'auto-curage.

Les mesures à base de capteurs en continu sont complétées par des campagnes bimestrielle 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 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.

Les bassins de retenue (Figure 22) 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. Le suivi de la végétalisation (thèse démarrée en 2008) pourra être mis en parallèle de celui des apports de ruissellement au système.

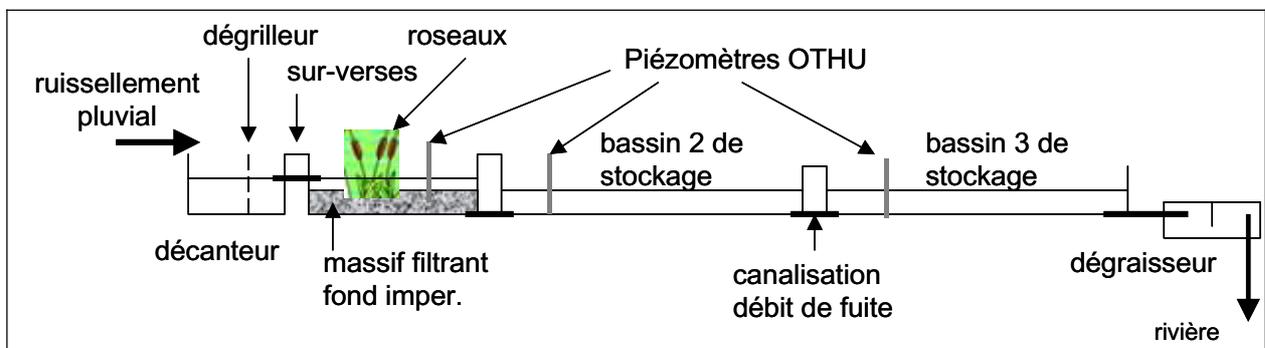


Figure 22 : Schéma en coupe des bassins de retenue de Grézieu la Varenne.

Le « site hyporhéique » est situé juste en amont du déversoir d'orage de la Chaudanne, ce bras de cours d'eau d'une dizaine de mètre a été densément instrumenté dans le cadre d'un travail de recherche de 2004 à 2006. Le site est composé de trois transects (Figure 23) de piézomètres situés en berge, dans le ruisseau et en dans son substrat. Les transects sont organisés autour d'une séquence morphologique plat-seuil-mouille afin de mesurer le rôle de la ligne d'eau et de la morphologie sur les gradients hydrauliques et donc sur les « échanges nappe-rivière ».

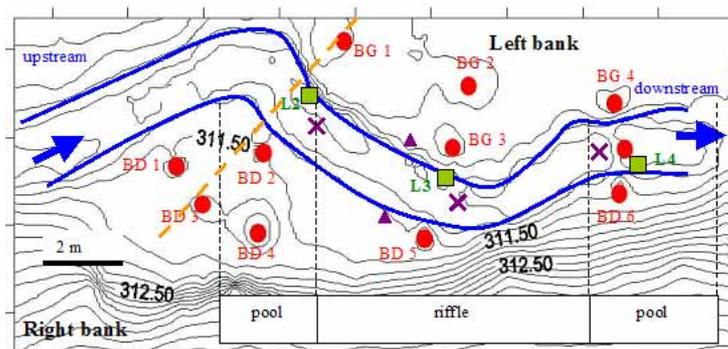


Figure 23 : organisation météorologique du site hyporhéique. Trois transects principaux avec mesures piézométriques, en berge (rond), dans le substrat (croix) et la colonne d'eau (carré). Mesures tensiométriques en berge (triangle)

La station est équipée de 19 points de mesure constitués par des tubes en PVC de 50 mm de diamètre, perforés en leur base et couverts d'un géotextile pour éviter l'encrassement des capteurs. Pour les piézomètres en berge, les profondeurs sont variables en fonction de la rencontre du substratum granitique, situé entre 1.5 et 2 m de profondeur. Tous les capteurs sont géo-référencés en X,Y et Z avec une précision du mm (mesures par tachéomètre laser). Trois mesures de pression sont réalisées directement dans la colonne d'eau pour suivre le profil de la surface libre de la long des faciès morphologiques et selon les débits mesurés juste en aval (voir dispositif débit-métrique). Trois sont implantés dans le substrat de la rivière à 0.5 m de profondeur pour mesurer les gradients hydrauliques dans le sous écoulement. Deux tensiomètres ont été placés en berge pour suivre l'évolution du front d'humidité en monté et ressuyage de la nappe.

La lourdeur de la maintenance a conduit à alléger ce dispositif en 2006 pour le réduire à des mesures de températures entre la surface de l'eau et l'eau hyporhéique afin de mesurer les échanges (ou mélange d'eau selon les saisons). La mesure de traceurs physico-chimiques (température, conductivité électrique, oxygène dissout) devrait être renforcée en 2009 dans le cadre de deux conventions (ANR-CES « Invasion » et ZABR-Agence de l'eau RMC « DO-Tox »)

c) Données acquises

Le tableau ci-après résume les plages temporelles d'observation depuis la création de l'OTHU.

Pour les données acquises en continues comme pluie, débit, hauteur d'eau en rivière et température de l'air, la continuité des mesures est bonne. L'acquisition est réalisée à pas de temps variable pour tous les paramètres sauf la pluie dont le comptage est réalisé à la minute. Pour les données acquises sur événements de déversement comme température de l'eau, conductivité électrique de l'eau et pH les données sont aussi de bonne qualité.

Les mesures réalisées avec un turbidimètre (unité 1, sur rejet) et deux sondes à oxygènes (unités 2 et 3 sur rivière) sont apparues beaucoup plus problématiques et n'ont fonctionnées correctement que la première année. Ces paramètres ont été arrêtés en attendant des solutions techniques plus fiables et ne sont donc pas mentionnés dans les séries de données suivies. Des lacunes existent dans ces séries et sont soit dues à des défaillances techniques (défaillance d'un capteur ou d'une centrale d'acquisition), soit le résultat d'aléas climatiques (période de neige pour les pluviomètres à augets basculeurs par exemple).

Point de mesure	Type mesure	Années										
		99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	
Chaudanne amont DO	Q											
Déversoir Orage (DO)	Q											
Déversoir Orage (DO)	H											
Chaudanne aval DO	Q											
Chaudanne unité 3	H											
Chaudanne Léchère	Q											
Mercier	Q											
Mercier	P											
Chaudanne	P											
Col de la Luère	P											
Yzeron	MET											
Bassin orage 1	H											
Site hyporhéique	H											
Site hyporhéique	T, Cond.											
Bassin orage 2	H											
Bassin orage 3	H											
Mesures sur événements de rejets du déversoir												
Réseau Assainement.	Q											
Unité 1, canal dérivation	T, pH, Cond, H											
Nombre pollutogrammes	Voir liste PC(*)	11 (+Cd, Cr,Cu, Pb, Zn)						3				
Unité 2, canal dérivation	T, Cond, H											
Unité 3, canal dérivation	T, Cond, H											
Campagnes												
Campagnes biologiques	invertébrés	52 relevés benthos et 60 hyporheos										
Campagnes chimiques	Voir liste PC(*)	49 relevés pleine eau et 60 relevés hyporhéiques										

Q : Débit, H : Hauteur, MET : Station météorologique, T : Température, Cond : Conductivité

(*) Liste PC : liste des paramètres physico-chimiques : Ca⁺⁺ en mg/L, Cl⁻, COD, Conductivité, DCO, HCO₃⁻, K⁺ L, KMnO₄ L, MES, Mg⁺⁺, Na⁺, NH₄⁺, N Kjeldahl, NO₂⁻, NO₃⁻, pH, PO₄³⁻, P total, SiO₂, SO₄²⁻.

B.7 Site satellites

a) Objectif de ce site en termes 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) Descriptif du site

Descriptif détaillé des sites

Au total, 14 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 été l'objet d'enregistrement en continu (sondes multiparamétriques) en nappe sur des périodes > 6 mois ou de prélèvements d'eau souterraine qui permettent de compléter les observations effectuées sur les sites pilotes. Le Tableau 1 et la Figure 24 récapitulent et localisent 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.

Site	Type	Période de mesure	Epaisseur de ZNS (m)	Bassin versant t(ha)	Coefficient d'imperméabilisation
Django	Bassin	01/01/2003 - 31/08/2006	20	180	0.7
IUT	Bassin	24/10/2001 - 31/08/2002	5	2.5	0.7
Pivolles	Bassin	11/02/2005 - 14/02/2006	15	51	0.5
Leader	Bassin	11/02/2005 - 14/02/2006	7.8	20	0.8
Carreau	Bassin	27/02/2005 - 25/09/2005	13.5	45	0.36
Centre routier	Bassin	27/02/2005 - 25/09/2005	13.9	2.7	0.95
Granges Blanches	Bassin	15/06/2005 - 08/02/2006	8	100	0.5
Léopha	Bassin	11/02/2005 - 14/02/2006	10.6	210	0.45
Pithioud	Bassin	15/06/2005 - 08/02/2006	7.9	145	0.55
Etang (UCBL1)	Référence	24/10/2001 - 31/08/2002	5	-	-
Minerve	Référence	15/06/2004 - 08/02/2005	6.2	-	-
Chemin de Feyzin	Référence	11/02/2005 - 14/02/2006	9.9	-	-
Chassieu	Référence	01/01/2003 - 31/08/2006	19	-	-
Raquin	Référence	27/02/2005 - 25/09/2005	20	-	-
Bois Carré	Référence	27/02/2005 - 25/09/2005	19.6	-	-

Tableau 1: Caractéristiques des sites (bassins d'infiltration et sites de référence) sélectionnés pour l'étude des impacts de l'infiltration des eaux de ruissellement pluvial sur le régime thermique des eaux de la nappe.

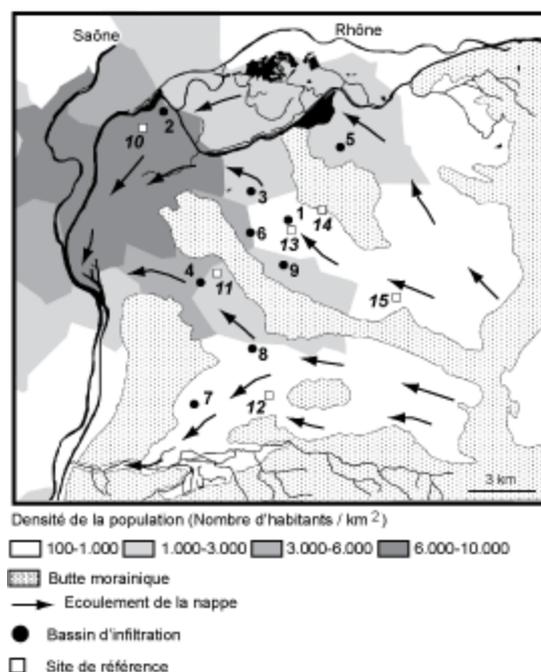


Figure 24: Localisation des sites (bassins d'infiltration et sites de référence) sélectionnés pour l'étude des impacts de l'infiltration des eaux de ruissellement pluvial sur le régime thermique des eaux de la nappe.

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 qui a pour objet 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 15 piézomètres témoins (3 répliqués * 5 profondeurs) situés à l'amont hydraulique immédiat du bassin (site de référence) et un groupe de 15 piézomètres (3 répliqués * 5 profondeurs) situés à l'aplomb du dôme de recharge en eau pluviale (Figure 25 et Figure 26). 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 qui est utilisé afin de: (1) visualiser à l'aide d'une vidéo-caméra la structure des sédiments en place; (2) réaliser des mesures en continu du niveau piézométrique, de la conductivité, température, oxygène dissous, pH, et potentiel d'oxydoréduction. Chaque piézomètre en Plexiglas a donc été équipé en novembre 2006 d'une sonde multi-paramétrique 600-XLM. Le géoréférencement des piézomètres Plexiglas a été effectué en décembre 2006 par le cabinet SCP Plantier.



Figure 25: Vue aérienne du bassin d'infiltration de Granges Blanches (Corbas) et description des batteries de piézomètres métalliques installés en 2006.

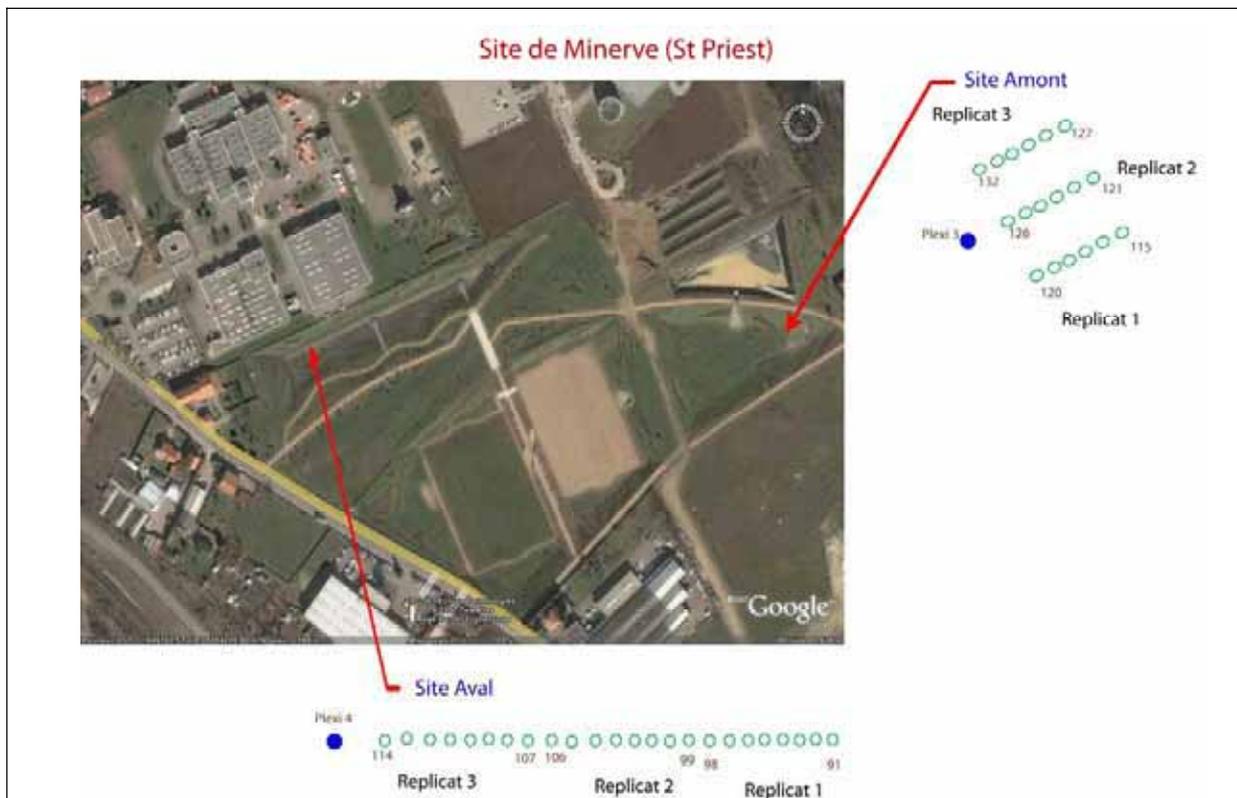


Figure 26: Vue aérienne du bassin d'infiltration de Minerve (Saint-Priest) et description des batteries de piézomètres métalliques installés en 2006.

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, oxygène dissous, pH et potentiel redox 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, Ca, Mg, Na, K, TAC, nitrates, ammonium, sulfates, phosphates, silice) des métaux (Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd), de 15 composés organiques volatils (COVs) et de 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs).
- Des échantillons faunistiques dans la nappe permettant d'évaluer l'abondance et la diversité des peuplements d'invertébrés dans la nappe à l'amont et à l'aval du bassin.
- Des campagnes de prélèvement de sédiment dans le lit du bassin d'infiltration et dans la nappe. Les analyses effectuées sur les sédiments du lit du bassin concernent l'azote, le phosphore, le carbone organique, les métaux (Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd), 15 composés organiques volatils (COVs) et 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Les mêmes analyses sont effectuées sur les sédiments de nappe auxquelles viennent s'ajouter des mesures permettant d'évaluer l'abondance, la diversité et l'activité biologique des communautés microbiennes: protéines (méthode de Lowry), EPS (substances polymériques extracellulaires mesurées par la méthode de Dubois), dénombrement bactérien (DAPI), DGGE, activités microbiennes (INT, FDA), et respiration des sédiments.

Pour 2006-2008, les mesures suivantes ont été effectuées sur les bassins d'infiltration de Granges Blanches et de Minerve:

- Mesure en continu du niveau de la nappe, de la conductivité électrique, température, oxygène dissous, pH et potentiel redox sur quatre piézomètres (PZ3, PZ7, PZ9 et PZ11) situés à l'amont et à l'aval des bassins de Granges Blanches et Minerve.
- 60 prélèvements d'eau de nappe et 6 prélèvements d'eau de ruissellement pluvial sur lesquels les paramètres suivants ont été mesurés: COD, Cl, Ca, Mg, Na, K, TAC, NO₃, NH₄, SO₄, PO₄, SiO₂, Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd, 15 COVs et 15 HAPs.
- 60 échantillons faunistiques dans la nappe (tri et comptage).
- 6 prélèvements de sédiment dans le lit des bassins et 12 prélèvements de sédiment dans la nappe sur lesquels ont été analysés l'azote, le phosphore, le carbone organique, les métaux (Zn, Ni, Pb, Cu, Cr, Cd), 15 COVs et 15 HAPs.
- 60 prélèvements de sédiment dans la nappe sur lesquels ont été mesurés l'azote, le phosphore, le carbone organique, les protéines, EPS, DAPI, INT, FDA et la respiration des sédiments.

En association directe avec ces observations de terrain, des expérimentations en laboratoire ont été réalisées sur colonnes constituées de sédiments prélevés sur les sites étudiés. L'objectif est de comprendre les processus se déroulant dans le fond des bassins d'infiltration et d'évaluer l'impact d'un apport de polluants (notamment carbone organique total) sur les micro-organismes développant dans les interstices de la nappe. Ces expériences ont consisté à la mise en place de 18 colonnes expérimentales sur lesquelles ont été effectuées 432 échantillons d'eau (18 colonnes x 4 horizons x 6 dates) et 60 échantillons de sédiments (18 colonnes x 3 horizons + 6 échantillons de début d'expérience). Les échantillons d'eau ont permis de mesurer la dynamique l'oxygène dissous lors de son transit dans les sédiments (activité respiratoire globale) ainsi que la dynamique du carbone organique dissous (COD). Les analyses effectuées sur les sédiments concernent l'azote, le carbone organique, les protéines, EPS, abondances bactériennes (DAPI) dénombrement des bactéries actives (par la méthode FISH) et activité microbiennes (INT, FDA et la respiration des sédiments).

B.8 Gestion des données

La gestion des données nécessite 1/ de s'assurer de la qualité des informations acquises et de quantifier leurs incertitudes et 2/ 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.

Une réflexion approfondie avait été menée en 2001 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 concernant la mise en œuvre d'une véritable démarche d'assurance qualité au sens industriel (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).

Données en continu

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, avec pour objectif de permettre l'insertion des données de l'observatoire dans la base de données VIGILANCE. La base est opérationnelle et les protocoles d'échange (transfert des données) entre l'INSA LGCIE et Le Grand Lyon sont fonctionnels depuis juin 2003.

Toutefois, en raison de la très grande quantité de données générées par l'OTHU, la base VIGILANCE a nécessité une extension pour une accélération des procédures de transferts des fichiers pour le Grand Lyon. Afin que la totalité des données OTHU produites par les différentes équipes puisse être transférée sur VIGILANCE, une deuxième base annexe a été créée pour l'OTHU en septembre 2007, avec une très grande capacité et un temps de téléchargement plus long pour ne pas affecter les consultations de la base par les gestionnaires du Grand Lyon.

Les mesures en continu représentent 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 les données de l'INSA LGCIE, une méthode semi-automatique de validation avait été développée et programmée (programme DAVE) en 2004 et 2005. Une version plus élaborée (intégrant par exemple la prise en compte des incertitudes de mesure), plus conviviale avec des graphiques, est en cours de développement (version finale prévue pour fin 2008).

De son côté le Cemagref stocke les données acquises sur le site Yzeron dans une base de données interne (base BICHE) et dans la mesure du possible dans la base VIGILANCE du Grand Lyon.

La démarche de qualification de données comporte trois principales étapes :

- Le passage automatique des données brutes aux données corrigées avec calcul des incertitudes grâce à l'utilisation des fonctions d'étalonnage ;
- La prévalidation automatique des données corrigées grâce à l'utilisation d'une série de tests d'évaluation des données (attribution des notes A pour données bonnes, B pour les données douteuses et C pour les données mauvaises)
- La validation finale des données. Les données notées A sont automatiquement retenues et l'utilisateur prend une décision par rapport aux données notées B. Les données notées C sont éliminées.

Des tests concluants sur le transfert de données ont été effectués fin 2007 à partir du poste VIGILANCE de l'INSA LGCIE avec des données produites par le Cemagref et de HBES.

Tous les points et natures de mesures (stations météo) du HBES et du Cemagref ont été créés dans la base VIGILANCE début 2008.

Les données produites par HBES (hauteur, conductivité, Température, au pas de temps d'1 heure) caractérisant la nappe de Chassieu entre 2003 et 2007 vont être intégrées courant octobre 2008. Suivront ensuite les données en continu INSA LGCIE de 2007 et 2008 du réseau et du déversoir

d'orage d'Ecully (hauteur, vitesse, débit conductivité, Température, pH, turbidité au pas de temps de 2 minutes), nécessaire au bilan d'autosurveillance des réseaux du Grand Lyon.

Le Cemagref archivant déjà ces données au sein de leur propre base, un programme de transfert va permettre à la fin de l'année 2008 de transformer celles-ci au format VIGILANCE et de l'intégrer directement dans la base via internet. Le Cemagref aura donc le deuxième poste informatique de l'OTHU connecté à VIGILANCE après celui de l'INSA LGCIE.

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. Par contre, il n'est pas possible de détailler des analyses comme les 18 HAP, 7 PCB mais ces valeurs peuvent être stockées dans des simples fichiers Excel.

Le retard pris au niveau de l'intégration est lié à un manque de capacité de la base jusqu'en septembre 2007, un travail de validation et calcul d'incertitude amélioré en 2008 pour les données de l'INSA LGCIE, la difficulté d'avoir un poste informatique relié à la base pour le Cemagref et HBES. Tous ces problèmes devraient être réglés à la fin de l'année 2008 et l'intégration de toutes les données OTHU de 2003 à 2008 se terminera en 2009.

En conclusion

Si la qualification et la validation des données est aujourd'hui complètement opérationnelle, même si elle peut encore être améliorée, le point le plus sensible reste le partage des données entre les différentes équipes qui reste très artisanal. Un travail important est donc à mener pour améliorer ce point mais qui demande des moyens matériels et humains plus importants que ce dont on dispose actuellement.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET PERSPECTIVES

C OBSERVER : Résultats et perspectives

C.1 Pluviométrie

a) Equipes concernées

LGCI (INSA de Lyon), CEMAGREF Lyon (UR Hydrologie Hydraulique), LCRE-CRGA CNRS UMR 5600 (Université Jean Moulin)

b) Objectifs scientifiques et opérationnels

Deux objectifs principaux fondés sur le recoupement d'approche à caractères cognitif, méthodologique et opérationnel, ont été formulés à long terme : disposer de données pour alimenter les modèles de simulation, 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). Pour y parvenir la recherche est organisée en 2 thèmes complémentaires et en interaction : i) **Caractérisation de la pluie et de sa dynamique sur l'agglomération lyonnaise intégrant le développement d'outils de couplage des données au sol et des données radar** et ii) **Simulation géostatistique de champs précipitants spatio-temporels.**

c) Principaux résultats

Thème 1 : Caractérisation de la pluie et de sa dynamique sur l'agglomération lyonnaise

L'objectif est la caractérisation fine des aléas pluviométriques à risque sur le Grand Lyon à partir d'une approche descriptive et physiologique (le but est l'amélioration de la connaissance des phénomènes à des fins de gestion sur retour d'expérience et d'anticipation).

- Caractérisation spatio-temporelle de la pluie

Les objets initiaux de cette première étude étaient multiples. Parmi eux et pour l'essentiel :

Conformément aux objectifs premiers de l'OTHU, développer et améliorer les données. En deuxième lieu mettre à profit les données issues du réseau de mesure de pluie (issues des 29 pluviomètres du Grand Lyon) pour caractériser le plus finement possible la distribution des événements pluvieux, notamment à des fins de couplage avec les données radar (Météo-France) et, dans cette attente, analyser la récurrence spatiale des phénomènes et évaluer leurs liens avec la nature et la localisation des nuisances subites. Enfin, améliorer la connaissance des phénomènes à des fins d'anticipation (rôle de facteurs locaux dans la distribution des pluies, typologies des phénomènes et situation à risque (descriptives et génétiques à terme).

L'étude s'est concentrée sur les épisodes pluvieux considérés comme les plus « remarquables » ou « extrêmes » sur le Grand Lyon, pour la période 1988-2005., (critère IDF, en particulier Renard F, Comby, 2006, 2007).

La recherche a suivi trois directions essentielles

Analyses des mesures au sol (pluviomètre) :

Au total, 45 épisodes ont été retenus et analysés. Le traitement des données a été fondé en premier lieu sur la sélection d'un modèle d'interpolation spatial en fonction d'un critère de recoupement efficacité/fonctionnalité adapté au territoire du Grand-Lyon, (Renard et Comby, 2007) puis à la production d'interpolation à différentes échelles de temps (Renard et Comby, 2006, 2007).

Couplage pluviomètre/radar :

- L'étude a porté tout d'abord sur l'évaluation de la qualité des données radar sur le territoire de la communauté urbaine de Lyon (Grand Lyon). L'évaluation a concerné les deux implantations successives du radar : Aéroport de Lyon – Satolas (Rebaptiser Aéroport de Saint-Exupéry en juin 2000. Période antérieure au 14 05 2001, image de réflectivité radar instantanée en dBZ) puis site de Saint-Nizier-d'Azergues (à partir du 14 05 2001, les images dites de «dBZ» fr : 5 mn, et des «lames d'eau au sol» fr 15 min). Cette évaluation a été conduite en collaboration avec D. Faure (ALLICIME bureau d'étude). 45 journées radar entre 2001 et 2005 ont été cumulées pour deux types de données (sélection conditionnée, outre les premiers critères évoqués, par les possibilités

d'exploitation. Les données issues du radar de Satolas, ont été estimées peu exploitables (voir Renard, Faure, Comby, 2008). L'analyse a été conduite à partir de trois modes d'évaluation essentiels : évaluation par simulation, analyse à partir des données réelles, mise en évidence de biais général entre images de réflectivité et images de lames d'eau (Voir : Renard, Faure, Comby, 2008 sous presse).

- Comparaison pluviomètre/radar et correction :

Comparaison surfacique globale à l'échelle des épisodes pluvieux sur le Grand Lyon (pour les deux types de données radar. Les données radars ont été réajustées par un facteur correctif global uniforme dans l'espace basé sur les pluviomètres, puis elles ont été comparées ponctuellement et pseudo-ponctuellement aux valeurs pluviométriques associées. Comparaison fine ponctuelle pixel radar / pluviomètre : extraction de valeurs radars ponctuelles (un pixel) ou pseudo-ponctuelles à la verticale des pluviomètres disponibles, pour comparaison sur les épisodes pluvieux de l'échantillon).

Typologie des pluies et dysfonctionnement du réseau : mise en relation de l'aléa pluviométrique avec les débordements :

Deux types d'analyses ont été développés. Analyse des débordements du réseau en fonction du type de pluie (Renard et Riquier, 2008) et précipitations dites normales échappant aux critères de sélection des pluies à risques). Étude de la vulnérabilité de la nature du réseau (Réseau unitaire, séparatif Eaux pluviales / Eaux usées, absence) du domaine (domaine privé, public, etc.), des ouvrages (égouts, puits,...). Analyse croisée spatiale des composantes du réseau (canalisation, bouche d'égout, puits perdus) en fonction du type de pluie.

Résultats :

Les analyses ont permis d'améliorer sensiblement la connaissance de la pluie (descriptive et dynamique) sur l'agglomération lyonnaise sous plusieurs angles et de réduire plusieurs points de blocage et de répondre à la commande opérationnelle.

Evaluation de la qualité de la mesure radar :

Les évaluations ont montré que les données issues de l'implantation du radar à Lyon-Satolas étaient difficilement exploitables. Le recours à ces données est pour l'instant abandonné. Les évaluations par simulation ont mis en évidence que le Grand Lyon et ses abords immédiats sont situés dans la zone d'excellente visibilité du radar de Saint-Nizier. Cependant, un nombre significatif de pixels a une qualité de mesure hydrologique réduite en raison de phénomène d'échos de sols sur les zones du Grand Lyon.

Les évaluations à partir des données réelles ont permis de mettre en évidence une très bonne cohérence entre les deux types de cumuls, de même qu'avec les résultats obtenus par simulation. Cette concordance permet de confirmer l'origine et l'importance des sources d'erreur affectant les images réelles et les zones du territoire de l'agglomération affectées par des phénomènes d'échos de sol (notamment les Monts d'Or, le plateau de Fourvière et une partie du nord de Corbas). La liste de ces pixels jugés moins fiables a été dressée et ils ont été filtrés afin de comparer très localement les valeurs du radar aux valeurs des pluviomètres de la communauté urbaine de Lyon.

Comparaison surfacique globale à l'échelle des épisodes pluvieux sur le Grand Lyon

Les analyses ont montré que les écarts entre estimations radar et les valeurs pluviométriques présentent une forte amplitude au fil du temps, notamment pendant les périodes hivernales (présence de bande brillante), surtout pour les estimations exploitant les valeurs brutes de réflectivité. De ce fait, un facteur correctif global a été développé pour chaque épisode.

Comparaison fine ponctuelle pixel radar / pluviomètre

Il ressort de cette comparaison que l'écart moyen (distance rectilinéaire : moyenne de la valeur absolue des écarts) entre données pluviométriques et valeurs radars est relativement faible (20,4 % pour les lames d'eau et 23,3 % pour la réflectivité), et varie considérablement en fonction du type d'événement pluvieux, l'écart entre valeurs ponctuelles et pseudo ponctuelles étant négligeable (écart maxi 37,6 % dans le cas d'épisodes pluvieux dits « exceptionnellement intenses », à 11,8 % et 13,4 % dans le cas d'épisodes dits « exceptionnels » en terme de hauteur d'eau totale précipitée et en terme de durée.

En résumé, l'étude a permis la validation et la correction des données radar, indispensables pour toute application hydrologique. Le recoupement pluviomètres/radar a permis de mieux définir la

distribution spatiale et temporelle des pluies et de mettre aussi en évidence les secteurs de plus fortes lacunes où des améliorations doivent être apportées dans la mesure (voir perspective).

Dans l'état actuel des analyses, il a été mis en évidence que la relation entre les facteurs locaux (relief, ICU, etc) et la distribution spatiale des pluies, est loin d'être systématique voire très faible (Renard. et Comby, 2007). Ces tendances semblent aussi se confirmer dans les études en cours (thèse de F. Renard) à des échelles spatiales plus larges. Cependant le caractère considéré *a priori* « aléatoire », de la distribution spatiale des pluies lors des épisodes pluvieux à risque, est à relativiser dès lors que l'on s'intéresse à la dynamique des épisodes.

Il a été mis en évidence une tendance significative à un déplacement des noyaux de plus fortes intensités au cours de chaque épisode. La simple observation des interpolations par pas de temps de 6 minutes des épisodes pluvieux a permis de détecter une tendance significative à un déplacement sud-ouest/Nord-est des noyaux de plus forte intensité pour tous les épisodes et quel que soit le type de pluie considéré. L'étude de l'anisotropie des variogrammes expérimentaux a confirmé cette tendance et révélé que c'est sur la portée que l'on observe les plus grandes différences, avec 40°N d'orientation environ. La construction de transects a permis de matérialiser cette tendance. Les premières analyses fondées sur le radar confirment ces résultats. Les résultats de ces travaux constituent un apport très encourageant pour l'anticipation opérationnelle des phénomènes.

En matière de typologie des pluies et vulnérabilité du réseau, l'étude a permis d'établir une première relation entre les types d'aléa (analyse descriptive) et les débordements (Identification des pluies de la vulnérabilité de la nature du réseau (Réseau unitaire, séparatif eaux pluviales / eaux usées, absence)) du domaine (domaine privé, public, etc.), des ouvrages (égouts, puits,...), Analyse croisée spatiale des entités du réseau (canalisation, bouche d'égout, puits perdus) en fonction du type de pluie (voir Renard F, 2008).

En lien avec le thème 1, les travaux ont également porté sur le développement d'outils de couplage des données au sol et des données radar pour intégration dans un logiciel de conception et simulation des systèmes d'assainissement CANOE. Cela a consisté en :

- l'importation de données radar sous différents formats sur 18 mois effectifs (données en continues sur 18 mois),
- la reconstruction des données pour les mettre au format de CANOE,
- l'application d'un coefficient correcteur utilisant l'information obtenue sur les pluviomètres,
- la correction automatique ou manuelle des pixels erronés, visualisation des résultats.

Une série continue de 18 mois de pluie a ainsi été constituée.

Thème 2 : Simulation géostatistique de champs précipitants spatio-temporels :

Le Cemagref, unité hydrologie-hydraulique, a développé depuis 2000 un cadre conceptuel pour la simulation géostatistique de champs précipitants spatio-temporels. Les développements théoriques menés plus récemment ont été réalisés, dans leur majorité, en coopération entre l'UR Hydrologie Hydraulique du Cemagref de Lyon et le LTHE à Grenoble.

Les travaux sur la période considérée s'appuient sur une thèse (J.-M. Lepioufle en cours), plusieurs stages d'étudiant et le soutien de projets de recherche dont : i) ANR-Rives où la définition et la mise en forme algorithmique d'une sélection d'événements représentative de l'aléa ont notamment été étudiés et mis en place dans ce cadre et ii) ANR-Avupur qui a introduit un besoin de reconstruction des précipitations passées pour lequel l'approche retenue à été celle de la simulation géostatistique conditionnelle. Les outils correspondant sont en cours de finalisation. Ils fondent à la fois les résultats présentés ici et les perspectives ultérieures. Dans ce cadre les actions 2006-2008 ont essentiellement concerné des développements algorithmiques recoupant approches par simulations libres (sans référence à une date ultérieure du passé) et surtout les approches par simulation (géostatistique) conditionnelle.

Approche conceptuelle et méthodologie.

Les pluies sont considérées comme un processus aléatoire gouverné par les conditions de grande échelle. L'analyse concernera aussi bien un ensemble choisi d'événements historiques, une saison particulière, ou un « type de temps », fourni sous forme d'un indicateur externe codant le patron de circulation atmosphérique.

Les pluies ont des caractéristiques déductibles des observations pluviographiques (données de réseau). Pour chaque type de pluie, les éléments recherchés sont :

- la fraction des pas de temps secs et les transitions temporelles entre pas de temps secs et humides ;
- la fraction sèche et la structure spatiale de la transition entre zones sèches et humides dans les pas de temps humides ;
- la distribution ponctuelle, la variabilité spatiale et temporelle des pluies de la fraction humide des pas de temps humides.

La valeur des propriétés citées est déterminée pour différentes durées d'agrégation (de 6 minutes à deux heures, ou de deux heures à la journée). En exploitant les contraintes logiques qui s'expriment lors de l'agrégation temporelle des champs, il est possible de proposer une paramétrisation d'un champ stochastique qui respectera les propriétés hydrologiquement importantes, sur toute une gamme de durées, tout en gardant un nombre de paramètres raisonnable. Dans cette recherche d'une paramétrisation efficace, l'advection, qui lisse les cumuls pluviométriques, apparaît avoir un impact majeur (thèse J.-M. Lepioufle, en cours).

Cette paramétrisation est ensuite utilisée dans des simulations basées sur la technique géostatistique des bandes tournantes; il y a au moins deux simulations indépendantes, celle des pluies non-nulles et celle de l'indicatrice de pluie (signal de présence/absence).

Résultats

Les savoir-faire développés permettent :

- de générer un nombre arbitraire de champs de précipitation réputés représentatifs de la climatologie locale (simulations libres). Ceux-ci peuvent être utilisés pour des études d'aléa pluviométrique ; associée à un modèle hydrologique adapté, elles permettent l'évaluation de stratégies de mitigation de crues, d'étude de ressource en eau. Elle permet aussi d'étudier le phénomène de découpage des champs pluvieux par le réseau de collecte, qui fait qu'une bonne prévision des intensités de pluie ne suffit en rien à savoir ce que les bassins versants collecteront concrètement.
- de générer un nombre arbitraire de champs de précipitation qui respectent non seulement les caractéristiques climatologiques, mais aussi les valeurs historiques observées (simulations conditionnelles). Ces variantes toutes légitimes permettent de montrer de façon objective et numériquement utilisable ce que l'on sait d'événements historiques passés (toujours moins connus que ce qu'on peut croire) et d'en tenir compte dans nos diagnostics rétrospectifs. Elle permet aussi de ne pas s'illusionner sur ce que l'on fait quand on cale un modèle hydrologique complexe sur la base de quelques événements seulement.
- En observant les champs simulés, on est frappé par le réalisme des champs obtenus, nécessaire à une époque habituée aux mosaïques issues de radars météorologiques. Mais la construction d'une image convaincante n'a pas été cherchée pour elle-même. A côté de la logique mathématique ordinaire, le seul guide pour un hydrologue a été et restera que les volumes d'eau précipités soient respectés pour toute une plage de durée et de superficies de collecte, et c'est en cela que la géostatistique, familière des espérances mathématiques et des variances, a été un outil pertinent.

d) Programmes de recherches supplémentaires ayant servi de support

- AVuPUR, Assessing the Vulnerability of Peri-Urban Riversing - projet ANR VMC (2008-2010) - Désagrégation de l'information climatique aux échelles hydrologiques, WP4: Sensitivity tests and scenarios, Use of radar data for 6 minutes rainfall characterisation and conditioning.
- Projets sur les inondations en ville : ANR RGPU RIVES (2005-2008).

e) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

ALLICIME (Bureau d'étude), Météo-France, LTHE Grenoble, SCRIPPS Institution UC San Diego, USA.

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

Thème de recherche 1

En référence à la demande effective de la Direction de l'Eau la recherche visera sur le plan opérationnel à « mieux connaître l'entrée pluie et mieux gérer les pluies », « mieux appréhender quels types de pluie provoquent quels types de nuisances et mieux les anticiper ». Deux priorités générales ont été formulées « anticipations des pluies et le changement climatique ».

Plusieurs actions en découlent prioritairement pour l'OTHU :

Amélioration de la représentativité des données : Réduire et reconstruire (dans la mesure du possible) les lacunes dans la mesure et l'information fournie par les mesures actuelles (amélioration du couplage pluviomètre/radar, renforcement de la collaboration avec le Cemagref et en particulier sur l'estimation conditionnelle et plus généralement les caractérisations probabilistes de l'aléa pluviométrique (qui permettra le recoupement de trois modes d'évaluation et pour lequel un programme de travail a été établi (ref prospective thème 3). Les résultats obtenus conditionneront la rationalisation éventuelle du réseau de mesure au sol en fonction des points de blocage sur le comblement des lacunes.

Amélioration de la représentativité des entrées pluies pour les modèles de simulation hydrologiques de cours d'eau ou de réseau d'assainissement de l'agglomération, avec notamment le recours à CANOE.

Détermination de la genèse et de l'évolution des systèmes pluvieux : analyse descriptive (détermination statistique) et analyse génétique. Amélioration de l'analyse descriptive des formes d'advection : tailles des zones pluvieuses, etc. par le recoupement des trois approches sus citées qui permettra conjointement de mieux appréhender l'hétérogénéité pluviométrique géographique des aléas . Une première phase de détermination des tailles et vitesse d'advection des noyaux pluvieux à partir du couplage pluvio/radar est en cours. Une collaboration avec Météo-France et la SCRIPPS Institution - UC San Diego - USA, sur l'utilisation des modèles de prévision et simulation est en phase de construction pour l'amélioration de connaissance et de l'anticipation des phénomènes pluvigènes. D'un point de vue opérationnel le recours à la donnée radar en temps réel est également en cours d'évaluation avec Méto-France et la DE du Grand Lyon).

La reconstruction des précipitations passée. En lien avec le souhait de la DE d'introduire le changement climatique dans les questions de gestion des eaux pluviales. Sur ce plan, si le recours au radar avant 2001 est peu envisageable, la bonne correspondance entre la mesure pluviométrique et ses traitements (interpolations fines) et la mesure radar après 2001, permet de réduire sensiblement ce point de blocage, par un recours justifié aux données pluviométriques avant 2001. Par ailleurs, les analyses en cours (LCRE, Cemagref, etc) qui ne traduisent pas de tendances significatives dans l'évolution des précipitations (précipitations à risque notamment) pourraient orienter la question du changement climatique sous l'angle de l'évaluation des vulnérabilités, plutôt que sur celui des extrapolations climatiques.

Thème de recherche 2

- Une reconstitution des pluies passées sur les bassins versants objet d'étude de l'OTHU est possible, et pour part en cours (Le travail effectué sur le BV de l'Yzeron, projet ANR-Avupur pourrait être étendue à l'ensemble du territoire du grand Lyon).

- La stratégie de simulation conditionnelle devrait être combinée, pour la période récente ou pour des événements particuliers, aux informations radars et autres données mobilisées. Ceci permettra de contraindre plus finement les reconstitutions et de « boucher les trous » dans les zones mal perçues par le radar. Le croisement des approches permettra d'affiner l'analyse de variabilité résiduelle des pluies après reconstitution, en fonction des données mobilisées. En outre, Si les reconstructions par simulation conditionnelles sont tenues par les données, la prise en compte de ce fait dans les simulations libres serait utile. L'expérience accumulée et les travaux conduits dans le thème deux seront très utiles à cette analyse.

- En utilisant les éléments prévisibles d'une situation météorologique comme base d'une classification, on peut proposer de faire reformuler la simulation vers un outil de désagrégation conditionné aux informations de grande et moyenne échelle. Ces travaux seront conduits en lien avec ceux du thème deux menés sur l'analyse des situations et leur typologie).

- La définition de l'aléa pluviométrique en fonction des superficies, réalisée sur la région parisienne dans un autre cadre, devrait logiquement être rejouée sur Lyon.

g) Production scientifique et autre (2006 – 2008)

Thèses en cours

Renard F. : Le risque pluvial en milieu urbain : le cas du Grand Lyon

Lepioufle J.-M. : Définition et implémentation d'une description des précipitations suffisamment complète pour permettre une bonne appréciation de l'aléa pluviométrique et la genèse de champs pluviométriques aptes à être utilisés en entrée de modèles hydrologiques spatialisés

Articles dans revues internationales à comité de lecture

Renard F, Comby J. (2007). Characterisation of rainfall events in urban area by spatial interpolation: the case of the Greater Lyon, *Climatologie* (Pub Association Internationale de Climatologie), 4, 131-144.

Ramos M.H., Leblois E., Creutin J.-D. (2006). From point to areal rainfall: linking the different approaches for the frequency characterisation of rainfalls in urban areas. *Water Science & technology*, 54(6-7), 33-40.

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

Leroux M., Comby J. (collaboration) (2006). *Global Warming: Myth or reality ? The erring ways of climatology*, Springer-Praxis Books in Environmental Sciences, Londres, 509 p.

Liégeois M., sous la direction de Coanus T., Comby J., Gibert C. (2007) Les risques en Rhône-Alpes ; Etat de la recherche et prise en compte des sciences de l'homme et de la société, Cahier du CNRS, MSH Gren, sous presse, 114 p

Communications dans conférences internationales

Chennu, S., Grésillon, J.M., Faure, J.B., Leblois, E., Poulard, C., and Dartus, D. (2008). Flood mitigation strategies at watershed scale through dispersed structural measures, *4th International Symposium on Flood Defence: Managing Flood Risk, Reliability and Vulnerability* ; Toronto, Ontario, Canada, May 6-8,.

Comby J., (2007). Sharing Experience on Policy Objectives & Recovery Practices. *International Conference ECORISE, The Emergency – forum of City Officials on Rebuilding Infrastructure for a sustainable Environment, Session II Rain and Flood - 3 - 4 March*, New-Orleans, USA.

Comby J., Dugand J, Kermadi S, 2006. Relations entre îlot de chaleur urbain (ICU) et végétation sur l'agglomération lyonnaise, *Coll Association Internationale de Climatologie*, Tunis, septembre 2007, Tunisie

Leblois E. 2006, EGU 2005-A-10914, Session Hydrological Sciences 35 : On the probabilistic link between falling rain and basin rain, Wien,

Renard F., (2008), *Evaluation de la qualité de la mesure hydrologique du radar de Saint Nizier appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon*. Congrès SHF Prévisions hydrométéorologiques. Lyon – France – November 18-19.

Revue nationale

Renard F., Comby J. (2006). Evaluation de techniques d'interpolation spatiale de la pluie en milieu urbain pour une meilleure gestion d'événements extrêmes : le cas du Grand Lyon, *La houille blanche*, N°6,-2006, pp 73-78.

Renard F., Riquier J. (2008 – sous presse), Analyse territorialisée du risque de débordements de réseau d'assainissement liés aux eaux pluviales : application au Grand Lyon. *Noréis*, 218, (sous-presse).

Autres

Chopart S., Leblois E., El Kadi K. (2007). Selecting representative rain events considering a given structured basin. Poster EGU2007-A-05172, EGU Meeting, Wien

Comby J. (2007). Le changement climatique mythe ou réalité. Conférence, MEDEF Rhône-Alpes, Commission changement Climatique, 25 septembre 2007.

Leroux M., Comby J (2007) Evaluation des indicateurs du changement climatique. *Conférence journées de l'Académie des Sciences*, Paris.

Renard F. (2008). Analyse territorialisée du risque de débordements de réseau d'assainissement liés aux eaux pluviales : application au Grand Lyon. Actes des Journées doctorales en hydrologie urbaine, Nancy, France, 14-15 octobre 2008, sous-presse.

Renard F., Comby J. (2007). Journée de climatologie de la Commission Climat et société, AFCN, MSH Grenoble, Mesures et Modèles.

Renard F., Faure D., Comby J. (2008). Evaluation de la qualité de la mesure hydrologique du radar de Saint-Nizier appliquée au contexte locale de la Communauté Urbaine de Lyon. Actes du *Colloque SHF-191^e CST-«Prévisions hydrométéorologiques»*, Lyon, 18-19 novembre 2008, 4 p (accepté).

C.2 Apports des Bassins Versants

a) Equipes concernées

Cemagref Lyon – UR Hydrologie et hydraulique,
Cemagref Lyon – UR Qualité des eaux et pollutions diffuses,
Cemagref Lyon – UR Biologie des écosystèmes aquatiques,
LRGE UMR 5600 CNRS - IRG - Université Lyon 2,
L.S.E – ENTPE,
LGCIE -INSA de 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 de la directive cadre sur l'eau, 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.

Cet objectif général sous-tend les recherches menées au sein de l'OTHU, mais tous les aspects n'ont pas été abordés sur la période couverte par ce rapport. Seules les questions scientifiques suivantes ont plus particulièrement été abordées :

- Quelle est la part des écoulements liée aux apports des zones rurales et urbaines et peut-on 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 :
 - issus d'un déversoir d'orage ?
 - produits par les bassins versants urbains ? avec deux sous-problèmes :
 - Comment estimer les flux polluants avec des indicateurs globaux (MES et DCO) évalués de manière continue et permettant d'appréhender la dynamique des flux polluants et comment calculer les flux sur de longues périodes ? et
 - de quelles substances potentiellement dangereuses ces flux d'eau sont-ils porteurs ?

c) Principaux résultats

Modélisation hydrologique spatialisée sur l'Yzeron et identification des processus de génération du ruissellement

Dans l'objectif d'une gestion intégrée de la ressource en eau, à l'échelle où l'action de l'homme est sensible et où les leviers d'action sont identifiables, la complexité spatiale est une contrainte majeure à intégrer pour gérer un bassin versant de la centaine de kilomètres carrés. A cette échelle les entités hydrologiques homogènes peuvent représenter de quelques dizaines d'hectares à quelques km² et les effets de moyenne qui conduisent à des simplifications des algorithmes de calcul ne sont plus aussi valides que pour des bassins du millier de kilomètre carré et plus.

L'hydrologie du milieu périurbain est influencée par la création de chemins artificiels de l'eau, qui accélèrent les écoulements, mais aussi par la soustraction d'une partie du ruissellement par les réseaux d'assainissement qui diminuent la production. Des mesures réalisées depuis 1997 sur le bassin de l'Yzeron confirment des effets nuancés selon les saisons du régime hydrologique.

Afin de mieux quantifier la contribution des zones urbaines et rurales aux écoulements (ruissellement, hypodermique et nappe) aux différentes saisons du régime hydrologique, trois bassins versants différenciés par la combinaison de leurs caractéristiques géologiques, pédologiques de pente et d'occupation ont été équipés en mesures de pluie, débit, conductivité électrique et isotope de l'oxygène dans le bassin de l'Yzeron. Les résultats nous amènent à différencier les mécanismes d'apport des bassins sous forêt, en prairie et urbanisé. En forêt ne se développent pas de nappe de versant, alors qu'elles ont été mises en évidence sous prairie. Le bassin périurbain montre une contribution plus importante du ruissellement (eau nouvelle dans la Figure 27) quand l'eau de nappe et l'écoulement de sub-surface sont de moindre importance. Les apports d'eau nouvelle proviennent des chemins artificiels de l'eau (fossés routiers dans ce secteur).

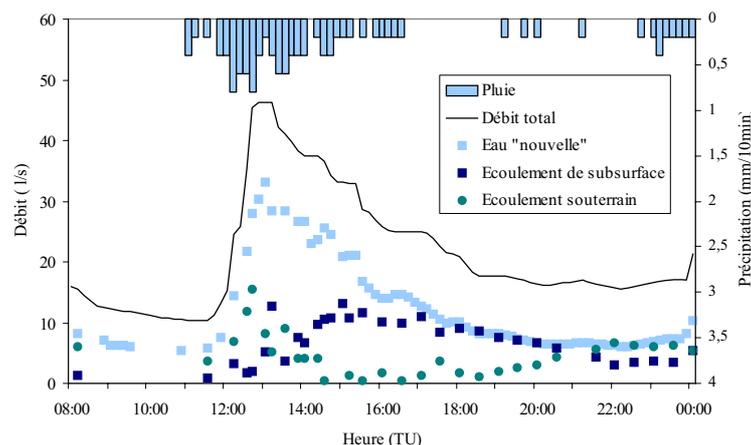


Figure 27 : Séparation des écoulements pour une crue de la Chaudanne en amont du déversoir d'orage. Méthode EMMA utilisant isotope de l'oxygène et conductivité électrique pluie, eau de nappe et eau de rivière.

Compte tenu des résultats prometteurs de ce travail, de nouvelles recherches, à partir d'outils de modélisation maîtrisés en interne ont été entamées en 2008 avec le démarrage du projet ANR AVuPUR. Comme mentionné précédemment, l'instrumentation pérenne en terme d'hydrométrie, de pluviométrie et de variables climatiques est renforcée par l'installation de nouvelles stations, couvrant le bassin de manière plus homogène pour la pluie et sur des bassins emboîtés pour les débits.

La modélisation est réalisée dans la plate-forme de modélisation LIQUID. Pour une modélisation fine des sous-bassins du Mercier et de la Chaudanne, une première version, adaptée aux zones rurales a été évaluée sur un autre jeu de données (Branger et al., 2008a, b). L'inclusion de modules de parcelles urbaines issus de travaux réalisés à l'IRSTV (Rodriguez et al., 2008¹⁴) est en cours. Ces modélisations pourront être évaluées à l'aide des mesures pérennes complétées par des mesures spécifiques collectées dans le cadre du projet AVuPUR. Une campagne de géophysique a permis de renseigner deux transects, l'un déjà instrumenté par R. Gnouma sur prairie, l'autre sous forêt, fournissant des informations intéressantes sur les horizons de sol et la présence de nappes de versants. On complètera ces mesures par une caractérisation *in situ* des propriétés hydrodynamiques des sols par la méthode Beerkan (Braud et al., 2005¹⁵ ; Lassabatère et al., 2006¹⁶). Par ailleurs, dans le cadre de la thèse de B. Sarrazin (ISARA, Cemagref), le sous-bassin versant du Mercier a été équipé de capteurs limnimétriques (8 en 2007 et 15 en juillet 2008) pour étudier plus finement la réponse hydrologique des zones rurales et essayer de relier ces réponses à des éléments physiographiques du bassin (indice topographique, occupation du sol). Les premiers résultats

¹⁴ Rodriguez, F., Andrieu, H. and 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.

¹⁵ Braud, I., De Condappa, D., Soria, J., Haverkamp, R., Angulo-Jaramillo, R., Galle, S. and Vauclin, M., 2005. Use of scaled forms of the infiltration equation for the estimation of unsaturated soil hydraulic properties (Beerkan method). *European Journal of Soil Science* 56, 361-374, doi: 10.1111/j.1365_2389.2004.00660.x

¹⁶ Lassabatère, L., Angulo-Jaramillo, R., Soria-Ugalde, J.M., Cuenca, R., Braud, I. and Haverkamp, R., 2006. Beerkan estimation of soil transfer parameters through infiltration experiments. *Soil Science Society of America Journal* 70(2), 521-532.

semblent confirmer une réponse plus lente des zones à fort indice topographique (Figure 28). Un vol lidar a été effectué sur la zone et une cartographie des sols à l'échelle de la parcelle cadastrale réalisée. Ces données permettront d'affiner la connaissance des chemins de l'eau et d'en déduire les facteurs prépondérants pour une modélisation à l'échelle de tout le bassin de l'Yzeron, qui reste l'objectif final des travaux.

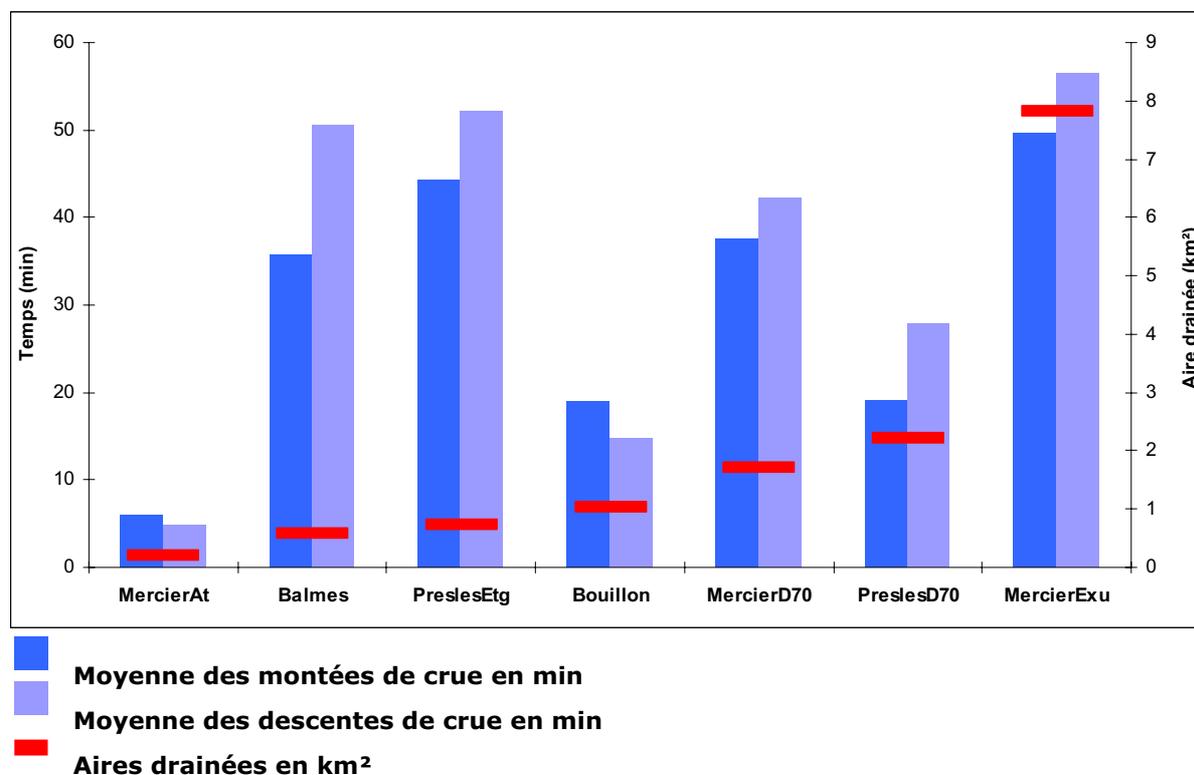


Figure 28: Moyenne des temps de montée et de descente des crues sur le bassin du Mercier sur l'année 2007. On note que les sous-bassins de Balmes et Presles-Etang ont des temps de réaction équivalents au bassin total avec des aires drainées bien plus petites. Une analyse de la carte d'indice topographique montre que ces sous-bassins sont situés sur des zones à fort indice topographique, c'est-à-dire des zones se saturant facilement, mais ayant aussi un fort potentiel de stockage lorsqu'elles ne sont pas saturées.

Compréhension et modélisation des inondations en ville et des régimes de crue

Les flux engendrés sont modélisés à partir de la propagation des eaux dans le réseau via les modèles de CANOE (INSA-Sogreah), sur les versants (modèle Wistoo – Université de Cracovie) et dans les rivières (modèle RUBAR20, Cemagref).

Un travail important a été mené en collaboration depuis plusieurs années avec la Direction de l'Eau du Grand Lyon pour construire un modèle complet du réseau d'assainissement du bassin de l'Yzeron incluant les 66 déversoirs de la communauté urbaine. Les communes hors Grand Lyon ont été intégrées récemment. Le logiciel CANOE (INSA-Sogreah) est l'outil partagé. Il est basé sur un modèle conceptuel des fonctions de production et de transfert et fonctionne principalement en mode événementiel. La partie « écoulements » sur les versants ruraux devrait être relayée à terme par le modèle Power construit dans le cadre du projet ANR-AvuPur sur l'Yzeron et qui repose sur des équations physiques des écoulements dans le sol.

Dans ce contexte, l'interaction entre crues rurale et urbaine constitue un point d'intérêt important. Dans les projets ANR RIVES & HY2VILLE qui se terminent en 2008, le site de Oullins situé à l'aval du bassin de l'Yzeron a été retenu pour comprendre l'origine et la propagation des crues urbaines par débordement ou refus du réseau d'assainissement. La comparaison des limites d'inondation observée sur le terrain et calculée à l'aide du couplage des modèles CANOE et RUBAR20 a donné des résultats tout à fait satisfaisants permettant de retrouver les contours des limites d'inondation

observées. Cette action a donné lieu à un module de couplage pré-opérationnelle (El Kadi-Abderrezzak K et al., 2007).

Par ailleurs l'utilisation du modèle CANOE calé à l'échelle du bassin de l'Yzeron a permis d'évaluer l'impact du développement urbain sur l'intensité des crues et en référence à l'état d'urbanisation (13% du bassin) observé en 1979. Les rapports des débits de pointe sont donnés pour 1996, 2004 et 2025 (Figure 29).

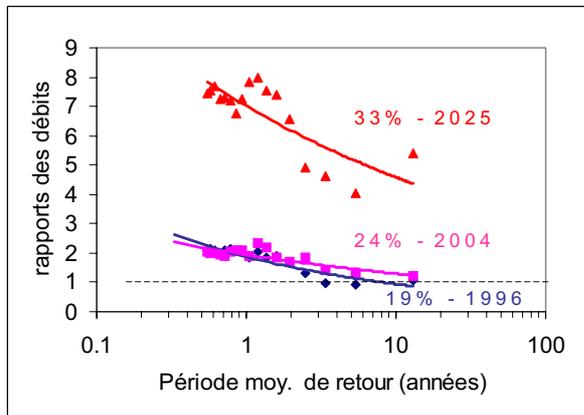


Figure 29 : Impact du développement urbain sur les crues.

L'accroissement marque essentiellement les crues de faible période de retour pour un taux d'urbanisation inférieur à 25% du bassin de l'Yzeron. L'accroissement important simulé pour 2025 sur l'intensité des crues est attribué pour l'essentiel au raccourcissement du temps de transfert du ruissellement qui favorise les concomitances sur les sous affluents. Un développement est de simuler l'effet de la rétention de la pluie 50ans tel qu'imposé par le Grand Lyon pour toutes nouvelles constructions dans l'Ouest Lyonnais. La prévision d'un effet assez catastrophique devrait être compensée par la mise en place de deux barrages secs sur l'Yzeron et son principal affluent, le Charbonnières.

Flux produits par un déversoir d'orage

Le dispositif OTHU de Grézieu la Varenne permet une mesure directe des flux rejetés vers une petite rivière, la Chaudanne.

Sur les rejets analysés depuis 2001, les durées vont d'un ¼ d'heure à près de deux heures et leur dynamique est, là encore, très variable : les rejets d'été sont plus importants avec des pics marqués comme l'indique la Figure 30, les rejets d'automne et d'hiver sont plus lissés. L'étude statistique des volumes et temps de déversements mesurés durant les années analysées depuis 2001 montre clairement que les rejets de la période estivale sont les plus volumineux et les moins longs. Le volume moyen rejeté chaque année est estimé à 740 000 m³.

Les concentrations en MES mesurées sur ce dispositif. On note qu'environ la moitié en masse (32 à 70 kg) des matières en suspension est rejetée dans les dix premières minutes quelle que soit la saison pour ce site. On sait par ailleurs que 70 à 90 % de la charge polluante sont adsorbés sur les MES.

Ce résultat est confirmé par les mesures de DCO : 50 à 90 % en masse de la matière oxydable (9 à 100 kg par rejet) sont aussi rejetés dans les dix premières minutes. Nous retrouvons le même phénomène mais dans une moindre mesure pour la pollution métallique: 35 à 60 % de la charge en métaux du rejet sont déversés dans les dix premières minutes. Il est à noter que sur le site d'étude les rejets débutent dans les 5 à 10 minutes qui suivent les pluies intenses. Cette réactivité peut expliquer le premier flot de pollution constaté sur nos données et qui n'est pas transposable aux autres sites.

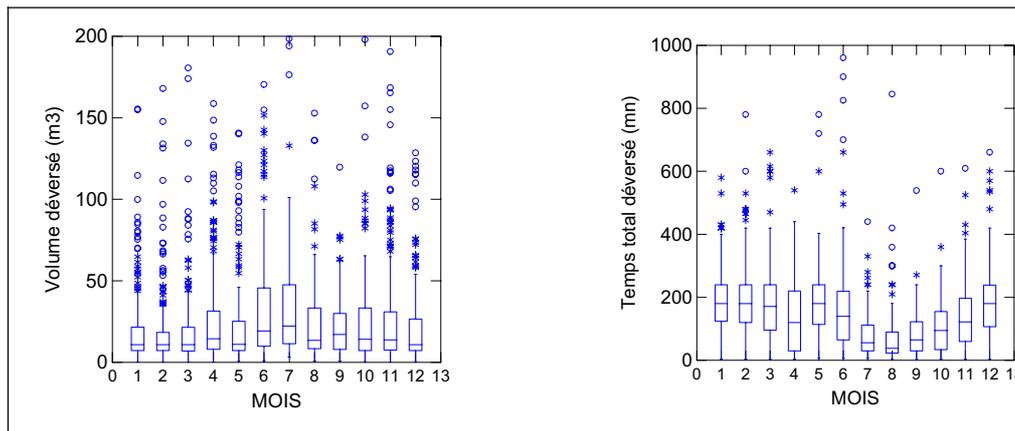


Figure 30 : Répartition statistique par mois des volumes et des durées des rejets du déversoir de Grézieu-la-Varenne

Flux polluants produits (MES et DCO) produits par les bassins versants urbains

En plus des flux hydrauliques (débits et volumes) dont la détermination est très classique, l'OTHU a pour objectif, au moyen de la métrologie en continu, d'estimer les flux polluants, notamment en MES et DCO, produits par les bassins versants urbains, en appliquant de nouvelles méthodes aux deux sites expérimentaux d'Ecully et de Chassieu.

Jusqu'à une période récente, les concentrations en MES et DCO étaient estimées à partir d'analyses en laboratoire effectuées sur des échantillons prélevés in situ durant les événements pluvieux (NF T90-029, 2002 ; NF T90-105-2, 1997 ; NF EN 872, 2005 ; NF T90-101, 2001). Cette pratique présente plusieurs inconvénients : transport des échantillons du site au laboratoire, conditionnement et conservation des échantillons, délais pour obtenir les résultats, faible représentativité dans le temps et dans l'espace. Compte tenu du coût élevé des prélèvements et des analyses, seuls quelques événements sont échantillonnés chaque année, avec au maximum 24 échantillons par événement (les préleveurs automatiques commerciaux classiques ne possèdent généralement que 24 flacons). Les résultats obtenus dans ces conditions ne peuvent pas fournir une information précise, suffisamment représentative de la dynamique des phénomènes, et complète pour estimer de manière fiable les flux événementiels ou annuels de polluants.

Une des possibilités pour réduire ces difficultés consiste à utiliser des capteurs *in situ*, capables de délivrer des informations à court pas de temps (de l'ordre de la minute, échelle de temps requise pour appréhender la dynamique des phénomènes par temps de pluie en réseau d'assainissement) qui puissent être converties en concentrations équivalentes de MES et DCO. Parmi les capteurs actuellement disponibles sur le marché, et compte tenu des conditions de fonctionnement difficiles qui prévalent en réseau d'assainissement, seuls les turbidimètres et les spectromètres UV-visible peuvent être utilisés in situ avec un niveau de fiabilité satisfaisant. Cependant, comme ces capteurs ne délivrent pas directement des valeurs de MES et DCO au sens des méthodes d'analyses normalisées, des méthodes spécifiques doivent être mises en œuvre pour évaluer des concentrations équivalentes en MES et DCO et leurs incertitudes.

Pour obtenir des résultats fiables et évaluer leurs incertitudes, ces méthodes sont présentées en cinq étapes principales: i) étalonnage des capteurs, ii) application de fonctions d'étalonnage, iii) mesurage des MES et de la DCO sur échantillons avec les méthodes normalisées, iv) détection des valeurs suspectes éventuelles, v) régressions polynomiales spécifiques entre MES ou DCO et turbidité prenant en compte les incertitudes sur toutes les grandeurs, et vi) application des régressions pour estimer les charges polluantes en MES et DCO. Pour chaque étape, des techniques numériques spécifiques sont mises en œuvre (le détail ne peut pas en être fourni dans ce rapport de synthèse).

A titre d'illustration, nous présentons ci-dessous quelques-uns des résultats obtenus pour Ecully. Les 71 événements pluvieux observés en 2004 ont provoqué 39 déversements (avec zéro, un ou davantage de déversements par événement pluvieux en fonction des caractéristiques des événements et des hydrogrammes générés). Les données expérimentales ne sont complètes et entièrement validées que pour 30 déversements : les résultats qui suivent ont donc été calculés pour ces 30 déversements seulement.

Pour chaque déversement, les concentrations équivalentes en MES et DCO pendant la durée du déversement ont été multipliées par le débit déversé mesuré simultanément, les deux séries de données étant au pas de temps de 2 minutes. Les charges polluantes ainsi calculées à chaque pas de temps ont été cumulées sur la durée totale de chacun des 30 déversements.

Les incertitudes sur les charges polluantes des 30 déversements et sur la charge polluante totale cumulée pour 2004 ont été calculées sous diverses hypothèses concernant les valeurs et leurs incertitudes au sein de chaque série temporelle : i) auto-corrélation négligée, ii) auto-corrélation des données et/ou des incertitudes estimée avec la méthode du variogramme, iii) corrélation totale des données et/ou de leurs incertitudes. Seul le premier cas est présenté ci-dessous (auto-corrélation négligée).

Les 30 déversements sont représentés Figure 31. Les barres verticales représentent les intervalles de confiance à 95 % des valeurs calculées. Les masses sont extrêmement variables d'un événement à l'autre : les masses de MES varient de 0.06 à 606 kg, avec une valeur moyenne de 71 kg ; les masses de DCO varient de 4.7 à 789 kg, avec une valeur moyenne de 102 kg. La masse totale de MES est de $2\,154 \pm 48$ kg, i.e. $\pm 2.2\%$; la masse totale de DCO est de $3\,048 \pm 74$ kg, i.e. $\pm 2.4\%$. Globalement, les masses événementielles et totales sont connues avec de faibles incertitudes. Des ordres de grandeur comparables des incertitudes ont été obtenus par d'autres auteurs utilisant des séries temporelles de turbidité.

Il est important de noter que l'échantillonnage traditionnel et les analyses normalisées en laboratoire n'auraient pas permis d'obtenir le même niveau d'information pour un coût acceptable. De plus, une analyse détaillée des pollutogrammes est possible pour tous les événements pluvieux enregistrés, ce qui ouvre de nouvelles perspectives de modélisation de la dynamique des flux polluants, aussi bien par temps de pluie que par temps sec.

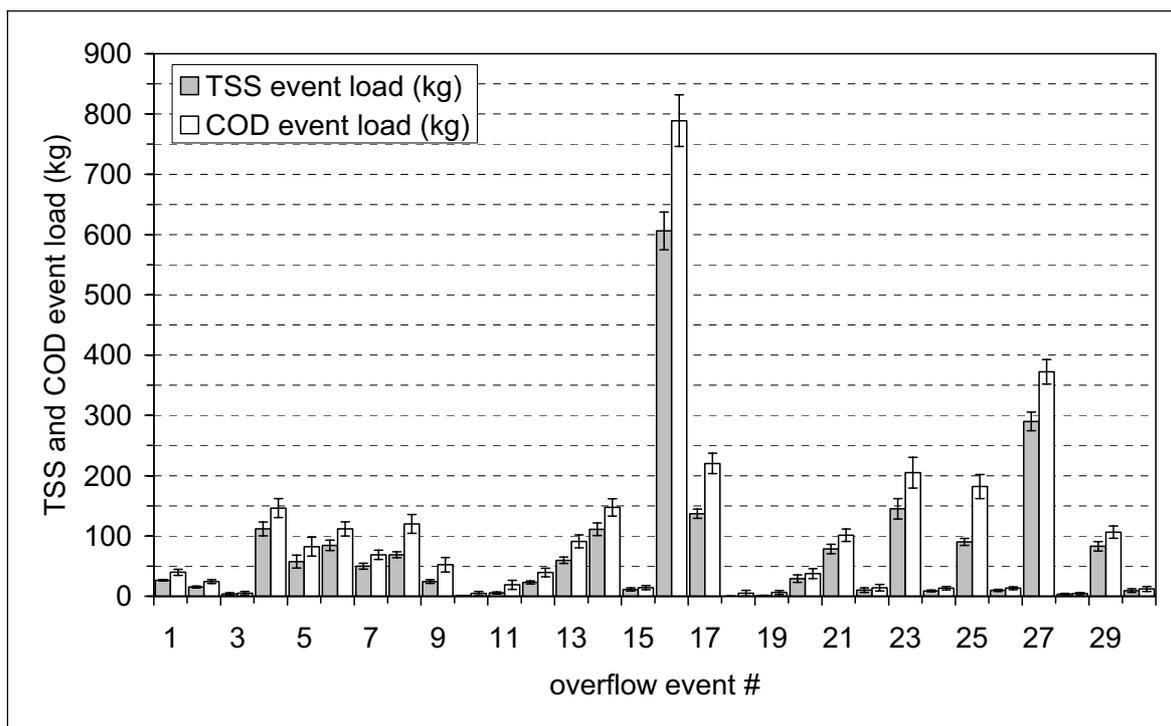


Figure 31 : Masses de MES et DCO pour les 30 déversements mesurés à Ecully en 2004

Des résultats similaires ont été obtenus pour le site de Chassieu.

Flux polluants de substances prioritaires de la DCE 2000/60/CE produits par les bassins versants urbains

L'objectif de l'étude est de quantifier les flux de substances prioritaires de la directive cadre sur l'eau (DCE, 2000/60/CE) dans les rejets urbains par temps de pluie (RUTP). Les campagnes d'échantillonnage sont réalisées sur les deux sites expérimentaux de l'OTHU à Chassieu et Ecully. Pour chaque campagne de mesure, 31 polluants organiques et 26 métaux sont analysés. Six polluants organiques ont été détectés sur 19 recherchés (analysés par LC-FLD-MS/MS) et 21 métaux sur 26 mesurés, dans la phase dissoute. Cette recherche s'appuie sur le projet ESPRIT financée par le pôle de compétitivité Axelera « Chimie et Environnement ».

L'analyse des résultats de quatre campagnes (mars à mai 2008) a mis en évidence une différence des flux spécifiques par hectare actif entre les deux sites. Les différences les plus marquées concernent le strontium, le rubidium, l'arsenic et le titane (0.658 g/ha actif à Écully et 0.048 g/ha actif à Chassieu pour le titane) (cf. Figure 32). Les flux de produits phytosanitaires (diuron, chlorfenvinphos) sont les plus élevés à Écully (cf. Figure 33).

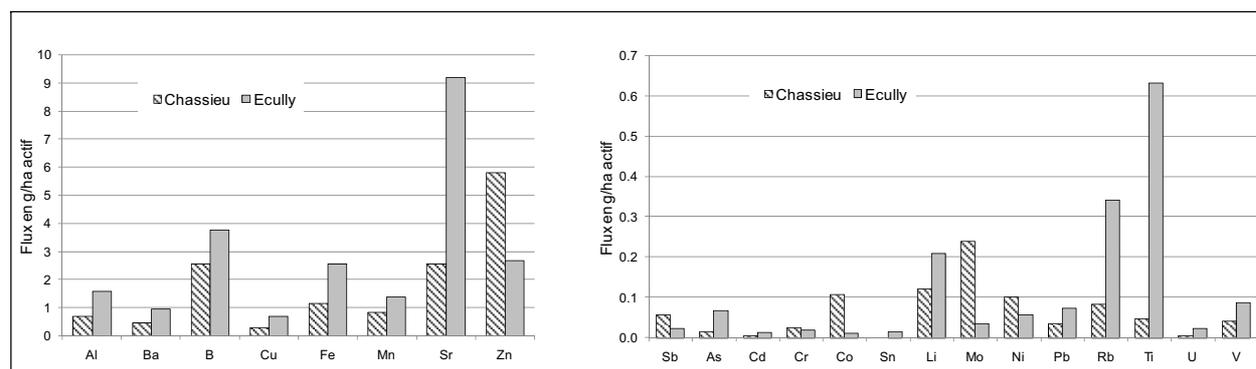


Figure 32. Flux spécifiques de métaux (phase dissoute) à Écully et Chassieu pour la pluie du 4 mars 2008

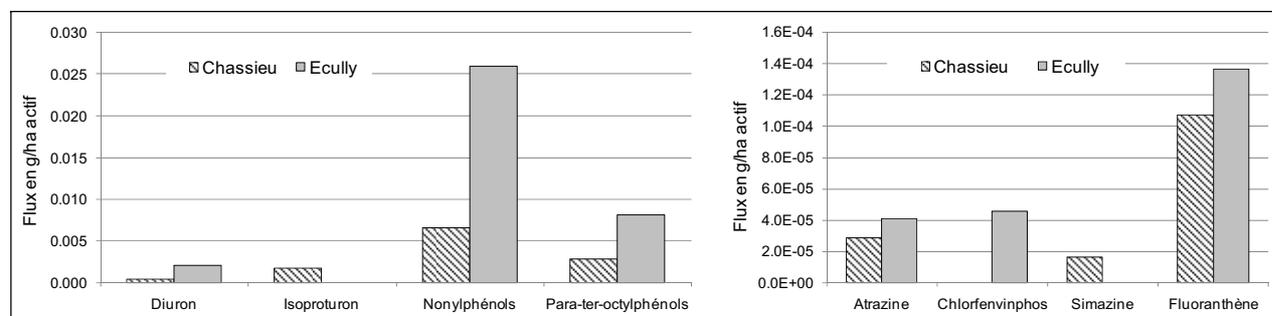


Figure 33. Flux spécifiques des polluants organiques (phase dissoute) à Écully et Chassieu pour la pluie du 4 mars 2008

Une variabilité inter-événementielle est observée à Écully. Les masses mesurées pour les substances polluantes sont variables selon l'événement considéré. La figure 3 représente cette variabilité pour les métaux.

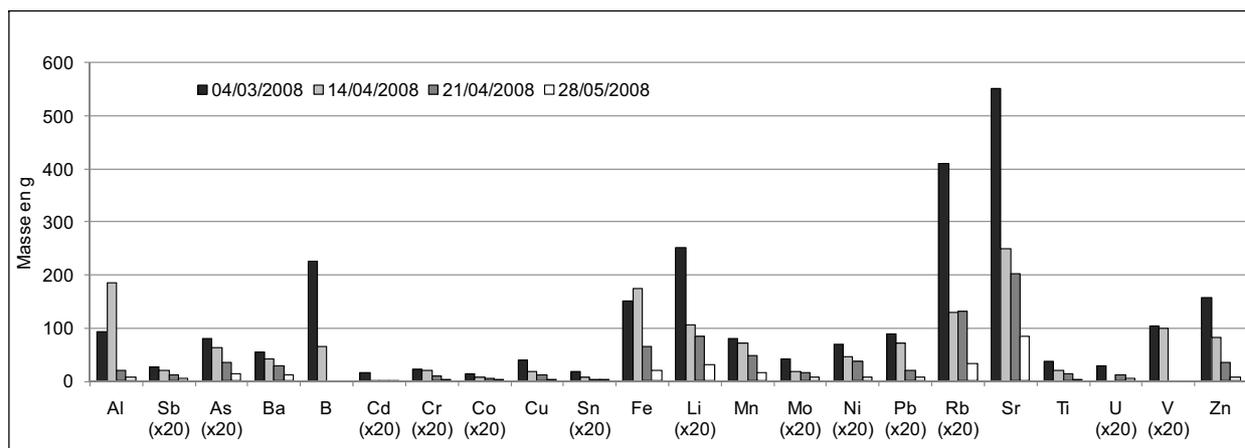


Figure 34. Masses de métaux (phase dissoute) à Écully pour 4 événements pluvieux (mars à mai 2008)

Concernant les retombées atmosphériques sèches et humides dont l'objectif est l'évaluation de leur contribution dans la masse totale des polluants des RUTP, les concentrations de quelques métaux analysés en phase dissoute dans les échantillons de ces retombées sont présentées sur la Figure 35. On remarque que toutes ces concentrations sont supérieures aux limites de quantification respectives. Par ailleurs, elles sont du même niveau, voire supérieures (pour Fe, Ni, Cu et Zn) à celles mesurées dans la fraction dissoute des RUTP (Figure 35 en haut). Sauf pour le nickel et l'étain, les concentrations dans les retombées humides varient peu d'un site à l'autre pour un même événement pluvieux (Figure 35 en bas).

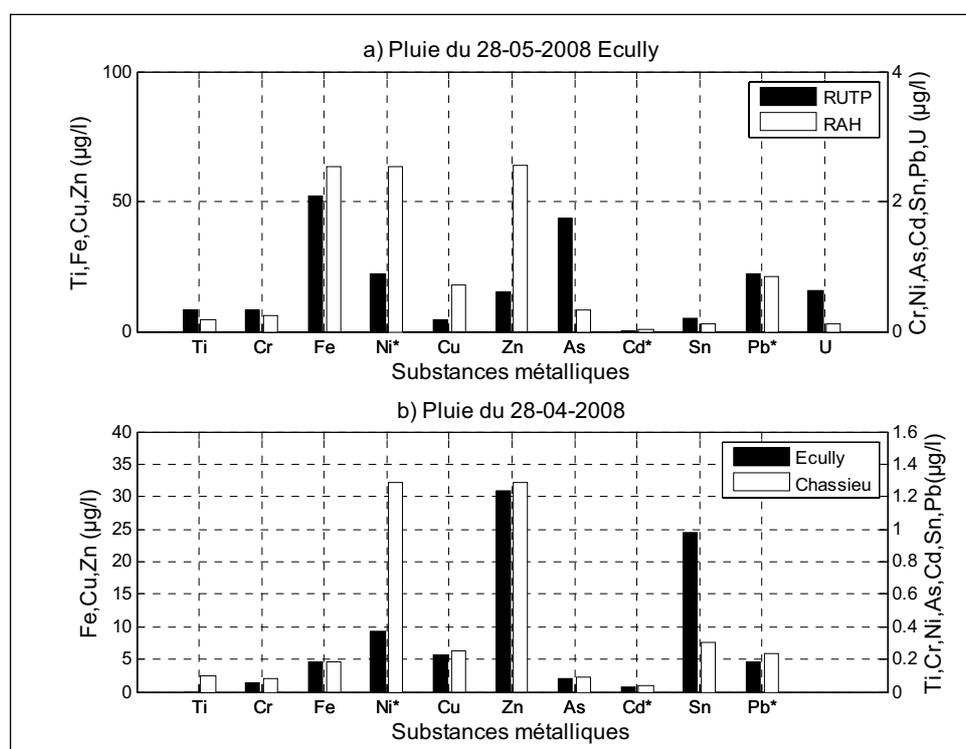


Figure 35 : Comparaisons des concentrations métalliques en phase dissoute dans les retombées atmosphériques humides avec les concentration observées dans les RUTP à Écully (en haut) et dans les retombées humides à Écully et Chassieu (en bas)

d) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

Internationales :

- Kyung Pook National University, Dep. of Civil Engineering, Corée du Sud : projet bilatéral STAR avec Cemagref/HHLY " L'influence de la structure spatiale et temporelle d'un événement de pluie à l'échelle locale sur l'inondation urbaine"
- Technical University Delft, Pays-Bas : Estimation des incertitudes et des besoins de mesure pour l'estimation et la modélisation des rejets urbains de temps de pluie (depuis 2003)
- Technical University Wien, Autriche : Evaluation et applicabilité des spectrophotomètres UV-visible pour le mesurage en continu des flux polluants en réseau d'assainissement, avec financement dans le cadre d'un PAI « Amadeus » pour la période 2005-2006.
- Université Monash Melbourne - Australie Rédaction d'un ouvrage « Data requirements in integrated urban water management » dans le cadre du 6th IHP (International Hydrological Programme) de l'UNESCO pour la période 2002-2007.

Nationales :

- Laboratoires de recherche : UMR BioEMCO (CNRS, ENS-Ulm, ENSCP, INRA, AgroParisTech, UPMC, IRSTV-Nantes et Observatoire SAP / LCPC, ISARA, LMFA, Hydrosociences Montpellier)
- Institutionnels et collectivités autres que celles partenaires de l'OTHU : SAGYRC, CETE Lyon, Cetmef, Observatoire SAP / LCPC Nantes, OPUR Paris
- Société privée et bureau d'études : Burgeap, GIPEA, HYDROWIDE, Sogreah, Alison, Safege, Suez Environnement

e) Programmes de recherches supplémentaires ayant servi de support

- GEREHPUR (Gestion de la Ressource en Eau des Hydrosystèmes Périurbains), projet Région Rhône-Alpes, Thématiques prioritaires, 2003-2006
- Projets sur les inondations en ville : Projet ECCO-PNRH HY2Ville (2006-2008) et le projet ANR RGPU RIVES (2005-2008).
- AVuPUR, Assessing the Vulnerability of Peri-Urban Riversing - projet ANR VMC, 2008-2010
- ESPRIT, Evaluation des Substances Prioritaires dans les Rejets urbains Inhérents au Temps de pluie – Action n° 13 du projet Rhodanos « Traitement des Eaux » du pôle de compétitivité Axelera « Chimie et Environnement », 2007-2010.

f) Perspectives

Les travaux sur le bassin de l'Yzeron, seront poursuivis, dans un premier temps, dans le cadre du projet ANR AVuPUR (2008-2010). Une thèse débutera sur la modélisation détaillée des sous-bassins fin 2008 au Cemagref HHLY et visera à mettre en place la modélisation couplée rural/urbain développée dans la plate-forme LIQUID et à en évaluer la pertinence. On essaiera de déduire de cette compréhension à échelle fine et des mesures des comportements qui puissent être synthétisés par hydro-paysages tels que définis par Dehotin et Braud (2008)¹⁷. Ceci permettra d'aborder la modélisation à l'échelle du bassin versant. L'objectif est ensuite de pouvoir simuler les débits sur une dizaine d'années en incorporant des scénarios d'occupation des sols et de quantifier l'impact sur le régime hydrologique et la géomorphologie. A cet effet, une analyse diachronique et des scénarios futurs d'occupation des sols seront disponibles via le projet AVuPUR. A l'échelle de l'ensemble du bassin versant, des améliorations du modèle CANOE en terme de simulation des écoulements issus des parties rurales du bassin sont en cours de développement dans le cadre d'AVuPUR (modèle à 3

¹⁷ Dehotin, J. and Braud, I., 2008. Which spatial discretization for distributed hydrological models? Proposition of a methodology and illustration for medium to large scale catchments. Hydrology and Earth System Sciences 12, 769-796.

réservoirs s'appuyant sur les résultats de la thèse de R. Gnouma (2006). L'évaluation de l'apport d'une meilleure connaissance spatialisée de la pluie (pluie radar) ainsi que la quantification des incertitudes liées à sa répartition spatiale seront aussi menées, permettant une valorisation des travaux présentés dans la section C1.

En matière de caractérisation des flux produits par les versants urbains, les travaux vont continuer de manière à quantifier et explorer la variabilité de ces entrants. Afin de pouvoir estimer de manière plus fiable ces flux de polluants, il sera également nécessaire de réfléchir à des méthodes permettant une meilleure couverture en continu.

g) Production scientifique et autre (2006 – 2008)

Thèses

Gnouma, R., 2006. Aide à la calibration d'un modèle hydrologique distribué au moyen d'une analyse des processus hydrologiques: application au bassin versant de l'Yzeron. Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Lyon, France, 14 Novembre 2006, 412 p.

Thèses en cours

Becouze C. : Evaluation des flux de polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie

Dembele A. : Quantification des retombées atmosphériques sèches et humides dans l'évaluation des flux de polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie (Convention Cifre avec Suez Environnement)

Dorval F. : Mise au point de techniques de traitement de données en continu pour l'identification de l'origine des flux de temps sec dans les réseaux séparatifs pluviaux : Etude de cas du bassin versant Django Rheinart .

Métadier M. : Utilisation de séries chronologiques continues à court pas de temps pour le calage et la vérification de modèles de rejets urbains par temps de pluie (Convention Cifre avec Safege).

Sarrazin B. : Hydrologie des réseaux éphémères

Articles dans revues internationales à comité de lecture sous la forme

Dehotin, J. et Braud, I. (2008). Which spatial discretization for distributed hydrological models? Proposition of a methodology and illustration for medium to large scale catchments. *Hydrology and Earth System Sciences* 12, 769-796.

Joannis C., Ruban G., Gromaire M.-C., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2008). Reproducibility and uncertainty of wastewater turbidity measurements. *Water Science and Technology*, 57(10), 1667-1673.

Winkler S., Bertrand-Krajewski J.-L., Torres A., Saracevic E. (2008). Benefits, limitations and uncertainty of in-situ spectrometry. *Water Science and Technology*, 57(10), 1651-1658.

Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2008). Evaluation of uncertainties in settling velocities of particles in urban stormwater runoff. *Water Science and Technology*, 57(9), 1389-1396.

Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2008). Partial Least Squares local calibration of a UV-visible spectrometer used for in situ measurements of COD and TSS concentrations in urban drainage systems. *Water Science and Technology*, 57(4), 581-588.

Bertrand-Krajewski J.-L., Winkler S., Saracevic E., Torres A., Schaar H. (2007). Comparison of and uncertainties in raw sewage COD measurements by laboratory techniques and field UV-visible spectrometry. *Water Science and Technology*, 56(11), 17-25.

Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Stormwater pollutant loads modelling: epistemological aspects and case studies on the influence of field data sets on calibration and verification. *Water Science and Technology*, 55(4), 1-17.

Gruber G., Bertrand-Krajewski J.-L., de Bénédictis J., Hochedlinger M., Lettl W. (2006). Practical aspects, experiences and strategies by using UV/VIS sensors for long-term sewer monitoring. *Water Practice and Technology* (paper doi10.2166/wpt.2006.020), 1(1), 8 p.

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Chapter 18 - Combined sewers. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 243-250. ISBN 9780415453455.

Fletcher T.D., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Chapter 12 - Financial considerations. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 171-174. ISBN 9780415453455.

- Bertrand-Krajewski J.-L., Muste M. (2007). Chapter 8 - Data validation: principles and implementation. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 103-126. ISBN 9780415453455.
- Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Chapter 6 - Understanding and managing uncertainty. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 65-90. ISBN 9780415453455.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Fletcher T.D., Mitchell V.G. (2007). Chapter 5 - Temporal and spatial scale consideration. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 45-64. ISBN 9780415453455.
- Fletcher T.D., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Chapter 3 - Defining objectives and applications of monitoring. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 29-36. ISBN 9780415453455.
- Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Field data requirements for monitoring and modelling of urban drainage systems. In "Cities of the future - Towards integrated sustainable water and landscape management" (V. Novotny and P. Brown, editors, 427 p.). London (UK): IWA Publishing, 105-120. ISBN 9781843391364.

Communications dans conférences internationales

- Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Lipeme Kouyi G., Torres A., Lepot M. (2007). Event and annual TSS and COD loads in combined sewer overflows estimated by continuous in situ turbidity measurements. *Proceedings of the 11th International Conference on Diffuse Pollution*, Belo Horizonte, Brazil, 26-31 August 2007, 8 p.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Becouze C., Dembélé A., Coquery M., Cren-Olivé C., Barillon B., Dauthuille P., Chappier J., Grenier-Loustalot M.-F., Marin P. (2008). Priority pollutants in stormwater: the ESPRIT project. *Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, UK, 31 Aug.-5 Sept., 10 p.
- Branger, F., Braud, I., Viallet, P. and Debionne, S. (2008a). An "object-based" modelling approach to assess the influence of landscape management practices on the hydrology of a small agricultural catchment, EGU General Assembly, 13-18 April 2008, Vienna, Austria, *Geophysical Research Abstracts*, vol. 10, EGU2008-A-09558, poster.
- Branger, F., Braud, I., Viallet, P. and Debionne, S. (2008b). Modelling the influence of landscape management practices on the hydrology of a small agricultural catchment, *8th International Conference on Hydro-Sciences and Engineering (ICHE-2008)*, 8-12 September 2008, Nagoya, Japon, 9 pp.
- Breil P., Vivier A., Lafont M., Namour Ph. (2007). An Assessment method on water course ecosystem resilience : application to urban storm water overflows. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon.
- El Kadi Abderrezzak,, K., Paquier, A., Lhomme, J., Guinot, V., Zech, Y., Soares-Fraza, S. (2007). Hydraulic modelling of flooding in urban area. *AquaTerra Conference, World Forum on Delta and Coastal Development*, Amsterdam, Netherlands, February 07-09, 2007. p. 209-229.
- El Kadi Abderrezzak,, K., Paquier, A., Rivière, N., Leblois, E., Guinot, V. (2007). RIVES project: knowledge and management of urban flood risks. *AquaTerra Conference, World Forum on Delta and Coastal Development*, Amsterdam, Netherlands, February, 07-09, 2007, p. 119-132.
- El Kadi, K., Paquier, A., Lhomme, J., Guinot, V., Zech, Y., Soares Fraza, S. (2007). Hydraulic modelling of flooding in urban area. *Aqua terra 2007*, Amsterdam, NLD, 07-09 février 2007. 22 p.
- El Kadi, K., Paquier, A., Rivière, N., Leblois, E., Guinot, V. (2007). Vers une meilleure connaissance et gestion du risque d'inondation dans les zones urbaines : le projet RIVES . *6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management (Novatech 2007)*, Lyon, FRA, 25-28 June 2007. 8 p.
- Radojevic B, Breil P., Chocat B. (2008). Flood regimes of mid-sized and mixed land-use catchments: can we assess the urban contribution? *4th International Symposium on Flood Defence: Managing Flood Risk, Reliability and Vulnerability*. Toronto, Ontario, Canada, May 6-8, 2008. 16p.
- Radojevic B., Breil P., Chocat B. (2008). Can we detect the impact of climate change on flood regimes? The First International Conference on Water Resources and Climate Change in the MENA Region. Muscat The Sultanate of Oman 2 - 4 November 2008. 14p.
- Radojevic R., Breil P., Chocat B. (2007). Flood regimes of mid-sized and mixed land-use catchments: can we assess the urban contribution? *International Symposium on New Directions in Urban Water Management*, 12-14 September 2007, UNESCO Paris. 10p.
- Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). PLS local calibration of a UV-visible spectrometer used for in situ measurements of COD and TSS concentrations in urban drainage systems. *Proceedings of the*

Communications dans revues nationales

- Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Lipeme Kouyi G., Torres A., Lepot M. (2008). Mesurages en continu des flux polluants particuliers en réseaux d'assainissement urbains : enjeux, méthodes, exemple d'application. *La Houille Blanche*, 4, 49-57. ISSN 0018-6368.
- Ruban G., Joannis C., Gromaire M.-C., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2008). Mesurage de la turbidité sur échantillons: application aux eaux résiduaires urbaines. *TSM*, 4, 61-74. ISSN 0299-7258.
- Mourad M., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2007). De l'utilisation pertinente des modèles de calcul des flux polluants en réseaux d'assainissement urbains. *La Houille Blanche*, 2, 105-111. ISSN 0018-6368.
- Gromaire M.-C., Cabane P., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2007). Utilisation des modèles de calcul des flux polluants en assainissement - Résultats d'une enquête en France. *La Houille Blanche*, 2, 94-98. ISSN 0018-6368.
- de Bénédictis J., Bertrand-Krajewski J.-L. (2006). Mesurage des concentrations en MES et DCO dans les eaux usées par spectrométrie UV/visible. *La Houille Blanche*, 4, 136-142. ISSN 0018-6368.
- Ruban G., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G., Gromaire M.-C., Joannis C. (2006). Précision et reproductibilité du mesurage de la turbidité des eaux résiduaires urbaines. *La Houille Blanche*, 4, 129-135. ISSN 0018-6368.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Chocat B., Barraud S. (2006). Gestion des rejets urbains de temps de pluie en réseaux unitaires. *La Tribune de l'Eau*, 59(640), 21-34.

Communications dans conférences nationales

- Bertrand-Krajewski J.-L., Joannis C. (2008). Validation et critique des résultats de mesure en hydrologie urbaine. *Actes du colloque SHF "Mesures hydrologiques et incertitudes"*, Paris, France, 1-2 avril 2008, 9 p. ISBN 2-906831-73-5.
- Joannis C., Bertrand-Krajewski J.-L. (2008). Incertitudes sur un mesurande défini comme une valeur intégrée sur une fenêtre temporelle d'un signal continu discrétisé en fonction du temps - Application aux mesures hydrologiques in situ. *Actes du colloque SHF "Mesures hydrologiques et incertitudes"*, Paris, France, 1-2 avril 2008, 11 p. ISBN 2-906831-73-5.
- Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2006). Amélioration des algorithmes d'étalonnage d'un spectromètre UV-visible pour le mesurage in situ en continu des polluants dans les effluents urbains. *Actes des 24èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC, La Grande Motte, France, 1-2 juin 2006, 8 p.*

Autres

- Barraud S., Bertrand-Krajewski J.-L., Lipeme Kouyi G., Breil P., Namour Ph. (2008). Flux polluants urbains et périurbains en temps de pluie. 4ème journée thématique de la ZABR. 31 janvier 2008 - Parc des Expositions, Valence (26). 10p.
- Breil, P., Schmitt, L., Chocat B., Lafont, M., Namour P., Perrin J.F., Gnouma R., Vivier A., Ruyschaert F., Thollet F., Lagouy M. & Fournier T. (2006). Impacts hydrologiques, morphodynamiques et écologiques de l'urbanisation sur les petites rivières : développements méthodologiques et premiers résultats. *Séminaire OTHU, Lyon, 26/01/2006 : 28 p.*
- El Kadi Abderrezzak, K. (2006). Rapport semestriel sur les travaux du projet RIVES-Semestre 4. Publication CEMAGREF, Lyon, France, 9 p.
- El Kadi Abderrezzak, K. (2007). Rapport intermédiaire scientifique du projet RIVES. Publication CEMAGREF, Lyon, France, 70 p.
- Jankowfsky, S. (2007). Modélisation des échanges entre les écoulements en surface et le réseau d'assainissement lors des inondations en ville. 5ème année à l'Université Albert-Ludwigs, Freiburg, Allemagne. 56 p.
- Laroze, B. (2006). Inondations urbaines: passage d'un Carrefour à un quartier. Master recherche Mécanique des fluides, MEGA. LMFA – INSA Lyon, 33p.
- Mercado, R. (2006). Couplage de deux modèles hydrauliques. Rapport de stage Cemagref ; 46p.
- Piney, S. (2006). Modélisation des flux polluants rejetés vers les milieux aquatiques en temps de pluie par les systèmes d'assainissement urbains : influence des séries chronologiques continues sur le calage et la validation des modèles. Mémoire de Master Recherche MEGA, URGC-INSA de Lyon, septembre 2006, 154 p.

C.3 Impacts des rejets urbains de temps de pluie sur le sol et la nappe

a) Equipes concernées

LGCIÉ (INSA Lyon), LSE (ENTPE), HBES (Université Lyon 1), BRGM

b) Objectifs scientifiques et opérationnels

La recherche menée dans ce domaine a pour but de mieux comprendre le fonctionnement des ouvrages de rétention/infiltration des eaux de ruissellement pluvial, de manière à faire des propositions pour améliorer leur conception et leur gestion.

La recherche vise à développer trois volets complémentaires.

- Un volet à caractère **cognitif** vise à améliorer les connaissances sur les processus et les mécanismes en place dans les systèmes. Cela nécessite de coupler plusieurs approches : des observations *in situ*, dont l'OTHU est le support privilégié, complétées par des approches expérimentales effectuées au laboratoire. Les principales questions traitées pendant ces trois années concernent une meilleure connaissance du fonctionnement :
 - **des systèmes de rétention/ décantation** généralement présents en amont des systèmes d'infiltration de grande taille et plus particulièrement :
 - la caractérisation physico chimique des solides transitant par ces systèmes (solides apportés, piégés, sortant d'un bassin de décantation),
 - la modélisation 2D et 3D de la décantation
 - **de l'interface ouvrage/sol des bassins d'infiltration** de grande taille et plus particulièrement la caractérisation de cette interface du point de vue :
 - de l'évolution du colmatage et des facteurs pouvant l'influencer,
 - de l'évolution spatio-temporelle de la pollution qu'elle piège,
 - du rôle de la matière organique, de la faune (bactéries et vers de terre) et de la flore dans le piégeage ou le relargage de certains polluants.
 - **du rôle de l'hétérogénéité du sol sous-jacent** et de son influence possible dans le transfert des polluants (chemins préférentiels).
 - **de l'impact sur les nappes**. Les impacts plus particulièrement examinés sont :
 - l'impact des rejets des eaux de ruissellement sur la thermie des eaux de nappe,
 - l'impact des eaux de ruissellement sur la qualité bio-physico-chimique des eaux souterraines.
- Un volet **methodologique** a pour but l'évaluation des performances globales des systèmes. Cette approche consiste à considérer l'ensemble des fonctions de ces systèmes (fonction technique, environnementale, socio-économique), à les évaluer, puis sur cette base à proposer des méthodes de gestion optimisées. Ce volet se nourrit des recherches à caractère cognitif dont il a été fait état précédemment, de la richesse des différents points de vue des chercheurs de l'OTHU et des partenaires opérationnels. Les principales questions traitées au cours des trois dernières années ont visé :
 - à poursuivre la construction **d'indicateurs de performances** pour la conception et le suivi des ouvrages d'infiltration et à développer des outils permettant de les évaluer,
 - à **tester la qualité** des indicateurs pris séparément puis ensemble,
 - à produire des **méthodes d'aide à la décision multicritères** permettant de comparer différentes solutions en phase de conception, ou de suivi d'un ouvrage existant, puis à vérifier leur pertinence.
- un volet **technologique**, encore relativement peu développé, et qui consiste à étudier les dispositifs d'accompagnement qui permettraient d'améliorer le fonctionnement des systèmes ou de faciliter leur gestion. Les principales questions traitées au cours des trois dernières années sont :
 - le pré-traitement des sédiments extraits en vue de leur valorisation
 - la recherche d'une amélioration de la couche de surface, par ajout de matériaux, en vue de réduire le colmatage et la migration des polluants.

c) Principaux résultats

- **Avancées sur le fonctionnement des bassins de retenue / décantation**

Les travaux principaux ont été effectués dans le cadre de la thèse de doctorat d'Andrès Torres consacrée à l'étude expérimentale et à la modélisation de la décantation des eaux pluviales dans un ouvrage réel de grande taille (bassin Django Reinhardt à Chassieu). Ils portaient sur quatre aspects principaux :

1- validation du protocole VICAS pour mesurer les vitesses de chute des solides décantés. Ce protocole, initialement validé pour les solides en suspension dans les eaux pluviales, est effectivement applicable pour les sédiments décantés qui présentent des vitesses de chute notablement plus élevées, les essais de reproductibilité et de répétabilité sont tout à fait satisfaisants. Néanmoins, un biais de sous-estimation des vitesses de chute réelles peut apparaître dans certains cas, dont la quantification est néanmoins très difficile.

2- variabilité des caractéristiques des sédiments décantés. Douze pièges à sédiments expérimentaux ont été utilisés pour déterminer les caractéristiques des solides décantés au cours des événements pluvieux (Cf. Figure 9- Partie B2). Les résultats obtenus montrent une variabilité inter-événementielle très importante et, pour un même événement, une hétérogénéité très forte des caractéristiques des sédiments décantés en fonction de leur localisation au fond de l'ouvrage (par exemple, les vitesses médianes peuvent varier dans un rapport de 1 à 10 selon l'emplacement pour un même événement pluvieux). Ces deux types de variabilité, qui étaient suspectés, ont été très clairement mis en évidence et contribuent à renforcer la complexité des phénomènes à analyser pour dégager de manière fiable un comportement moyen de l'ouvrage au cours du temps.

3- modélisation 2D de l'hydrodynamique et de la décantation. Compte tenu des faibles hauteurs d'eau en jeu (environ 1 m) par rapport à la surface de l'ouvrage (1 ha), une modélisation CFD en 2D est apparue comme suffisante pour simuler l'ouvrage. La modélisation 2D a été effectuée avec le code Rubar20 en collaboration avec le Cemagref de Lyon qui a développé le code initial pour ajouter des équations relatives au transport solide et à la décantation. Les résultats obtenus après calage sur les données expérimentales ont montré que le modèle 2D était capable de reproduire de manière satisfaisante (c'est-à-dire compatible avec les incertitudes des données expérimentales) l'hydrodynamique (débits de sortie et hauteurs d'eau) au sein de l'ouvrage en régime non stationnaire pendant les événements pluvieux et de simuler qualitativement les zones préférentielles de dépôts telles qu'observées sur le terrain. Ces premiers résultats, obtenus sans tenir compte des variabilités inter-événementielles observées, sont prometteurs. Un travail ultérieur conséquent reste néanmoins à accomplir pour tenir compte explicitement des variabilités observées, en procédant à des simulations en plus grand nombre et en affinant le calage du modèle.

4- modélisation 3D de l'hydrodynamique et de la décantation. Une modélisation 3D sous Fluent a été effectuée en régime transitoire, limitée à quelques événements en raison des temps de calcul extrêmement longs (plusieurs semaines) par rapport aux simulations 2D. Les premiers résultats obtenus corroborent ceux obtenus avec le modèle 2D en terme de localisation des zones préférentielles de sédimentation dans l'ouvrage. Là encore, un travail très important sera nécessaire pour affiner les connaissances, tenir compte de la variabilité inter-événementielle et mieux décrire, au niveau des équations de la turbulence, la remise en suspension des solides décantés.

A moyen terme (3-4 ans), ces travaux contribueront de manière très significative à formuler des recommandations pour une meilleure conception et une meilleure gestion des ouvrages de décantation des eaux pluviales qui, jusqu'à présent, ont été conçus principalement sur de simples critères de volume à stocker, de débit maximum de vidange et de géométrie *ad hoc* en fonction des contraintes du terrain, mais sans prise en compte explicite des phénomènes de décantation.

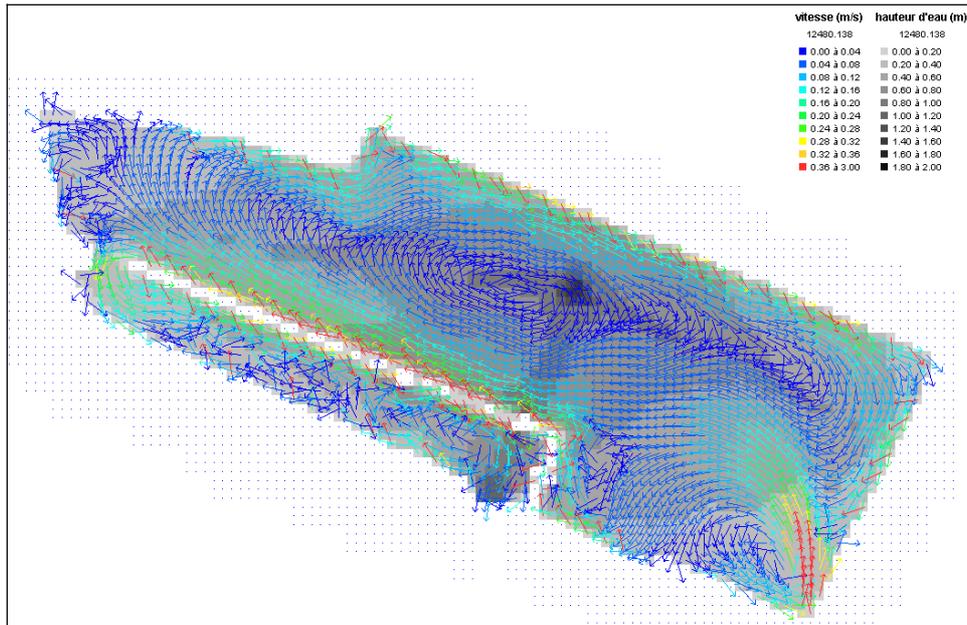


Figure 36 : Exemple de champ de vitesse et de hauteur d'eau en 2D obtenus avec Rubar20 pour l'événement pluvieux du 17/08/2006 au temps $t = 3h17$ min après le début de l'événement pluvieux.

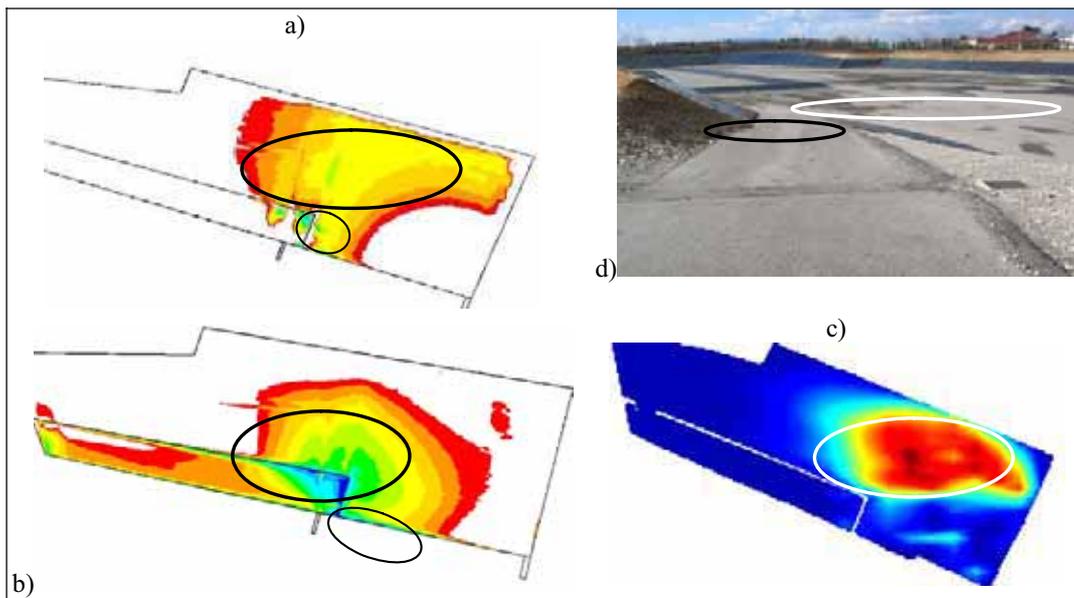


Figure 37 : Estimation des zones de sédimentation sur le fond du bassin : a) zones délimités par le coefficient de rugosité, b) zones définies par les contraintes de Reynolds en 3D sous Fluent, c) zones définies en 2D sous Rubar20, d) zones de sédimentation observées in situ.

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

Les travaux de caractérisation bio-physico-chimique de l'interface ouvrage/sol se sont poursuivis. La structure des sédiments de cet interface est fortement agrégée dans des bassins secs ou des particules élémentaires de 10 à 40 μm forment des agrégats de 800 à 1000 μm . L'étude de la fraction organique extractible au dichlorométhane est caractéristique d'une contribution majeure de produits pétroliers dégradés (huile de vidange, bitume routier, rejets de véhicules routiers). Ces molécules très hydrophobes peuvent rendre l'interface très imperméable après un temps sec long.

Les micro-organismes présents dans ces matériaux sont très nombreux (10^{10} /g de sédiments) et présentent des activités potentielles de dégradation très importantes. La diversité des bactéries présentes est variable et très dépendante de l'état hydrique de l'interface. On peut noter la présence de cyanobactéries qui semblent jouer un rôle important dans l'agrégation des particules.

La présence de métaux lourds est très importante en surface et répartie de manière très hétérogène pour un bassin de grande taille. L'évolution temporelle est très marquée et dépend fortement des conditions hydrauliques. Les zones les plus sollicitées sont les plus contaminées. Au fil du temps et plus particulièrement au fil du développement du colmatage du fond la contamination gagne l'ensemble du bassin, les concentrations restent alors relativement homogènes, seule l'épaisseur de couche contaminée croît.

Le colmatage quant à lui se développe lentement, la résistance hydraulique globale du bassin qui est suivi augmentant légèrement d'années en années avec des fluctuations non encore expliquées et non explorées. Cependant son développement est très hétérogène au sein du bassin à l'interface ouvrage/sol. Cette lente évolution de la résistance globale est liée aux capacités importantes d'infiltration des ouvrages de grande taille (infiltration par les berges lorsque le fond est complètement colmaté par exemple).

En parallèle de ces observations, nous nous sommes focalisés sur les mesures de flux de nutriments et de métaux lourds résultant de la présence de la couche de sédiments urbains contaminés sur le sous-sol. Afin de prendre en compte la diversité des ouvrages d'infiltration rencontrés sur le Grand Lyon, une comparaison du fonctionnement de l'interface a été effectuée entre des systèmes fonctionnant en condition non saturée ou en condition saturée en eau. Les résultats obtenus ont montré l'importance de la saturation en eau sur le fonctionnement de l'interface :

(1) En conditions non saturées, les phases d'infiltration suivies d'une phase de séchage donc d'oxydation et de diminution de la quantité d'eau dans la porosité entraînent une très forte élution de solutés (éléments majeurs, comme polluants) dans l'eau d'infiltration à la pluie suivante. Cette mobilité est surtout forte pour le COT qui est essentiellement dissous : de 500 à 700 mg de COT/h/m² d'ouvrage, les nitrates, le calcium. En ce qui concerne les métaux lourds suivis (le Cu, le Zn et le Cd), le cuivre est le métal le plus mobilisable avec le zinc : de 1 à 4 mg de métal élué/h/m². Le sous-sol calcaire semble jouer un rôle dans leur rétention dans la zone non saturée sous la couche de sédiment mais le cuivre reste malgré tout très mobile (rétention de 50% environ dans les 35 cm de couche de sol calcaire). Ces flux sont très importants mais ne sont pas permanents et sont à prendre en compte uniquement lors des phases de transfert après les pluies.

(2) En conditions saturées en eau, la couche de sédiments urbains crée une zone de colmatage important (même pour des épaisseurs de sédiments de 2 cm d'épaisseur) réduisant de manière drastique le transfert vertical de matière organique dissoute, de nutriments et de polluants. L'analyse conjointe des flux opérants à la surface des sédiments urbains (dans l'eau retenue par la couche colmatée) a permis de mettre en évidence des taux importants de relargage en polluants et nutriments des sédiments urbains vers la colonne d'eau (ex : flux de 4 mg de Zn/h/m² des sédiments vers la colonne d'eau contre 0,1 mg de Zn/h/m² en transfert vertical). La présence de vers tubificidés, dont les abondances peuvent être importantes dans les sédiments urbains lorsque ces derniers sont saturés en eau, a aussi un impact très important sur les flux à l'interface eau-sédiment (ex : flux de 30,5 mg de NH₄⁺/h/m² avec des vers contre 14,5 mg de NH₄⁺/h/m² en absence de vers). Pour maîtriser les flux de polluants et de matière organique dans les ouvrages d'infiltration en eaux pluviales, contrôler l'accumulation des sédiments urbains ainsi que l'activité biologique apparaissent donc comme essentiels.

Ces expériences en milieu saturé ou insaturé montrent qu'il est important de mieux comprendre et décrire la matière organique mobilisable et infiltrée dans le sous-sol : est-ce une matière organique dégradable ou au contraire très stable. Les propriétés hydrodynamiques de la couche de surface doivent aussi être mieux caractérisées. L'évolution de ces propriétés en fonction de l'état initial de la couche sédimentaire de surface doit être décrite de façon à pouvoir prédire ses capacités d'infiltration.

La modélisation du fonctionnement de ces horizons est encore naissante et de nombreux progrès doivent être réalisés pour rendre compte du rôle de certains facteurs sur la mobilité des polluants, en particulier les conditions hydriques et l'activité biologique qui semblent être les éléments déterminants dans l'évolution et la maîtrise de l'impact de la pratique d'infiltration sur la qualité du milieu souterrain.

Depuis 2008, nous avons intégré l'étude de la végétation présente dans les bassins de rétention ou d'infiltration car celle-ci peut s'avérer un indicateur pertinent des caractéristiques ainsi que du

fonctionnement des ouvrages. Ainsi, certaines espèces de plantes bioaccumulatrices, métalphytes ou au métabolisme racinaire particulier sont capables de se développer et de se maintenir sur les sédiments pollués. Leur présence peut être indicatrice de contamination et peut modifier les caractéristiques physico-chimiques de ces sédiments (pH, oxygène...), voire la mobilité des polluants présents. Au cours de l'année 2008, nous avons débuté l'étude de la végétation par un inventaire floristique (flore pouvant coloniser spontanément un bassin) et par l'étude de la dynamique et de la répartition de la végétation au sein de l'ouvrage.

Nous avons également testé en parallèle (mais en colonnes de grandes tailles) l'effet de différents types de végétation sur le colmatage et sur le transfert des métaux lourds en collaboration avec l'Université Monash de Melbourne. Cette étude a montré que des plantes présentant des racines de diamètres importants ($D_{50} > 0.45$ mm) était de nature à maintenir la capacité hydraulique de surface sans occasionner de transfert de métaux.

- **Avancées sur la caractérisation et le rôle de l'hétérogénéité du sous-sol**

Notre étude a visé à caractériser à l'échelle de l'ouvrage, les hétérogénéités sédimentaires et hydrodynamiques du dépôt fluvioglaciaire de l'Est lyonnais, afin d'évaluer l'influence de ces hétérogénéités sur l'écoulement en zone non-saturée. Par une approche **hydrogéophysique**, couplant une caractérisation des structures et textures sédimentaires, une investigation géophysique par radar géologique et panneau électrique, et une caractérisation des propriétés hydrodynamiques, un modèle hydrostratigraphique tridimensionnel du dépôt fluvioglaciaire a été défini au niveau d'une parcelle élémentaire d'un bassin d'infiltration d'eaux pluviales Django Reinhardt. Ce modèle traduit l'hétérogénéité sédimentaire et hydrodynamique à l'échelle des hydrofaciès (sable, graviers avec matrice et graviers sans matrice). Des mesures de teneurs en eau à trois profondeurs dans le dépôt, couplée à une modélisation numérique des écoulements non-saturés à partir du modèle hydrostratigraphique, a permis d'évaluer le comportement hydrodynamique du dépôt fluvioglaciaire lors d'une phase d'infiltration. Les résultats montrent l'influence de la saturation initiale du dépôt sur les écoulements dans la zone non-saturée. L'hétérogénéité de l'écoulement est notamment associée à la présence de chemins préférentiels.

La Figure 38 présente les résultats de la modélisation des écoulements tridimensionnels dans la zone nord du puits de mesure avec HYDRUS 2D/3D. La condition limite en surface correspond au flux infiltré lors de l'épisode pluvieux du 17 mai 2007. La durée d'infiltration est de 30 h. L'état initial ($t = 0$ h) confirme les résultats de la modélisation réalisée en deux dimensions. L'hétérogénéité principale correspond au gradient capillaire élevé engendré par les graviers sans matrice (a). Ce gradient élevé traduit une désaturation importante de ces hydrofaciès, à l'origine d'un effet de barrière capillaire entraînant une saturation résiduelle plus importante dans l'hydrofaciès surmontant les graviers sans matrice.

Lors de la phase d'infiltration, les écoulements préférentiels de type "drain" par les graviers sans matrice ne sont pas observés. Une augmentation de la teneur en eau interne à ces hydrofaciès traduit cependant une percée partielle de l'écoulement (b, c, et f). Ce résultat traduit l'importance de la caractérisation tridimensionnelle des hétérogénéités hydrodynamiques. La modélisation bidimensionnelle a tendance à surestimer les pressions capillaires dans la partie supérieure des graviers sans matrice. L'accumulation d'eau dans la partie supérieure des graviers sans matrice ne traduit pas la déviation du flux dans une troisième dimension. L'absence de saturation totale lors de la modélisation en trois dimensions peut également être due à un flux d'alimentation en eau insuffisant des graviers sans matrice. Des zones de percée sont cependant observées, ce qui induit un risque d'écoulement rapide et gravitaire par les graviers sans matrice.

Le modèle obtenu montre une évolution temporelle du front d'infiltration (entre $t = 1$ h et $t = 3$ h) et permet d'évaluer l'impact d'un remplissage sableux sur la propagation du front d'infiltration. Cette structure retarde la propagation du front d'infiltration (d). L'hydrofaciès composé de sable est en effet moins conducteur que les autres hydrofaciès à un état hydrique proche de la saturation, correspondant aux pressions capillaires les plus élevées. Le front d'infiltration se propage préférentiellement par les structures constituées par des graviers sableux (nappes de charriage et barres de graviers). Le comportement inertiel se traduit également par les pressions capillaires restant élevées dans le remplissage sableux lors de la phase d'infiltrat (e). Ce comportement avait également été noté lors de la phase de drainage modélisé en deux dimensions.

En fin de phase d'infiltration ($t = 20$ h), la diminution du flux en surface engendre une diminution globale des pressions capillaires dans le domaine modélisé. Cette diminution engendre des effets de barrière capillaire impliquant les hydrofaciès de graviers sans matrice (g), et se traduisant par une augmentation locale de la teneur en eau dans l'hydrofaciès supérieur.

Les écoulements de type *funneled flows* se traduisent par une pression capillaire plus élevée dans des colonnes à la base des couches de graviers sans matrice lors de la phase de drainage du dépôt (h). Les écoulements latéraux engendrés suivent la ligne de plus grande pente de ces hydrofaciès. La modélisation des écoulements en trois dimensions traduit ainsi de façon plus réaliste ce type d'écoulement préférentiel. Lors de la phase d'infiltration, les graviers sans matrice n'ont pas une influence importante sur la propagation globale du front d'infiltration. Le modèle hydrostratigraphique ne présente pas en effet pas d'interconnexions entre les couches de graviers sans matrice. Dans ce cas, les risques d'écoulements rapides et gravitaires en profondeur sont limités.

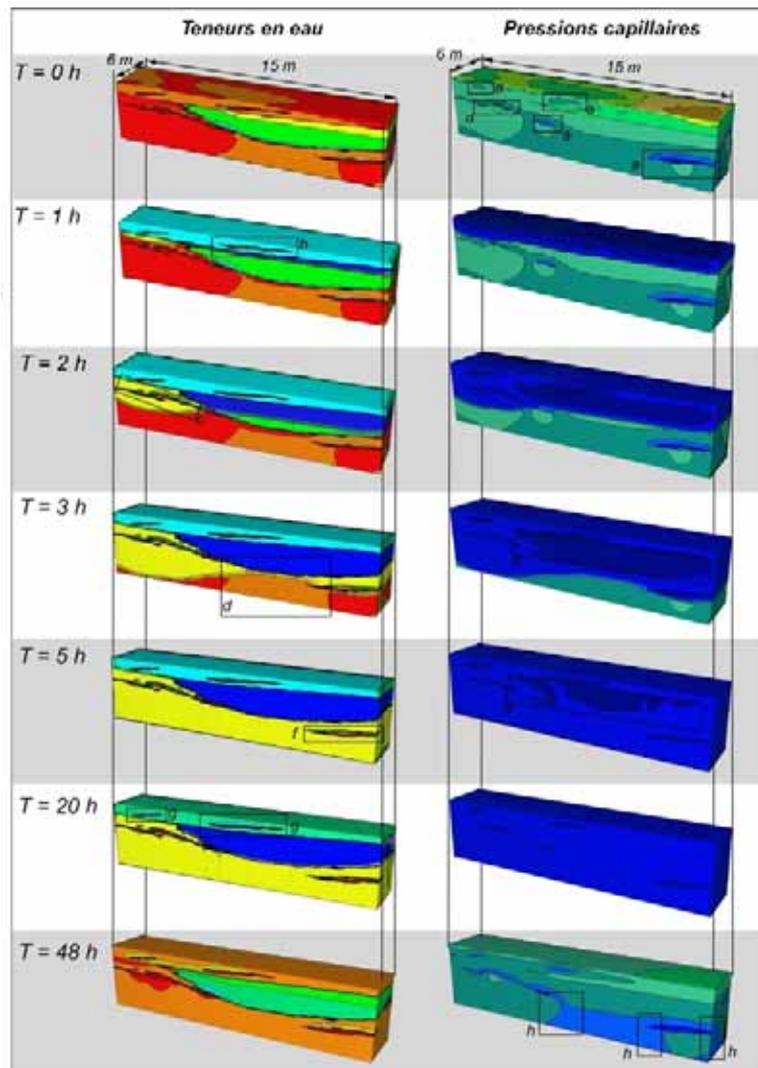


Figure 38: modélisation des variations de teneurs en eau et de pressions capillaires suite à un épisode pluvieux dans la zone nord du puits expérimental du bassin d'infiltration DR.

○ **Avancées sur l'impact des eaux de ruissellement sur la qualité des nappes**

Dynamique des apports de matière organique dissoute

Nous nous sommes attachés à déterminer si l'augmentation des flux de matière organique dissoute au toit des nappes urbaines dans un contexte de zone non saturée peu épaisse (Datry et al., 2003, 2005) s'accompagnait d'un apport substantiel de COD biodégradable qui stimulerait la consommation d'oxygène dissous (OD) dans les horizons supérieurs de la nappe. Plusieurs profils verticaux (résolutions métrique et décimétrique sous la surface libre de la nappe) des concentrations en

chlorure, COD et OD ont été mesurés sur 4 sites de recharge et 3 sites de référence présentant des épaisseurs de zone non saturée distinctes (i.e. 2 à 14 m). Les chlorures représentent un traceur naturel conservatif utilisé afin de construire des modèles de mélange à deux sources (eau de ruissellement pluvial/eau de nappe) qui permettent de déterminer les parts de variations observées attribuables à des phénomènes de mélange et de respiration. Les modèles montrent que les profils verticaux de concentration au toit des nappes sous les bassins sont essentiellement dus à des phénomènes de mélange (Figure 39): le COD apporté au toit des nappes lors de la recharge serait principalement constitué d'une fraction faiblement assimilable qui stimule peu les respirations microbiennes et n'engendre donc pas de surconsommation d'OD dans la nappe. Les phénomènes d'oxygénation et de désoxygénation des eaux souterraines au toit des nappes qui apparaissent respectivement lors des épisodes pluvieux froids et chauds reflètent donc l'influence de la température du sol sur les respirations microbiennes qui interviennent essentiellement au niveau de l'interface ouvrage / sol. Ces résultats ont été corroborés par des mesures de respiration et d'abondance, de biomasse et d'activité microbienne effectuées sur des échantillons de sédiment prélevés dans la nappe sur des sites de recharge et de référence (n=90 piézomètres).

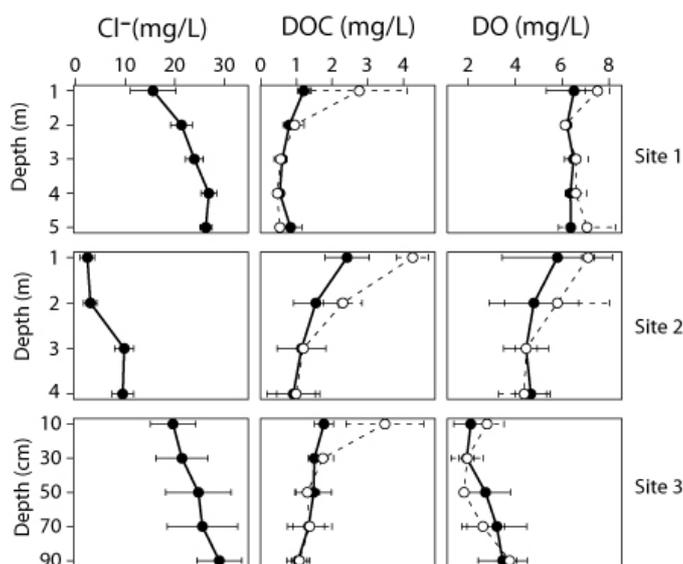


Figure 39: Profils verticaux de chlorures (Cl^-), carbone organique dissous (DOC) et oxygène dissous (DO) mesurés au toit des nappes de 3 sites soumis à l'infiltration d'eau de ruissellement pluvial. Les ronds noirs correspondent aux valeurs mesurées sur le terrain lors de l'infiltration. Les ronds blancs correspondent aux valeurs prédites par un modèle de mélange utilisant les chlorures comme traceur conservatif.

○ Transferts de polluants vers la nappe

De nombreuses études ont cherché à évaluer les risques de contamination des eaux souterraines par les nutriments (N et P), les métaux lourds, et les composés organiques (e.g. HAP, COV) lors de l'infiltration des eaux de ruissellement pluvial (Schorer & Eisele, 1997 ; Barraud *et al.*, 1999). La majorité de ces études ont ainsi démontré que le carbone organique, le phosphore, les métaux lourds et les composés organiques étaient efficacement piégés dans les premiers centimètres des sols, diminuant ainsi fortement leur probabilité d'atteindre la nappe (Barraud *et al.*, 1999 ; Winiarski *et al.*, 2006). Toutefois, plusieurs mécanismes pourraient favoriser la migration des polluants vers la nappe, notamment dans un contexte de zone non saturée peu épaisse. L'accumulation de matière organique dans les sols entraîne une désoxygénation des eaux d'infiltration qui peut favoriser la migration des orthophosphates vers la nappe (Hendricks & White, 2000 ; Datry *et al.*, 2003). Le lessivage du COD issu de la minéralisation de la matière organique peut également favoriser le transfert des métaux lourds (phénomène de complexation), normalement peu mobiles, vers les nappes (Christensen *et al.*, 1996).

Afin d'évaluer les possibilités de transfert de multiples polluants vers les nappes dans un contexte de zone non saturée peu épaisse, des profils verticaux des concentrations de phosphore, métaux lourds et composés organiques (COV et HAP) dans l'eau et les sédiments ont été établis à une échelle décimétrique sur 3 sites de recharge et 3 sites de référence de l'agglomération lyonnaise. Les

résultats ne montrent aucune différence significative des concentrations en HAP et COV dans les eaux et les sédiments entre les 3 sites de recharge et les 3 sites de référence. Par contre, une nette accumulation du phosphore est observée sur les sédiments des nappes soumises à une recharge par les eaux de ruissellement pluvial (Figure 40). Les métaux lourds ne sont pratiquement jamais détectés dans les eaux souterraines à l'aplomb des 3 bassins. Pourtant, les sédiments à l'aplomb des bassins ont accumulé des quantités certes très faibles mais significativement plus élevées de Cu, Pb et Ni que les sédiments collectés sur les sites de référence. La quantité de Cu adsorbé sur les sédiments s'accroît significativement avec la concentration en COD des eaux souterraines au toit de la nappe. Ces résultats permettent d'établir un lien entre les mécanismes favorisant la migration du phosphore (désorption en conditions anoxiques) et des métaux lourds (capacité du COD à former des complexes avec les métaux), la dynamique de l'oxygène dissous et du COD, et la distribution spatiale des concentrations en phosphore et métaux lourds sur les sédiments des nappes pour différentes épaisseurs de zone non saturée.

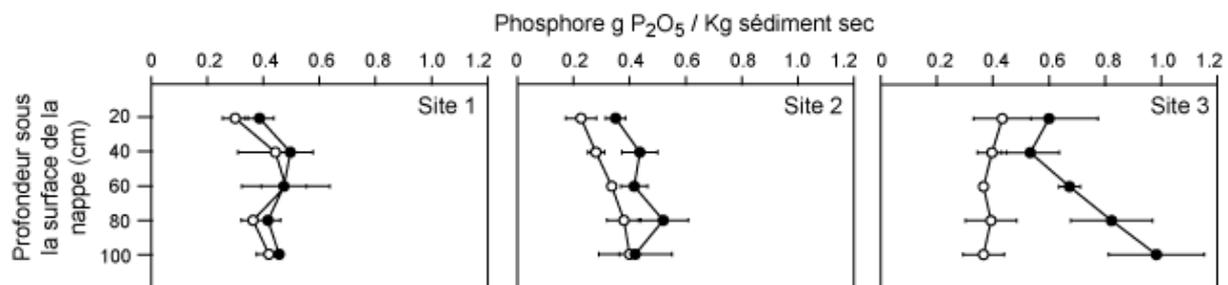


Figure 40: Profils verticaux des concentrations en phosphore sur les sédiments sous la surface libre de la nappe. Les ronds noirs et blancs correspondent respectivement aux stations de recharge et de référence.

o Avancées sur l'impact des eaux de ruissellement sur la thermie des eaux

L'augmentation de la température des nappes phréatiques sous les grandes agglomérations urbaines est un phénomène avéré dont l'ampleur est désormais de nature à compromettre l'utilisation des ressources en eau souterraine, affecter les conditions d'oxygénation des nappes, faciliter la survie des pathogènes, et modifier la mobilité des polluants (Bornstein, 1968; Karl *et al.*, 1988, Allen *et al.*, 2003; SDUD, 2005; Taniguchi, 2006). Les multiples causes non indépendantes du réchauffement observé interviennent à différentes échelles spatiales : globale (réchauffement du climat), locale (l'îlot de chaleur urbain), et ponctuelle (pertes de chaleur par les habitations, pompes à chaleur, ouvrages d'infiltration,...). La part relative des différentes causes est aujourd'hui difficilement appréhendable mais la multiplication des sources ponctuelles de chaleur est telle que leurs effets ajoutés ne peuvent plus être négligés. Pourtant, très peu de données sont aujourd'hui disponibles afin d'évaluer puis de modéliser l'impact thermique de sources ponctuelles telles que des immeubles (Ferguson et Woodbury, 2004), des pompes à chaleur (Horizons, 2000; Charguéron *et al.*, 2007) ou des ouvrages d'infiltration (Foulquier *et al.*, 2007). L'analyse des chroniques de données acquises dans le cadre de l'observatoire de terrain en hydrologie urbaine (OTHU) a non seulement permis de quantifier l'impact thermique des ouvrages d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial de l'agglomération lyonnaise mais également d'identifier les principaux facteurs de contrôle. Les données analysées regroupent des enregistrements en continu d'une durée > 1 an (pas de temps horaire) du niveau de la nappe, de la température, et de la conductivité électrique pour 10 bassins d'infiltration et 7 stations de référence. Foulquier *et al.* (2007, 2008) ont ainsi montré que les transports convectifs de chaleur liés à l'infiltration des eaux de ruissellement pluvial : 1) augmentaient considérablement la variation de température des eaux souterraines aux échelles événementielle et annuelle ; 2) réduisaient le déphasage saisonnier entre la température de l'air et celle de la nappe ; 3) augmentaient localement la température moyenne des eaux souterraines ; 4) modifiaient la dynamique de l'oxygène dissous au toit de la nappe. L'ampleur des variations thermiques observées à l'aplomb de certains bassins (8-21 °C) est de nature à modifier l'activité des micro-organismes, la survie des peuplements d'invertébrés (température létale), les processus biogéochimiques et la migration des organismes pathogènes (Datry *et al.*, 2004). L'impact thermique observé est principalement régi par la température des eaux de surface, les quantités d'eau infiltrée (i.e. la taille du bassin versant), les échanges de chaleur dans

la zone non saturée et la distribution saisonnière des précipitations (Figure 41). Par ailleurs, les chroniques de données acquises sur le bassin d'infiltration de Django Reinhardt (Chassieu, Rhône) sont actuellement utilisées afin de modéliser les transferts de chaleur dans les nappes à l'aplomb des ouvrages d'infiltration (programme ANR Ecopluies et projet de recherche ZABR/Agence de l'eau RMC).

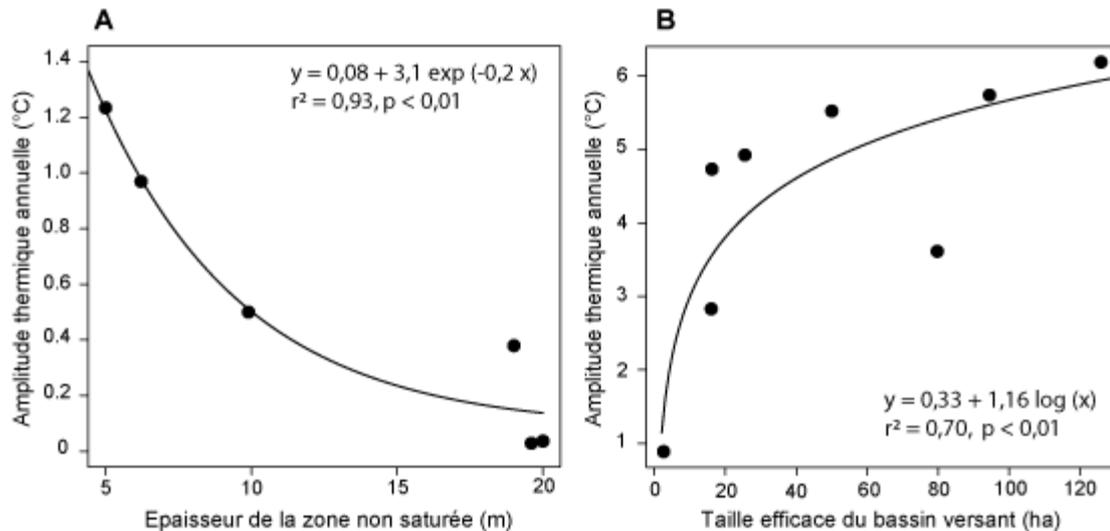


Figure 41: Amplitude thermique annuelle des eaux souterraines en fonction de l'épaisseur de la zone non saturée pour les sites de référence (A) et en fonction de la taille efficace du bassin versant pour les sites de recharge (B). D'après Foulquier et al., 2008.¹⁸

○ Avancées sur le traitement des déchets de curage

La gestion des résidus de curage est un problème important pour les gestionnaires de sites. Deux alternatives principales existent : les boues peuvent être envoyées en décharge ou dirigées vers un centre de lavage des « sables » afin de valoriser la fraction granulométrique la plus grossière de ces résidus. Cependant, la présence d'hydrocarbures (HCT) en quantité massive (~13 000 mg/kg de matières sèches dans certains cas) peut rendre inopérant le lavage.

Un pré-traitement biologique permet d'abattre une partie de la pollution organique. Ce prétraitement biologique consiste en une aération intermittente des résidus de curage permettant à la microflore aérobie de dégrader une partie des hydrocarbures.

¹⁸ Allen A, Milenic D, Sikora P. 2003. Shallow gravel aquifers and the urban 'heat island effect': a source of low enthalpy geothermal energy. *Geothermics* **32**: 569-578.
 Barraud S., Gautier A., Bardin J.P., Riou V. (1999) The impact of intentional stormwater infiltration on soil and groundwater. *Water Science and Technology*, **39**, 185-192.
 Bornstein RD. 1968. Observations of the urban heat island effect in New York City. *Journal of Applied Meteorology* **7**: 575-582.
 Charguèron C., Canaletta B., Boisson M., Jacques F. 2007. Utilisation énergétique d'une nappe - nécessité d'un recensement - exemple de la ville de Grenoble. In *Les Nappes d'Eau Souterraines en Contexte Urbain*, Chastagner P. Gouisset Y. (eds). Comité Français d'Hydrogéologie : Lyon, France; 155-166.
 Christensen J.B., Jensen D.L., Christensen T.H. (1996) Effect of dissolved organic carbon on the mobility of cadmium, nickel and zinc in leachate polluted groundwater. *Water Research*, **30**, 3037-3049.
 Detry T., Malard F., Gibert J. 2004. Dynamics of solutes and dissolved oxygen in shallow urban groundwater below a stormwater infiltration basin. *Science of the Total Environment* **329**: 215-229.
 Detry T., Malard F., Gibert J. 2005. Response of invertebrate assemblages to increased groundwater recharge rates in a phreatic aquifer. *Journal of the North American Benthological Society* **24**, 461-477.
 Detry T., Malard F., Vitry L., Hervant F., Gibert J. (2003) Solute dynamics in the bed of a stormwater infiltration basin. *Journal of Hydrology* **273**, 217-233.
 Ferguson G, Woodbury AD. 2004. Subsurface heat flow in an urban environment. *Journal of Geophysical Research* **109**: B02402. DOI: 10.1029/2003JB002715.
 Foulquier A, Malard F, Gibert J. 2007. Régime thermique des nappes phréatiques à l'aplomb de bassins d'infiltration. In *Les Nappes d'Eau Souterraines en Contexte Urbain*, Chastagner P. Gouisset Y. (eds). Comité Français d'Hydrogéologie : Lyon, France; 179-183.
 Foulquier A., Malard F., Barraud S. and Gibert J. 2008. Thermal influence of urban groundwater recharge from stormwater basins. *Hydrological Processes*, accepté après révision mineure.
 Hendricks S.P., White D.S. (2000) Stream and groundwater influences on phosphorus biogeochemistry. In *Streams and Ground Waters*, (ed. By J.B. Jones and P.J. Mulholland). Academic Press: San Diego; 221-235.
 Horizons. 2000. *Synthèse hydrogéologique et thermique des forages pompes à chaleur*. Lyon - Villeurbanne (69). Hydrogeological Report DH160, Horizons, Villefontaine, France; 32.
 Karl TR, Diaz HF, Kukla G. 1988. Urbanization: its detection and effect in the United States Climate Record. *Journal of Climate* **1**: 1099-1123.
 Schorer M., Eisele M. (1997) Accumulation of inorganic and organic pollutants by biofilms in the aquatic environment. *Water, Air & Soil Pollution*, **99**, 651-659.
 SDUD, 2005. *Berlin Digital Environmental Atlas: groundwater temperature*. Senate Department for Urban Development: Berlin; 7. (http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ed214_02.htm)
 Taniguchi M. 2006. Anthropogenic effects on subsurface temperature in Bangkok. *Climate of the Past* **2**: 831-846.
 Winiarski T., Bedell J.-P., Delolme C., Perrodin Y. (2006) The impact of stormwater on a soil profile in an infiltration basin. *Hydrogeology Journal* **14**, 1244-1251.

Une vingtaine de pilotes (1 m de hauteur, 0,08 m de diamètre) contenant environ 1 kg de sédiments tamisés à 2 mm et ré-humidifiés à 40 % ont permis d'étudier l'influence du type d'aération et l'impact des cyclodextrines sur l'abattement de la pollution organique. Les cyclodextrines sont des molécules "cages" qui peuvent potentiellement rendre plus bio-disponibles les hydrocarbures (de nature hydrophobe). Les mesures d'indice hydrocarbures effectuées après 1 et 2 mois d'incubation montrent que l'aération permet dans certains cas de diminuer de moitié la quantité d'HCT et la présence de cyclodextrines ne permet pas d'obtenir de meilleurs résultats de biodégradation.

L'impact de l'aération et de la présence de cyclodextrines sur l'étape de lavage est en cours d'étude.

Pour les différents traitements appliqués aux sédiments, la mobilité des métaux (Cd, Cu, Pb et Zn) a été évaluée par des tests de lixiviation. Aucun traitement (aération/cyclodextrines) n'a modifié de manière significative le relargage des espèces métalliques.

Un prétraitement biologique des résidus de curage est donc envisageable puisque la teneur en hydrocarbures peut être diminuée sans impact sur la mobilité des métaux mais les quantités de résidus curés chaque année sur les sites et le temps d'incubation nécessaire pour réduire la teneur en HCT peuvent être un frein à cette filière.

- **Avancées sur la construction des indicateurs de performances et l'élaboration d'une méthode multi-critères**

Les recherches liées au fonctionnement des systèmes de rétention / infiltration nous ont appris que leurs performances pouvaient être diverses et parfois même conflictuelles (colmatage favorisant la rétention des polluants par exemple et handicapant le système par perte de capacité d'évacuation hydraulique en cas de fortes pluies). Ainsi, il nous a paru primordial de développer des outils d'aide à la décision capables d'intégrer l'ensemble de ces connaissances dans des outils permettant aux opérationnels de comparer plusieurs stratégies et lorsque les solutions étaient choisies et implantées de suivre leurs performances dans le temps.

Nous avons donc développé dans le cadre de la thèse de P. Moura (2008) un ensemble d'indicateurs de performances pour une problématique de conception ou de suivi. Les finalités sont donc plus précisément de pouvoir :

- comparer des variantes de projets (en conception), d'actions de gestion sur un ouvrage ou un aménagement ou d'actions sur la structure d'un ouvrage ou un aménagement.
- évaluer un ouvrage, une situation, un aménagement à un moment donné et /ou suivre dans le temps un ouvrage, une situation, un aménagement

Les performances considérées en conception sont relatives aux aptitudes des systèmes à : (1) Protéger contre les inondations, (2) Retenir la pollution dans l'ouvrage (Ne pas dégrader la qualité de la nappe / Ne pas polluer le sol en profondeur), (3) Contribuer à la recharge des nappes, (4) Préserver les ressources naturelles, (5) Être maintenable techniquement et facilement par l'organisation, (6) Garantir la santé et la sécurité des usagers/personnels, (7) Produire des déchets facilement gérables, (8) Avoir un coût peu élevé, (9) Qualité de l'aménagement.

Les performances considérées en suivi sont relatives aux aptitudes des systèmes à : (1) Protéger contre les inondations, (2) Ne pas dégrader la qualité de la nappe, (3) Retenir la pollution dans l'ouvrage, (4) Préserver les ressources naturelles, (5) Être maintenable techniquement et facilement par l'organisation, (6) Garantir la santé et la sécurité des usagers/personnels, (7) Produire des déchets facilement gérables, (8) Avoir un coût d'entretien acceptable, (9) Acceptabilité sociale d'un scénario

La définition des indicateurs a été faite en collaboration avec un groupe de travail pluridisciplinaire. La qualité de chaque indicateur pris séparément a été évaluée suivant une grille de 7 critères¹⁹ et reformulés jusqu'à l'obtention d'indicateurs satisfaisants.

¹⁹ pertinence (capacité à refléter toute la signification d'un concept ou tous les aspects d'un phénomène et à garder sa signification dans le temps) ; accessibilité (aptitude à être calculable facilement à un coût acceptable), fidélité (conservation d'un biais à un niveau constant sur les unités spatio-temporelles de référence), objectivité (aptitude à donner une tendance qui ne dépend pas de l'évaluateur), précision/robustesse (fiabilité de l'évaluation avec une erreur acceptable / aptitude à donner une même tendance malgré les incertitudes sur l'évaluation), sensibilité (aptitude à discriminer des solutions), univocité (aptitude à donner une valeur interprétable de manière univoque).

La qualité des indicateurs pris ensemble a été ensuite examinée de manière à détecter les redondances et possibles inter-dépendances (méthode des entropies).

Enfin les indicateurs ont été intégrés dans des méthodes multicritères d'aide à la décision de manière à produire soit des outils de classement de stratégies (problématique de conception) soit des outils de tri pour une problématique de suivi (fonctionne correctement ou incorrectement). Chaque méthode utilisée intègre la notion de pseudo-critères (ou pseudo-indicateurs) permettant de modéliser les marges d'incertitudes sur l'évaluation des indicateurs.

Enfin l'ensemble des méthodologies a été appliqué sur des cas réels, sa robustesse et sa sensibilité aux différents paramètres testés.

h) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

- Université Fédérale de Minas Gerais (Belo Horizonte – Brésil) (UFMG-EHR) sur le thème Développement d'indicateurs de performances de systèmes de rétention/infiltration.
- Université Monash (Melbourne - Australie) - Cotutelle de la thèse de Sébastien Le Coustumer avec l'INSA de Lyon

i) Programmes de recherches supplémentaires ayant servi de support

- Projet ECOPLUIES (Techniques alternatives de traitement des eaux pluviales et de leurs sous-produits : vers la maîtrise du fonctionnement des ouvrages d'infiltration urbains) (ANR – Programme PRECODD) (2005-2008).
- Projet DRAST (2008) Analyse des dynamiques d'évolution du colmatage d'ouvrages d'infiltration des eaux de ruissellement pluvial en relation avec les apports - Ministère de l'Ecologie, du Développement et Aménagement Durables.
- Programme EMMAUS (Etude du Transfert des métaux lourds issus de l'assainissement pluvial urbain dans les sols) - ECCO-INSU (2005 et 2007)
- PPF (Programme pluri-formations) - Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (thématique infiltration des EP), (2007-2010)

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

Concernant les impacts sur les sols urbains, les perspectives concernent :

- la poursuite de la caractérisation de la matière organique soluble et colloïdale mobile dans les ouvrages,
- la poursuite de la caractérisation du biofilm microbien se développant en surface des bassins, et de sa dynamique en fonction des événements pluvieux,
- la modélisation du relargage et du transfert des métaux et des colloïdes dans la zone non saturée des sols,
- la poursuite sur d'autres bassins de l'inventaire et de la répartition des végétaux,
- l'étude des facteurs clés du colmatage et des moyens de le ralentir,
- l'étude de la dynamique des successions végétales à la surface d'un bassin et la détermination des espèces pouvant jouer un rôle sur la mobilité des polluants ,
- l'étude du comportement des substances prioritaires dans les structures de rétention puis à plus long terme dans les structures d'infiltration et dans la nappe.

Concernant les impacts sur la nappe, les perspectives concernent la mise en place de trois stratégies complémentaires :

1 - Mise en place d'observations à long terme de ces effets sur la thermie et la qualité des eaux souterraines. Dans les années à venir, les changements climatiques globaux viendront s'ajouter aux modifications plus ponctuelles induites par les activités humaines pour transformer profondément les caractéristiques des eaux souterraines en zones urbaines. Des observations à long terme de la thermie et de la qualité des eaux seront donc essentielles à la compréhension des changements à long terme de la valeur patrimoniale des eaux souterraines. Ces observations consisteront en un enregistrement en continu de la température et de la conductivité des eaux souterraines en amont et en aval de trois ouvrages d'infiltration ayant des caractéristiques de bassin versant et d'épaisseur de zone non saturée différentes. Du point de vue de la qualité, les teneurs en nutriments organiques

(DOC) et minéraux (formes de l'Azote et du Phosphore) seront suivis en amont et aval d'ouvrage, à trois saisons différentes.

2 - Mise en place d'indicateurs de qualité des eaux souterraines à l'aide d'organismes sentinelles. La forte variabilité des concentrations en substances polluantes rend difficile leur mesure directe dans les nappes. L'utilisation d'organismes comme indicateurs biologiques permet une intégration de la qualité de l'eau sur de plus longues périodes. Nous proposons donc d'utiliser des organismes sentinelles encagés (les Amphipodes modèles *Gammarus pulex*, *Niphargus rhenorhodanensis* et *Hyalloa azteca*) placés dans des piézomètres en amont et en aval des ouvrages d'infiltration. Des mesures standardisées de taux de survie et d'état physiologique de ces organismes après une période d'exposition donnée permettraient une estimation réaliste du degré de perturbation induit par les infiltrations.

3 - Préciser les effets des infiltrations d'eau sur processus biogéochimiques au toit des nappes. Les infiltrations d'eau pluviales ont un effet direct sur les processus biogéochimiques majeurs au toit des nappes et sur leurs caractéristiques : disponibilité de l'oxygène, adsorption ou désorption de certaines substances, capacité de biodégradation des polluants. Des études sont donc nécessaires pour mieux comprendre l'effet de la qualité (biodégradabilité) du carbone organique dissous sur les biomasses et les processus microbiens. Ces travaux combineront des études de terrain et des approches sur colonnes en laboratoire en utilisant des sédiments et de l'eau souterraine récoltés sur les sites d'infiltration.

k) Production scientifique et autre (2006 – 2008)

Thèses

- Nogaro G. (2007). *Influence des dépôts de sédiments fins sur le fonctionnement physique et biogéochimique des interfaces sédimentaires aquatiques : Interactions avec les processus de bioturbation*. Thèse de doctorat, Université Lyon 1, 9 juillet 2007, 144 p.
- Larmet H. (2007). *Mobilisation et transfert de Zn, Cd, Cu et des colloïdes bactériens dans les bassins d'infiltration d'eaux pluviales : influence des conditions hydrodynamiques*. Thèse de doctorat de l'université Joseph Fourier, Grenoble I, Ecole doctorale Terre, Univers, Environnement, Laboratoire des Sciences de l'Environnement de l'ENTPE, 327 p.
- Goutaland D. (2008). *Caractérisation hydro-géophysique d'un dépôt fluvioglaciaire. Evaluation de l'effet de l'hétérogénéité hydrodynamique sur les écoulements en zone non saturée*. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, Ecole doctorale de Chimie de Lyon., Laboratoire des Sciences de l'Environnement de l'ENTPE, 241p.
- Moura P. (2008) *Méthode d'évaluation des performances des systèmes d'infiltration des eaux de ruissellement en milieu urbain*. Thèse de doctorat INSA de Lyon. France, 355 p.
- Torres A. (2008). *Décantation des eaux pluviales dans un ouvrage réel de grande taille : Eléments de réflexion pour le suivi et la modélisation*. Thèse de Doctorat de l'INSA de Lyon, France, 374 p.
- Le Coustumer S. (2008). *Colmatage et rétention des éléments traces métalliques dans les systèmes d'infiltration des eaux pluviales*. Thèse de Doctorat de l'INSA de Lyon, France & PhD Monash University of Melbourne, Australie, 427 p.
- Proton A. (2008). *Etude hydraulique des tranchées de rétention/infiltration*. Thèse de doctorat INSA de Lyon. France, 299 p.

Thèses en cours

- Foulquier A. : Influence des pratiques d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial sur le fonctionnement thermique, biochimique et la biodiversité des aquifères urbains
- Gonzalez C. : Amélioration des connaissances sur le colmatage des systèmes d'infiltration
- Saulais M. : Développement végétal et affinité avec les métaux dans les bassins de rétention / infiltration.

Articles dans des revues internationales

- Badin A.L., Faure P., Bedell J.P. et Delolme C. (2008). Distribution of organic pollutants and natural organic matter in urban storm water sediments as a function of grain size. *The Science of the Total Environment* 403, (1-3), 15 178-187.
- Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Le Gauffre P. and Baer E. (2007). Infiltration in sewer systems: multi-criteria comparison of investment / rehabilitation strategies *Water Practice & Technology*, 2 (1), doi10.2166/wpt.2007.0027.
- Goutaland D., Thierry Winiarski, Jean-Sébastien Dubé, Grégory Bièvre, Jean-François Buoncristiani, Michel Chouteau, and Bernard Giroux (2008). Hydrostratigraphic characterization of the vadose zone of a glaciofluvial deposit underlying an infiltration basin using Ground Penetrating Radar. *Vadose Zone Journal*, Vol. 7, n°5, Fév. 2008.

- Guiné V., Spadini L., Muris M. Sarret G., Delolme C., Gaudet J-P., and Martins J.M.F. (2006). Zinc sorption to cell wall components of three gram-negative bacteria: a combined titration, modeling and EXAFS study. *Environmental Science and Technology*, 40, 1806-1813.
- Lassabatere L., Angulo-Jaramillo R., Soria Ugalde J. M., Cuenca R., Braud I. et Haverkamp R. (2006). Beerkan Estimation of Soil Transfer parameters through infiltration experiments - BEST. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 521-532.
- Lassabatere L., Spadini L., Delolme C., Février L., Galvez-Cloutier R. & Winiarski T. (2007). Concomitant Zn-Cd and Pb retention in a carbonated fluvio-glacial deposit under both static and dynamic conditions. *Chemosphere*, 69, 9, 1499-1508.
- Le Coustumer S., Barraud S. (2007). Long-term hydraulic and pollution retention performance of infiltration systems. *Water Science & Technology*, 55 (4), 235-243.
- Le Coustumer S., Barraud S., Béranger Y. (2006). Étude préliminaire du colmatage des systèmes d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain, *Revue Européenne de Génie Civil*, 10(3), 263-270.
- Le Coustumer S., Fletcher T. D., Deletic A., Barraud S. (2007). Hydraulic performance of biofilters: first lessons from both laboratory and field studies. *Water Science & Technology*, 56(10) 93-100.
- Le Coustumer S., Moura P., Barraud S., B. Clozel, Varnier J.-C. (2007). Temporal evolution and spatial distribution of heavy metals in a stormwater infiltration basin – estimation of the mass of trapped pollutants *Water Science & Technology*, 56 (12), 93-100.
- Majdalani S., Michel E., Pietro L. D. & Angulo-Jaramillo R. (2007). Effects of wetting and drying cycles on in situ particle mobilization. *European Journal of Soil Science*, doi: 10.1111/j.1365-2389.2007.00964.
- Majdalani S., Michel E., Pietro L. D., Angulo-Jaramillo R. & Rousseau M. (2007). Mobilization and preferential transport of soil particles during infiltration: A core-scale modeling approach. *Water Resources Research*, 43, W05401, doi:10.1029/2006WR005057.
- Mauclair L., Schürmann A. & F. Mermillod-Blondin - 2006 - Influence of hydraulic conductivity on communities of microorganisms and invertebrates in porous media: a case study in drinking water slow sand filters. *Aquatic Sciences*, 68, 100-108.
- Mermillod-Blondin F., Nogaro G., Vallier F. & J. Gibert - 2008 - Laboratory study highlights the key influences of stormwater sediment thickness and bioturbation by tubificid worms on dynamics of nutrients and pollutants in stormwater retention systems. *Chemosphere*, 72, 213-223.
- Moura P., Barraud S., Baptista M.B. (2008). Méthodologie multicritère d'aide à la décision pour les systèmes d'infiltration des eaux pluviales : méthodes et exemples. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 12 (6), 687-700.
- Moura P.M., Baptista M.B., Barraud S. (2006). Comparison between two methodologies for urban drainage decision aid. *Water Science & Technology*, 54 (6-7), 493-499.
- Moura P.M., Barraud S., Baptista M.B. (2007). Multicriteria procedure for the design and the management of infiltration systems. *Water Science & Technology*, 55 (4), 145-153.
- Mourad M., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2006). Design of a retention tank: comparison of stormwater quality models with various levels of complexity. *Water Science and Technology*, 54(6-7), 231-238.
- Mourad M., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2006). Design of a retention tank: comparison of stormwater quality models with various levels of complexity. *Water Science and Technology*, 54(6-7), 231-238.
- Neto M., Ohannessian A., Delolme C. et Bedell J.-P. (2007). Towards an optimized protocol for measuring global dehydrogenase activity in storm-water sediments. *Journal of Soils and Sediments*, 7(2), 101-110.
- Nogaro G., Mermillod-Blondin F., François-Carcaillet F., Gaudet J.P, Lafont M. & J. Gibert (2006). Invertebrate bioturbation can reduce the clogging of sediment: an experimental study using infiltration sediment columns. *Freshwater Biology*, 2006, 51, 1458-1473.
- Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Boisson j.-c., bedell j.-p., ohannessian a., volat b. & gilbert j. (2007). Influence of a stormwater sediment deposit on microbial and biogeochemical processes in infiltration porous media. *Science of the Total Environment*, 377(2-3), 334-348.
- Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Boisson J-C, Bedell J-P, Ohannessian A., Volat B., Gibert J. (2007). Influence of a stormwater sediment deposit on microbial and biogeochemical processes in infiltration porous media. *Science of the Total Environment*, 377, 334–348.
- Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Boisson J-C. & Gibert J.. Chironomid larvae stimulate biogeochemical and microbial processes in a riverbed covered with fine sediment. *Aquatic Sciences*, sous presse -
- Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Boisson J-C., Lafont M., Volat B., Gibert J. (2007). Do tubificid worms influence organic matter processing and fate of pollutants in stormwater sediments deposited at the surface of infiltration systems? *Chemosphere* , 70, 315-328.
- Winiarski T., Bedell J.-P., Delolme C., Ghidini M. and Perrodin Y. (2006). Study of spatial distribution of physico-chemical and biological parameters along a soil vertical profile in a stormwater infiltration basin in the Lyon area. *Hydrogeology Journal*, 14 (7), 1244- 1251.

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

- Datry T., Malard F. & J. Gibert (2006). Effects of artificial stormwater infiltration on urban groundwater ecosystems. In NATO-ASI Book, Urban groundwater management and sustainability, Tellam J.H. et al. Eds, Springer 2006, 331-345.

Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Gibert J., Malard F., Winiarski T., Delolme C. (2007). *Chapter 23 - The OTHU case study: integrated monitoring of stormwater in Lyon, France*. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 303-314. ISBN 9780415453455.

Communications dans des conférences internationales

- Angulo-Jaramillo R., Cazalets H., Goutaland D., Winiarski T., Delolme C. (2007). Three-dimensional modelling of water flow through a heterogeneous vadose zone. *American Geophysical Union, Fall Meeting*, San Francisco, CA, USA, 10-14 Décembre, in CD ROM:H51C-0654.
- Castro L.M., Moura P., Baptista M. B. , Barraud S. (2007). Critical analysis of a multicriteria decisionaid method for the choice of urban drainage systems. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28, 2007. 431-438.
- Delolme C., Béchet B., Fevrier L., Floriani M., Faure P., Gérémia R.(2007), Characterization and transfer of heavy metals in two different urban stormwater infiltration work sediments: an experimental approach. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28. 859-866.
- Ganaye A., Winiarski T., Goutaland D. (2007). Impact of infiltration basin on the vadose zone: relation between heavy metals retention and heterogeneity of glaciofluvial deposits. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28. 835-842.
- Goutaland D., Winiarski T., Bièvre G., Buoncristiani J.-F., Chouteau M., Giroux B., Dubé J.-S. (2006). Hydrostratigraphic characterization of glaciofluvial deposits underlying an infiltration basin. *European Geosciences Union General Assembly Vienna, Austria*, April 2006, EGU06-A-05047.
- Goutaland D., Winiarski T., Dubé J.-S., Bièvre G., Chouteau M., Buoncristiani J.-F. (2007). On the use of geophysical methods to characterize heterogeneities of quaternary alluvial deposits. Application to stormwater infiltration. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28. 851-858.
- Goutaland, D.; Winiarski, T.; Lassabatère, L.; Angulo-Jaramillo, R.; Dube, J.-S. (2006). Unsaturated hydraulic parameters estimation of glaciofluvial lithofacies *European Geosciences Union General Assembly Vienna, Austria*, April 2006, Avril 2006, EGU06-A-08739.
- Larmet H., Delolme C., Bedell J.-P. (2007). Bacteria and heavy metals concomitant transfer in an infiltration basin: columns study under realistic hydrodynamical conditions, *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28. 615-622.
- Lassabatere L., Angulo Jaramillo R., Winiarski T., Delolme C. (2007). Caractérisation hydraulique d'une couche sédimentaire et du sol sous-jacent en fond de bassin d'infiltration urbain. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon, France, 25-28 juin 2007, 583-590.
- Lassabatere L., Angulo-Jaramillo R., Winiarski T. & Delolme C. (2007). Hydraulic characterization of settled sediment layer and subsoil in an urban infiltration basin. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon, France, 25-28 juin 2007, 583-590.
- Le Coustumer S., Barraud S. (2006). Long-term hydraulic and pollution retention performance of infiltration systems. *7th international conference on Urban Drainage Modelling & 4th international conference on Water Sensitive Urban Design*, Melbourne, Australia, 4-6 april 2006. Vol. 1, 203-210.
- Le Coustumer S., Fletcher T., Deletic A., Barraud S. (2008). Influence of time and design on the hydraulic performance of biofiltration systems for stormwater management. *11th International Conference on Urban Drainage*. Edinburgh, Scotland, UK, 31st august -5th September, 2008, 10 p in **[CD-ROM]** ed. ed by University of Sheffield, University of Abertay Dundee, Heriot Watt University and University of Exeter.
- Le Coustumer S., Moura P., Barraud S., Clozel B., Varnier J.-C. (2007). Spatial analysis and temporal evolution of pollutants in a stormwater infiltration basin – estimation of the mass of trapped pollutants. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28. 819-826.
- Marote P., Piram A., Salvador A., Herbreteau B., Belmont P., Faure R. (2007). Influence of inorganic ions on diuron photolysis and characterization of photoproducts. *International Conference on Analysis of Emerging Contaminants in the Environment, EmCom2007*, York (UK), 7-9 march 2007.
- Mermillod-Blondin F., Nogaro G., Gibert J. (2007). *Clogging of infiltration basins by stormwater sediments: influence of invertebrate bioturbation*, *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28, 599-606
- Moura P., Barraud S., Baptista M.B., Cherqui F. (2008). Global performance evaluation of infiltration systems using multicriteria procedures at a design stage. *11th International Conference on Urban Drainage*. Edinburgh, Scotland, UK, 31st august -5th September, 2008, 10 p in **[CD-ROM]** ed. ed by University of Sheffield, University of Abertay Dundee, Heriot Watt University and University of Exeter
- Moura P., S., Barraud S., Baptista M. (2006). Multicriteria procedure for the design and management of infiltration systems. *7th international conference on Urban Drainage Modelling & 4th international conference on Water Sensitive Urban Design*, Melbourne, Australia, 4-6 april 2006. Vol. 2, 437-444.

- Moura P., S., Barraud S., Baptista M., Varnier J.-C. (2007). Comparison between different approaches for the definition of soil contamination indicators of stormwater infiltration systems. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28. 843-850.
- Nogaro G., Mermillod-Blondin F., François-Carcaillet F. & J. Gibert (2006). Influence of invertebrate bioturbation on physical and biochemical functioning of water-sediment interface clogged by fine sediment. *ASLO 2006*, Victoria Colombie Britannique CANADA, 4-9 June 2006.
- Soria Ugalde J. M., Angulo-Jaramillo R. & Haverkamp R. (2007). Estimation of soil hydraulic parameters from ring infiltration measurements by a method based on the scaling of dimensionless (numerical) solutions to the 3-D axisymmetric Richards' equation. *American Geophysical Union, Fall Meeting*, San Francisco, USA, 10-14 Décembre, in CD ROM:H51C-0644.
- Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Distribution of settling velocities of particles in urban stormwater: assessment and uncertainties of the Vicas protocol. *Proceedings of the 32th IAHR Congress, Venice, Italy, 1-6 July 2007*, 9 pages (paper accepted).
- Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Evaluation of uncertainties in settling velocities of particles in urban stormwater runoff. *Proceedings of the 5th SPN International Conference on Sewer Processes and Networks*, Delft, Netherlands, 28-31 August 2007, 8 p.
- Torres A., Hasler M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Spatial heterogeneity and inter-event variability of sediment settling distributions in a stormwater retention tank. *Proceedings of Novatech 2007*, Lyon, France, 24-27 June, vol 2, 673-680.
- Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Guilloux J., Barraud S., Paquier A. (2008). Modelling of hydrodynamics and solid transport in a large stormwater detention and settling basin. *Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, UK, 31 Aug.-5 Sept., 10 p.

Articles dans des revues nationales

- Crosnier J. and Delolme C. (2006). Contribution des micro-organismes au transfert du zinc dans un sol calcaire d'un bassin d'infiltration de l'est lyonnais : approche expérimentale en batch et en colonnes. *Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées*, 261-262, 67-79.
- Goutaland D., Winiarski T., Angulo-Jaramillo R., Lassabatere L. Bievre G., Buoncristiani J.F., Dube J.- S., Mesbah A. & Cazalets H. (2007). Etude hydrogéophysique de la zone non-saturée hétérogène d'un bassin d'infiltration d'eaux pluviales. *Bulletin du Laboratoire des Ponts et Chaussées*, 268-269.
- Torres A., Hasler M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Hétérogénéité spatiale et événementielle des vitesses de chute des sédiments décantés dans un bassin de retenue d'eaux pluviales. *TSM*, 11, 27-34.

Conférences nationales

- Goutaland, D.; Winiarski, T.; Buoncristiani J.-F.; Bièvre G.; Lassabatère, L.; Angulo-Jaramillo, R. (2006). Hydrostratigraphic characterization of glaciofluvial deposits using Ground Penetrating Radar and Beerkan infiltration tests. Dijon, France, Réunion des Sciences de la Terre, Décembre 2006.
- Goutaland, D.; Winiarski, T.; Lassabatère, L.; Angulo-Jaramillo, R.; Bièvre G. (2006). Caractérisation hydrostratigraphique d'un dépôt fluvioglacière par investigation géophysique et méthode B.E.S.T.". Toulouse, France, 31^{èmes} journées scientifiques du Groupe Français en Humidité et Transferts en Milieu poreux (GFHN), Toulouse, 28-29 Novembre 2006.
- Malard F., Foulquier A., Datry T. 2007. Dynamique du carbone organique dissous dans les nappes souterraines à l'aplomb de bassins d'infiltration. *Actes des XIV journées techniques du Comité français d'hydrogéologie*. 8-10 Novembre 2007, Lyon, Comité Français Hydrogéologie, ISSN 1958-5365. pp. 129-135.
- Szymkiewicz A., Lewandowska J., Angulo-Jaramillo R. & LUTZ P. (2007). Inverse modelling of two-dimensional water infiltration into a sand containing macropores. *18ème Congrès Français de Mécanique, Association Française de Mécanique (AFM)*, Grenoble, France, 27-31 Août, 1-6 (sur CD ROM).
- Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2006). Amélioration des algorithmes d'étalonnage d'un spectromètre UV-visible pour le mesurage in situ en continu des polluants dans les effluents urbains. *Actes des 24^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, La Grande Motte, France, 1-2 juin 2006, 8p.
- Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Paquier A. (2007). Modélisation 2D de l'hydrodynamique dans un bassin de retenue d'eau pluviale. *Actes des 25^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, Bordeaux, France, 23-25 mai 2007, 8 p.
- Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Guilloux J., Barraud S., Paquier A. (2008). Modélisation 2D du transport solide dans un bassin de retenue-décantation d'eau pluviale. *Actes des 26^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, Nancy, France, 4-6 juin, 8 p.
- Winiarski T. (2006) Les eaux pluviales urbaines : rôle du milieu poreux. *31^{èmes} journées scientifiques du Groupe Français en Humidité et Transferts en Milieu poreux (GFHN)*, Toulouse, 28-29 Novembre 2006.

Autres

- Aouissi B. (2006). Mesure et modélisation de l'Infiltration des Eaux de Ruissellement Pluviales, Etude de Colmatage du bassin Django Reinhardt–Chassieu- Rapport de Master Recherche : Génie Civil Lyon. INSA de Lyon, Septembre 2006. 152 p.
- Arambourou H. (2007). Hydrogéochimie des métaux lourds en milieu hétérogène non saturé. Transferts des métaux lourds dans les ouvrages d'infiltrations d'eaux pluviales. Rapport de master recherche Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain, INSA Lyon, 78 p.
- Aubert S., Renzoni R. (2006). Modélisation de la sédimentation des polluants particulaires dans un bassin de retenue-décantation du Grand Lyon : tests de scénarios, de différents événements pluvieux et de différentes conditions hydrauliques, avec un logiciel de simulation 2D. Rapport de projet d'initiation à la recherche et au Développement, URGC – INSA Lyon, 80 p.
- Barraud S. (coordonnateur), Le Coustumer S., Perrodin Y., Delolme C., Winiarski T., Bedell J.-P., Gibert J., Malard F., Mermillod Blondin F., Gourdon R., Desjardins V., Brelot E., Bacot L. (2006). *Guide Technique : Recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain*. Document rédigé dans le cadre du Programme « MGD Infiltration » (Maîtrise et gestion durable des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain) financé par le Réseau Génie Civil & Urbain. 62 p.
- Barraud S. Moura P., Malard F. & Perrodin Y. (2006). Construire des indicateurs de performances pour la conception et la gestion de stratégies d'infiltration. Communication orale, Journée scientifique de l'OTHU, Hôtel des Communautés, Grand Lyon, janvier 2006, 16 p.
- Barraud S., Le Coustumer S. (2007). *Calage de modèles optimisés de fonctionnement hydrologique diachronique des bassins d'infiltration et analyse de l'évolution du colmatage (étape 1- acquisition des données)* Délivrable DA2, projet Ecopluies, programme PRECODD, 14 p.
- Barraud S., Moura P., Cherqui F. (2007). *Rapports sur les indicateurs et sur les méthodes de constructions des indicateurs de performances des ouvrages d'infiltration (étape 1)*, Délivrable D-D1, projet Ecopluies, programme PRECODD, 27 p.
- Bedell J.-P., Delolme C. (2007) *Isolement de souches microbiennes potentiellement utilisables pour des bioindustries (étape 1)*, Délivrable DA7, projet Ecopluies, programme PRECODD, 7 p.
- Bedell J.-P., Delolme C. (2008), *Isolement de souches microbiennes potentiellement utilisables pour des bioindustries (étape 2)*, Délivrable DA7, projet Ecopluies, programme PRECODD, 9 p.
- Blas F. & Poudroux T. (2006). Etude de la variabilité spatiale des polluants et méthode de reconstitution des masses de polluants piégés dans un bassin d'infiltration – Application au cas du bassin Django Reinhardt. Rapport de projet d'initiation à la recherche et au Développement, URGC – INSA Lyon, 71 p.
- Cazalets H. (2007). Modélisation numérique 3D des écoulements dans la zone non saturée urbaine : application au bassin d'infiltration d'eaux pluviales Django Reinhart (Chassieu, Rhône). Rapport de master 2 professionnalisant "Mécanique de Fluides et Transferts", Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 89 p.
- Delolme C., Bedell J.-P. (2007). *Rapport sur l'efficacité du piégeage et/ou relargage des polluants et bactéries en fonction des modes de gestion (étape 1 – qualité de l'eau)*, Délivrable DA4- projet Ecopluies, programme PRECODD, 17 p.
- Ganaye A. (2006). Impact d'un bassin d'infiltration d'eaux pluviales sur sa zone non saturée. Rapport de Master Recherche : Sciences de l'Environnement Industriels et Urbain, INSA de Lyon, 88 p.
- Goutaland D., Winiarski T., Dubé J.-S., Bièvre G., Chouteau M., Buoncristiani J.-F. (2007). *Utilisation de méthodes géophysiques pour caractériser les bassins d'infiltration d'eaux pluviales*. DA11, projet Ecopluies, programme PRECODD, 9 p.
- Le Coustumer S., Moura P., Barraud S., Clozel B. (2007). *Rapport sur la stratégie d'échantillonnage d'un bassin*. Délivrable D-A6, projet Ecopluies, programme PRECODD, 9 p.
- Malard F., Mermillod-Blondin F., Bouger G. et Gibert J. (2007). *Analyses physico-chimiques et biologiques sur les sites ateliers de l'OTHU (bassins d'infiltration de la nappe de l'Est Lyonnais et expérimentations en laboratoire*. Rapport à la COURLY, Janvier 2007, 318 p.
- Mederel G. (2007). Rôle des différents constituants dans la structure et l'agrégation des sédiments issus des rejets d'eaux pluviales. Rapport de master recherche Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain, INSA Lyon, 61 p.
- Mermillod-Blondin F. (2007). *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 (NAPCOD)*. Rapport d'activité concernant la première année du projet NAPCOD (programme Cytrix / CNRS-INSU EC2CO). 3 p.
- Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Paquier A., Bardin J.-P., S. Barraud (2007). *Rapport sur la caractérisation du comportement des polluants dans un bassin de retenue-décantation et caractérisation des apports alimentant les ouvrages d'infiltration et calage de modèles de fonctionnement*, Délivrable D-A1, projet Ecopluies, programme PRECODD, 58 p.
- Zanapa C. (2006). Etude de l'influence des sédiments urbains pollués des bassins d'infiltration d'eaux pluviales sur les sédiments et les nappes d'eau souterraines. Rapport de stage de IUT Génie Biologique, juin 2006, 42 p.

C.4 Impacts des rejets de temps de pluie sur les rivières

a) Equipes concernées

Cemagref Lyon – UR Hydrologie et hydraulique, UR Qualité des eaux et pollutions diffuses, UR Biologie des écosystèmes aquatiques
LRGE - UMR 5600 CNRS - IRG - Université Lyon 2
L.S.E – ENTPE
LGCIE -INSA de Lyon
BPOE - UMR CNRS 5557 - Ecologie Microbienne - Université Claude Bernard Lyon 1

b) Objectifs scientifiques et opérationnelles

La recherche menée dans ce domaine concerne l'impact des rejets issus de milieux péri-urbains sur de petites rivières. Le milieu périurbain est ici défini au sens de l'INSEE comme composé par des satellites urbains des grandes villes. Les liens sont assurés en particulier par les réseaux d'adduction et d'assainissement des eaux. Il s'agit plus particulièrement de contribuer à l'étude de l'impact du développement périurbain sur les « petites » rivières que l'on caractérise par un rapport entre le débit du rejet urbain de temps de pluie et le débit naturel compris entre 1 et 10 et parfois plus. Cela provoque une instabilité hydraulique et géomorphologique préjudiciable sur le plan de la qualité chimique et biologique. Les objectifs de qualité écologique de la DCE font l'objet d'une attente des opérationnels en termes d'indicateurs d'état et d'outils de gestion et d'aide à la décision.

Les travaux menés dans ce domaine visent d'une part à caractériser les rejets de temps de pluie (Cf. C2) et notamment les rejets par déversoir d'orage et d'autre part à comprendre et modéliser l'impact de ces rejets dans les petites rivières.

Le thème lié à la gestion des cours d'eau consiste à décrire, mesurer puis modéliser au mieux les différents facteurs de contrôle des flux naturel et urbain dans le corridor hyporhéique qui représente la zone active des échanges entre la nappe d'accompagnement et la rivière. Le système est vu ici comme un réacteur métabolique dont les fonctions sont à protéger, réhabiliter ou encore favoriser. La compréhension du fonctionnement repose sur des mesures physiques, chimiques et biologiques. Des indicateurs biologiques des flux du milieu interstitiel sont ici particulièrement étudiés. Les biocénoses des rivières répondent à des dynamiques épuratoires propres (résilience) qu'il faut savoir mesurer et modéliser puis utiliser pour limiter l'impact des rejets urbains de temps de pluie. Sur le plan de la généralisation, la géomorphologie du lit du cours d'eau est considérée comme structurante pour les échanges de flux. La typologie géomorphologique devient donc ici un outil de spatialisation de l'impact et de sa gestion. La connaissance de la dynamique du système est aussi nécessaire pour définir le « bon potentiel écologique » au sens DCE pour les masses d'eau fortement modifiées ainsi que pour le suivi des actions de réhabilitation.

c) Principaux résultats

Indicateurs d'état écologique du milieu récepteur rivière

Plusieurs indicateurs sont disponibles pour décrire l'état écologique d'un d'eau (IBGN, IOBS, IBD, IPR, IBMR) mais aucun n'adresse le compartiment interstitiel qui est pourtant reconnu comme étant un milieu à forte activité métabolique dans les cours d'eau à fond perméable (Dahm *et al.*, 1998)²⁰. Les rejets urbains de temps favorisent des écoulements de la rivière vers son substrat en imposant des montées rapides des niveaux d'eau dans les petits cours d'eau. La mise au point d'indicateurs biologiques du fonctionnement de l'habitat aquatique (dénommés traits fonctionnels) a été particulièrement approfondie (Lafont *et al.* 2006a, b; Lafont *et al.*, 2007, Lafont *et al.* 2008; Breil et Lafont, 2008b) et permet d'investiguer la capacité de résilience de la biocénose interstitielle.

La transférabilité des traits fonctionnels d'habitat mis au point sur le site OTHU de Grézieu-la-Varenne a été vérifiée sur une large gamme de rivières (Thèse de Anne Vivier, 2006) depuis des petits cours d'eau de

²⁰ DahmCN, Grimm NB, Maumonier P, Valett HM, Vervier P. 1998. Nutrient dynamics at the interface between surface waters and groundwaters. *Freshwater Biology*, 40, 427-451.

montagne et de référence jusqu'à de grands cours d'eau de plaine (Chaudanne, Yzeron, Azergue, Loire, Moselle, Brunnvasser, Roseg, Rhône (Chasse, Miribel) pour lesquels les origines des perturbations chimiques et (ou) physiques étaient connues par ailleurs. (Figure 42).

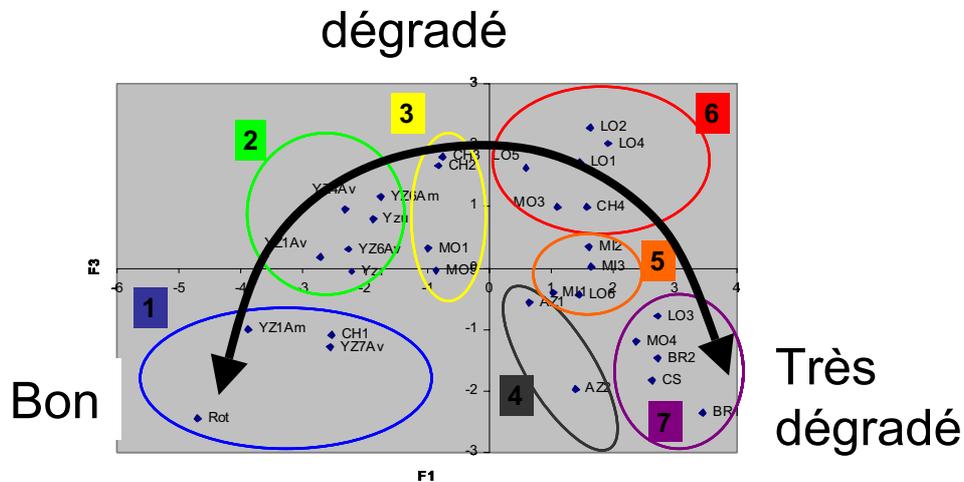


Figure 42 : Gradient de situation des traits fonctionnels d'habitat pour divers cours d'eau.

Les traits fonctionnels d'habitat révèlent bien les types chimique et (ou) physique d'altération du milieu interstitiel. Par exemple les effets synergiques entre pompages en berge qui créent des situations où l'infiltration de la colonne d'eau vers le substrat domine et favorise l'accumulation des polluants. (Lafont, et Vivier 2007).

La fiche technique OTHU N°3 de détermination de ces métriques a été remise à jour début 2007. Le transfert de la méthode a été réalisé vers deux bureaux d'études lyonnais. Les méthodes et le savoir faire sont donc maintenant disponibles pour procéder au diagnostic sur d'autres bassins périurbains du Grand Lyon.

L'étude statistique de la dynamique de réponse traduite par les traits fonctionnels a été menée sur le site de la Chaudanne. Les données de base étaient les traits fonctionnels et des données de qualité d'eau mesurés à 50 puis 150 mètres en aval du déversoir dont les débits et quelques pollutogrammes sont suivis. Les traits fonctionnels et la qualité de l'eau étaient connus au niveau benthique et hyporhéique aux deux stations et pour 22 campagnes. L'échantillonnage des caractéristiques hydrologiques naturelles et des rejets urbains sur différentes durées antérieures à chaque date d'échantillonnage a permis de constituer des jeux de données couplées. C'est par l'étude des corrélations de rang de ces couples et l'interprétation des traits fonctionnels qu'il a été mis en évidence (Breil *et al.* 2007) un temps de récupération ou résilience plus rapide (60 jours) dans la partie en seuil et mouille que dans la partie en plat (90 jours) Breil *et al.* (2007).

Peuplements bactériens, métabolisme et effets pathogènes. Les déversoirs d'orage étant à l'origine du transfert de contaminants chimiques mais également microbiologiques, des études ont été initiées dans le cadre d'une action incitative du CNRS intitulée « Ingénierie écologique ». Les premières mesures ont permis d'apprécier l'importance de ces contaminations dans le substrat des rivières. Différentes espèces bactériennes ont été retenues pour ces études mais les espèces les plus susceptibles d'induire des modifications majeures dans le fonctionnement des peuplements bactériens, *Pseudomonas aeruginosa* et *Aeromonas hydrophila* et *A. caviae*, ont nécessité le développement d'outils permettant leur détection et caractérisation à partir d'analyses ADN. Ces outils ont été finalisés en 2007 pour les *P. aeruginosa* (Lavenir *et al.*, 2007), et sont en bonne voie d'être finalisés pour les *Aeromonas*.

Pour la suite

Il est prévu d'enrichir le nuancier des situations physiques et chimiques des traits fonctionnels par l'intégration d'autres biocénoses des cours d'eau. Un premier travail d'harmonisation des indicateurs

des différents compartiments des cours d'eau servira de base (Lafont, 2001)²¹. Ce travail sera développé en 2009 dans le cadre d'une convention ZABR-Agence de l'Eau RMC sur l'Yzeron. Il servira de base à la définition d'un bon potentiel écologique pour le cours aval de l'Yzeron situé en masse d'eau fortement modifiée (code national : 482b).

Les outils développés en microbiologie seront utilisés en association avec les méthodes globales d'analyse des compartiments bactériens. Cela permettra d'étudier les effets des flux associés aux déversoirs d'orage et des faciès géomorphologiques d'écoulement sur la diversité bactérienne. Ceci est un premier pas vers une analyse permettant de relier cette diversité bactérienne à certains potentiels métaboliques ou changements de potentiels métaboliques du fait des effets pathogènes y compris pour les micro-organismes. Une bourse de thèse et un projet ANR ont été obtenus en 2008 pour étudier le devenir des pathogènes dans le substrat des rivières soumises à des rejets de déversoir d'orage. Le site OTHU de la Chaudanne a été retenu. Un projet co-déposé avec des partenaires du Royaume Unis à l'appel d'offre européen ERA-Net Health n'a pas été retenu.

Conséquences de l'urbanisation sur les flux d'eau et de substances associées

La typologie des paysages hydrologique réalisée par R. Gnouma (2006) sur le bassin de l'Yzeron a été croisée (Breil *et al.* 2008b) avec la typologie géomorphologique proposée par L.Schmitt sur ce même bassin (méthode décrite dans la fiche OTHU N°14, 2007). La première rend compte du fonctionnement hydrologique en versant et du mode de connectivité entre le versant et le cours d'eau. La seconde fournit une description détaillée des propriétés physiques des types géomorphologiques (granulométrie, pente, géométrie, encaissement, dynamique latérale...). Les résultats sont illustrés dans la Figure 43.

Il en ressort une cartographie nuancée de la capacité potentielle de filtration du substrat que l'on associe au potentiel d'auto-épuration. En croisant la localisation des déversoirs d'orage gérés par le Grand Lyon avec le potentiel d'auto-épuration des cours d'eau il se dégage 3 niveaux de risque d'impact (Figure 43)

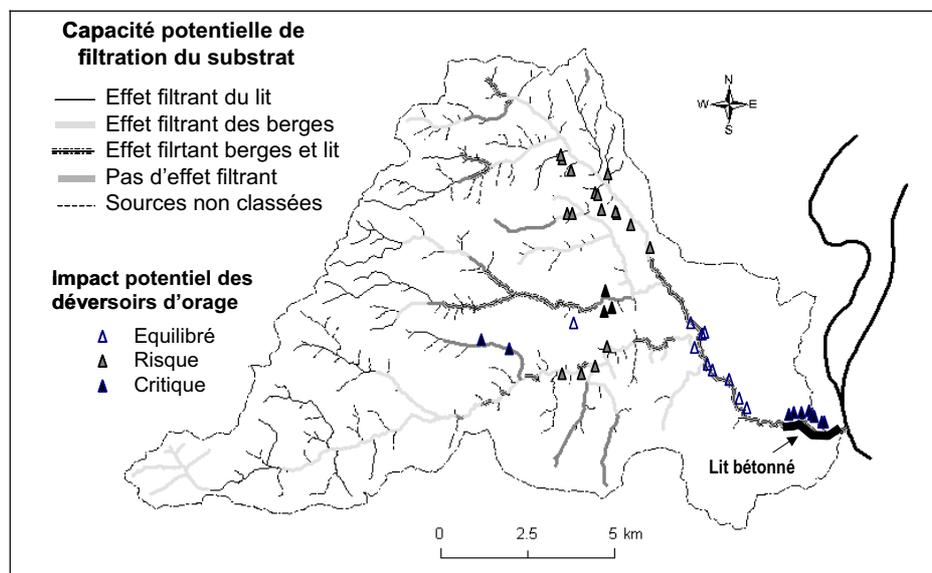


Figure 43 : Cartographie de l'impact potentiel des déversoirs d'orage sur les cours d'eau de l'Yzeron (adapté de Breil et Lafont, 2008b)

²¹ Lafont M. 2001. A conceptual approach to the biomonitoring of freshwater: the Ecological Ambience System. J. Limnol, 60 (Suppl. I): 7-24.

Afin de préciser le risque d'impact plusieurs actions sont réalisées pour construire un modèle de temps de séjour des substances déversées dans le substrat. Ainsi, en première étape, le modèle RUBAR20 d'écoulement à surface libre a été calé (Le Barbut 2007; Speisser 2008) sur le tronçon expérimental de la Chaudanne (environ 200 m) depuis l'amont à l'aval du déversoir d'orage équipé sur le site de la Chaudanne. Le modèle permet de représenter la ligne d'eau à faible et moyen débits sur la topographie. Cela va permettre d'imposer la condition limite de surface libre à un modèle d'écoulement en milieu poreux. En complément de ces développements, un schéma conceptuel du devenir des toxiques dans le substrat d'une rivière a été proposé (Matthieu 2007).

Pour la suite

La validation de la hiérarchisation établie dans la Figure 43 sera réalisée à partir d'une campagne diagnostique de l'état écologique des cours d'eau de l'Yzeron. Un premier plan d'échantillonnage a été proposé (Schmitt et al. 2008) et doit être précisé en fonction des points de mesure biologiques les plus récurrents (information historique) et la mise en place de l'observatoire du contrat de rivière du bassin de l'Yzeron. L'objectif est d'utiliser la campagne diagnostique pour valider la signification écologique des types géomorphologiques, des types de flux urbains ou ruraux qui y transitent et d'indicateurs de rejets. De ces validations dépendent la transférabilité des résultats et le caractère opérationnel que l'on pourra en dégager.

Le projet ANR-CES «Invasion » va permettre d'étudier la dynamique et la diversité bactérienne afin de mieux mesurer la dynamique des processus d'auto-épuration par les rivières ainsi que le devenir des pathogènes déversés par les eaux urbaines dans les rivières.

Sur le même site il sera étudié de façon concomitante le devenir des toxiques dans le milieu récepteur. Une action « DO-tox » est financée en 2009 par la ZABR- Agence de l'Eau RMC sur ce sujet. Il s'agit de modéliser le chemin et surtout le temps de séjour des substances dans le substrat du cours d'eau.

Les éléments d'information, les outils et une méthodologie sont maintenant disponibles pour construire un modèle conceptuel de la dynamique des flux dans le corridor hyporhéique (Breil 2008, séminaire interne OTHU sur la modélisation). Plusieurs actions 2009 et au-delà vont contribuer à l'élaboration de ce modèle.

Dans la logique d'implémentation de solutions opérationnelles, plusieurs acteurs de l'OTHU et le Grand Lyon ont monté un projet ANR-PRECODD (SECTUP) qui est accepté. Il s'agit entre autres de mettre en place et de tester l'efficacité d'un filtre planté de roseaux pour réaliser un pré-traitement des rejets de déversoir avant qu'ils n'atteignent le cours d'eau. L'idée consisterait alors à favoriser les rejets de l'amont périurbain, moins chargés en polluants non bio-dégradables, pour soulager le réseau urbain aval et limiter les rejets plus polluants. Cette stratégie avait été modélisée sur le plan quantitatif (Jouan, 2001)²².

Etude hydro-géomorphologique des cours d'eau périurbains

Cette partie est consacrée à l'étude géomorphologique de l'habitat aquatique des petits cours d'eau périurbains. Les étapes réalisées dans le cadre de cette action s'appuient notamment sur la typologie proposée par L. Schmitt sur le bassin de l'Yzeron. L'étude des facteurs qui conditionnent l'incision et sa conséquence aval, le transport de sédiments, présente un intérêt à la fois écologique et opérationnel. L'incision met en connexion directe les eaux souterraines avec les eaux superficielles et les expose ainsi aux pollutions en période d'étiage. Le sédiment transporté peut entraîner le colmatage et la banalisation des habitats en aval, réduisant ainsi la capacité potentielle d'assimilation du milieu. Dans le cas du réseau de l'Yzeron développé sur un massif de granitique, l'incision mobilise d'importants stocks de sables.

L'étude des facteurs de l'incision et d'un plan d'intervention est réalisée dans le cadre d'une thèse de géomorphologie fluviale (L. Grosprêtre), en partenariat avec le Grand Lyon et le contrat de rivière du bassin de l'Yzeron. Il a ainsi été établi que les facteurs favorables au déclenchement de l'incision

²² Jouan H. 2001. Faisabilité hydraulique de déversements volontaires pour gérer un réseau d'assainissement unitaire en zone périurbaine. Rapport TFE de l'ENGEES. 73p. Maître de stage : P. Breil.

étaient (I) une surface drainée inférieure à 4 km² car au-delà pas d'effet statistique constaté, (II) une forte sensibilité des types hydrogéomorphologiques B2, B4 et B5 (typologie L. Schmitt) et (III) la présence de rejets pluviaux busés et non busés (fossés, sentiers) qui multiplie environ par 2,5 la fréquence des incisions.

Sur le plan opérationnel, trois échelles d'intervention sont préconisées : (I) l'échelle des bassins versants avec la gestion des apports hydriques liés à l'urbanisation qui implique d'améliorer les connaissances de l'hydrologie des rejets, (II) l'échelle des affluents de tête de bassin versant avec intervention au niveau des tronçons incisés et au niveau des tronçons reconnus sensibles à l'incision (B2, B4 et B5) et (III) l'échelle des branches principales du réseau hydrographique où il faut limiter la fourniture sédimentaire sableuse, notamment par l'implantation de bassins de piégeage du sable

Le transport solide annuel moyen est estimé à 215 m³/an 338 m³/an. Le déstockage annuel moyen lié aux incisions est quant à lui estimé de 100 à 200 m³/an. Ce qui représente entre 30 à 90% du transport solide sableux annuel moyen. L'étude dendrochronologique des arbres impactés par l'incision a permis de dater cette évolution géomorphologique. La (Figure 44) ci-contre donne des éléments de synthèse sur les incisions, les dépôts sableux, certains habitats piscicoles et la localisation des dessableurs.

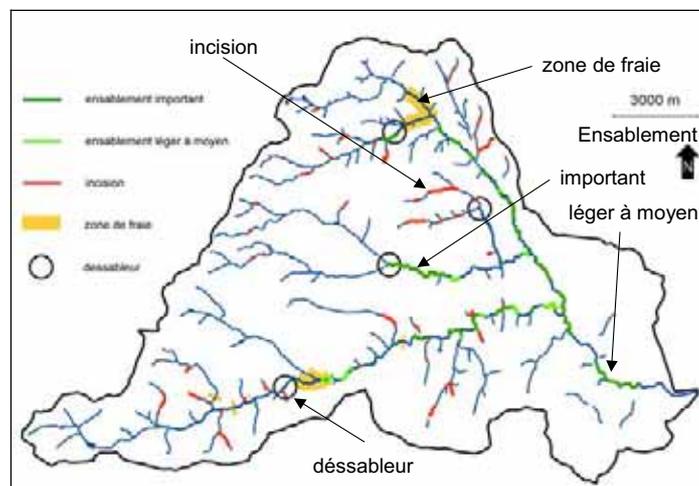


Figure 44.

Pour la suite

L'étude de la dynamique du transport solide en lit mineur repose sur le marquage fluorescent des grains de sables. Les premiers résultats sont encourageants. Cela devrait permettre d'évaluer le temps de remplissage des dessableurs. Cela sera sans doute aussi utile à l'étude du piégeage potentiel des sédiments par les deux retenus sèches qui vont être réalisées dans le cadre du contrat de rivière. L'étude de l'évolution des dépôts sableux en lit majeur sera aussi considérée.

d) Collaborations nationales et internationales que ces recherches ont occasionnées

- Animation (P. Breil, Cemagref HH) d'un groupe de travail international à partir de 2006 sous l'égide l'UNESCO (« International hydrological programme » et « Man and Biosphère ») qui a abouti sur la publication d'un ouvrage en 2008 : « Aquatic habitats in sustainable urban water management ». Pays ayant contribué : Canada, France, Etats Unis, Pologne, Afrique du Sud, Autriche, Italie et Turquie. L'ouvrage est organisé en trois parties : comprendre, utiliser, appliquer. Il reprend dans la première la description fonctionnelle de l'habitat aquatique telle qu'elle est développée dans le sous programme 4 de l'OTHU autour de la logique « flux-formes-biocénoses » et donne dans la partie pratique un exemple d'application tirée des données du bassin de l'Yzeron.

- Contribution à un autre ouvrage de l'UNESCO paru en 2008 : « Data requirements for integrated urban water management ». Nous y développons entre autres la métrologie telle qu'elle est abordée dans le site OTHU du bief de la Chaudanne. Le chapitre est intitulé : « Aquatic Habitats »

- Contribution à un ouvrage intitulé « Hydroecology and Ecohydrology » à l'initiative de l'Université de Birmingham, paru en 2008. Le chapitre rédigé est intitulé « Surface water – ground water exchanges »

processes and ecosystem functions : An analysis of temporal and spatial scale dependencies ». Les résultats des mesures réalisées dans le cadre de l'OTHU sur les échanges nappe-rivière dans la Chaudanne alimentent la partie processus de ce chapitre.

- Participation au groupe de travail Zones ateliers – LTER urbains (Long term ecological research network) pour le montage d'une collaboration France-USA.
- Collaboration avec l'Université de Liège (Pr. F. Petit, E. Hallot) sur le développement de méthodes opérationnelles de typologies hydro-géomorphologiques de cours d'eau.
- Collaboration avec différents auteurs français et européens pour la rédaction d'un chapitre d'ouvrage intitulé « Integrative river science and rehabilitation: European experiences » (Piégay et al. 2008), où l'Yzeron est évoquée. Les éditeurs de l'ouvrage sont Australien et Néo-Zélandais.

e) Perspectives (vis-à-vis de la recherche ou vis-à-vis de l'observation)

En matière de gestion des déversoirs d'orage, les prochains travaux devraient se focaliser sur le calcul des indicateurs de rejets et des aménagements à réaliser en amont ou à juste avant les rejets pour respecter la capacité d'auto-épuration du milieu récepteur. Les techniques alternatives plus faciles à mettre en œuvre en milieu périurbain devraient occuper une place importante. Il faut envisager d'équiper de façon pérenne des dispositifs types pour en suivre le fonctionnement dans le temps. Un dispositif de bassin de retenue est déjà équipé sur la Chaudanne. Un dispositif de stockage de la pluie à l'échelle de la maison individuelle mériterait aussi d'être suivi car le Grand Lyon impose pour toute nouvelle construction dans le bassin de l'Yzeron une capacité de rétention pour une pluie de période de retour 50 ans avec un débit de fuite d'ouvrage de 0.5 l/s/ha ou des dispositifs de rétention d'une capacité de 5 à 10 m³.

En matière de gestion des rivières périurbaines, les travaux de recherche devraient se focaliser sur l'objectif d'une modélisation dynamique du fonctionnement écologique et épuratoire de la rivière, en particulier sous l'influence des rejets urbains de temps de pluie. Il s'attacherait à préciser le rôle des flux, des formes et des biocénoses dans la capacité de résilience du milieu interstitielle aux perturbations par les rejets urbains de temps de pluie. Un travail est engagé pour une modélisation à base physique au travers d'un modèle d'écoulement en milieu poreux partagé par les équipes de l'OTHU. Ces travaux devraient alimenter la construction d'un modèle conceptuel plus facile à généraliser pour les petites rivières. Une instrumentation pérenne est à prévoir pour suivre les gradients hydrauliques et le métabolisme d'un tronçon de cours d'eau. Un dispositif en seuils perméables (visant à combler une incision) sera implanté en 2009 par la commune sur la Chaudanne à l'aval du déversoir d'orage du site OTHU. La fonction épuratoire du dispositif mériterait d'être suivie.

En règle générale, les travaux devraient converger sur l'évaluation de « l'élasticité » du système réseau-milieu récepteur, par rapport d'une part au développement urbain et d'autre part à des *scenarii* d'évolution du climat.

f) Programmes de recherches supplémentaires ayant servi de support

- AVuPUR (Assessing the vulnerability of peri-urban rivers), Projet ANR-VMC (Vulnérabilité : Milieux Climats) déjà mentionné (2007-2010)
- SECTUP (Systèmes extensifs pour la gestion et le traitement des eaux urbaines de temps de pluie) du Programme ANR - PRECODD (Programme de recherche sur les ecotechnologies).
- 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 (2008-2011)
- DO-tox demandée en 2009 dans le cadre de la ZABR- Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse

g) Production scientifique et autre (2006 – 2008)

Thèses

Vivier, A. (2006). *Effet écologique de rejets urbains de temps de pluie sur deux cours d'eau péri-urbains de l'ouest lyonnais et un ruisseau phréatique en plaine d'Alsace*. Thèse de doctorat Cemagref / Université Louis Pasteur Strasbourg, 260 p.

Thèses en cours

Grosprêtre L. : impact de l'urbanisation sur la géomorphologie des petites rivières

Petit : S. Devenir des pathogènes urbain dans les petites rivières

Angerville R. : Toxicité des rejets urbains de temps de pluie et devenir dans les petites rivières

Articles dans revues internationales à comité de lecture sous la forme

- Lafont M. & A. Vivier, (2006a). Oligochaete assemblages in the hyporheic zone and coarse surface sediments: their importance for understanding of ecological functioning of watercourses: *Hydrobiologia*, 564: 171-181.
- Lafont M., A. Vivier, S. Nogueira, P. Namour & P. Breil, (2006b). Surface and hyporheic Oligochaete assemblages in a French suburban stream. *Hydrobiologia*, 564: 183-193.
- Lafont M., L. Grapentine, Q. Rochfort, J. Marsalek, G. Tixier and P. Breil. .2007. Bioassessment of wet-weather pollution impacts on fine sediments in urban waters by benthic indices and the sediment quality triad. *Water Science & Technology* Vol 56 No 9 pp 13–20.
- Lavenir R., Jocktane D., Laurent F., Nazaret S., Cournoyer B.2007. Improved reliability of *Pseudomonas aeruginosa* PCR detection by the use of the species-specific *ecfX* gene target. *Journal of Microbiological Methods* 70. 20–29.
- Nogaro G., Mermillod-Blondin F., François-Carcaillet F., Gaudet J.P., Lafont M. & Gibert J. (2006) Invertebrate bioturbation can reduce the clogging of sediment: an experimental study using filtration sediment columns. *Freshwater Biology* 51: 1458-1473.
- Schmitt L., Lafont M., Tremolieres M., Vivier A., Jezequel C., Breil P., Valin K., Valette L., Perrin J.F., Namour Ph., Use of hydro-geomorphological typologies in functional ecology: first results in contrasted hydrosystems. *accepted in Physics and Chemistry of the Earth*.
- Schmitt L., Maire G., Nobelis P. and Humbert J., (2007). Quantitative morphodynamic typology of rivers. A methodological study based on the French Upper Rhine basin. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 11, pp. 1726-1746.

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

- Breil P., Grimm N.B., Vervier P. (2007). Surface water groundwater exchanges processes and fluvial ecosystem function: An analysis of temporal and spatial scale dependency. In "Hydroecology and Ecohydrology: Past, Present and Future", Ed. : Wood P.J., Hannah D.M. and Sadler J.P. Wiley & Sons Inc. pp 93-108.
- Breil P., Lafont M. (2008b). Chapter 9 : assessing stream bio-assimilation capacity to cope with combined sewer overflows.. In "aquatic habitats in integrated urban water management". Edited by wagner I., marsalek J., breil P.. Taylor & francis group. p 53-61.
- Breil P., lafont M., Fletcher T.D & Roy A., (2008c) Chapter 20: aquatic ecosystems. In: Fletcher T.D & Deletic A. (eds) Data requirements for integrated urban water management, Taylor & Francis group, London: 262-274.
- Breil P., Marsalek J., Wagner I., Dogse P. (2008a). Chapter 1 : introduction to urban aquatic habitats management in "aquatic habitats in integrated urban water management". Edited by Wagner I., Marsalek J., Breil P. Taylor & Francis group. p 1-8.
- Lafont M., Marsalek J. & Breil P. 2008. Urban aquatic habitat characteristics and functioning. In: Wagner, I., Marsalek, J. And Breil, P.(eds.) Aquatic habitats in integrated urban water management, chapter 2, Taylor & Francis group, London: 9-16.
- Piégay H., Naylor L.A., Habersack H., Kail J., Schmitt L. & Bourdin L.(in press) . Some European Experiences in River Restoration. In: Brierley G. & Fryirs K. (Eds), *River Futures*, Island Press.
- Schmitt L., Grospretre L., Breil P., Lafont M., Vivier A., Perrin J.F., Namour P., Jezequel C., Valette L., Valin K., Cordier R., Cottet M. (2008). Préconisations de gestion physique de petits hydrosystèmes périurbains : l'exemple du bassin de l'Yzeron (France). In: Verniers G. et Petit F. (eds), Actes du Colloque « La gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique », Namur, 10-12 oct. 2007, Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée, Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviale, Direction des Cours d'Eau Non Navigables, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement - Ministère de Région wallonne, pp. 177-186.

Revue nationale

- Datry T., Dole-Olivier M.J., Marmonier P., Claret C., Perrin J.F., Lafont M., Breil P. La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau. *Ingénieries EAT*, (accepté).

Namour Ph., Breil P., Perrin J.F., Gnouma R., Lafont M., Vivier A., Schmitt L., Grosprêtre L. (2007). Rejets par temps de pluie en rivière péri-urbaine: daignosis et gestion. *L'Eau , L'industrie et les Nuisances*. N°304. 78-86.

Namour Ph., Fournier T., Thollet F., Lagouy M., Breil P. (2008). Métrologie des hydrosystèmes et méthodologies d'observations : Présentation du site de Grézieu-la-Varenne de l'Observatoire de terrain en hydrologie urbaine. *TSM*, 2 - 2008. 33-48.

Schmitt L., Valette L., Valin K., Piegay H. & Hallot E. (2006). Proposition d'une méthode de typologie hydro-géomorphologique des cours d'eau et test sur un sous-bassin du Rhône (bassin de l'Yzeron). *Mosella*, XXIX, 3-4, 323-340.

Communications & articles dans conférences internationales

Breil P., Breugnot E., Gob F., Paquier A., Hérouin E., Albert M.B., Dutartre A. (2007). Interactions between aquatic vegetation and flow conditions in a large alluvial stream. 6th international symposium on ecohydraulics. 18-23 February 2007. Christchurch. New Zeland. 4p.

Breil P., Lafont M., Vivier A, Namour Ph., Schmitt L. (2007). Effects of combined sewer overflows on a periurban stream ecosystem: methodological approach. Oral presentation, International Symposium on New Directions in Urban Water Management, 12-14 Sept. 2007, UNESCO Paris. 8 p.

Breil P., Lafont. M. (2008). A Methodological Approach To Quantify The Effect Of Flow Variability On Aquatic Population Dynamics. BALWOIS 2008 – Ohrid, Republic of Macedonia – 27, 31 May 2008. 7p.

Breil P., Lafont M. Namour P., Perrin, J.F., Bariac, T., Sebilo, M., Schmitt, L., Chocat, B., Aucour, A.M., Zuddas, P., (2007). Effect of urbanization on stream nitrogen dynamiques (Yzeron stream, France). Poster presentation, American Geophysical Union Fall meeting, December 2007.

Schmitt L., Grosprêtre L., Breil P., Lafont M., Vivier A., Perrin J.F., Namour Ph., Jezequel C., Valette L., Valin K., Cordier R. (2007). Géomorphologie et gestion environnementale des petits hydrosystèmes péri-urbains : l'exemple du bassin de l'Yzeron. Présentation orale, *Colloque « La gestion Physique des cours d'eau. Bilan d'une décennie d'ingénierie écologique »*, Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviale, Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée, Direction des Cours d'Eau Non Navigables, 10-12 oct., 2007, Namur, Belgique.

Conférences nationales

Breil P., Lafont M., Namour N., Schmitt L., Guérin S. et Pecoraro J. (2006). L'Ingénierie écologique sur l'Yzeron : expérience d'une rivière péri-urbaine. Actes de la 3^è *Journée Thématique de la Zone Atelier Bassin du Rhône*, « L'ingénierie écologique des cours d'eau. Quelles évolutions depuis 20 ans ? », 20 juin 2006, Guilhaumand-Granges (Valence) : 11 p.

Breil P., M. Lafont, P. Namour, Chocat B., L. Schmitt, L. Grosprêtre (2006). Impacts hydrologiques, morphodynamiques et écologiques de l'urbanisation sur les petites rivières : développements méthodologiques et premiers résultats. *Actes du deuxième séminaire scientifique de l'OTHU*, Lyon, 25 janvier 2006, 10 p.

El Kadi Abderrezzak K., Paquier A. (2007). Vers une meilleure connaissance et gestion du risque d'inondation dans les zones urbaines : le projet RIVES. 6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management (Novatech 2007), Lyon, France, June 25-28, 2007, 473-480.

Lafont M., Vivier A., Breil P., Jezequel C., Schmitt L., Perrin J.-F., Namour P. & Bernoud S. (2007). Comment mesurer la qualité écologique d'une rivière ? 3^{ème} *Journée Technique de l'OTHU – Les petites rivières périurbaines : Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision*, 25 janv. 2007, Lyon.

Perrin J.F., Aste J.P., Schmitt L., Breil P., Lafont M., Namour P. (2007). Un support d'intégration des connaissances (SIC) dédié au bassin versant atelier de l'Yzeron. 5^{ème} *colloque STIC & Environnement*, Lyon, 13 - 15 novembre 2007.

Perrin J.F., Boulos J., Breil P., Lafont M., Namour P., Aste J.P., Badji N., Carbonel A., Schmitt L., Grosprêtre L. (2007). Le Système d'Intégration des Connaissances (SIC) dédié au bassin versant atelier de l'Yzeron. 5^{ème} *colloque STIC & Environnement*, Lyon, 13-15 novembre 2007.

Perrin J.F., Namour P., Lafont M., Schmitt L., Richard F., Aste J.P., Breil P. (2006). Une rivière et des hommes : représentation spatialisée de fonctionnalités écologiques et de leur perception sociale. Poster, colloque Eau et Territoires, Lyon, 9 & 10 janvier 2006, Cemagref-Lyon, ENS-LSH.

Rivière, N, Guinot, V., El Kadi Abderrezzak K., Chocat, B. (2007). Résolutions requises par les différentes échelles de simulation des inondations urbaines extrêmes. ATELIER PNTS - La très haute résolution spatiale en télédétection urbaine, Ecole Centrale Nantes les 25-26 septembre 2007.

Schmitt L., Grosprêtre L., Valette L., Valin K. (2007) Quelles méthodes de suivi morphodynamique des cours d'eau? 3ème Journée Technique de l'OTHU « *Les petites rivières périurbaines : Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision* », 25 janvier 2007, Lyon, France.

Autres / rapports

Cordier R. (2006). Vitesse de réaction des affluents de l'Yzeron à la suite d'impacts anthropiques (étude dendrochronologique). Mémoire de Master 1, Université Lyon 2, 87 p. + ann.

Grosprêtre L. et Schmitt L., (2008). 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.

Grosprêtre L., Schmitt L. (2007) : 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. Réalisé pour le compte du Grand Lyon et du SAGYRC, 127 p.

Jézéquel, C. (2006). Le rôle de la géomorphologie sur les échanges nappe-rivière et les écosystèmes aquatiques interstitiels en milieu pollué (compartiment superficiel et hyporhéique). Mémoire du Master « Sciences des Sociétés et leur environnement », Université L. Lumière Lyon 2 : 102 pp.

Lafont M., Breil P., Perrin J.-F., Schmitt L., Namour P., Malard F., Aste J.-P., Burnoud S., Guerin S., & Bonnefille M. (2006). Rapport final du Projet GEREHPUR (GEstion de la Ressource en Eau des Hydrosystèmes Péri-URbains), Thématique prioritaire Région Rhône-Alpes 2003 – 2005 « Développement Durable », 19 p. + ann.

Le Barbut m. (2007). Modélisation hydraulique des flux hyporhéiques dans un tronçon de rivière. Stage d'application de l'école centrale de Lyon. 27 p.

Matthieu H. (2007). Etablissement d'un modèle conceptuel d'évaluation de l'exposition des organismes vivants d'une rivière aux polluants issus des Rejets Urbains par Temps de Pluie. Master recherche « Sciences de l'Environnement Industriel & Urbain (SEIU) » 65p.

Schmitt L., Valette L., Valin K., Grosprêtre L., Lafont M. (2007). Une méthode de typologie hydro-géomorphologique d'états de référence de cours d'eau : un outil de gestion des hydrosystèmes périurbains. Application au bassin versant de l'Yzeron. Fiche Technique OTHU, 3ème Journée Technique de l'OTHU « *Les petites rivières périurbaines: Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision* », 25 janvier 2007, Lyon, 4 p.

Speisser V. (2008). Modélisation hydraulique des transferts d'eau entre la colonne et le substrat. Master recherche VA GCEL Promotion 53. 46 p.

Thomas, C. (2006). Caractérisation morpho-sédimentaire d'une rivière péri-urbaine. DESS « Ingénierie de l'Eau », Institut EGID, Université Bordeaux 3 : 60 p.

Viallon B. (2008). Les phénomènes d'incision dans le bassin versant de l'Yzeron. Analyse comparative de la Beffe, de la Goutte des Verrières et du Prés Mouchettes. Eléments de compréhension et hypothèses prédictives. Mémoire de Master 1 de Géographie-Aménagement, Université Lyon 3, 90 p.

STRUCTURATION, VALORISATION ET OUVERTURES DE L'OTHU

D STRUCTURATION, VALORISATION ET OUVERTURES DE L'OTHU

D.1 Structuration et fonctionnement de l'OTHU

L'ambition de l'OTHU est de développer des programmes de recherche permettant de répondre à des questions scientifiques et opérationnelles en mobilisant les différentes disciplines scientifiques nécessaires.

Ceci suppose d'assurer l'interface entre scientifiques et acteurs opérationnels et de garantir un travail pluridisciplinaire.

Une structuration spécifique et des actions de coordination et de communication ont ainsi été développées au sein de l'OTHU depuis sa création.

Les éléments clés disponibles au sein de l'OTHU pour répondre à ces ambitions sont les suivants :

- **travailler sur des sites communs**, ce qui rend la communication entre spécialistes indispensable et plus aisée ;
- **travailler dans la durée** : déjà plus de 9 ans de travail en commun et encore quelques années en perspectives ;
- **travailler dans un cadre organisé et contractuel** : la convention inter-établissements de création de la fédération d'équipes de recherche OTHU et le règlement intérieur définissent de façon explicite les règles de fonctionnement du groupe, en particulier :
 - le fonctionnement du comité de gestion²³
 - l'organisation régulière de réunions techniques de sites²⁴
 - l'organisation régulière de séminaires d'échanges interne inter-chercheurs
- **travailler sur des projets finalisés**, élaborés en relation étroite avec un exploitant de système d'assainissement, en l'occurrence la Direction de l'Eau du Grand Lyon
- **être évalué régulièrement par un conseil scientifique** composé d'experts scientifiques extérieurs, des principaux partenaires opérationnels de l'observatoire, des responsables de chaque établissement membre de l'OTHU.

D.2 Programme finalisé de l'OTHU 2006-2009 (téléchargeable sur <http://www.othu.org> à la page programme de recherche)

La mise en place de l'OTHU, en 1999, s'est appuyée sur une démarche de co-construction du programme de recherche associé à l'observatoire. Depuis 9 ans, les actions de recherche ont été développées afin de s'inscrire dans ce programme.

En 2005, après 6 années de fonctionnement, et notamment suite aux remarques émises par le comité scientifique en novembre 2003, un programme de recherche finalisé en appui sur l'observatoire a été réalisé.

Le contenu du programme scientifique finalisé est défini pour quatre ans. Son élaboration est faite en commun par les représentants des services gestionnaires qui établissent une liste de questions opérationnelles et par les représentants des laboratoires de recherche. Le dernier en date a été approuvé fin 2005.

²³ 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.

²⁴ 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.

Le programme 2006-2009 se structure actuellement autour de 7 sous-programmes :

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

Chaque sous programme est animé par deux responsables : un responsable scientifique issu du monde de la recherche et un responsable opérationnel du Grand Lyon.

Chaque sous-programme est organisé en actions de recherche programmée sur 3-4 ans visant à atteindre des objectifs scientifiques précis dont dépend la réponse à une ou plusieurs questions opérationnelles

Chaque action fait l'objet d'une ou de plusieurs fiches projet. Une fiche projet constitue la brique élémentaire pour laquelle il est nécessaire de rechercher des moyens supplémentaires (thèse, convention de recherche, ...). Certaines actions sont donc déjà en cours ou terminées, d'autres n'ont pas encore démarré du fait d'un manque de moyens humains ou financiers.

Ce découpage n'est pas absolu car de nombreuses actions sont inter-connectées.

L'OTHU travaille actuellement à son prochain programme de recherche finalisé 2009-2013, un premier séminaire stratégique a été monté le 15 septembre 2008. Ce séminaire a réuni plus de trente participants (chercheurs de l'OTHU et représentants des partenaires opérationnels de l'OTHU) afin de faire le bilan et de réfléchir à ce prochain programme finalisé qui devra être approuvé et appliqué fin 2009.

D.3 Actions de valorisation de l'OTHU

Pour ce qui concerne l'animation et la valorisation de l'OTHU, le GRAIE²⁵ est la structure support 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 scientifique, aide à la gestion administrative et financière, diffusion et valorisation des résultats. Pour ces tâches, il mobilise un animateur à mi-temps, un technicien à mi temps sur la valorisation et l'archivage des données²⁶ ainsi que la contribution de la Directrice du GRAIE et de la comptable. Le GRAIE. Il bénéficie d'un soutien financier direct pour les parties animation et archivage des données provenant de l'Etat et des agences de l'eau dans le cadre de la procédure emplois jeunes qui se termine cette année pour l'OTHU. A l'inverse, l'implication de l'OTHU dans le GRAIE se traduit par la

²⁵ Le Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau est une association qui vise à mobiliser et mettre en relation les acteurs de la gestion de l'eau, et à contribuer à la diffusion des informations et des résultats de recherche dans ce domaine. L'association rassemble plus de 200 adhérents, notamment représentants de collectivités, organismes de recherche et bureaux d'étude.

Ses fonctions : mise en relation des professionnels de la gestion de l'eau et de l'assainissement, mobilisation des équipes de recherche sur des sujets nécessitant des approches multiples, valorisation des compétences régionales tant scientifiques qu'opérationnelles, diffusion de l'information

Ses thèmes de réflexion : aide à la décision publique en matière de gestion urbaine de l'eau, organisation de la réflexion sur des solutions durables de gestion des eaux urbaines de temps de pluie, sur la gestion intégrée des cours d'eau et des bassins versants et sur 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), organisation de réunions d'échanges, journées d'information & conférences, rédaction d'ouvrages techniques, scientifiques & de sensibilisation

²⁶ Définition du format d'entrée des données de l'OTHU dans la base de données VIGILANCE – base des données de l'autosurveillance du système d'assainissement du Grand Lyon, validation d'une partie des données et entrée des données de l'OTHU dans la base du Grand Lyon

participation de ses membres aux différents groupes de travail (autosurveillance des réseaux, Gestion des eaux pluviales, etc.) et aux comités de programme des journées d'information GRAIE.

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.

Au cours des deux dernières années, ces actions ont été les suivantes :

- **Organisation de deux Séminaires Doctorants** (le 18 janvier 2007 et le 6 décembre 2007) : Séminaires de recherche et d'échange interne de l'OTHU basé sur l'intervention des doctorants et des stagiaires (10 interventions en moyenne par séminaire). L'objectif de ces réunions est de faire connaître les recherches qui utilisent des données issues de l'OTHU ou connexes à l'OTHU et de faire communiquer les chercheurs des différents laboratoires entre eux.
- **3^{ème} Journée Technique de l'OTHU "Les petites rivières périurbaines : Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision"** - 25 janvier 2007 à l'hôtel de la Communauté Urbaine de Lyon. Les journées techniques visent à rendre disponibles les résultats de recherche acquis dans le cadre de l'OTHU et notamment celles qui ont des retombées opérationnelles immédiates. Les principaux résultats pratiques et opérationnels présentés lors de cette journée concernaient notamment l'analyse, la connaissance du fonctionnement et le suivi de petits cours d'eau soumis aux différentes pressions du développement urbain.

Cette journée a rassemblé 167 participants issus pour 71% de collectivités, d'administrations, de bureau d'études, et d'autres prestataires de services. A cette occasion, les fiches techniques de l'OTHU, réalisées en partenariat avec le CETE de l'Est et le CERTU, ont été réactualisées, complétées et remises aux participants.

La synthèse, le recueil des interventions de la journée ainsi que les fiches techniques OTHU sont disponibles en téléchargement sur le site Internet : www.othu.org.

Organisateurs : Graie – Grand Lyon ; Soutien : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse – DIREN Rhône-Alpes – Région Rhône-Alpes – CERTU.

- **3^{ème} Séminaire Scientifique de l'OTHU**. Amphithéâtre Marie Curie INSA de Lyon du 4 décembre 2008. Ce séminaire d'après-midi est organisé autour de 7 exposés scientifiques, 7 focus sur 7 thèmes de recherche, développés dans le cadre de l'OTHU.

Il a pour objectif :

- de faire connaître les résultats de recherche acquis dans le cadre de l'OTHU et de diffuser aussi largement que possible les données obtenues.
 - de susciter l'intérêt des chercheurs, éventuellement étrangers, de favoriser les échanges de données et développer des collaborations nouvelles dans le cadre de projets nationaux ou internationaux.
- Organisation d'un **Séminaire interne d'échange entre chercheurs de l'OTHU sur le thème de la modélisation** – Ce séminaire organisé le 24 janvier 2007 a rassemblé 27 participants. Suite à un premier séminaire interne OTHU organisé sur la même thématique en septembre 2006, cette seconde édition a permis de poursuivre les échanges sur les principes et les problématiques de modélisation utilisés par les différentes équipes et de réfléchir aux besoins de l'OTHU. Les questions abordées lors de cette journée ont été :
 - Quels sont les modèles nécessaires, disponibles et actuellement utilisés, compte tenu des objectifs scientifiques et du programme finalisé de l'OTHU ?
 - Quels sont leurs objectifs (à quelles questions ils sont censés répondre) ?
 - Quelles données d'entrée / sortie utilisent-ils compte tenu d'objectifs différents?

L'objectif de ce séminaire était de savoir si pour les deux grandes thématiques de l'OTHU (Gestion de l'infiltration des eaux de ruissellement et Gestion des cours d'eau périurbains) il existe des chaînes cohérentes de modèles ou s'il existe des lacunes afin de déterminer sur quelles données et modèles, il faudrait faire porter les efforts de modélisation au sein de l'OTHU. Une troisième édition de ce séminaire sera organisée en 2009.

- Publication d'une **troisième série de Fiches Techniques de l'OTHU**, centrée sur les aspects gestion des petites rivières périurbaines, et diffusion de l'ensemble des fiches notamment via le site internet de l'OTHU, le référencement sur différents vecteurs de communication, et la publication dans la revue Hydroplus.
- **Gestion du site et mise à jour du site Internet de l'OTHU** : www.othu.org permettant la communication et la diffusion d'information 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.
- Utilisation des activités traditionnelles du GRAIE pour diffuser au mieux les résultats acquis. La conférence internationale **Novatech 2007**²⁷, organisée à Lyon en juin 2007, a été l'occasion de présenter à la communauté scientifique internationale et aux praticiens 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 par l'OTHU). Cette action sera reconduite pour l'édition Novatech 2010.

D.4 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 ou de Master), les rapports d'activité produits à l'occasion des réunions du comité scientifique et les états d'avancement annuels, les partenaires de l'OTHU ont décidé de rédiger des fiches techniques, 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, 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 et janvier 2007) et diffusées plus largement via le site internet de l'OTHU et ses autres partenaires.

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

- Fiche N°1 : Mesures de la pollution des sols issue des rejets urbains de temps de pluie
- Fiche N°2 : Incertitudes de mesure des débits et prise en compte dans le calage des modèles
- Fiche N°3 : Appréciation et suivi de l'état écologique d'un ruisseau périurbain soumis à des rejets urbains de temps de pluie.
- Fiche N°4 : La base de données VIGILANCE du Grand Lyon
- Fiche N°5 : Pré-validation automatique de données environnementales en hydrologie urbaine
- Fiche 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 urbanisées.
- Fiche N°7 : Métrologie de terrain et qualité des données
- Fiche N°8 : Caractérisation des fonds de bassin d'infiltration : nouveaux paramètres physico-chimiques et microbiologiques
- Fiche N°9 : Indicateurs de performance de stratégies d'assainissement pluvial par infiltration: Analyse critique
- Fiche N°10 : Auto épuration des rejets urbains de temps de pluie par les bassins d'infiltration
- Fiche N°11 : Eléments sur le colmatage des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales
- Fiche N°12 : Micro-capteurs pour l'évaluation de la qualité chimique des petites rivières péri-urbaines
- Fiche N°13 : Méthode d'estimation de la modification du régime des crues dû à l'urbanisation

²⁷ 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. Plus de 650 congressistes étaient présents en juin 2007.

- Fiche N°14 : Une méthode de typologie hydro-géomorphologique d'états de référence des cours d'eau : vers un outil de gestion des hydrosystèmes périurbains.

Guide de recommandations pour l'infiltration des eaux de ruissellement

Un premier guide de recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des systèmes d'infiltration des eaux de ruissellement en milieu urbain a été réalisé dans le cadre du programme MGD Infiltration du programme RGPU et est paru en début 2006. Suite au programme Ecopluiés, ce guide est en cours de réactualisation et devrait paraître sous une forme plus modulaire de questions / réponses accessibles à partir des sites internet de l'OTHU et d'Ecopluiés.

D.5 Partenariats et implications au plan local, régional, national et international

a) Partenariats et implications au plan local et régional

Le bon fonctionnement de l'observatoire, en dehors de la solide implication des équipes de recherche, repose fortement sur le soutien technique, logistique et/ou financier apporté à l'OTHU par ses partenaires opérationnels ou institutionnels locaux (Grand Lyon, Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse, Région Rhône-Alpes, sociétés privées) et traduit l'intérêt socio-économique de ce projet.

- **Le Grand Lyon**²⁸ 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 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 de plus 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 le projet 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 2007 ou via une convention annuelle signée en 2008 et par un soutien spécifique au GRAIE pour les tâches de valorisation.

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 du 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" dans le cadre du SRESR. La Région Rhône-Alpes a mis en place un Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, visant à développer ses points forts par une politique contractuelle avec les établissements de recherche. L'action centrale de ce schéma est la mise en place de Clusters regroupant les différents partenaires concernés par un domaine particulier. L'OTHU s'intègre dans le Cluster "Environnement" et sert de support à plusieurs de ses programmes de recherche (risque inondation, transfert des polluants dans les hydrosystèmes, gestion durable des eaux pluviales urbaines). Il bénéficie à ce titre de financements pour l'animation du dispositif et de manière plus significative d'allocations doctorales de recherche (ADR). Nous avons obtenu sur la période 2004-2008 trois ADR : celle de *Priscilla Moura* sur le développement de méthodes d'évaluation des performances des systèmes d'infiltration des eaux de ruissellement en milieu urbain soutenue en 2008, celle

²⁸ 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.

d'*Arnaud Foulquier* sur l'impact de l'infiltration sur le fonctionnement thermique, biogéochimique et la biodiversité des aquifères urbains qui sera soutenue en 2009 et celle de *Carolina Gonzalez* qui débute une thèse sur les facteurs explicatifs du colmatage des systèmes d'infiltration des eaux pluviales.

- Développement des liens avec PROCEDEMS et PROVADEMSE. Un rapprochement entre l'OTHU et la plate-forme technologique PROCEDEMS (Evaluation Environnementale des Déchets, Matériaux et Sols pollués) du GIS EEDEMS avait déjà été opéré et avait permis de développer un laboratoire d'analyses physico-chimiques commun. En 2007, l'OTHU a travaillé à 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'Environalp 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 viendrait compléter harmonieusement les recherches des observatoires en mettant 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 les plateaux et observatoires actuels.
- Collaboration avec le Pôle Régional de compétitivité Chimie et Environnement (AXELERA). Le pôle de compétitivité AXELERA est 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), qui constitue l'action n° 13 du projet Rhodanos « Traitement de l'eau » financé par Axelera.
- **Des sociétés privées** associées principalement aux différents projets de recherche de l'OTHU (Burgéap, Ingedia, Sogea, Suez Environnement, SDEI, Safege, etc.).

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 objectifs de la ZABR sont de permettre des échanges interdisciplinaires entre laboratoires et avec les gestionnaires et aménageurs du bassin qu'ils soient publics ou privés. Il s'agit de les faire bénéficier des résultats de recherche et de faire émerger de nouvelles questions scientifiques en s'interrogeant sur l'impact des modes de gestion du fleuve (aménagement du territoire fluvial, politique de protection ou de restauration) sur les processus de régulation des flux d'eau, de sédiments, de polluants et sur les services écosystémiques rendus par le fleuve (fonctionnalité des milieux, biodiversité, valeur patrimoniale, santé). Labellisée par le CNRS en juin 2001, la ZABR a établi en 2005 son programme sur objectifs, pour toujours mieux répondre aux attentes des acteurs opérationnels en développant des actions de recherche pluridisciplinaires. Les chercheurs de l'OTHU ont contribué à la mise en place et au développement de la ZABR et l'OTHU en constitue aujourd'hui l'un des sites. Ce partenariat a permis de nouer des relations avec de nouveaux champs de spécialités issus des SHS, ce qui constituait l'une des demandes exprimées par le conseil scientifique même si leur intégration dans l'OTHU reste encore mineure. 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.

b) Partenariats et implications au plan national

Les principaux soutiens viennent des organismes suivants :

- **Le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT)** et notamment de la DRI (ex DRAST) qui apporte un soutien pérenne au dispositif OTHU. Elle contribue au financement de différentes actions de recherche ciblées. Le Ministère contribue également à la valorisation de l'OTHU en participant à la rédaction des fiches techniques de l'OTHU.
- **Le Ministère de la Recherche** contribue au financement de l'OTHU via :
 - l'attribution d'un PPF (Plan Pluri-Formations intégré dans les Plans quadriennaux des Etablissements Universitaires lyonnais) pour 2007-2011
 - les appels d'offres de l'ANR (Agence Nationale pour la Recherche). L'OTHU est ainsi le support de recherche des projets suivants :
 - **Ecopluiés - ANR Ecotechnologies et Développement Durable (PRECODD)** porté par Sylvie BARRAUD, INSA de Lyon L.G.C.I.E. Ses objectifs sont de proposer des améliorations pour la conception, la construction et l'exploitation (dont la gestion des sous-produits) des ouvrages de rétention/infiltration des eaux pluviales, de manière à les rendre plus fiables et plus performants. (2005-2008). (<http://www.ecopluiés.org>).
Equipes OTHU concernées : INSA LGCIE, UCBL HBES, UCBL L.S.A, ENTPE L.S.E
 - **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- 2010). 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 experimental 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. (2008-2010). (<http://www.integreau.org>)
Equipes OTHU concernées : UCBL LSA, CEMAGREF UR QE
 - **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, (2008-2011)
Equipes OTHU concernées : 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 (2008-2011)
Equipes OTHU concernées: Cemagref de Lyon UR QEPP et UR BEA, INSA de Lyon LGCIE et Equipe EDU
- **Les membres de l'OTHU** par l'intermédiaire d'un auto-financement de 20% du budget total

Cependant un des efforts principaux en matière de structuration de la recherche au niveau national a été sur 2006-2007 la participation au montage du Réseau Inter-observatoire Français en Hydrologie Urbaine (HURRBIS).

- **Participation au Réseau Inter-observatoire Français en Hydrologie Urbaine (HURRBIS)**

Un des atouts mais aussi un des inconvénients d'un observatoire tel que l'OTHU réside dans le fait qu'il est fortement ancré sur un certain nombre de sites présentant des particularités locales. Afin de décupler, coordonner et mener en complémentarité les efforts de recherche dans ce domaine, nous avons souhaité asseoir une coopération durable avec des dispositifs expérimentaux voisins et/ou complémentaires. L'OTHU s'est donc associé à deux autres observatoires français en Hydrologie Urbaine que sont OPUR (Observatoire des Polluants URbains à Paris) et SAP (Secteur Atelier Pluridisciplinaire de Nantes) pour fonder en 2007 le réseau français HURRBIS (Hydrologie Urbaine Réseau de Recherche Bassins Inter Sites). Un projet conjoint entre OPUR, OTHU et SAP nommé "R2DS" a 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.

Aujourd'hui ce réseau fonctionne.

- Deux thèses communes au réseau des observatoires vont démarrer pour cette fin d'année 2008 en convention Cifre :
 - a) *Caractérisation et modélisation du transport solide en réseau d'assainissement unitaire par temps de pluie*
 - b) *Mesurage en continu des flux polluants de MES et DCO en réseau d'assainissement*
co-encadrées par deux chercheurs : Ghassan Chebbo (OPUR - ENPC, CEREVE), Jean-Luc Bertrand Krajewski (OTHU - INSA Lyon, LGCIE) et Yves KOVACS responsable du bureau d'études Sepia Conseils à Paris.
- Un séminaire commun est prévu en février 2009.
- Un site internet doté d'un forum inter-chercheurs est d'ores et déjà en service (www.hurrbis.org).

c) **Partenariats et implications au plan international**

Au plan international, ces 2 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. Notons également que ces collaborations se sont manifestées par la co-rédaction d'ouvrages de référence internationaux et de co-directions de thèses.

Le fait le plus structurant est sans doute la participation de l'OTHU à la création du site lyonnais de la plateforme technologique européenne Eau (WSSTP : Water Supply & Sanitation Technology Platform).

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

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 la directrice de l'OTHU.

Cette structuration nous permet d'être au cœur des propositions de réponses aux appels d'offres des programmes européens et notamment celle concernant le thème « ENV.2009.3.1.1.1 Adaptation of water supply and sanitation systems to cope with climate change ».

BILAN DE FONCTIONNEMENT DEPUIS 2006

E. BILAN DE FONCTIONNEMENT DEPUIS 2006

Le fonctionnement de l'OTHU au cours des deux dernières années appelle les commentaires suivants.

En terme d'effort de recherche

Un effort de plus grande transversalité a été accompli. La thématique *Pluviométrie* associe maintenant climatologues et hydrologues. La thématique *Rivière* a intégré une composante géomorphologie et amorcé avec des projets ANR comme *INVASION* et *AvuPur* des ouvertures sur la microbiologie et l'écotoxicologie. La thématique *Infiltration* a consolidé son activité au travers de projets fédérateurs comme *Ecopluiés*.

On peut cependant regretter la part encore trop congrue occupée par les sciences sociales et notamment des recherches sur l'impact des pratiques des usagers ou des gestionnaires sur l'acceptation et le bon fonctionnement des systèmes.

L'OTHU a joué un rôle important pour l'obtention de projets de recherche comme ceux des programmes ANR fondés en grande partie sur les sites et les données de l'OTHU. C'est bien parce que nous disposons de données structurées et fiables acquises sur la durée et d'un dispositif métrologique puissant que nous pouvons aujourd'hui répondre à ces appels d'offre. Ceci nous a renforcé, dans notre mode de gestion, dans l'idée de ne pas céder aux tentations d'investissements liés à des opportunités trop ponctuelles.

Ce rôle attracteur s'est également concrétisé par une plus grande attractivité vis-à-vis de sociétés ou bureaux d'études privés que l'on associe plus souvent dans les projets nationaux et par des collaborations internationales qui ont pu être mises en place grâce à l'OTHU. Sur une période de trois ans, on dénombre 8 universités étrangères qui ont participé à des projets liés à l'OTHU. Cette attractivité se manifeste également par notre implication dans la rédaction d'ouvrages scientifiques internationaux (4 au total).

Cette activité a généré une production scientifique tout à fait acceptable : environ 3 publications dans des revues internationales par permanents actifs sur 3 ans, ce qui correspond aux critères de chercheurs publiants de l'AERES pour les secteurs « Physique, Chimie, Sciences de la Terre et de l'Univers », « Sciences du Vivant » et supérieur à ceux nécessaires pour « Sciences pour l'Ingénieur, Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication » et le double de ce qui est demandé aux enseignants-chercheurs.

Enfin en terme de structuration, nous avons montré lors du précédent conseil scientifique un bon ancrage régional. Ces deux dernières années, les efforts ont porté

- sur la construction d'HURRBIS (réseau français d'observatoires en Hydrologie urbaine) dont les thématiques sont complémentaires et qui permet de démultiplier les sites d'observations et donc leur diversité et
- sur le montage du site Lyonnais de la plateforme Européenne WSSTP.

La collaboration à l'échelle locale se poursuit notamment via les actions du programme finalisé qui permet annuellement de s'assurer que les recherches et observations sont aussi de nature à aider les praticiens. Cependant la dernière réunion du programme finalisé nous incite à modifier les modes de transferts de l'information. Des transferts de type présentation / formation pourraient remplacer les traditionnels rapports d'activités opérationnels parfois peu efficaces.

En terme de recherche future, les perspectives scientifiques et finalisées ont été présentées dans les paragraphes C1, C2, C3, C4 aussi n'y reviendrons nous pas. Les derniers échanges du programme finalisé ainsi que les réunions périodiques de recherche permettent cependant de dégager de grandes problématiques qu'il sera nécessaire à terme de conduire plus intensément. Il s'agit notamment :

- de l'étude de la capacité des systèmes de gestion des eaux pluviales à résister, s'adapter aux changements climatiques ;

- de l'étude des changements d'échelle en terme de gestion des eaux pluviales (système diffus vs systèmes centralisés) ;
- de l'étude plus globale de la circulation des polluants dans la ville via les systèmes de gestion des eaux pluviales (notamment les substances prioritaires et médicamenteuses) ;
- d'une plus grande intégration de la dimension santé.

Cela nécessitera d'améliorer i) les dispositifs métrologiques permettant d'évaluer les flux le plus continûment possible (notamment des flux polluants) car on sait que la variabilité peut être grande et les dynamiques disparates ii) de développer des modélisations adaptées mais également de continuer iii) à en démontrer les mécanismes par des dispositifs expérimentaux complémentaires (colonnes ou pilotes par exemple).

En terme de fonctionnement, l'Observatoire est aujourd'hui une structure dont l'organisation est éprouvée. Cependant plusieurs points faibles sont à noter.

La première est liée à la gestion des données. Si elles sont correctement 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 lourde et compliquée, faute probablement de moyens suffisants pour développer de vrais outils de gestion de base de données. Ce point devra être amélioré.

La deuxième est liée au fait que la gestion interne (financière, administrative et technique) de l'observatoire reste lourde et sa pérennité encore aujourd'hui difficile à garantir. Son fonctionnement est actuellement assuré par un financement régulier provenant du Grand Lyon et de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse qui fait l'objet d'une convention pluriannuelle depuis 1999 et qui a été reconduite fin 2006 jusqu'en 2010. Ce financement est aujourd'hui de 275 K€ par an (dont 200 K€ en fonctionnement et 75 K€ en investissement) et représente environ 41% du budget total de l'observatoire). Le complément est apporté par les laboratoires qui utilisent leurs crédits propres ainsi que les crédits obtenus sur des projets de recherche négociés directement avec des organismes (MEEDDAT par exemple) ou en réponse à des appels d'offres. Ce mode de financement est bien évidemment dépendant des opportunités et du taux de réussite aux appels d'offre. Même si nos taux de réussite sont actuellement importants, ces financements échappent en partie à l'observatoire lui même au profit des équipes et des projets dont les dépenses viennent parfois en concurrence avec le financement de l'observatoire.

De ce fait cela génère des recettes irrégulières difficilement compatibles avec le fonctionnement d'un observatoire pérenne dont la gestion est consommatrice d'énergie particulièrement improductive (multiplicité des organismes et de leurs règles comptables). De plus la quasi-totalité des personnels techniques et administratifs qui assurent la gestion courante et la maintenance des sites est financée sur contrat (2 à 4 au total suivant les périodes dont une partie en CDD). Ainsi les tâches liées à ces fluctuations de personnels doivent être compensées par les chercheurs eux-mêmes au détriment de la production scientifique. Le risque « d'essoufflement » est donc tout à fait réel et est déjà perceptible.

Les partenaires opérationnels et les équipes de recherche ont montré leur détermination et ont mis les moyens pour faire fonctionner un dispositif qui est sans équivalent. Il paraît aujourd'hui urgent que les établissements puissent déployer ou détacher des moyens en personnel permanent statutaire pour garantir sa pérennité.

ANNEXES

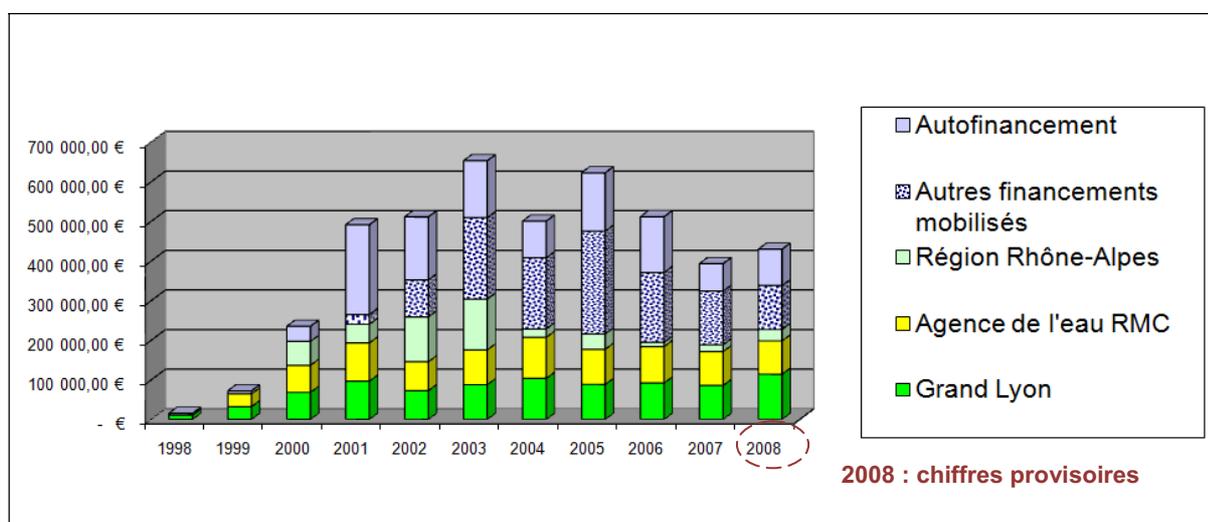
ANNEXE 1 : OTHU FINANCIER : QUELQUES GRANDS CHIFFRES

FONCTIONNEMENT DE L'OBSERVATOIRE

Les dépenses de fonctionnement de l'OTHU correspondent à des frais de maintenance (entretien et exploitation du matériel), 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).

Les dépenses de fonctionnement (analyses, maintenance, animation et gestion) pour l'OTHU ont été de 4,4 millions d'euros HT depuis 10 ans. Le budget est en 2007 de 392 K€ (budget provisoire 2008: 429 K€) et est en moyenne depuis 2002²⁹ d'environ 510 K€ par an.

Evolution 1998³⁰/2008 – Crédits de fonctionnement OTHU

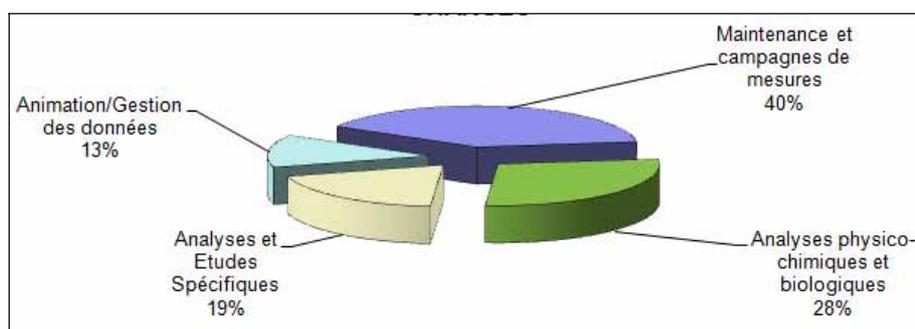


Le budget annuel de fonctionnement est d'environ 720 000 € lorsque l'on prend en compte le personnel mis à disposition (budget consolidé).

Le budget recherche proprement dit vient s'ajouter au fonctionnement de l'observatoire : environ un millions d'euros (1 235 292 € en 2007 et 1 324 446 € en 2008).

Le budget annuel global de fonctionnement de l'OTHU peut donc être évalué à 1,75 millions € HT.

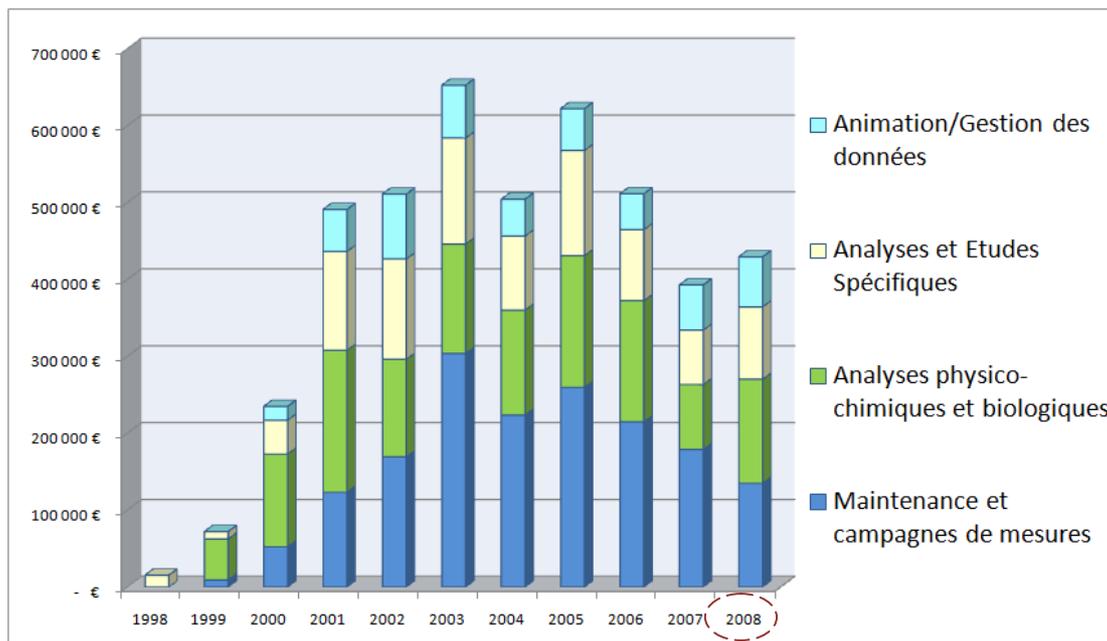
Evolution 2006 / 2008 – Dépenses de fonctionnement OTHU



²⁹ 2002 : date à partir de laquelle l'OTHU est entré dans un fonctionnement courant

³⁰ 1998 : date de montage de l'observatoire avant constitution officielle de la fédération d'équipes de recherche OTHU en 1999

Evolution 1998/2008 des dépenses de fonctionnement



2008 : chiffres provisoires

L'érosion des crédits qui semble affecter l'OTHU depuis 2005 vient du fait, comme nous l'avons mentionné dans le bilan, que les moyens (notamment ceux liés aux réponses aux appels d'offres recherche) ne passent plus par l'observatoire mais par l'intermédiaire des laboratoires. Cette inflexion dans le mode de fonctionnement avait été choisie à partir de 2005 de manière à alléger la gestion des crédits. Cependant, ce mode de fonctionnement n'est pas totalement satisfaisant car le risque à terme est 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 dénaturerait la nature de l'observatoire tel qu'il a été construit.

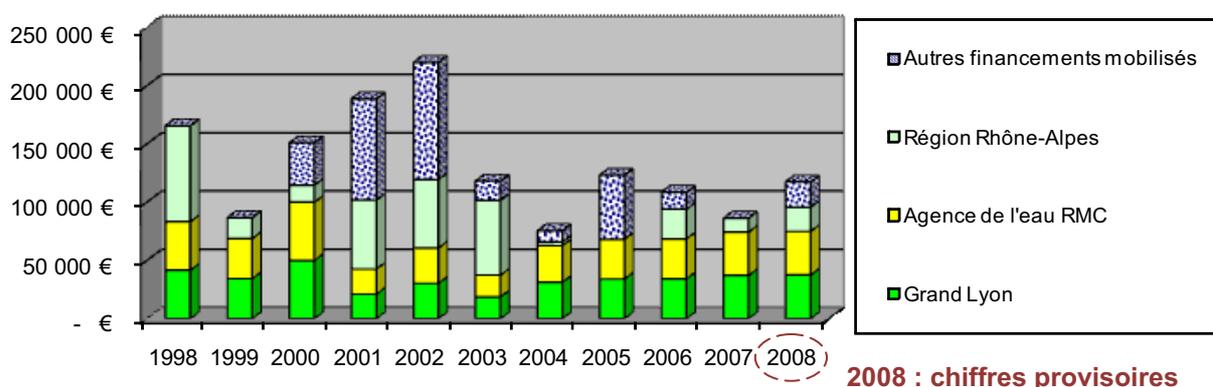
De plus, la diminution de ces crédits entraîne évidemment une diminution des dépenses alors même que les besoins notamment en maintenance des sites sont de plus en plus forts. Il s'ensuit une pression importante exercée sur les personnels techniques payés sous contrat à l'OTHU, sur les personnels du Grand Lyon, 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 nécessaires à la survie du dispositif.**

INVESTISSEMENT

Les dépenses 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 OTHU)

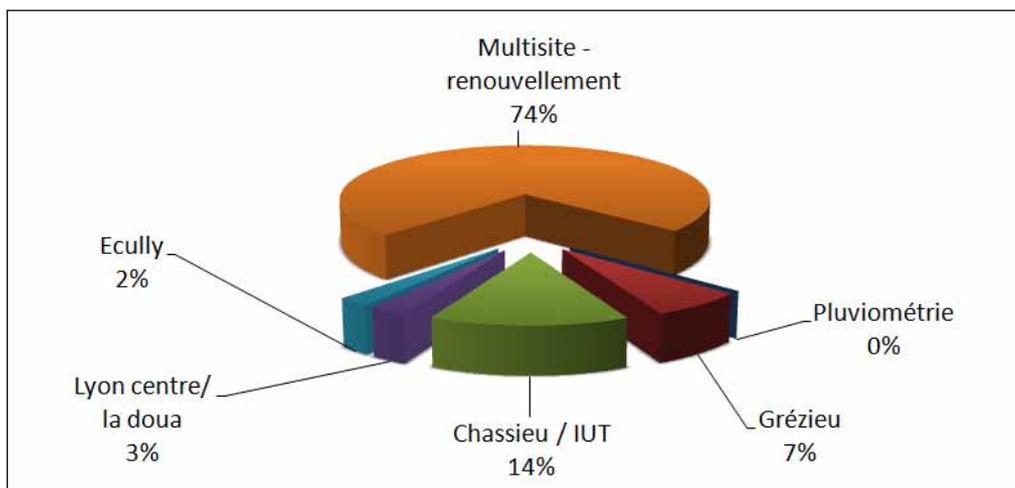
Les investissements pour l'OTHU depuis 1998 se montent à 1 440 k€ HT, soit une moyenne depuis 2002 de **146 k€ HT par an**.

Evolution 1998³¹/2008 – Crédits d'investissement OTHU



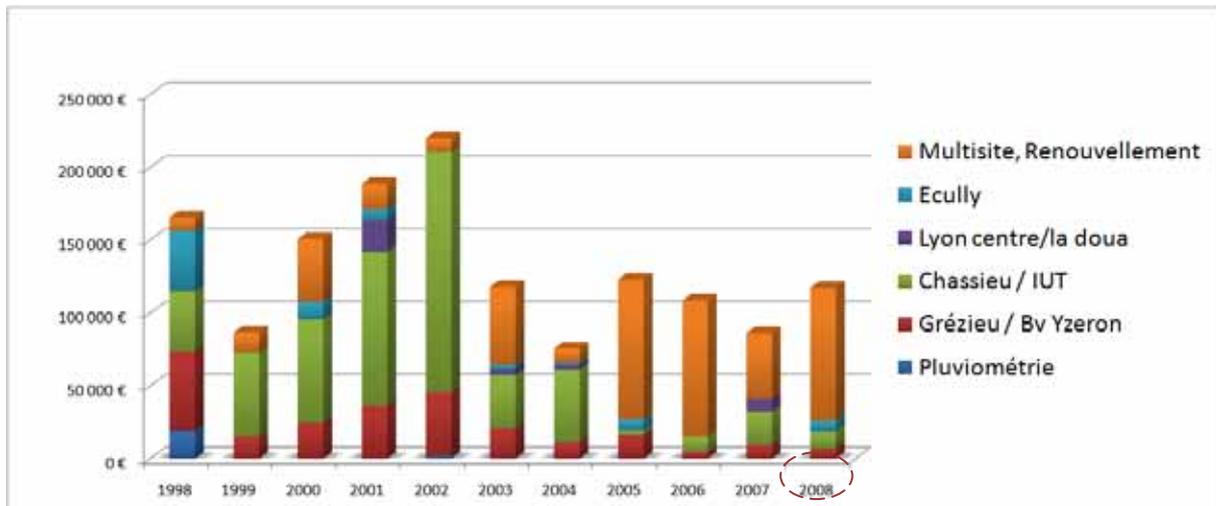
Répartition des investissements par site :

Evolution 2006 / 2008 – Dépenses d'investissement OTHU



³¹ 1998 : date de montage de l'observatoire avant constitution officielle de la fédération d'équipes de recherche OTHU en 1999

Évolution 1998-2008 - Dépenses d'investissement par site



2008 : chiffres provisoires

Les dépenses d'équipement diminuent au profit du renouvellement, ce qui est assez logique. Cependant le ré-équipement de sites (remplacement de La Doua / Lyon Centre), Yzeron et quelques autres sites satellites pourraient contribuer à faire augmenter les besoins en équipement dans le futur.

ANNEXE 2 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE SUR LA PERIODE 2006- 2008

Thèses

1. Gnouma, R. (2006). Aide à la calibration d'un modèle hydrologique distribué au moyen d'une analyse des processus hydrologiques: application au bassin versant de l'Yzeron. Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Lyon, France, 14 Novembre 2006, 412 p.
2. Goutaland D. (2008). *Caractérisation hydro-géophysique d'un dépôt fluvioglaciaire. Evaluation de l'effet de l'hétérogénéité hydrodynamique sur les écoulements en zone non saturée.* Thèse de doctorat, INSA de Lyon, Ecole doctorale de Chimie de Lyon., Laboratoire des Sciences de l'Environnement de l'ENTPE, 241p.
3. Larmet H. (2007). *Mobilisation et transfert de Zn, Cd, cu et des colloïdes bactériens dans les bassins d'infiltration d'eaux pluviales : influence des conditions hydrodynamiques.* Thèse de doctorat de l'université Joseph Fourier, Grenoble I, Ecole doctorale Terre, Univers, Environnement, Laboratoire des Sciences de l'Environnement de l'ENTPE, 327 p.
4. Le Coustumer S. (2008). Colmatage et rétention des éléments traces métalliques dans les systèmes d'infiltration des eaux pluviales. Thèse de Doctorat de l'INSA de Lyon, France & PhD Monash University of Melbourne, Australie, 427 p.
5. Moura P. (2008) *Méthode d'évaluation des performances des systèmes d'infiltration des eaux de ruissellement en milieu urbain.* Thèse de doctorat INSA de Lyon. France, 355 p.
6. Nogaro G. (2007). *Influence des dépôts de sédiments fins sur le fonctionnement physique et biogéochimique des interfaces sédimentaires aquatiques : Interactions avec les processus de bioturbation.* Thèse de doctorat, Université Lyon 1, 9 juillet 2007, 144 p.
7. Proton A. (2008). *Etude hydraulique des tranchées de rétention/infiltration.* Thèse de doctorat INSA de Lyon. France, 299 p.
8. Torres A. (2008). Décantation des eaux pluviales dans un ouvrage réel de grande taille : Eléments de réflexion pour le suivi et la modélisation. Thèse de Doctorat de l'INSA de Lyon, France, 374 p.
9. Vivier, A. (2006). Effet écologique de rejets urbains de temps de pluie sur deux cours d'eau péri-urbains de l'ouest lyonnais et un ruisseau phréatique en plaine d'Alsace. Thèse de doctorat Cemagref / Université Louis Pasteur Strasbourg, 260 p.

Thèses en cours

1. Angerville R. : Toxicité des rejets urbains de temps de pluie et devenir dans les petites rivières
2. Becouze C. : Evaluation des flux de polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie
3. Dembele A. : Quantification des retombées atmosphériques sèches et humides dans l'évaluation des flux de polluants prioritaires dans les rejets urbains de temps de pluie
4. Dorval F. : Mise au point de techniques de traitement de données en continu pour l'identification de l'origine des flux de temps sec dans les réseaux séparatifs pluviaux : Etude de cas du bassin versant Django Rheinart .
5. Foulquier : Influence des pratiques d'infiltration d'eau de ruissellement pluvial sur le fonctionnement thermique, biochimique et la biodiversité des aquifères urbains
6. Gonzalez C.: Amélioration des connaissances sur le colmatage des systèmes d'infiltration
7. Grosprêtre L. : impact de l'urbanisation sur la géomorphologie des petites rivières
8. Lepioufle J.-M. : Définition et implémentation d'une description des précipitations suffisamment complète pour permettre une bonne appréciation de l'aléa pluviométrique et la genèse de champs pluviométriques aptes à être utilisés en entrée de modèles hydrologiques spatialisés
9. Métadier M. : Utilisation de séries chronologiques continues à court pas de temps pour le calage et la vérification de modèles de rejets urbains par temps de pluie
10. Petit : S. Devenir des pathogènes urbain dans les petites rivières
11. Renard F. : Le risque pluvial en milieu urbain : le cas du Grand Lyon
12. Sarrazin B. : Hydrologie des réseaux éphémères
13. Saulais M.: Développement végétal et affinité avec les métaux dans les bassins de rétention / infiltration.

Articles dans revues internationales

1. Badin A.L., Faure P., Bedell J.P. et Delolme C. (2008). Distribution of organic pollutants and natural organic matter in urban storm water sediments as a function of grain size. *The Science of the Total Environment* 403, (1-3), 15 178-187.
2. Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Stormwater pollutant loads modelling: epistemological aspects and case studies on the influence of field data sets on calibration and verification. *Water Science and Technology*, 55(4), 1-17.
3. Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Le Gauffre P. and Baer E. (2007). Infiltration in sewer systems: multi-criteria comparison of investment / rehabilitation strategies *Water Practice & Technology*, 2 (1), doi10.2166/wpt.2007.0027.
4. Bertrand-Krajewski J.-L., Winkler S., Saracevic E., Torres A., Schaar H. (2007). Comparison of and uncertainties in raw sewage COD measurements by laboratory techniques and field UV-visible spectrometry. *Water Science and Technology*, 56(11), 17-25.
5. Dehotin, J. et Braud, I. (2008). Which spatial discretization for distributed hydrological models? Proposition of a methodology and illustration for medium to large scale catchments. *Hydrology and Earth System Sciences* 12, 769-796.
6. Goutaland D., Thierry Winiarski, Jean-Sébastien Dubé, Grégory Bièvre, Jean-François Buoncristiani, Michel Chouteau, and Bernard Giroux (2008). Hydrostratigraphic characterization of the vadose zone of a glaciofluvial deposit underlying an infiltration basin using Ground Penetrating Radar. *Vadose Zone Journal*, Vol. 7, n°5, Fév. 2008.
7. Gruber G., Bertrand-Krajewski J.-L., de Bénédictis J., Hochedlinger M., Lettl W. (2006). Practical aspects, experiences and strategies by using UV/VIS sensors for long-term sewer monitoring. *Water Practice and Technology* (paper doi10.2166/wpt.2006.020), 1(1), 8 p.
8. Guiné V., Spadini L., Muris M. Sarret G., Delolme C., Gaudet J-P., and Martins J.M.F. (2006). Zinc sorption to cell wall components of three gram-negative bacteria: a combined titration, modeling and EXAFS study. *Environmental Science and Technology*. 40, 1806-1813.
9. Joannis C., Ruban G., Gromaire M.-C., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2008). Reproducibility and uncertainty of wastewater turbidity measurements. *Water Science and Technology*, 57(10), 1667-1673.
10. Lafont M. & A. Vivier, (2006a). Oligochaete assemblages in the hyporheic zone and coarse surface sediments: their importance for understanding of ecological functioning of watercourses: *Hydrobiologia*, 564: 171-181.
11. Lafont M., A. Vivier, S. Nogueira, P. Namour & P. Breil, (2006b). Surface and hyporheic Oligochaete assemblages in a French suburban stream. *Hydrobiologia*, 564: 183-193.
12. Lafont M., L. Grapentine, Q. Rochfort, J. Marsalek, G. Tixier and P. Breil. .2007. Bioassessment of wet-weather pollution impacts on fine sediments in urban waters by benthic indices and the sediment quality triad. *Water Science & Technology* Vol 56 No 9 pp 13–20.
13. Lassabatere L., Angulo-Jaramillo R., Soria Ugalde J. M., Cuenca R., Braud I. et Haverkamp R. (2006). Beerkan Estimation of Soil Transfer parameters through infiltration experiments - BEST. *Soil Science Society of America Journal*, 70: 521-532.
14. Lassabatere L., Spadini L., Delolme C., Février L., Galvez-Cloutier R. & Winiarski T. (2007). Concomitant Zn-Cd and Pb retention in a carbonated fluvio-glacial deposit under both static and dynamic conditions. *Chemosphere*. 69, 9, 1499-1508.
15. Lavenir R., Jocktane D., Laurent F., Nazaret S., Cournoyer B. 2007. Improved reliability of *Pseudomonas aeruginosa* PCR detection by the use of the species-specific ecfX gene target. *Journal of Microbiological Methods* 70. 20–29.
16. Le Coustumer S., Barraud S. (2007). Long-term hydraulic and pollution retention performance of infiltrationsystems. *Water Science & Technology*, 55 (4), 235-243.
17. Le Coustumer S., Barraud S., Béranger Y. (2006). Étude préliminaire du colmatage des systèmes d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain, *Revue Européenne de Génie Civil*, 10(3), 263-270.
18. Le Coustumer S., Fletcher T. D., Deletic A., Barraud S. (2007). Hydraulic performance of biofilters: first lessons from both laboratory and field studies. *Water Science & Technology*, 56(10) 93-100.
19. Le Coustumer S., Moura P., Barraud S., B. Clozel, Varnier J.-C. (2007). Temporal evolution and spatial distribution of heavy metals in a stormwater infiltration basin – estimation of the mass of trapped pollutants *Water Science & Technology*, 56 (12), 93-100.

20. Majdalani S., Michel E., Pietro L. D. & Angulo-Jaramillo R. (2007). Effects of wetting and drying cycles on in situ particle mobilization. *European Journal of Soil Science*, doi: 10.1111/j.1365-2389.2007.00964.
21. Majdalani S., Michel E., Pietro L. D., Angulo-Jaramillo R. & Rousseau M. (2007). Mobilization and preferential transport of soil particles during infiltration: A core-scale modeling approach. *Water Resources Research*, 43, W05401, doi:10.1029/2006WR005057.
22. Mauclair L., Schürmann A. & F. Mermillod-Blondin - 2006 - Influence of hydraulic conductivity on communities of microorganisms and invertebrates in porous media: a case study in drinking water slow sand filters. *Aquatic Sciences*, 68, 100-108.
23. Mermillod-Blondin F., Nogaro G., Vallier F. & J. Gibert - 2008 - Laboratory study highlights the key influences of stormwater sediment thickness and bioturbation by tubificid worms on dynamics of nutrients and pollutants in stormwater retention systems. *Chemosphere*, 72, 213-223.
24. Moura P., Barraud S., Baptista M.B. (2008). Méthodologie multicritère d'aide à la décision pour les systèmes d'infiltration des eaux pluviales : méthodes et exemples. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. 12 (6), 687-700.
25. Moura P.M., Baptista M.B., Barraud S. (2006). Comparison between two methodologies for urban drainage decision aid. *Water Science & Technology*, 54 (6-7), 493-499.
26. Moura P.M., Barraud S., Baptista M.B. (2007). Multicriteria procedure for the design and the management of infiltration systems. *Water Science & Technology*, 55 (4), 145-153.
27. Mourad M., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2006). Design of a retention tank: comparison of stormwater quality models with various levels of complexity. *Water Science and Technology*, 54(6-7), 231-238.
28. Mourad M., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2006). Design of a retention tank: comparison of stormwater quality models with various levels of complexity. *Water Science and Technology*, 54(6-7), 231-238.
29. Neto M., Ohannessian A., Delolme C. et Bedell J.-P. (2007). Towards an optimized protocol for measuring global dehydrogenase activity in storm-water sediments. *Journal of Soils and Sediments*, 7(2), 101-110.
30. Nogaro G., Mermillod-Blondin F., François-Carcaillet F., Gaudet J.P., Lafont M. & Gibert J. (2006) Invertebrate bioturbation can reduce the clogging of sediment: an experimental study using filtration sediment columns. *Freshwater Biology* 51: 1458-1473.
31. Nogaro G., Mermillod-Blondin F., François-Carcaillet F., Gaudet J.P., Lafont M. & J. Gibert (2006). Invertebrate bioturbation can reduce the clogging of sediment: an experimental study using infiltration sediment columns. *Freshwater Biology*, 2006, 51, 1458-1473.
32. Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Boisson J.-C., Bedell J.-P., Ohannessian A., Volat B. & Gilbert J. (2007). Influence of a stormwater sediment deposit on microbial and biogeochemical processes in infiltration porous media. *Science of the Total Environment*, 377(2-3), 334-348.
33. Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Boisson J.-C., Bedell J.-P., Ohannessian A., Volat B., Gibert J. (2007). Influence of a stormwater sediment deposit on microbial and biogeochemical processes in infiltration porous media. *Science of the Total Environment*, 377, 334-348.
34. Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Boisson J.-C. & Gibert J.. Chironomid larvae stimulate biogeochemical and microbial processes in a riverbed covered with fine sediment. *Aquatic Sciences*, sous presse -
35. Nogaro G., Mermillod-Blondin F., Montuelle B., Boisson J.-C., Lafont M., Volat B., Gibert J. (2007). Do tubificid worms influence organic matter processing and fate of pollutants in stormwater sediments deposited at the surface of infiltration systems? *Chemosphere*, 70, 315-328.
36. Ramos M.H., Leblois E., Creutin J.-D. (2006). From point to areal rainfall: linking the different approaches for the frequency characterisation of rainfalls in urban areas. *Water Science & Technology*, 54(6-7), 33-40.
37. Renard F, Comby J. (2007). Characterisation of rainfall events in urban area by spatial interpolation: the case of the Greater Lyon, *Climatologie* (Pub Association Internationale de Climatologie), 4, 131-144.
38. Schmitt L., Lafont M., Tremolieres M., Vivier A., Jezequel C., Breil P., Valin K., Valette L., Perrin J.F., Namour Ph., Use of hydro-geomorphological typologies in functional ecology: first results in contrasted hydrosystems. *accepté in Physics and Chemistry of the Earth*.
39. Schmitt L., Maire G., Nobelis P. and Humbert J., (2007). Quantitative morphodynamic typology of rivers. A methodological study based on the French Upper Rhine basin. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 11, pp. 1726-1746.
40. Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2008). Evaluation of uncertainties in settling velocities of particles in urban stormwater runoff. *Water Science and Technology*, 57(9), 1389-1396.
41. Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2008). Partial Least Squares local calibration of a UV-visible spectrometer used for in situ measurements of COD and TSS concentrations in urban drainage systems. *Water Science and Technology*, 57(4), 581-588.

42. Winiarski T., Bedell J.-P., Delolme C., Ghidini M. and Perrodin Y. (2006). Study of spatial distribution of physico-chemical and biological parameters along a soil vertical profile in a stormwater infiltration basin in the Lyon area. *Hydrogeology Journal*, 14 (7), 1244- 1251.
43. Winkler S., Bertrand-Krajewski J.-L., Torres A., Saracevic E. (2008). Benefits, limitations and uncertainty of in-situ spectrometry. *Water Science and Technology*, 57(10), 1651-1658.

Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

1. Leroux M., Comby J. (collaboration) (2006). *Global Warming: Myth or reality ? The erring ways of climatology*, Springer-Praxis Books in Environmental Sciences, Londres, 509 p.
2. Liégeois M., sous la direction de Coanus T., Comby J., Gibert C, (2007) *Les risques en Rhône-Alpes ; Etat de la recherche et prise en compte des sciences de l'homme et de la société*, Cahier du CNRS, MSH Gren, sous presse, 114 p
3. Breil P., Grimm N.B., Vervier P. (2007). Surface water groundwater exchanges processes and fluvial ecosystem function: An analysis of temporal and spatial scale dependency. In "Hydroecology and Ecohydrology: Past, Present and Future", Ed. : Wood P.J., Hannah D.M. and Sadler J.P. Wiley & Sons Inc. pp 93-108.
4. Breil P., Lafont M. (2008b). Chapter 9 : assessing stream bio-assimilation capacity to cope with combined sewer overflows.. In "aquatic habitats in integrated urban water management". Edited by wagner I., marsalek J., breil P.. Taylor & francis group. p 53-61.
5. Breil P., lafont M., Fletcher T.D & Roy A., (2008c) Chapter 20: aquatic ecosystems. In: Fletcher T.D & Deletic A. (eds) *Data requirements for integrated urban water management*, Taylor & Francis group, London: 262-274.
6. Breil P., Marsalek J., Wagner I., Dogse P. (2008a). Chapter 1 : introduction to urban aquatic habitats management in "aquatic habitats in integrated urban water management". Edited by Wagner I., Marsalek J., Breil P. Taylor & Francis group. p 1-8.
7. Lafont M., Marsalek J. & Breil P. 2008. Urban aquatic habitat characteristics and functioning. In: Wagner, I., Marsalek, J. And Breil, P.(eds.) *Aquatic habitats in integrated urban water management*, chapter 2, Taylor & Francis group, London: 9-16.
8. Piégay H., Naylor L.A., Habersack H., Kail J., Schmitt L. & Bourdin L.(in press) . Some European Experiences in River Restoration. In: Brierley G. & Fryirs K. (Eds), *River Futures*, Island Press.
9. Schmitt L., Grospretre L., Breil P., Lafont M., Vivier A., Perrin J.F., Namour P., Jezequel C., Valette L., Valin K., Cordier R., Cottet M. (2008). Préconisations de gestion physique de petits hydrosystèmes périurbains : l'exemple du bassin de l'Yzeron (France). In: Verniers G. et Petit F. (eds), *Actes du Colloque « La gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique »*, Namur, 10-12 oct. 2007, Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée, Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviale, Direction des Cours d'Eau Non Navigables, Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement - Ministère de Région wallonne, pp. 177-186.
10. Datry T., Malard F. & J. Gibert (2006). Effects of artificial stormwater infiltration on urban groundwater ecosystems. In *NATO-ASI Book, Urban groundwater management and sustainability*, Tellam J.H. et al. Eds, Springer 2006, 331-345.
11. Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Gibert J., Malard F., Winiarski T., Delolme C. (2007). *Chapter 23 - The OTHU case study: integrated monitoring of stormwater in Lyon, France*. In "*Data requirements for Integrated Urban Water management*", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 303-314. ISBN 9780415453455.
12. Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Chapter 18 - Combined sewers. In "*Data requirements for Integrated Urban Water management*", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 243-250. ISBN 9780415453455.
13. Fletcher T.D., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Chapter 12 - Financial considerations. In "*Data requirements for Integrated Urban Water management*", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 171-174. ISBN 9780415453455.
14. Bertrand-Krajewski J.-L., Muste M. (2007). Chapter 8 - Data validation: principles and implementation. In "*Data requirements for Integrated Urban Water management*", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 103-126. ISBN 9780415453455.

15. Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Chapter 6 - Understanding and managing uncertainty. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 65-90. ISBN 9780415453455.
16. Bertrand-Krajewski J.-L., Fletcher T.D., Mitchell V.G. (2007). Chapter 5 - Temporal and spatial scale consideration. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 45-64. ISBN 9780415453455.
17. Fletcher T.D., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Chapter 3 - Defining objectives and applications of monitoring. In "Data requirements for Integrated Urban Water management", T. Fletcher and A. Deletic (editors). London (UK): Taylor and Francis, Urban Water series - UNESCO IHP, 29-36. ISBN 9780415453455.
18. Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Field data requirements for monitoring and modelling of urban drainage systems. In "Cities of the future - Towards integrated sustainable water and landscape management" (V. Novotny and P. Brown, editors, 427 p.). London (UK): IWA Publishing, 105-120. ISBN 9781843391364.

Communications dans conférences internationales

1. Angulo-Jaramillo R., Cazalets H., Goutaland D., Winiarski T., Delolme C. (2007). Three-dimensional modelling of water flow through a heterogeneous vadose zone. *American Geophysical Union, Fall Meeting*, San Francisco, CA, USA, 10-14 Décembre, in CD ROM:H51C-0654.
2. Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Lipeme Kouyi G., Torres A., Lepot M. (2007). Event and annual TSS and COD loads in combined sewer overflows estimated by continuous in situ turbidity measurements. *Proceedings of the 11th International Conference on Diffuse Pollution*, Belo Horizonte, Brazil, 26-31 August 2007, 8 p.
3. Bertrand-Krajewski J.-L., Becouze C., Dembélé A., Coquery M., Cren-Olivé C., Barillon B., Dauthuille P., Chappier J., Grenier-Loustalot M.-F., Marin P. (2008). Priority pollutants in stormwater: the ESPRIT project. *Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, UK, 31 Aug.-5 Sept., 10 p.
4. Branger, F., Braud, I., Viallet, P. and Debionne, S. (2008a). An "object-based" modelling approach to assess the influence of landscape management practices on the hydrology of a small agricultural catchment, EGU General Assembly, 13-18 April 2008, Vienna, Austria, *Geophysical Research Abstracts*, vol. 10, EGU2008-A-09558, poster.
5. Branger, F., Braud, I., Viallet, P. and Debionne, S. (2008b). Modelling the influence of landscape management practices on the hydrology of a small agricultural catchment, *8th International Conference on Hydro-Sciences and Engineering (ICHE-2008)*, 8-12 September 2008, Nagoya, Japon, 9 pp.
6. Breil P., Breugnot E., Gob F., Paquier A., Hérouin E., Albert M.B., Dutartre A. (2007). Interactions between aquatic vegetation and flow conditions in a large alluvial stream. 6th international symposium on ecohydraulics. 18-23 February 2007. Christchurch. New Zeland. 4p.
7. Breil P., Lafont M., Vivier A, Namour Ph., Schmitt L. (2007). Effects of combined sewer overflows on a periurban stream ecosystem: methodological approach. Oral presentation, International Symposium on New Directions in Urban Water Management, 12-14 Sept. 2007, UNESCO Paris. 8 p.
8. Breil P., Lafont. M. (2008). A Methodological Approach To Quantify The Effect Of Flow Variability On Aquatic Population Dynamics. BALWOIS 2008 – Ohrid, Republic of Macedonia – 27, 31 May 2008. 7p.
9. Breil P., Vivier A., Lafont M., Namour Ph. (2007). An Assessment method on water course ecosystem resilience : application to urban storm water overflows. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon.
10. Breil, P., Lafont M. Namour P., Perrin, J.F., Bariac, T., Sebilo, M., Schmitt, L., Chocat, B., Aucour, A.M., Zuddas, P., (2007). Effect of urbanization on stream nitrogen dynamiques (Yzeron stream, France). Poster presentation, American Geophysical Union Fall meeting, December 2007.
11. Castro L.M., Moura P., Baptista M. B. , Barraud S. (2007). Critical analysis of a multicriteria decisionaid method for the choice of urban drainage systems. *6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28, 2007. 431-438.
12. Chennu, S., Grésillon, J.M., Faure, J.B., Leblois, E., Poulard, C., and Dartus, D. (2008). Flood mitigation strategies at watershed scale through dispersed structural measures, *4th International Symposium on Flood Defence: Managing Flood Risk, Reliability and Vulnerability* ; Toronto, Ontario, Canada, May 6-8,.

13. Comby J., (2007). Sharing Experience on Policy Objectives & Recovery Practices. *International Conference ECORISE, The Emergency – forum of City Officials on Rebuilding Infrastructure for a sustainable Environnement, Session II Rain and Flood - 3 - 4 March, New-Orleans, USA.*
14. Comby J., Dugand J., Kermadi S., (2006). Relations entre îlot de chaleur urbain (ICU) et végétation sur l'agglomération lyonnaise, *Coll Association Internationale de Climatologie*, Tunis, septembre 2007, Tunisie
15. Delolme C., Béchet B., Fevrier L., Floriani M., Faure P., Géréma R. (2007), Characterization and transfer of heavy metals in two different urban stormwater infiltration work sediments: an experimental approach. 6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007, Lyon - France - June 25-28. 859-866.
16. El Kadi Abderrezzak, K., Paquier, A., Lhomme, J., Guinot, V., Zech, Y., Soares-Fraza, S. (2007). Hydraulic modelling of flooding in urban area. *AquaTerra Conference, World Forum on Delta and Coastal Development*, Amsterdam, Netherlands, February 07-09, 2007. p. 209-229.
17. El Kadi Abderrezzak, K., Paquier, A., Rivière, N., Leblois, E., Guinot, V. (2007). RIVES project: knowledge and management of urban flood risks. *AquaTerra Conference, World Forum on Delta and Coastal Development*, Amsterdam, Netherlands, February, 07-09, 2007, p. 119-132.
18. El Kadi, K., Paquier, A., Lhomme, J., Guinot, V., Zech, Y., Soares Fraza, S. (2007). Hydraulic modelling of flooding in urban area. *Aqua terra 2007*, Amsterdam, NLD, 07-09 février 2007. 22 p.
19. El Kadi, K., Paquier, A., Rivière, N., Leblois, E., Guinot, V. (2007). Vers une meilleure connaissance et gestion du risque d'inondation dans les zones urbaines : le projet RIVES . *6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management (Novatech 2007)*, Lyon, FRA, 25-28 June 2007. 8 p.
20. Ganaye A., Winiarski T., Goutaland D. (2007). Impact of infiltration basin on the vadose zone: relation between heavy metals retention and heterogeneity of glaciofluvial deposits. 6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007, Lyon - France - June 25-28. 835-842.
21. Goutaland D., Winiarski T., Bièvre G., Buoncristiani J.-F., Chouteau M., Giroux B., Dubé J.-S. (2006). Hydrostratigraphic characterization of glaciofluvial deposits underlying an infiltration basin. *European Geosciences Union General Assembly Vienna*, Austria, April 2006, EGU06-A-05047.
22. Goutaland D., Winiarski T., Dubé J.-S., Bièvre G., Chouteau M., Buoncristiani J.-F. (2007). On the use of geophysical methods to characterize heterogeneities of quaternary alluvial deposits. Application to stormwater infiltration. 6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007, Lyon - France - June 25-28. 851-858.
23. Goutaland, D.; Winiarski, T.; Lassabatère, L.; Angulo-Jaramillo, R.; Dube, J.-S. (2006). Unsaturated hydraulic parameters estimation of glaciofluvial lithofacies *European Geosciences Union General Assembly Vienna*, Austria, April 2006, Avril 2006, EGU06-A-08739.
24. Larmet H., Delolme C., Bedell J.-P. (2007). Bacteria and heavy metals concomitant transfer in an infiltration basin: columns study under realistic hydrodynamical conditions, 6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007, Lyon - France - June 25-28. 615-622.
25. Lassabatere L., Angulo Jaramillo R., Winiarski T., Delolme C. (2007). Caractérisation hydraulique d'une couche sédimentaire et du sol sous-jacent en fond de bassin d'infiltration urbain. 6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007, Lyon, France, 25-28 juin 2007, 583-590.
26. Lassabatere L., Angulo-Jaramillo R., Winiarski T. & Delolme C. (2007). Hydraulic characterization of settled sediment layer and subsoil in an urban infiltration basin. 6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007, Lyon, France, 25-28 juin 2007, 583-590.
27. Le Coustumer S., Barraud S. (2006). Long-term hydraulic and pollution retention performance of infiltration systems. 7th international conference on Urban Drainage Modelling & 4th international conference on Water Sensitive Urban Design, Melbourne, Australia, 4-6 april 2006. Vol. 1, 203-210.
28. Le Coustumer S., Fletcher T., Deletic A., Barraud S. (2008). Influence of time and design on the hydraulic performance of biofiltration systems for stormwater management. 11th International Conference on Urban Drainage. Edinburgh, Scotland, UK, 31st august -5th September, 2008, 10 p in **[CD-ROM]** ed. ed by University of Sheffield, University of Abertay Dundee, Heriot Watt University and University of Exeter.
29. Le Coustumer S., Moura P., Barraud S., Clozel B., Varnier J.-C. (2007). Spatial analysis and temporal evolution of pollutants in a stormwater infiltration basin – estimation of the mass of trapped pollutants. 6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007, Lyon - France - June 25-28. 819-826.

30. Leblois E. 2006, EGU 2005-A-10914, Session Hydrological Sciences 35: On the probabilistic link between falling rain and basin rain, Wien.
31. Marote P., Piram A., Salvador A., Herbreteau B., Belmont P., Faure R. (2007). Influence of inorganic ions on diuron photolysis and characterization of photoproducts. *International Conference on Analysis of Emerging Contaminants in the Environment, EmCom2007*, York (UK), 7-9 march 2007.
32. Mermillod-Blondin F., Nogaro G., Gibert J. (2007). *Clogging of infiltration basins by stormwater sediments: influence of invertebrate bioturbation*, 6th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007, Lyon - France - June 25-28, 599-606
33. Moura P., Barraud S., Baptista M.B., Cherqui F. (2008). Global performance evaluation of infiltration systems using multicriteria procedures at a design stage. 11th *International Conference on Urban Drainage*. Edinburgh, Scotland, UK, 31st august -5th September, 2008, 10 p in [CD-ROM] ed. ed by University of Sheffield, University of Abertay Dundee, Heriot Watt University and University of Exeter
34. Moura P., S., Barraud S., Baptista M. (2006). Multicriteria procedure for the design and management of infiltration systems. 7th *international conference on Urban Drainage Modelling & 4th international conference on Water Sensitive Urban Design*, Melbourne, Australia, 4-6 april 2006. Vol. 2, 437-444.
35. Moura P., S., Barraud S., Baptista M., Varnier J.-C. (2007). Comparison between different approaches for the definition of soil contamination indicators of stormwater infiltration systems. 6th *international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, NOVATECH 2007*, Lyon - France - June 25-28. 843-850.
36. Nogaro G., Mermillod-Blondin F., François-Carcaillet F. & J. Gibert (2006). Influence of invertebrate bioturbation on physical and biochemical functioning of water-sediment interface clogged by fine sédiment. *ASLO 2006*, Victoria Colombie Britannique CANADA, 4-9 june 2006.
37. Radojevic B, Breil P., Chocat B. (2008). Flood regimes of mid-sized and mixed land-use catchments: can we assess the urban contribution? *4th International Symposium on Flood Defence: Managing Flood Risk, Reliability and Vulnerability*. Toronto, Ontario, Canada, May 6-8, 2008. 16p.
38. Radojevic B., Breil P., Chocat B. (2008). Can we detect the impact of climate change on flood regimes? The First International Conference on Water Resources and Climate Change in the MENA Region. Muscat The Sultanate of Oman 2 - 4 November 2008. 14p.
39. Radojevic R., Breil P., Chocat B. (2007). Flood regimes of mid-sized and mixed land-use catchments: can we assess the urban contribution? *International Symposium on New Directions in Urban Water Management*, 12-14 September 2007, UNESCO Paris. 10p.
40. Renard F. (2008), *Evaluation de la qualité de la mesure hydrologique du radar de Saint Nizier appliquée au contexte local de la communauté urbaine de Lyon*. Congrès SHF Prévisions hydrométéorologiques. Lyon – France – November 18-19.
41. Schmitt L., Groprêtre L., Breil P., Lafont M., Vivier A., Perrin J.F., Namour Ph., Jezequel C., Valette L., Valin K., Cordier R. (2007). Géomorphologie et gestion environnementale des petits hydrosystèmes péri-urbains : l'exemple du bassin de l'Yzeron. Présentation orale, *Colloque « La gestion Physique des cours d'eau. Bilan d'une décennie d'ingénierie écologique »*, Laboratoire d'Hydrographie et de Géomorphologie Fluviale, Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée, Direction des Cours d'Eau Non Navigables, 10-12 oct., 2007, Namur, Belgique.
42. Soria Ugalde J. M., Angulo-Jaramillo R. & Haverkamp R. (2007). Estimation of soil hydraulic parameters from ring infiltration measurements by a method based on the scaling of dimensionless (numerical) solutions to the 3-D axisymmetric Richards' equation. *American Geophysical Union, Fall Meeting*, San Francisco, USA, 10-14 Décembre, in CD ROM:H51C-0644.
43. Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Distribution of settling velocities of particles in urban stormwater: assessment and uncertainties of the Vicas protocol. *Proceedings of the 32th IAHR Congress, Venice, Italy, 1-6 July 2007*, 9 pages (paper accepted).
44. Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Evaluation of uncertainties in settling velocities of particles in urban stormwater runoff. *Proceedings of the 5th SPN International Conference on Sewer Processes and Networks*, Delft, Netherlands, 28-31 August 2007, 8 p.
45. Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). PLS local calibration of a UV-visible spectrometer used for in situ measurements of COD and TSS concentrations in urban drainage systems. *Proceedings of the International Conference on Automation in Water Quality Monitoring "AutMoNet 2007"*, Ghent, Belgium, 5-7 September 2007, 8 p.
46. Torres A., Hasler M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Spatial heterogeneity and inter-event variability of sediment settling distributions in a stormwater retention tank. *Proceedings of Novatech 2007*, Lyon, France, 24-27 June, vol 2, 673-680.

47. Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Guilloux J., Barraud S., Paquier A. (2008). Modelling of hydrodynamics and solid transport in a large stormwater detention and settling basin. *Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, UK, 31 Aug.-5 Sept., 10 p.

Communications dans revues nationales

1. Bertrand-Krajewski J.-L., Barraud S., Lipeme Kouyi G., Torres A., Lepot M. (2008). Mesurages en continu des flux polluants particuliers en réseaux d'assainissement urbains : enjeux, méthodes, exemple d'application. *La Houille Blanche*, 4, 49-57. ISSN 0018-6368.
2. Bertrand-Krajewski J.-L., Chocat B., Barraud S. (2006). Gestion des rejets urbains de temps de pluie en réseaux unitaires. *La Tribune de l'Eau*, 59(640), 21-34.
3. Crosnier J. and Delolme C. (2006). Contribution des micro-organismes au transfert du zinc dans un sol calcaire d'un bassin d'infiltration de l'est lyonnais : approche expérimentale en batch et en colonnes. *Bulletin de Liaison des Ponts et Chaussées*, 261-262, 67-79.
4. Datry T., Dole-Olivier M.J., Marmonier P., Claret C., Perrin J.F., Lafont M., Breil P. La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau. *Ingénieries EAT*, (accepté).
5. de Bénédictis J., Bertrand-Krajewski J.-L. (2006). Mesurage des concentrations en MES et DCO dans les eaux usées par spectrométrie UV/visible. *La Houille Blanche*, 4, 136-142. ISSN 0018-6368.
6. Goutaland D., Winiarski T., Angulo-Jaramillo R., Lassabatere L. Bievre G., Buoncristiani J.F., Dube J.-S., Mesbah A. & Cazalets H. (2007). Etude hydrogéophysique de la zone non-saturée hétérogène d'un bassin d'infiltration d'eaux pluviales. *Bulletin du Laboratoire des Ponts et Chaussées*, 268-269.
7. Gromaire M.-C., Cabane P., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2007). Utilisation des modèles de calcul des flux polluants en assainissement - Résultats d'une enquête en France. *La Houille Blanche*, 2, 94-98. ISSN 0018-6368.
8. Mourad M., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2007). De l'utilisation pertinente des modèles de calcul des flux polluants en réseaux d'assainissement urbains. *La Houille Blanche*, 2, 105-111. ISSN 0018-6368.
9. Namour Ph., Breil P., Perrin J.F., Gnouma R., Lafont M., Vivier A., Schmitt L., Grosprêtre L. (2007). Rejets par temps de pluie en rivière péri-urbaine: diagnostic et gestion. *L'Eau, L'industrie et les Nuisances*. N°304. 78-86.
10. Namour Ph., Fournier T., Thollet F., Lagouy M., Breil P. (2008). Métrologie des hydrosystèmes et méthodologies d'observations : Présentation du site de Grézieu-la-Varenne de l'Observatoire de terrain en hydrologie urbaine. *TSM*, 2 - 2008. 33-48.
11. Renard F., Riquier J. (2008 – sous presse), Analyse territorialisée du risque de débordements de réseau d'assainissement liés aux eaux pluviales : application au Grand Lyon. *Norois*, 218, (sous-presse).
12. Renard F., Comby J. (2006). Evaluation de techniques d'interpolation spatiale de la pluie en milieu urbain pour une meilleure gestion d'événements extrêmes : le cas du Grand Lyon, *La houille blanche*, N°6,-2006, pp 73-78.
13. Ruban G., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G., Gromaire M.-C., Joannis C. (2006). Précision et reproductibilité du mesurage de la turbidité des eaux résiduaires urbaines. *La Houille Blanche*, 4, 129-135. ISSN 0018-6368.
14. Ruban G., Joannis C., Gromaire M.-C., Bertrand-Krajewski J.-L., Chebbo G. (2008). Mesurage de la turbidité sur échantillons: application aux eaux résiduaires urbaines. *TSM*, 4, 61-74. ISSN 0299-7258.
15. Schmitt L., Valette L., Valin K., Piegay H. & Hallot E. (2006). Proposition d'une méthode de typologie hydro-géomorphologique des cours d'eau et test sur un sous-bassin du Rhône (bassin de l'Yzeron). *Mosella*, XXIX, 3-4, 323-340.
16. Torres A., Hasler M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Hétérogénéité spatiale et événementielle des vitesses de chute des sédiments décantés dans un bassin de retenue d'eaux pluviales. *TSM*, 11, 27-34.

Communications dans conférences nationales

1. Bertrand-Krajewski J.-L., Joannis C. (2008). Validation et critique des résultats de mesure en hydrologie urbaine. *Actes du colloque SHF "Mesures hydrologiques et incertitudes*, Paris, France, 1-2 avril 2008, 9 p. ISBN 2-906831-73-5.
2. Breil P., Lafont M., Namour N., Schmitt L., Guérin S. et Pecoraro J. (2006). L'Ingénierie écologique sur l'Yzeron : expérience d'une rivière péri-urbaine. *Actes de la 3^e Journée Thématique de la Zone Atelier Bassin du Rhône*, « L'ingénierie écologique des cours d'eau. Quelles évolutions depuis 20 ans ? », 20 juin 2006, Guilherand-Granges (Valence) : 11 p.
3. Breil P., M. Lafont, P. Namour, Chocat B., L. Schmitt, L. Grosprêtre (2006). Impacts hydrologiques, morphodynamiques et écologiques de l'urbanisation sur les petites rivières : développements méthodologiques et premiers résultats. *Actes du deuxième séminaire scientifique de l'OTHU*, Lyon, 25 janvier 2006, 10 p.
4. El Kadi Abderrezzak K., Paquier A. (2007). Vers une meilleure connaissance et gestion du risque d'inondation dans les zones urbaines : le projet RIVES. 6th International Conference on Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management (Novatech 2007), Lyon, France, June 25-28, 2007, 473-480.
5. Goutaland, D.; Winiarski, T.; Buoncristiani J.-F.; Bièvre G.; Lassabatère, L.; Angulo-Jaramillo, R. (2006). Hydrostratigraphic characterization of glaciofluvial deposits using Ground Penetrating Radar and Beerkan infiltration tests. Dijon, France, Réunion des Sciences de la Terre, Décembre 2006.
6. Goutaland, D.; Winiarski, T.; Lassabatère, L.; Angulo-Jaramillo, R.; Bièvre G. (2006). Caractérisation hydrostratigraphique d'un dépôt fluvioglaciaire par investigation géophysique et méthode B.E.S.T.". Toulouse, France, 31^{èmes} journées scientifiques du Groupe Français en Humidité et Transferts en Milieu poreux (GFHN), Toulouse, 28-29 Novembre 2006.
7. Joannis C., Bertrand-Krajewski J.-L. (2008). Incertitudes sur un mesurande défini comme une valeur intégrée sur une fenêtre temporelle d'un signal continu discrétisé en fonction du temps - Application aux mesures hydrologiques in situ. *Actes du colloque SHF "Mesures hydrologiques et incertitudes"*, Paris, France, 1-2 avril 2008, 11 p. ISBN 2-906831-73-5.
8. Lafont M., Vivier A., Breil P., Jezequel C., Schmitt L., Perrin J.-F., Namour P. & Bernoud S. (2007). Comment mesurer la qualité écologique d'une rivière ? *3^{ème} Journée Technique de l'OTHU – Les petites rivières périurbaines : Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision*, 25 janv. 2007, Lyon.
9. Malard F., Foulquier A., Datry T. 2007. Dynamique du carbone organique dissous dans les nappes souterraines à l'aplomb de bassins d'infiltration. *Actes des XIV journées techniques du Comité français d'hydrogéologie*. 8-10 Novembre 2007, Lyon, Comité Français Hydrogéologie, ISSN 1958-5365. pp. 129-135.
10. Perrin J.F., Aste J.P., Schmitt L., Breil P., Lafont M., Namour P. (2007). Un support d'intégration des connaissances (SIC) dédié au bassin versant atelier de l'Yzeron. *5^{ème} colloque STIC & Environnement*, Lyon, 13 - 15 novembre 2007.
11. Perrin J.F., Boulos J., Breil P., Lafont M., Namour P., Aste J.P., Badji N., Carbonel A., Schmitt L., Grosprêtre L. (2007). Le Système d'Intégration des Connaissances (SIC) dédié au bassin versant atelier de l'Yzeron. *5^{ème} colloque STIC & Environnement*, Lyon, 13-15 novembre 2007.
12. Perrin J.F., Namour P., Lafont M., Schmitt L., Richard F., Aste J.P., Breil P. (2006). Une rivière et des hommes : représentation spatialisée de fonctionnalités écologiques et de leur perception sociale. Poster, colloque Eau et Territoires, Lyon, 9 & 10 janvier 2006, Cemagref-Lyon, ENS-LSH.
13. Rivière, N, Guinot, V., El Kadi Abderrezzak K., Chocat, B. (2007). Résolutions requises par les différentes échelles de simulation des inondations urbaines extrêmes. ATELIER PNTS - La très haute résolution spatiale en télédétection urbaine, Ecole Centrale Nantes les 25-26 septembre 2007.
14. Schmitt L., Grosprêtre L., Valette L., Valin K. (2007) Quelles méthodes de suivi morphodynamique des cours d'eau? *3^{ème} Journée Technique de l'OTHU « Les petites rivières périurbaines : Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision »*, 25 janvier 2007, Lyon, France.
15. Szymkiewicz A., Lewandowska J., Angulo-Jaramillo R. & LUTZ P. (2007). Inverse modelling of two-dimensional water infiltration into a sand containing macropores. *18^{ème} Congrès Français de Mécanique, Association Française de Mécanique (AFM)*, Grenoble, France, 27-31 Août, 1-6 (sur CD ROM).

16. Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2006). Amélioration des algorithmes d'étalonnage d'un spectromètre UV-visible pour le mesurage in situ en continu des polluants dans les effluents urbains. *Actes des 24^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, La Grande Motte, France, 1-2 juin 2006, 8p.
17. Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2006). Amélioration des algorithmes d'étalonnage d'un spectromètre UV-visible pour le mesurage in situ en continu des polluants dans les effluents urbains. *Actes des 24^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, La Grande Motte, France, 1-2 juin 2006, 8 p.
18. Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Guilloux J., Barraud S., Paquier A. (2008). Modélisation 2D du transport solide dans un bassin de retenue-décantation d'eau pluviale. *Actes des 26^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, Nancy, France, 4-6 juin, 8 p.
19. Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Paquier A. (2007). Modélisation 2D de l'hydrodynamique dans un bassin de retenue d'eau pluviale. *Actes des 25^{èmes} Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC*, Bordeaux, France, 23-25 mai 2007, 8 p.
20. Winiarski T. (2006) Les eaux pluviales urbaines : rôle du milieu poreux. *31^{èmes} journées scientifiques du Groupe Français en Humidité et Transferts en Milieu poreux (GFHN)*, Toulouse, 28-29 Novembre 2006.

Autres

1. Aouissi B. (2006). *Mesure et modélisation de l'Infiltration des Eaux de Ruissellement Pluviales, Etude de Colmatage du bassin Django Reinhardt-Chassieu*- Rapport de Master Recherche : Génie Civil Lyon. INSA de Lyon, Septembre 2006. 152 p.
2. Arambourou H. (2007). *Hydrogéochimie des métaux lourds en milieu hétérogène non saturé. Transferts des métaux lourds dans les ouvrages d'infiltrations d'eaux pluviales*. Rapport de master recherche Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain, INSA Lyon, 78 p.
3. Aubert S., Renzoni R. (2006). *Modélisation de la sédimentation des polluants particulaires dans un bassin de retenue-décantation du Grand Lyon : tests de scénarios, de différents évènements pluvieux et de différentes conditions hydrauliques, avec un logiciel de simulation 2D*. Rapport de projet d'initiation à la recherche et au Développement, URGC – INSA Lyon, 80 p.
4. Barraud S. (coordonnateur), Le Coustumer S., Perrodin Y., Delolme C., Winiarski T., Bedell J.-P., Gibert J., Malard F., Mermillod Blondin F., Gourdon R., Desjardins V., Brelot E., Bacot L. (2006). *Guide Technique : Recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain*. Document rédigé dans le cadre du Programme « MGD Infiltration » (Maîtrise et gestion durable des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain) financé par le Réseau Génie Civil & Urbain. 62 p.
5. Barraud S. Moura P., Malard F. & Perrodin Y. (2006). *Construire des indicateurs de performances pour la conception et la gestion de stratégies d'infiltration. Communication orale, Journée scientifique de l'OTHU, Hôtel des Communautés, Grand Lyon*, janvier 2006, 16 p.
6. Barraud S., Bertrand-Krajewski J.L., Lipeme Kouyi G., Breil P., Namour Ph. (2008). Flux polluants urbains et périurbains en temps de pluie. *4^{ème} journée thématique de la ZABR*. 31 janvier 2008 - Parc des Expositions, Valence (26). 10p.
7. Barraud S., Le Coustumer S. (2007). *Calage de modèles optimisés de fonctionnement hydrologique diachronique des bassins d'infiltration et analyse de l'évolution du colmatage (étape 1- acquisition des données)* Délivrable DA2, projet Ecoaluies, programme PRECODD, 14 p.
8. Barraud S., Moura P., Cherqui F. (2007). *Rapports sur les indicateurs et sur les méthodes de constructions des indicateurs de performances des ouvrages d'infiltration (étape 1)*, Délivrable D-D1, projet Ecoaluies, programme PRECODD, 27 p.
9. Bedell J.-P., Delolme C. (2007) *Isolement de souches microbiennes potentiellement utilisables pour des bioindustries (étape 1)*, Délivrable DA7, projet Ecoaluies, programme PRECODD, 7 p.
10. Bedell J.-P., Delolme C. (2008), *Isolement de souches microbiennes potentiellement utilisables pour des bioindustries (étape 2)*, Délivrable DA7, projet Ecoaluies, programme PRECODD, 9 p.
11. Blas F. & Pouderoux T. (2006). *Etude de la variabilité spatiale des polluants et méthode de reconstitution des masses de polluants piégés dans un bassin d'infiltration – Application au cas du bassin Django Reinhardt*. Rapport de projet d'initiation à la recherche et au Développement, URGC – INSA Lyon, 71 p.
12. Breil P., Schmitt, L., Chocat B., Lafont, M., Namour P., Perrin J.F., Gnouma R., Vivier A., Ruyschaert F., Thollet F., Lagouy M. & Fournier T. (2006). Impacts hydrologiques, morphodynamiques et écologiques de l'urbanisation sur les petites rivières : développements méthodologiques et premiers résultats. *Séminaire OTHU, Lyon, 26/01/2006* : 28 p.
13. Cazalets H. (2007). *Modélisation numérique 3D des écoulements dans la zone non saturée urbaine : application au bassin d'infiltration d'eaux pluviales Django Reinhart (Chassieu, Rhône)*. Rapport de

- master 2 professionnalisant "Mécanique de Fluides et Transferts", Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 89 p.
14. Chopart S., Leblois E., El Kadi K. (2007). Selecting representative rain events considering a given structured basin. *Poster EGU2007-A-05172, EGU Meeting, Wien*
 15. Comby J. (2007). Le changement climatique mythe ou réalité. *Conférence, MEDEF Rhône-Alpes, Commission changement Climatique, 25 septembre 2007.*
 16. Cordier R. (2006). *Vitesse de réaction des affluents de l'Yzeron à la suite d'impacts anthropiques (étude dendrochronologique)*. Mémoire de Master 1, Université Lyon 2, 87 p. + ann.
 17. Crosprêtre L. et Schmitt L., (2008). *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.
 18. Delolme C., Bedell J.-P. (2007). *Rapport sur l'efficacité du piégeage et/ou relargage des polluants et bactéries en fonction des modes de gestion (étape 1 – qualité de l'eau, Délivrable DA4- projet Eco pluies, programme PRECODD, 17 p.*
 19. El Kadi Abderrezzak, K. (2006). *Rapport semestriel sur les travaux du projet RIVES-Semestre 4*. Publication CEMAGREF, Lyon, France, 9 p.
 20. El Kadi Abderrezzak, K. (2007). *Rapport intermédiaire scientifique du projet RIVES*. Publication CEMAGREF, Lyon, France, 70 p.
 21. Ganaye A. (2006). Impact d'un bassin d'infiltration d'eaux pluviales sur sa zone non saturée. Rapport de Master Recherche : Sciences de l'Environnement Industriels et Urbain, INSA de Lyon, 88 p.
 22. Goutaland D., Winiarski T., Dubé J.-S., Bièvre G., Chouteau M., Buoncristiani J.-F. (2007). *Utilisation de méthodes géophysiques pour caractériser les bassins d'infiltration d'eaux pluviales*. DA11, projet Eco pluies, programme PRECODD, 9 p.
 23. Grosprêtre L., Schmitt L. (2007) : *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*. Réalisé pour le compte du Grand Lyon et du SAGYRC, 127 p.
 24. Jankowsky, S. (2007). *Modélisation des échanges entre les écoulements en surface et le réseau d'assainissement lors des inondations en ville*. 5ème année à l'Université Albert-Ludwigs, Freiburg, Allemagne. 56 p.
 25. Jézéquel, C. (2006). *Le rôle de la géomorphologie sur les échanges nappe-rivière et les écosystèmes aquatiques interstitiels en milieu pollué (compartiment superficiel et hyporhéique)*. Mémoire du Master « Sciences des Sociétés et leur environnement », Université L. Lumière Lyon 2 : 102 pp.
 26. Lafont M., Breil P., Perrin J.-F., Schmitt L., Namour P., Malard F., Aste J.-P., Burnoud S., Guerin S., & Bonnefille M. (2006). *Rapport final du Projet GEREHPUR (Gestion de la Ressource en Eau des Hydrosystèmes Péri-URbains)*, Thématique prioritaire Région Rhône-Alpes 2003 – 2005 « Développement Durable », 19 p. + ann.
 27. Laroze, B. (2006). *Inondations urbaines: passage d'un Carrefour à un quartier*. Master recherche Mécanique des fluides, MEGA. LMFA – INSA Lyon, 33p.
 28. Le Barbut m. (2007). *Modélisation hydraulique des flux hyporhéiques dans un tronçon de rivière*. Stage d'application de l'école centrale de lyon. 27 p.
 29. Le Coustumer S., Moura P., Barraud S., Clozel B. (2007). *Rapport sur la stratégie d'échantillonnage d'un bassin*. Délivrable D-A6, projet Eco pluies, programme PRECODD, 9 p.
 30. Leroux M., Comby J (2007)-07, Conférence journées de l'Académie des Sciences, Paris, *Evaluation des indicateurs du changement climatique*.
 31. Malard F., Mermillod-Blondin F., Bouger G. et Gibert J. (2007). *Analyses physico-chimiques et biologiques sur les sites ateliers de l'OTHU (bassins d'infiltration de la nappe de l'Est Lyonnais et expérimentations en laboratoire*. Rapport à la COURLY, Janvier 2007, 318 p.
 32. Matthieu H. (2007). Etablissement d'un modèle conceptuel d'évaluation de l'exposition des organismes vivants d'une rivière aux polluants issus des Rejets Urbains par Temps de Pluie. Master recherche « Sciences de l'Environnement Industriel & Urbain (SEIU) » 65p.
 33. Mederel G. (2007). *Rôle des différents constituants dans la structure et l'agrégation des sédiments issus des rejets d'eaux pluviales*. Rapport de master recherche Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain, INSA Lyon, 61 p.
 34. Mercado, R. (2006). *Couplage de deux modèles hydrauliques*. Rapport de stage Cemagref ; 46p.

35. Mermillod-Blondin F. (2007). *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 (NAPCOD)*. Rapport d'activité concernant la première année du projet NAPCOD (programme Cytrix / CNRS-INSU EC2CO). 3 p.
36. Piney, S. (2006). *Modélisation des flux polluants rejetés vers les milieux aquatiques en temps de pluie par les systèmes d'assainissement urbains : influence des séries chronologiques continues sur le calage et la validation des modèles*. Mémoire de Master Recherche MEGA, URGC-INSA de Lyon, septembre 2006, 154 p.
37. Renard F. (2008). *Analyse territorialisée du risque de débordements de réseau d'assainissement liés aux eaux pluviales : application au Grand Lyon*. Actes des Journées doctorales en hydrologie urbaine, Nancy, France, 14-15 octobre 2008, sous-presse.
38. Renard F., Comby J. (2007). *Journée de climatologie de la Commission Climat et société*, AFCN, MSH Grenoble, Mesures et Modèles.
39. Renard F., Faure D., Comby J. (2008). Evaluation de la qualité de la mesure hydrologique du radar de Saint-Nizier appliquée au contexte locale de la Communauté Urbaine de Lyon. Actes du Colloque SHF-191^e CST-«Prévisions hydrométéorologiques», Lyon, 18-19 novembre 2008, 4 p (accepté).
40. Schmitt L., Valette L., Valin K., Grosprêtre L., Lafont M. (2007). Une méthode de typologie hydro-géomorphologique d'états de référence de cours d'eau : un outil de gestion des hydrosystèmes périurbains. Application au bassin versant de l'Yzeron. Fiche Technique OTHU, 3^{ème} Journée Technique de l'OTHU « Les petites rivières périurbaines: Connaissance des risques, évaluation de la qualité, aide à la décision », 25 janvier 2007, Lyon, 4 p.
41. Speisser V. (2008). Modélisation hydraulique des transferts d'eau entre la colonne et le substrat. Master recherche VA GCEL Promotion 53. 46 p.
42. Thomas, C. (2006). Caractérisation morfo-sédimentaire d'une rivière péri-urbaine. DESS « Ingénierie de l'Eau », Institut EGID, Université Bordeaux 3 : 60 p.
43. Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Paquier A., Bardin J.-P., S. Barraud (2007). *Rapport sur la caractérisation du comportement des polluants dans un bassin de retenue-décantation et caractérisation des apports alimentant les ouvrages d'infiltration et calage de modèles de fonctionnement*, Délivrable D-A1, projet Ecoaluies, programme PRECODD, 58 p.
44. Viallon B. (2008). *Les phénomènes d'incision dans le bassin versant de l'Yzeron. Analyse comparative de la Beffe, de la Goutte des Verrières et du Prés Mouchettes. Eléments de compréhension et hypothèses prédictives*. Mémoire de Master 1 de Géographie-Aménagement, Université Lyon 3, 90 p.
45. Zanapa C. (2006). *Etude de l'influence des sédiments urbains pollués des bassins d'infiltration d'eaux pluviales sur les sédiments et les nappes d'eau souterraines*. Rapport de stage de IUT Génie Biologique, juin 2006, 42 p.

ANNEXE 3 : LISTE DES MEMBRES DE L'OTHU 2006/2008

A / G : Actif en Gestion - A / GV : Actif en Gestion Valorisation - A / R : Actif en Recherche - A / S : Actif Stratégie - A / T : Actif Technique - NA / M : Non actif / Membre

NOM	PRENOM	Grade ou titre	Appartenance administrative	Laboratoire	Actif /Rôle
Martin	Dominique	Ingénieur	UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	A / G
Bacot	Laëtitia	Animateur	GRAIE	GRAIE	A / GV
Brelot	Elodie	Directeur du GRAIE	GRAIE	GRAIE	A / GV
Clozel	Blandine	Ingénieur	BRGM	SGR/RHA	A / R
Branger	Flora	Ingénieur	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R
Braud	Isabelle	Directeur de recherche	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R
Breil	Pascal	Chargé de recherche	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R
Coquery	Marina	Directrice de recherche	CEMAGREF	UR QEPP - laboratoire physico-chimie des milieux aquatiques	A / R
DATRY	Thibault	CR	CEMAGREF	UR BEA	A / R
GNOUMA	Raouf	Docteur	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R
Lafont	Michel	Directeur de recherche	CEMAGREF	UR BEA	A / R
Lang	Michel	Ingénieur-chercheur	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R
Leblois	Etienne	Ingénieur-chercheur	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R

NOM	PRENOM	Grade ou titre	Appartenance administrative	Laboratoire	Actif /Rôle
Lepioufle		Docteur	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R
Namour	Philippe	Ingénieur d'étude	CEMAGREF	UR QEPP - laboratoire physico-chimie des milieux aquatiques	A / R
Paquier	André	Ingénieur - chercheur	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R
VIVIER	Anne	Docteur	CEMAGREF	UR BEA	A / R
Angulo	Rafaël	CR1	CNRS	Au titre du Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
Cournoyer	Benoit	CR	CNRS	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	A / R
BADIN	Anne Laure	Docteur	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
Bedell	Jean-philippe	CR1	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
CAUSSE	Benjamin	Docteur	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
Delolme	Cécile	ITPE-Docteur	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
GOUTALAND	David	Docteur	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
LARMET	Hélène	Docteur	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
NETO	Manuelle	Docteur	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
Perrodin	Yves	Directeur du L.S.E	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
SAULAIS	Muriel	Docteur	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R
Winiarski	Thierry	CR2	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / R

NOM	PRENOM	Grade ou titre	Appartenance administrative	Laboratoire	Actif /Rôle
BECOUBE	Céline	Docteur	INSA	LGCIE	A / R
Bertrand Krajewski	Jean-Luc	MC	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / R
Chocat	Bernard	Professeur	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / R
DEMBELE	Abel	Docteur	INSA	LGCIE	A / R
Desjardins	Valérie	MC	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / R
DORVAL	Farah	Docteur	INSA	LGCIE	A / R
Gonzalez	Carolina	Docteur	INSA	LGCIE	A / R
LE COUSTUMER	Sébastien	Docteur	INSA	LGCIE	A / R
Lipeme kouyi	Gislain	MC	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / R
MOURA MACEDO	Priscilla	Docteur	INSA	LGCIE	A / R
PROTON	Antoine	Docteur	INSA	LGCIE	A / R
TORRES	Andres	Docteur	INSA	LGCIE	A / R
Toussaint	Jean-Yves	Directeur EDU	INSA	Equipe Développement Urbain (EDU)	A / R
SARRAZIN	Benoît	Docteur	ISARA-LYON / CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / R
Barraud	Sylvie	MC	UCB Lyon 1 / INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / R
Cherqui	Frédéric	MC	UCB Lyon 1	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / R

NOM	PRENOM	Grade ou titre	Appartenance administrative	Laboratoire	Actif /Rôle
Faure	René	Professeur	UCB Lyon 1	Laboratoire des Sciences Analytiques (LSA)	A / R
FOULQUIER	Arnaud	Docteur	UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	A / R
Gibert	Janine	Professeur	UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	A / R
Herbeteau	Bernard	Professeur	UCB Lyon 1	Laboratoire des Sciences Analytiques (LSA)	A / R
Jaffrezic-Renault	Nicole		UCB Lyon 1	Laboratoire des Sciences Analytiques (LSA)	A / R
Malard	Florian		UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	A / R
Marmonier	Pierre	Professeur	UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	A / R
Mermillod-Blondin	Florian		UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	A / R
NOGARO	Géraldine	Docteur	UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	A / R
Comby	Jacques	Professeur	UJM Lyon 3 - UMR5600	LCRE, CRGA	A / R
RENARD	Florent	Docteur	UJM Lyon 3 - UMR5600	LCRE, CRGA	A / R
GROSPRETRE	Loic	Docteur	UMR 5600	Laboratoire Rhodanien de Géographie de l'Environnement (LRGE)	A / R
Schmitt	Laurent	MCF	UMR 5600	Laboratoire Rhodanien de Géographie de l'Environnement (LRGE)	A / R
Petit	Sabine	Docteur	UCB Lyon 1	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	
Babut	Marc	Chef de l'Unité de Recherche Biologie des Ecosystèmes Aquatiques (UR BEA)	CEMAGREF	UR Biologie des Ecosystèmes aquatiques	A / S
Boistard	Pascal	Responsable Unité de Recherche Qualité des eaux & Prévention des pollutions (UR QEPP)	CEMAGREF	UR Qualité des eaux & Prévention des pollutions	A / S

NOM	PRENOM	Grade ou titre	Appartenance administrative	Laboratoire	Actif /Rôle
Dramais	Guillaume		CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / T
Lagouy	Mickaël	Technicien	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / T
Thollet	Fabien	Technicien	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	A / T
Bastide	Thérèse	TS	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / T
Danjean	Marc	Technicien	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	A / T
Beranger	Yvan	Technicien	GRAIE	GRAIE	A / T
Babaud	Dominique	TR	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / T
Bardin	Jean-Pascal		INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / T
Naltchayan	Serge	Technicien	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	A / T
Bouger	Guillaume	technicien	UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	A / T
Barthelemy	Luc	MC	UJM Lyon 3 - UMR5600	LCRE, CRGA	A/G
Deverly	Fabrice	Directeur régional	BRGM	BRGM	M
Baranger	Philippe	Ingénieur	BRGM	Service EPI	NA /M
Lamotte	Claudine	Ingénieur	BRGM	SGR/RHA	NA /M
Negrel	Philippe	Ingénieur	BRGM	Service EAU	NA /M
Thierry	Pierre	Ingénieur	BRGM	Service ARN	NA /M

NOM	PRENOM	Grade ou titre	Appartenance administrative	Laboratoire	Actif /Rôle
Camus	Jean-Claude	Ingénieur d'étude	CEMAGREF	UR BEA	NA /M
Choubert	Jean-Marc	Ingénieur - chercheur	CEMAGREF	UR QEPP - Epuraton des eaux usées	NA /M
Dodane	Pierre-Henri	Ingénieur - chercheur	CEMAGREF	UR QEPP - Epuraton des eaux usées	NA /M
Faure	Jean-Baptiste	Chargé de recherche	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	NA /M
Fournier	Thierry	Technicien	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	NA /M
Gahou	Josiane	Assistant-ingénieur	CEMAGREF	UR QEPP - laboratoire physico-chimie des milieux aquatiques	NA /M
Garric	Jeanne	Directrice de recherche	CEMAGREF	UR BEA - Ecotoxicologie	NA /M
Gorini	Dominique	Assistant-ingénieur	CEMAGREF	UR QEPP - laboratoire physico-chimie des milieux aquatiques	NA /M
Le Coz	Jérôme	Ingénieur-chercheur	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	NA /M
Montuelle	Bernard	Directeur de Recherche	CEMAGREF	UR QEPP - EMHA	NA /M
Motte	Bernard	Technicien	CEMAGREF	UR QEPP - EMHA	NA /M
Poulard	Christine	Ingénieur-chercheur	CEMAGREF	UR Hydrologie hydraulique	NA /M
Roulier	Jean-Louis	Ingénieur d'étude	CEMAGREF	UR QEPP - EMHA	NA /M
Sanejouand	Hélène	Assistant-ingénieur	CEMAGREF	UR QEPP - laboratoire physico-chimie des milieux aquatiques	NA /M
Volat	Bernardette	Assistant-ingénieur	CEMAGREF	UR QEPP - EMHA	NA /M
Vollat	Bernard	Ingénieur d'étude	CEMAGREF	UR BEA - Ecotoxicologie	NA /M

NOM	PRENOM	Grade ou titre	Appartenance administrative	Laboratoire	Actif /Rôle
Brothier	Elisabeth	IE	CNRS	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Monnez	Claire	AI	CNRS	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Nazaret	Sylvie	CR	CNRS	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Gay	Bernard		Ecole Centrale de Lyon	Labo. Mécanique des Fluides et Acoustique ECL - UCBL Ecoulement polyphas. et milieux réactifs	NA /M
Lance	Michel		Ecole Centrale de Lyon	Labo. Mécanique des Fluides et Acoustique ECL - UCBL	NA /M
Perkins	Richard		Ecole Centrale de Lyon	Labo. Mécanique des Fluides et Acoustique ECL - UCBL Turbulence aéro. & atmosphérique	NA /M
Borges	Evelyne	T	ENVL	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Kodjo	Angeli	Professeur	ENVL	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Marjolet	Laurence	AI	ENVL	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Maurin	Françoise	T	ENVL	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Richard	Yves	Professeur	ENVL	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Tilly	Bruno	T	ENVL	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Alimi Ichola	Ibrahim	MC	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	NA /M
Gourdon	Remy	Professeur	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	NA /M
Moszkovicz	Pierre	recherche	INSA	LGCIE (Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale)	NA /M
Boiron	Patrick	Professeur	UCB Lyon 1	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M

NOM	PRENOM	Grade ou titre	Appartenance administrative	Laboratoire	Actif /Rôle
Couble	Andrée	IE	UCB Lyon 1	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Favre-Bonté	Sabine	MCF	UCB Lyon 1	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Hervant	Frederic	MC	UCB Lyon 1	Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Fluviaux	NA /M
Mounié-Robert	Delphine	AT	UCB Lyon 1	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Rodriguez	Véronica	MCF	UCB Lyon 1	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA /M
Bonnet	Jacques	Professeur	UJM Lyon 3 - UMR5600	Centre de recherche en géographie physique et aménagement	NA /M
Fouillac	Christian	Directeur de la Recherche	BRGM	BRGM	NA/M
Hesse	Anne-Sophie	Doctorant	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	NA/M
Volatier	Laurence	CR	ENTPE	Laboratoire des Sciences de l'Environnement (L.S.E)	NA/M
Angenville	Ruth	Doctorant	UCB Lyon 1	Equipe Bactéries Pathogènes Opportunistes et Environnement	NA/M
Gartner	vincent	technicien	UMR 5601	Laboratoire Rhodanien de Géographie de l'Environnement (LRGE)	NA/M



Secrétariat de l'OTHU: GRAIE
Domaine scientifique de la Doua
66 bd Niels Bohr - B.P. 52132
69603 Villeurbanne Cedex – France
Tél : 33 (0)4 72 43 63 02
Fax : 33 (0)4 72 43 92 77
E.mail : info@othu.org
Site Web: <http://www.othu.org>