

Conception et qualification de sites de mesures en réseau d'assainissement :

Le projet Mentor, une méthodologie de qualifications des rejets dans les milieux aquatiques récepteurs

■ F. LARRARTE¹, S. VAREILLES², M. DUFRESNE³, N. RIVIERE⁴, M.-N. PONS⁵, G. LIPEME KOUYI⁶, C. JOANNIS¹, R. CLAVERIE⁵, G. CHEBBO⁷, B. RIOCHET⁸, K. WOUTER WASIAK⁹, R. VISIEDO¹⁰

Mots-clés : réseau d'assainissement, dispositifs techniques, pratiques sociétales, autosurveillance

Keywords: sewer networks, technical devices, social practices, metrology

Introduction

La directive cadre sur l'eau (DCE) 2000/60 du 23 octobre 2000 définit l'eau comme un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter. Elle fixe cinq objectifs environnementaux pour l'ensemble des milieux aquatiques, à savoir :

- atteindre le bon état écologique et chimique des masses d'eau en 2015 ;
- assurer la continuité écologique sur les cours d'eau ;
- ne pas détériorer l'existant ;
- atteindre toutes les normes et objectifs en zones protégées au plus tard en 2015 ;
- supprimer les rejets de substances dangereuses prioritaires et réduire ceux des substances prioritaires.

Dans le même temps, différentes études à travers le monde montrent que les effluents urbains contribuent fortement à la dégradation de la qualité des

milieux aquatiques [CHEBBO et GROMAIRE, 2004 ; MALLIN *et al.*, 2007 ; MUÑOZ *et al.*, 2008 ; REOPANICHKUL *et al.*, 2010 ; BECOUZE, 2010 ; GASPERI *et al.*, 2010 ; GIL *et al.*, 2011] et pourtant le constat est parfois ancien [MENDILUCE, 1972]. Les objectifs ci-dessus ne pourront donc être atteints sans la connaissance du fonctionnement des réseaux et la minimisation des rejets.

Le projet Mentor (pour : *MEasurement sites conception method for sewer NeTwORks*, ou encore : méthodologie et outils opérationnels de conception et de qualification de sites de mesures en réseau d'assainissement) a pour objectif de proposer une méthodologie qui permettra de mettre en place une instrumentation intégrée au niveau des points de mesures pertinents pour une gestion efficace des eaux urbaines en privilégiant le voisinage des déversoirs d'orage dans le but de mieux quantifier et qualifier les rejets aux milieux aquatiques récepteurs. Ce projet a débuté en mars 2012 pour une durée de 36 mois. Il implique des chercheurs en sciences de l'ingénieur (mécanique des fluides, hydrauliques) et en sciences sociales (urbanisme, sociologie urbaine, sciences des techniques) ainsi que des praticiens (deux collectivités territoriales et un gestionnaire de réseaux privé). Le travail est structuré en huit tâches composées de travaux expérimentaux, tant en laboratoire que sur le terrain, de modélisations, d'enquêtes sociotechniques dont l'ensemble permettra :

¹ LUNAM - IFSTTAR - GERS/LEE, CS 4 - Route de Bouaye - 44344 Bouguenais cedex. Courriel : frederique.larrarte@ifsttar.fr

² INSA - EVS Bât. Freyssinet - 8, rue des Sports - 69621 Villeurbanne cedex.

³ ENGEES, IMFS - HU - 2, rue Boussingault - 67000 Strasbourg.

⁴ INSA - LMFA Bât Jacquard - 25, avenue Jean-Capelle - 69621 Villeurbanne cedex.

⁵ GEMCEA - 149, rue Gabriel-Péri - 54500 Vandœuvre-lès-Nancy.

⁶ INSA - LGCIE Bât Coulomb - 20, av. A.-Einstein - 69621 Villeurbanne cedex.

⁷ LEESU - 6-8, avenue Blaise-Pascal - Cité Descartes - Champs-sur-Marne - 77455 Marne-la-Vallée cedex 2.

⁸ Nantes Métropole - Opérateur Public - 44923 Nantes cedex 9.

⁹ Lyonnaise des eaux - secteur Est, 20, rue des Métiers - 68027 Colmar cedex.

¹⁰ Grand Lyon - Direction de l'eau - 20, rue du Lac - 69399 Lyon cedex 03.

- de réaliser une analyse sociotechnique de la mise en œuvre d'une instrumentation intégrée ;
- d'acquérir des savoirs fondamentaux sur les écoulements à proximité de certaines singularités telles que les jonctions et l'influence de ces singularités sur l'hydrodynamique et le transport des polluants particuliers ;
- d'étudier les champs de vitesses et la répartition spatiale des polluants particuliers dans des sections sous influence de singularités ;
- de transposer ces résultats dans des guides techniques et méthodologiques d'aide à l'intégration de l'autosurveillance dans les organisations, à la mise en œuvre et à l'exploitation des sites de mesures de débits et de flux polluants en réseau d'assainissement. À terme, ce projet permettra de mettre au point des outils opérationnels appropriés aux activités des gestionnaires et aux responsables de la métrologie des réseaux d'assainissement urbain. Ces outils devront permettre de lever les difficultés sociotechniques soulevées aujourd'hui par l'application de la réglementation, le contrôle et la surveillance en continu des eaux urbaines.

1. Enjeux du projet

1.1. Problématique environnementale

Dans un pays dont plus de 70 % de la population nationale réside en zone urbaine, l'anthropisation du cycle urbain de l'eau est indéniable. L'objectif de recouvrement du bon état écologique des milieux aquatiques et du maintien du cadre de vie ne pourra être atteint sans un bon fonctionnement du système de dépollution. Outre les stations d'épuration, ces systèmes comprennent les réseaux d'assainissement dont le fonctionnement reste mal connu. Typiquement, les dysfonctionnements des déversoirs d'orage peuvent être beaucoup plus fréquents que prévu alors que les charges polluantes transférées en milieu urbain par temps de pluie, notamment par les déversoirs d'orage, contribuent fortement à la dégradation de la qualité des milieux aquatiques. Il est donc nécessaire de mieux connaître le fonctionnement des systèmes d'assainissement urbain et de mieux les gérer [Granger et al., 2008] afin, à terme, de minimiser les rejets non traités. Cette connaissance passe par la mise en place de systèmes d'instrumentation

efficaces et sur de longues durées [MOSSA, 2006 ; DIAZ *et al.*, 2008 ; BORJA *et al.*, 2010].

1.2. Enjeux réglementaires

Au niveau européen, la directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 constitue un cadre réglementaire dans le domaine de l'eau. Elle rappelle et renforce les orientations communautaires relatives au bon état écologique des milieux aquatiques. Sur le plan national, la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 stipule que l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Quant à la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006, elle insiste sur le fait que l'usage de l'eau appartient à tous. Enfin, des contraintes réglementaires (arrêté interministériel du 22 juin 2007) et des normes [EN 752-2 & -7, NF P 15-900-2] de plus en plus précises demandent aux gestionnaires de surveiller les réseaux d'assainissement urbain, d'évaluer leurs performances, d'intervenir rapidement en cas de dysfonctionnements ponctuels, d'informer le maître d'ouvrage sur les aménagements souhaitables pour améliorer les performances et augmenter la fiabilité de la collecte des eaux urbaines. La mise en place d'un réseau de mesures performant [LECLERC et BATTAGLIA, 2001], outre sa conformité avec la réglementation (arrêté du 22 juin 2007), représente l'une des solutions pour connaître les quantités et la qualité des rejets urbains véhiculés par le réseau d'assainissement, préalable indispensable à leur minimisation.

Ainsi, la réglementation se définit comme un outil majeur d'orientation du comportement économique des organisations affectées au fonctionnement des réseaux d'assainissement. Cependant, son efficacité tend à être mise en défaut ; les moyens mis en œuvre pour assurer le contrôle de son application semblent insuffisants pour permettre l'amélioration de la gestion des eaux urbaines escomptée (c'est-à-dire : manque de personnels qualifiés et défauts des organisations, absence de systèmes d'instrumentation adéquats).

1.3. Enjeux économiques et sociaux

D'après les données de l'Institut français de l'environnement (IFEN), en 2004, 24,8 millions de logements

Télégestion des réseaux d'eaux usées

SOFREL LT-US

Autosurveillance
Débitmétrie
Diagnostic permanent



Primé aux :



- » Mesure de niveau en continu
- » Détection de surverses
- » Calculs de débits et volumes
- » Archivage selon périodes variables
- » Pilotage de préleveur autonome

Un data logger pour environnements difficiles

- Cellule ultrasons gérée par le data logger
- Antenne GSM/GPRS haute performance
- Étanchéité IP68
- Communication sur site via Bluetooth
- Alimentation par pile (jusqu'à 8 ans d'autonomie)
- Transmission de données vers poste central de télégestion ou serveur web



Voir la vidéo de démonstration



www.sofrel.com



Détection électroacoustique de fuites d'eau

AQUAPHON® A 200

professionnel – flexible – intelligent

NOUVEAU

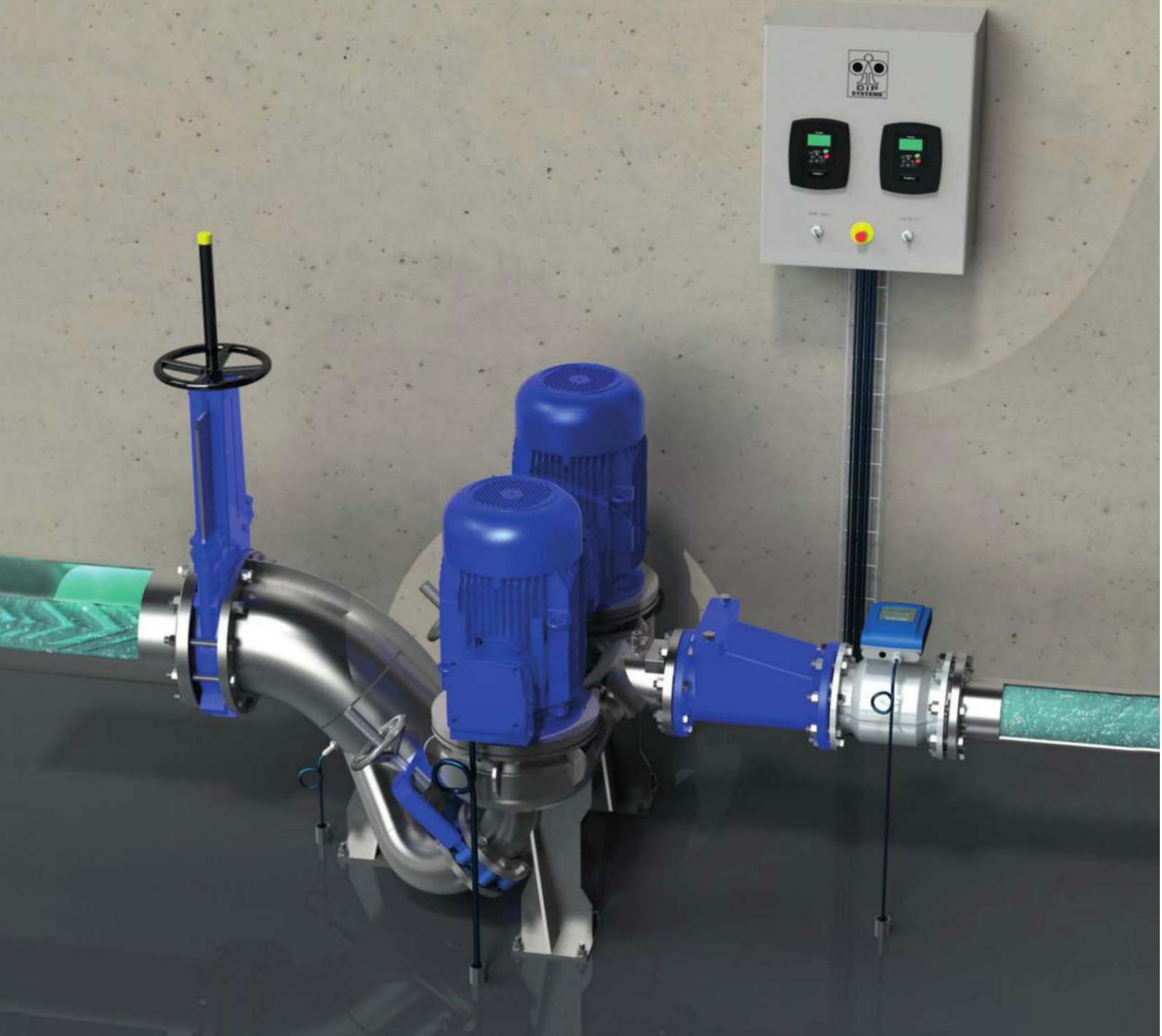


- Casque et micros sans fil pour une utilisation confortable
- Nouveaux micros encore plus performants sur le plastique
- Lecteur audio intégré pour comparer les bruits de fuites sur site
- Grand écran tactile couleur
- Aide personnalisée pour le choix des micros et des filtres



SEWERIN | 17, rue Ampère-BP 211 | F-67727 HOERDT CEDEX
Tél. +33 (0)3 88 68 15 15 | Fax. +33 (0)3 88 68 11 77 | www.sewerin.com

ELWA 81 0502-10014



Relevez autrement.



www.side-industrie.com

www.dipsysteme.com

étaient raccordés à des réseaux de collecte des eaux usées dont le linéaire total dépassait 280 000 km et représentait un patrimoine estimé à environ 75 milliards d'euros. L'évaluation des performances de ces équipements est indispensable pour optimiser leur fonctionnement et programmer leur renouvellement, et passe par la mise en place de systèmes de surveillance fiables. L'appréhension de ces enjeux par les organisations affectées au service de l'assainissement influe sur l'efficacité du service qui elle-même dépend des moyens affectés et des objectifs définis. La définition de ces objectifs n'est pas technique, mais politique (« l'usage de l'eau appartient à tous ») et économique (produire de la valeur d'échange en favorisant l'usage de l'eau). Ainsi, à Nantes, la connaissance des flux nécessite le suivi de 32 points de déversement et de 32 points de transfert et génère l'emploi de trois agents techniques et d'un ingénieur à temps partiel. C'est en ce sens que l'on peut considérer que la gestion des réseaux d'assainissement constitue l'une des composantes principales de la gestion de l'eau dans les villes d'aujourd'hui et de demain [BERTRAND-KRAJEWSKI *et al.*, 2001 ; MOUCHEL *et al.*, 2006]. Ce constat se traduit dans l'axe 5 du présent appel à projets de l'ANR qui porte sur l'acquisition de longues séries de données afin de contribuer à la connaissance et à la modélisation du cycle de l'eau dans la ville.

2. Démarche du projet

Le projet Mentor est composé de travaux expérimentaux tant en laboratoire que sur le terrain, de modélisations, d'enquêtes sociotechniques dont l'ensemble permettra :

- d'acquérir des savoirs fondamentaux sur les écoulements à proximité de certaines singularités telles que les jonctions et l'influence de ces singularités sur l'hydrodynamique et le transport des polluants particuliers ;
- de réaliser une analyse sociotechnique de la mise en œuvre d'une instrumentation intégrée ;
- d'améliorer et tester la technologie des capteurs de mesure de débit et de flux polluants en prenant en compte la dissymétrie des champs de vitesses et la répartition spatiale des polluants particuliers ;

- de rédiger des guides méthodologiques d'aide à la qualification des sites de mesures de débits et de flux polluants en réseau d'assainissement.

Le projet Mentor est structuré en huit tâches décomposées comme suit.

- la tâche 1 concerne la coordination du projet ;
- la tâche 2 porte sur l'analyse du milieu sociotechnique (dispositifs techniques, acteurs, réglementation) et des conditions de réception et d'adoption des outils permettant de mettre en place l'instrumentation intégrée ;
- les tâches 3, 4 et 6 consistent à produire des connaissances sur l'hydraulique des écoulements tri-dimensionnels à surface libre présents dans les canaux étroits que sont les collecteurs d'assainissement urbains et ainsi d'asseoir le travail sur la représentativité des mesures ;
- les tâches 5 et 6 portent sur la connaissance de la répartition spatiale des polluants particuliers et les conditions favorables à la présence de gradients de concentrations ;
- la tâche 7 s'intéresse aux conditions d'acquisition de mesures représentatives de l'évolution temporelle de la qualité des rejets (relation entre le signal de turbidité et la dynamique liée aux matières en suspension) ;
- la tâche 8 est une tâche de valorisation de la démarche d'instrumentation développée et des connaissances produites à l'issue du projet.

On notera que la tâche 6 est celle de la mécanique des fluides numérique [LARRARTE *et al.*, 2008]. Cet outil de connaissance permet notamment des études systématiques et paramétriques dont les résultats interagissent avec les travaux expérimentaux (comparaison, intervalidation, etc.).

Les résultats présentés dans cet article sont rattachés aux tâches 2 (facteurs techniques, organisationnels et réglementaires qui freinent ou favorisent la mise en place de l'autosurveillance), 3 (mise en œuvre des mesures de débits déversés sans contact avec l'écoulement) et 6 (intérêt de la modélisation numérique pour aider à mettre en place ou à améliorer l'instrumentation en réseau d'assainissement).

3. Réalisations du projet

3.1. Résultats en sciences de l'homme et de la société

La contribution de l'équipe en sciences de l'homme et de la société dans le projet Mentor vise à mieux comprendre le passage d'une instrumentation intégrée appartenant à la vie d'un ou plusieurs laboratoires de recherche à une instrumentation intégrée appartenant au monde des exploitants de réseaux (collectivités territoriales, entreprises gestionnaires). Il s'agit par là de renseigner les conditions de réception et d'adoption d'une instrumentation intégrée efficace pour surveiller et contrôler les eaux urbaines et les rejets dans les milieux naturels. Pour cela, nous nous appuyons sur l'expérience de mise en œuvre dans les années 1990 et 2000 des pratiques d'« auto-surveillance ».

L'enquête, qui se déroulera sur les trois sites du projet, a commencé par une série d'entretiens auprès des praticiens du Grand Lyon et l'analyse du cadre réglementaire et législatif. Elle a donné de premiers résultats sur l'organisation des activités de surveillance et de contrôle des eaux urbaines au sein de la direction de l'eau et sur le rôle de la réglementation dans ces activités.

Le développement de la surveillance et de contrôle des eaux urbaines dans l'agglomération lyonnaise est lié à l'évolution du cadre réglementaire au début des années 1990. Le *tableau 1* montre ainsi la concomitance de la progression de ces pratiques et du renforcement du cadre réglementaire et législatif. Avant les années 1990, l'instrumentation concerne un réseau de pluviomètres et la lutte contre les inondations. À partir de 1994 et la publication de l'arrêté du 22 décembre 1994 qui instaure une démarche d'« autosurveillance » des réseaux et des rejets dans le milieu urbain, le Grand Lyon s'engage plus largement dans la surveillance et le contrôle des eaux urbaines. Cet engagement se traduit par le développement de la modélisation et de la métrologie au sein de la direction de l'eau. Ce développement passe par une réorganisation des services et la création d'entités spécialisées dans la modélisation et la métrologie : par exemple, l'unité d'« autosurveillance » en 1999, l'équipe « métrologie » en 2000 initialement rattachée à

l'unité autosurveillance avant son transfert en 2002 au service exploitation réseau. Cette nouvelle organisation entérine une séparation entre les activités de modélisation qui relèvent du secteur études et les activités de métrologie qui dépendent du secteur exploitation. En complément de la réalisation, depuis 2002, du dispositif d'équipement métrologique de 20 stations de mesure sur réseau et déversoir d'orage (DO), à partir des années 2010, un programme quadriennal d'équipement qui concerne à terme trente déversoirs d'orage dans l'agglomération lyonnaise est engagé.

L'observation de la mise en œuvre des activités de surveillance et de contrôle des eaux urbaines dans l'agglomération lyonnaise tend à montrer la valorisation technique de l'instrumentation déployée et l'importance de la réglementation dans cette mise en œuvre.

Les pratiques de surveillance et de contrôle des eaux urbaines, en particulier le déploiement de l'instrumentation, impliquent la mobilisation de nouveaux objets et dispositifs techniques dans les activités de gestion des eaux urbaines menées par le Grand Lyon (modèles, capteurs, bases de données, manuels, etc.). Ces nouveaux dispositifs nécessitent des connaissances et des savoir-faire nouveaux et une adaptation des agents de la direction de l'eau. Ils requièrent des apprentissages de la part des agents et s'accompagnent de l'apparition de nouveaux métiers (par exemple, modélisateurs, biologistes). De cette manière, le développement des pratiques de surveillance et de contrôle des eaux urbaines participe au développement de nouvelles connaissances, compétences et expertises au sein du Grand Lyon. Il participe également à la constitution de nouveaux principes d'action (voire de paradigmes) dans la gestion des eaux urbaines – avec la surveillance et le contrôle des eaux urbaines, il s'agirait non seulement d'assainir la ville et de la protéger en cas d'épisodes pluvieux en déversant le trop-plein dans le milieu naturel, mais aussi de quantifier ces rejets et leurs effets sur le milieu.

Les pratiques de contrôle et de surveillance des eaux urbaines sont fortement orientées par le cadre réglementaire. Ce cadre se structure principalement autour de deux arrêtés : l'arrêté du 22 décembre 1994, relatif à la surveillance des ouvrages de collecte

Année	Évolution du cadre législatif et réglementaire	Évolution des pratiques dans l'agglomération lyonnaise
1985		Installation des premiers pluviomètres dans l'agglomération lyonnaise par la direction de l'eau
1991	Directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines	
1992	Loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau	
1994	Arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées	
1996		Début de la modélisation du système d'assainissement urbain au sein du service études
1999		Création de l'unité « autosurveillance » au sein du service études : – premiers modèles hydrauliques du réseau d'assainissement – premier catalogue des déversoirs d'orage à équiper – premiers déversoirs d'orage équipés et installation de points de mesure sur les ouvrages importants et les nœuds structurants du réseau
2000	Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau	Rattachement de l'équipe métrologie au sein du service exploitation
2001		– Début du déploiement métrologique par l'équipe métrologie – Amélioration du modèle du réseau d'assainissement
2004	Loi n° 2004-338 du 21 avril 2004 portant transposition de la directive 2000/60/CE	
2006		– Calage des modèles et amélioration de la fiabilité des données – Élaboration du schéma directeur d'assainissement par la direction de l'eau
2007	Arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées	Nouvelle hiérarchisation des déversoirs d'orage à équiper
2010		Mise en œuvre de la métrologie en régie au service exploitation réseau Début du programme d'autosurveillance pour la période 2010-2014

Tableau I. Développement des pratiques de surveillance et de contrôle des eaux urbaines au sein de la direction de l'eau du Grand Lyon et évolution du cadre législatif et réglementaire (état septembre 2012)

et de traitement des eaux usées, et l'arrêté du 22 juin 2007, qui porte sur la collecte, le transport et le traitement des eaux usées et qui abroge et remplace le précédent arrêté. Ces arrêtés rendent obligatoire une procédure de surveillance et de contrôle des eaux urbaines. Ils précisent les conditions de cette procédure : les systèmes d'assainissement des eaux urbaines

concernés – station d'épuration (STEP), déversoirs d'orage, tronçons de réseau –, le rôle et les relations entre les acteurs – communes, gestionnaires, police de l'eau, agence de l'eau –, les modalités de surveillance – mesure en continu, moyenne journalière, indicateurs de débit, matières en suspension (MES), demande chimique en oxygène (DCO), etc., seuils.

La mise en œuvre des pratiques de surveillance et de contrôle des eaux urbaines dans l'agglomération lyonnaise soulève des difficultés techniques, organisationnelles et environnementales. Celles-ci sont liées, d'une part, à la prise en compte du milieu sociotechnique existant et, d'autre part, à la mise en place de solutions systématiques :

- les difficultés liées au milieu sociotechnique existant tiennent, par exemple, de l'inadéquation de l'instrumentation déployée à la configuration des déversoirs d'orage. Les premiers capteurs installés étaient de type hauteur-vitesse et s'appuyaient sur des abaques établis pour des déversoirs d'orage standard (ou standardisés). Or une partie des déversoirs d'orage du Grand Lyon sont les anciens exutoires des communes riveraines de la Saône et du Rhône. Ces exutoires et leur fonctionnement se rapprochent plus ou moins bien des standards utilisés dans les abaques. De cette manière, les données de débit étaient peu fiables. Ce manque de fiabilité a conduit le Grand Lyon à la fin des années 2000 à quantifier les incertitudes liées à ces exutoires ;

- les difficultés liées aux solutions systématiques concernent l'instrumentation des déversoirs d'orage. Cette instrumentation s'effectue de manière systématique pour tous les ouvrages susceptibles de déverser plus de 70 % en volumes cumulés des rejets d'un bassin versant (prescription réglementaire). Ainsi, par cette approche réglementaire, les caractéristiques des milieux récepteurs (fleuves, rivières, ruisseaux) ne sont pas prises en compte. Cette situation entraîne des problèmes environnementaux sur les petits ruisseaux de l'agglomération dont le pouvoir d'auto-épuration est faible. Ces problèmes conduisent le Grand Lyon à engager une étude sur la qualité des milieux récepteurs et leur sensibilité aux rejets à partir de 2013.

3.2. Utilisation de la modélisation pour aider l'instrumentation

3.2.1. Application à la mesure de vitesse à l'aval d'une singularité

Cette étude repose sur l'utilisation du code commercial Star CCM+ qui permet de calculer les champs de vitesses dans une section droite verticale de collecteur. La modélisation des écoulements tridimension-

nels est basée sur les équations de conservation de la masse et de la quantité de mouvement en moyenne de Reynolds pour un écoulement incompressible :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho U_i}{\partial x_i} = 0 \quad [\text{Équation 1}]$$

$$\rho \left(\frac{\partial U_i}{\partial t} + \frac{\partial (U_i U_j)}{\partial x_j} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\tau_{ij}) + \rho g_i \quad [\text{Équation 2}]$$

où x_i présente les coordonnées cartésiennes, U_i les composantes de la vitesse dans la direction de x_i , ρ la masse volumique, p la pression et τ_{ij} les composantes du tenseur de Reynolds. Ces dernières représentent les effets des fluctuations turbulentes sur l'écoulement moyen et posent un problème de fermeture du système des équations. Les modèles de turbulence ont pour but de fermer le système, en faisant des hypothèses qui permettent de déterminer les contraintes de Reynolds et donc de résoudre le système. Dans le cadre de cette étude, un modèle du second ordre, le SSG [SPEZIALE *et al.*, 1991], est utilisé. Ce dernier a montré sa supériorité par rapport aux modèles du second ordre quant à la représentation de la physique de l'écoulement lors de cas tests effectués.

Le traitement de la surface libre se fait grâce au modèle VOF (*volume of fluid*), modèle destiné aux écoulements multiphasiques pour des fluides immiscibles. L'avantage de cette méthode par rapport à une approche monophasique et donc un toit rigide est le fait qu'elle permet de suivre le déplacement de la surface libre précisément. Il a été également constaté que l'approche diphasique permet une représentation des courants secondaires, ces derniers étant fondamentaux dans les écoulements à surface libre [EL BAHLOULI *et al.*, 2013 ; LARRARTE *et al.*, 2007].

La géométrie étudiée est présentée figure 1, c'est celle d'un collecteur circulaire de 1,5 m de diamètre. Notre étude a montré qu'une longueur amont de 50 m assurait un écoulement établi, donc le domaine de calcul comprend un tronçon rectiligne amont de 50 m. Ensuite, le collecteur présente un coude à 90° avec un rayon de courbure de 9 m, puis un tronçon rectiligne de 120 m.



FAURE
ÉQUIPEMENTS
ÉQUIPEMENTS

FAURE

La technologie grandeur nature



- Déshydratation des boues
- Procédé de filtration
- Fonctionnement sans présence humaine

Ingénierie
Service recherche et développement
Assistance technique

www.faureequip.com

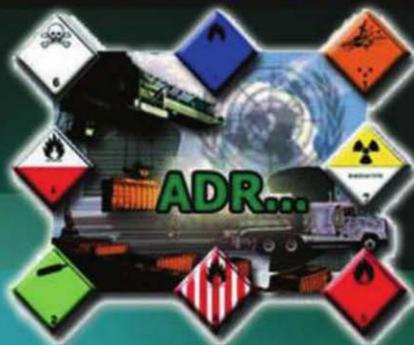


FAURE EQUIPEMENTS SA - Siège social et usine - ZI Magré - 21, rue Santos-Dumont
BP 52 - F-87002 LIMOGES CEDEX 1 - FRANCE
Tél.: +33 (0)5 55 30 12 60 - Fax : +33 (0)5 55 06 16 03 - E-mail : mail@faureequip.com

DESINFECTION DES EAUX POTABLES, DE PISCINE ET DE PROCESS

CHLORE GAZEUX

Pureté de 99.8%
Bouteilles de différentes capacités (6, 15, 30 et 50 Kg)
Entretien régulier des bouteilles



MATERIEL DE CHLORATION ET DE SECURITE

Matériel de chloration
Analyseur de chlore
Matériel de sécurité

Nouveau

Module clé en main pour le stockage du chlore



FORMATION ET AUDIT

Formation « Le chlore gazeux et la sécurité »

Nouveau

Formation « Traitement des eaux de piscine »

Audit des piscines confrontées au problème de chloramines



AQUAMANDIX
pour
l'eau potable

EUROCHLORE.SAS
www.eurochlore.com

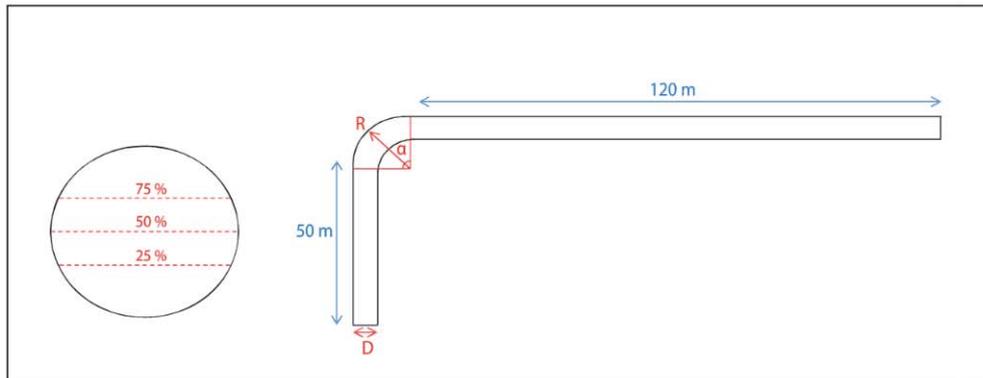


Figure 1. Domaine modélisé

Les conditions aux limites à l'amont sont une hauteur d'eau H et une vitesse U uniforme dans toute la section. La longueur en amont est suffisante pour permettre, à partir de ces informations, d'obtenir un champ de vitesses développé. Une condition de pression hydrostatique est appliquée à l'aval (hauteur d'eau constante sur toute la longueur). Le maillage utilisé compte environ 4 millions de cellules polyédriques. Cette forme, fortement recommandée pour un calcul sous Star CCM+, permet une meilleure approximation des gradients.

La mesure de débit à travers une section verticale S du collecteur peut être effectuée par une mesure de hauteur d'eau et de vitesse moyenne U_{moy} avec une relation du type $Q = f(H, U_{moy})$. La mesure de hauteur d'eau ne pose généralement pas de problème, contrairement à la vitesse. L'une des techniques couramment utilisées est celle du temps de transit ou « cordes de vitesse ».

Le principe de la mesure de cette méthode repose sur l'émission d'ondes ultrasonores entre deux capteurs. Soit deux émetteurs-récepteurs A et B immergés dans un fluide animé d'une vitesse V (figure 2). On appelle D la distance séparant A et B, α l'angle formé par la direction de l'écoulement et la ligne AB. On suppose que les capteurs A et B sont alternativement émetteurs et récepteurs. Soit t_1 le temps mis par un signal acoustique issu de A pour atteindre B et inversement t_2 celui allant de B à A.

La vitesse moyenne de l'écoulement le long de la trajectoire AB s'écrit donc :

$$V = \frac{D}{2 \cos \alpha} \cdot \frac{t_2 - t_1}{t_2 \cdot t_1} \quad [\text{Équation 3}]$$

Le choix du nombre de cordes dépend de la forme de l'ouvrage, des particularités amont et aval ainsi que de la précision souhaitée. Dans le cas où l'écoulement est soumis à une singularité hydraulique, les fabricants recommandent d'installer plusieurs cordes de vitesse, généralement deux ou trois, à travers la section de mesure. L'idéal étant aussi de se placer bien à l'aval de ces singularités pour éviter les bulles d'air ou la cavitation [BERTRAND-KRAJEWSKI *et al.*, 2000]. Pour une corde, les deux sondes doivent être au même niveau et installées selon un angle prescrit par le constructeur.

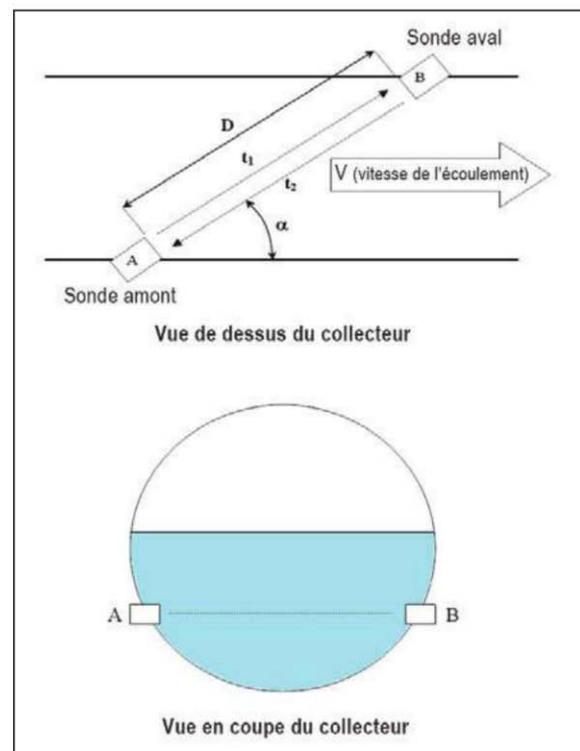


Figure 2. Positionnement des sondes pour les cordes de vitesse [RUDELLE, 2008]

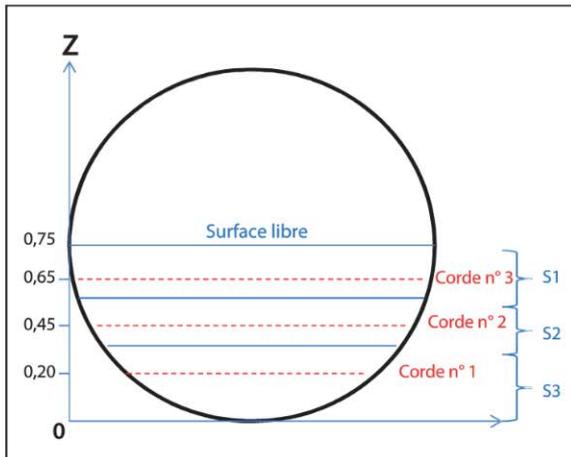


Figure 3. Position cordes

Un exemple de la position des capteurs est présenté sur la figure 3. L'angle α est égal à 30° .

Un post-traitement sur Star CCM+ permet d'obtenir les valeurs de vitesse moyenne sur chacune de ces cordes, ainsi que les sections S_i associées. Ces données sont ensuite utilisées pour le calcul du débit Q :

$$Q = \sum_{i=1}^n V_i S_i \quad [\text{Équation 4}]$$

Pour quantifier l'impact de la position du capteur, nous calculons l'erreur sur la vitesse par la relation donnée dans l'équation [5].

$$\text{error}(\%) = 100 \frac{U_{x/B=70} - U_{x/B=5,20}}{U_{x/B=70}} \quad [\text{Équation 5}]$$

La vitesse de référence est celle obtenue à $x/B = 70$, loin en aval du coude.

Le tableau II présente les résultats obtenus à partir des simulations faites pour une vitesse d'entrée de 0,5 m/s avec une à trois cordes dont la position est illustrée sur la figure 3. Ce tableau montre dans un premier temps que, pour un même taux de remplissage, plus le nombre de cordes considéré est grand plus l'erreur est petite. Ainsi, pour un taux de 50 %, considérer

	Écart (%)		
	Taux 25 %	Taux 50 %	Taux 75 %
1 corde	12,0	9,1	5,5
2 cordes	-	7,5	5,4
3 cordes	-	7,1	5,4

Tableau II. Comparaison des débits obtenus par la méthode des cordes

une corde conduit à une erreur de 9 % contre 7 % pour trois cordes. On note également que le taux de remplissage de 25 % est celui présentant la plus grande erreur : plus la hauteur d'eau est élevée plus ces erreurs deviennent petites. Ces constats sont en accord avec RUDELLE [2008] qui constatait des incertitudes relatives importantes sur les faibles niveaux d'eau. Selon cet auteur, cette méthode donne des incertitudes sur le débit de 15 %, voire 10 % au mieux si le site est favorable. Ce qui est similaire au résultat pour une corde avec un taux de remplissage de 25 %.

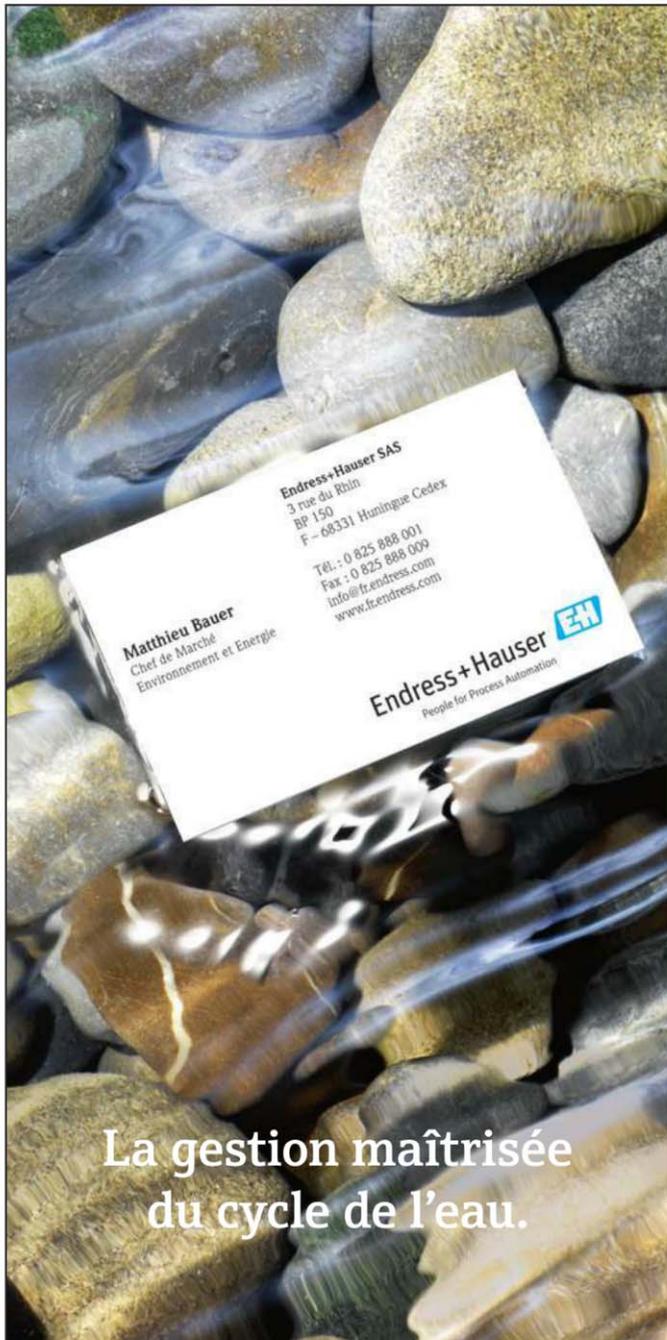
Ces résultats montrent que si, pour diverses raisons, sur un site, seule la mise en place d'une instrumentation en aval d'un coude est possible, la mise en œuvre de plusieurs paires de cordes permet de maîtriser les erreurs de mesures.

3.2.2. Application à un déversoir d'orage

La mesure du débit déversé au niveau d'un déversoir d'eau excédentaire est souvent effectuée au moyen de capteurs immergés mesurant hauteur d'eau et vitesse, généralement des capteurs « Doppler continu ». Du point de vue de l'exploitant, le principal inconvénient de ce type d'instrumentation est son coût de maintenance très élevé, principalement du fait de la facilité d'encrassement d'un tel dispositif.

Pour réduire ces coûts de maintenance, une alternative est d'instrumenter l'ouvrage uniquement avec des capteurs aériens. L'instrumentation du débit déversé uniquement à partir de mesures de hauteur d'eau (qu'elles soient effectuées avec des capteurs ultrasonores ou des radars) a ainsi déjà été mise en place sur de nombreux déversoirs. Initiée par LIPEME et coll. [2005], cette approche, qui repose sur la modélisation tridimensionnelle de l'écoulement au sein de l'ouvrage, a été décrite d'un point de vue méthodologique par ISEL *et al.* [2013].

Pour être mise en œuvre, cette méthode nécessite qu'une zone où le niveau d'eau tranquillisé existe. Sans cela, la mesure du niveau d'eau et donc la détermination du débit déversé seraient très hasardeuses. En termes hydrauliques, cette méthode ne peut être mise en place que si l'écoulement est de type fluvial au niveau de l'ouvrage. Dans le cas de réseaux à forte pente, l'écoulement se comporte différemment : il



La gestion maîtrisée du cycle de l'eau.

La gestion maîtrisée de l'eau potable et des eaux usées est l'un des enjeux majeurs des décennies à venir. Indépendamment des difficultés liées à la qualité de la ressource en eau, l'optimisation des procédés est aussi une nécessité économique. Endress+Hauser vous fournit des instruments de mesure et des solutions d'automatisation adaptés à toutes les étapes du cycle de l'eau.



www.fr.endress.com

Endress+Hauser SAS
3 rue du Rhin
BP 150
F - 68331 Huningue Cedex
Tél : 0 825 888 001
Fax : 0 825 888 009
info@fr.endress.com
www.fr.endress.com

Endress + Hauser 
People for Process Automation

Plus de **130 ans** de **SAVOIR-FAIRE**
à votre **SERVICE**

 **BAYARD**
BY TALIS

Découvrez nos dernières nouveautés

DÉFENSE INCENDIE



TAGUA

La gestion patrimoniale
100% web



COPERNIC

La surveillance
de votre parc incendie

ASSAINISSEMENT

SEW GATE



Une nouvelle gamme
de vannes murales pour
toutes les applications

AVUSE



Une nouvelle génération
de ventouses garantissant
fiabilité et performances

RÉGULATION

VANNE DE MODULATION



La vanne
de modulation de pression
100% hydraulique

SECTIONNEMENT

OPAP PREMIUM PLUS



Un nouveau robinet à papillon
à brides avec pertes
de charge optimisées

Bayard, votre partenaire historique français.



ZI - 4 avenue Lionel Terray - CS 70047
69881 Meyzieu cedex - France
Tél. + 33 (0)4 37 44 24 24 - www.bayard.fr

Firestone GeoGard™ EPDM

La géomembrane hautes performances



15 m x 61 m sans joint

Firestone fabrique de l'étanchéité depuis plus de 40 ans. GeoGard™ EPDM offre des performances exceptionnelles pour les bassins et canaux d'irrigation, les fosses à lisier, les couvertures de décharges (C.E.T.), les filtres plantés de roseaux, les retenues d'altitude et les réservoirs d'eau.

www.firestonebpe.fr | info@fbpe.be

BG

LA NATURE
POUR PARTENAIRE,
L'INTELLIGENCE
COLLECTIVE
POUR RESSOURCE.
www.bg-21.com

BG Ingénieurs Conseils | GENIOUS SOLUTIONS

Recherche de l'origine des pollutions bactériologiques

Choisissez
une solution innovante
fiable et rapide

Résultats dans la journée
avec le diagnostic microbiologique
des réseaux d'eaux par
ATP* métrie 2G sur site

Plus d'informations
Numéro Azur : 0810 401 501

* Adénosine Tri-Phosphate

Bonne
Sûre
Economique
Ecologique

Buvez malin,
buvez l'eau du robinet

VIVAQUA, l'intercommunale qui fournit l'eau potable à 1/5 de la population belge

VIVAQUA

www.vivaqua.be

arrive à forte vitesse dans la canalisation d'entrée (régime qualifié de torrentiel) et ne se stabilise à aucun endroit du déversoir. En l'état, la méthode décrite précédemment n'est pas applicable.

Cependant, il est possible d'imaginer des modifications simples de l'ouvrage permettant la mise en place d'une instrumentation en hauteurs d'eau. Ces modifications ne devront pas modifier le comportement hydraulique global de l'ouvrage, c'est-à-dire ne pas modifier le débit conservé ni amplifier le risque de débordement à l'amont (pas de remontée du niveau à l'amont).

Illustrons cela par le cas du déversoir La Pradelle situé à Clermont-Ferrand et constitué d'une crête de 3,5 m de long et de 32 cm de haut. La conduite amont correspondant à un DN1600 présente une très forte pente (15 %), ce qui conduit à une surface libre impossible à instrumenter (voir la partie gauche de la *figure 4*). Pour résoudre cette difficulté, des aménagements ont été proposés (ici rehausse de la crête et mise en place de déflecteurs en amont). Avec ces aménagements (photographies de la *figure 5*), la surface libre devient instrumentable, ainsi qu'illustré sur la partie droite de la *figure 4*.

On observe sur la partie droite de la *figure 5* le positionnement du capteur de hauteur d'eau utilisé pour la mesure. Au niveau de l'aval, le modèle montre que le débit conservé dans le réseau n'est pas augmenté de façon significative. Si cela avait été le cas, il aurait toujours été possible d'obstruer en partie la canalisation aval afin de retrouver le débit initial. Au niveau de l'amont, les aménagements mis en place font



Figure 5. Aménagements effectués sur le déversoir La Pradelle (Clermont communauté) : à gauche vue des deux déflecteurs positionnés en amont, à droite vue de la rehausse de la crête (photographies : Thierry Dauge, Clermont communauté)

remonter la ligne d'eau, mais seulement au niveau du déversoir. Ainsi qu'illustré sur la *figure 4*, il apparaît en effet que le ressaut hydraulique ne remonte pas plus en amont que les déflecteurs mis en place. Les aménagements proposés n'aggravent donc pas la situation en termes de débordement.

Une fois les modifications mises en place et leurs impacts sur l'amont et l'aval vérifiés, la méthodologie est la même que pour un ouvrage non modifié [ISEL *et al.*, 2013]. Il s'agit donc de balayer la gamme de fonctionnement hydraulique de l'ouvrage et d'utiliser la modélisation tridimensionnelle (mécanique des fluides numérique) pour déterminer une relation entre la hauteur mesurée par le capteur de hauteur d'eau et le débit déversé. Cette relation doit être la plus simple possible (fonctions somme, multiplication, puissance) afin de pouvoir facilement être intégrée dans la chaîne de mesure.

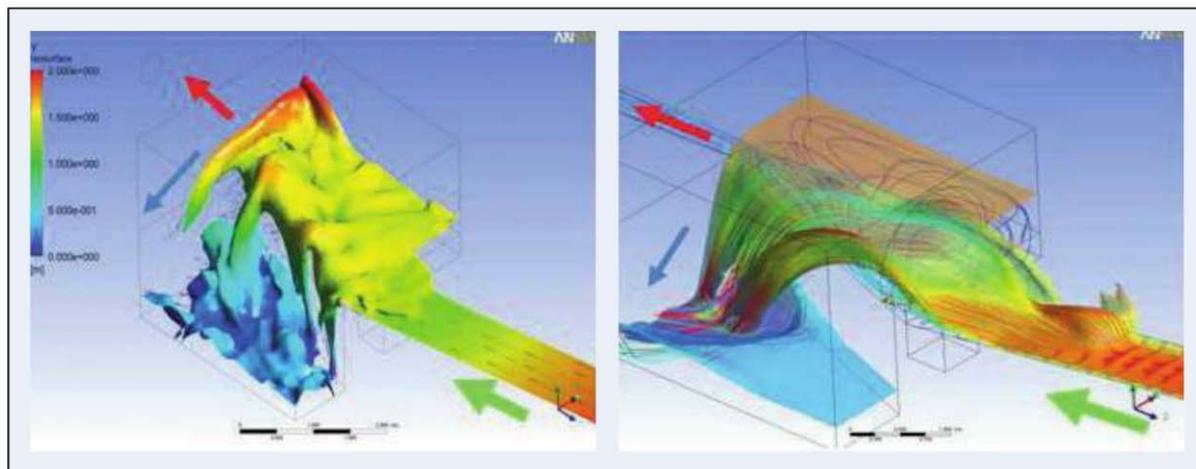


Figure 4. Comparaison de la surface libre avant (à gauche) et après aménagements (à droite) sur le déversoir La Pradelle (Clermont communauté)

En complément de l'information débit, l'information incertitude, liée en partie au modèle mais surtout à l'incertitude de mesure du capteur de hauteur d'eau, peut être évaluée. Sur les ouvrages déjà étudiés selon cette méthodologie, elle est généralement dans la gamme 5 %–30 % (selon le débit, l'ouvrage). La loi hauteur-débit comme l'incertitude sont à déterminer au cas par cas.

Conclusion

Le projet Mentor, qui a débuté fin mars 2012, est issu des recherches menées dans diverses équipes travaillant sur les flux polluants, la métrologie, l'hydraulique des réseaux d'assainissement urbain. Chacune de ces équipes s'appuie sur des relations étroites avec un ou plusieurs exploitants. Cela a permis d'élaborer un projet dont la finalité est d'améliorer la gestion des réseaux et la quantification des flux polluants. À ce jour, plusieurs tâches ont déjà progressé de manière

significative. Ainsi, l'analyse du milieu sociotechnique montre que les conditions organisationnelles mais aussi les limites techniques influent sur la pratique de l'autosurveillance. Par ailleurs, la modélisation des écoulements a déjà permis de progresser dans le choix pertinent d'une instrumentation.

Remerciements

Ce projet bénéficie du soutien financier de l'Agence nationale de la recherche, « Notification de décision d'aide n° ANR 11 ECOT 007 01 du 13 décembre 2011 ».

Les auteurs tiennent à remercier A. El Bahlouli (Ifsttar), S. Isel (ICube), S. Baati (INSA EVS), A. Napoly (Lyonnaise des Eaux) pour leur contribution aux travaux présentés ici.

Les auteurs remercient Thierry Dauge (Clermont communauté) pour les photographies du déversoir de La Pradelle après modifications.

Bibliographie

AFNOR (1996) : Norme NF EN 752-2, 20 pages.

AFNOR (1998) : Norme NF EN 752-7, 33 pages.

AFNOR, (2001) : Norme NF P15-900-2. 44 pages.

BAHLOULI A. EL, JOANNIS C., LARRARTE F. (2013) : « Effect of a deviation on flow rate measurements in sewer channel ». *7th International Conference on Sewer Processes & Networks*, 28-30 August 2013, Sheffield, pp. 433-440.

BECOUCHE C. (2010) : *Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux*. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, France. 306 p.

BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., LAPLACE D., JOANNIS C., CHEBBO G. (2001) : « Quelles mesures pour quels objectifs ». *TSM* ; 2 : 29-38.

BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L., LAPLACE D., JOANNIS C., CHEBBO G. (2000) : *Mesures en hydrologie urbaine et assainissement*, Paris, éditions Tec & Doc, 794 p.

BORJA A., DAUER D.M., ELLIOTT M., SIMENSTAD C. (2010) : « Medium- and Long-term Recovery of Estuarine and Coastal Ecosystems: Patterns, Rates and Restoration Effectiveness ». *Estuaries and Coasts* ; 33 : 1249-1260.

CHEBBO G., GROMAIRE M.C. (2004) : « The experimental urban catchment "Le Marais" in Paris: what lessons can be learned from it? ». *Journal of Hydrology* ; vol. 299, n° 3-4 : 312-323.

DIAZ R.J., RHOADS D.C., BLAKE J.A., KROPP R.K., KEAY K.E. (2008) : « Long-term Trends of Benthic Habitats Related to Reduction in Wastewater Discharge to Boston Harbor ». *Estuaries and Coasts* ; 31 : 1184-1197.

GASPERI J., GROMAIRE M.C., KAFI M., MOILLERON R., CHEBBO G. (2010) : « Contributions of wastewater, runoff and sewer deposit erosion to wet weather pollutant loads in combined sewer systems ». *Water Research* ; 44 : 5875-5886.

GIL M.N., TORRES A.I., AMIN O., ESTEVES J.L. (2011) : « Assessment of recent sediment influence in an urban polluted subantarctic coastal ecosystem. Beagle Channel (Southern Argentina) ». *Marine Pollution Bulletin* ; 62 : 201-207.

GRANGER D., CHERQUI F., CHOCAT B. (2008) : « Gestion durable des systèmes d'assainissement : présentation d'un modèle adaptatif, base sur l'évaluation locale, le dialogue et la qualité de service ». *Journées des Doctorants en Hydrologie Urbaine*, 14-15 octobre 2008, Nancy, pp. 151-158.

ISEL S., DUFRESNE M., BARDIAUX J.B., FISCHER M., VAZQUEZ J. (2013) : « CFD based assessment of discharge-water depth relationships for CSOs ». *Urban Water*. DOI: 10.1080/1573062X.2013.806561.

LARRARTE F., BONAKDARI H., JOANNIS C., LEVACHER D. (2007) : « Effets d'une déviation sur les champs de vitesses dans un collecteur d'assainissement ». *TSM* ; 11 : 43-50.

LARRARTE F., BONAKDARI H., JOANNIS C., LEVACHER D. (2008) : « Méthodologie de qualification de site de mesures en réseau d'assainissement - Application à la débitmétrie en collecteur d'assainissement ». *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées* ; n° 272 : 9-20.

LECLERC P., BATTAGLIA P. (2001) : « Recommandations pratiques pour la conception de stations de mesure de débit ». *TSM* ; 2 : 45-56.

LIPEME KOUYI G., VAZQUEZ J., GALLIN Y., ROLLET D., SADOWSKI A.G. 2005 : « Use of 3D modeling and several ultrasound sensors to assess overflow rate ». *Water Sci Tech.* ; 51(2) : 187-94.

MALLIN M.A., CAHOON L.B., TOOTHMAN B.R., PARSONS D.C., MCIVER M.R., ORTWINE M.L., HARRINGTON R.N. (2007) : « Impacts of a raw sewage spill on water and sediment quality in an urbanized estuary ». *Marine Pollution Bulletin* ; 54 : 81-88.

MENDILUCE E. (1972) : « La red de saneamiento como causa de contaminacion ». *Revista de Obras Publicas* ; Octubre : 763-768.

MOSSA M. (2006) : « Field measurements and monitoring of wastewater discharge in sea water ». *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* ; 68 : 509-514.

MOUCHEL J.M., DEUTSCH J.C., CHEBBO G., ANDRIEU H., DE GOUVELLO B., DIAB Y. (2006) : « L'hydrologie urbaine, une source pour la ville ». *La Recherche - Ville et mobilité durables* ; 398 : 32-34.

MUÑOZ I., GÓMEZ M.J., MOLINA-DÍAZ A., HUIJBREGTS M.A.J., FERNÁNDEZ-ALBA A.R., GARCÍA-CALVO E., (2008). « Ranking potential impacts of priority and emerging pollutants in urban wastewater through life cycle impact assessment ». *Chemosphere* ; 34 : 37-44.

REOPANICHKUL P., CARTER R.W., WORACHANANANT S., CROSSLAND C.J. (2010) : « Wastewater discharge degrades coastal and reef communities in southern Thailand ». *Marine Environmental Research* ; 69 : 287-296.

RUDELLE M. (2008) : « Mesures des vitesses d'écoulement par la méthode des temps de transit ». *Journées techniques*. Tours, 10 et 11 décembre 2008.

SPEZIALE C.G., SARKAR S., GATSKI T.B. (1991) : « Modeling the pressure-strain correlation of turbulence: an invariant dynamical systems approach ». *Journal of Fluid Mechanics* ; 227 : 245-272.

Résumé

F. LARRARTE, S. VAREILLES, M. DUFRESNE, N. RIVIÈRE, M.-N. PONS, G. LIPEME KOUYI, C. JOANNIS, R. CLAVERIE, G. CHEBBO, B. RIOCHET, K. WOUTER WASIAK, R. VISIEDO

Mentor ou une méthodologie et des outils opérationnels de conception et de qualification de sites de mesures en réseau d'assainissement

Le projet Mentor a pour objectifs de proposer une méthodologie permettant d'analyser, de qualifier et de mettre en place des points de mesures pertinents pour une gestion efficace des eaux urbaines dans le but de mieux quantifier et mieux qualifier les rejets aux milieux aquatiques récepteurs. Ce projet permettra la mise au point d'outils

opérationnels destinés aux gestionnaires et aux responsables de métrologie des réseaux d'assainissement urbains. Il fournira également des recommandations au niveau organisationnel qui aideront à l'acquisition de « bonnes pratiques métrologiques ». Cet article présente la démarche du projet et quelques exemples de résultats.

Abstract

F. LARRARTE, S. VAREILLES, M. DUFRESNE, N. RIVIÈRE, M.-N. PONS, G. LIPEME KOUYI, C. JOANNIS, R. CLAVERIE, G. CHEBBO, B. RIOCHET, K. WOUTER WASIAK, R. VISIEDO

Mentor or methodology and operational tools design and qualification of measurement sites in sewage

The Mentor project aims at proposing a methodology to qualify the ability of measuring site to give representative information for an efficient management of urban waters. This will contribute to a better knowledge of the pollutants poured into receiving

waters. The project will provide operational tools for technical and management staff in charge of metrology as well as recommendations both technical and managerial. This paper presents the main lines of the project as well as some results.