

Comparaison spatiale des débordements observés et modélisés du réseau d'assainissement du Grand Lyon par temps de pluie

Study of the relationship between the observed and simulated overflow drainage system in the Greater Lyon

F. Renard * et **, E. Volte *, P. Bret * et J.-M. Didier *

* Grand Lyon, Direction de l'eau, service études - 20, rue du lac, BP 3103
69399 Lyon cedex 03

** Université de Lyon, UMR 5600 Environnement Ville Société CNRS - 18,
rue Chevreul - 69007 LYON

frenard@grandlyon.org

RÉSUMÉ

Le réseau d'assainissement du Grand Lyon, majoritairement unitaire, est soumis à des débordements importants et récurrents par temps de pluie. Forte de ce constat, la direction de l'eau de la communauté urbaine de Lyon a décidé de mettre en place un suivi des débordements du réseau d'assainissement, afin d'en constituer une base de données. Cette base de données des débordements compile des centaines de renseignements et est maintenant actualisée en temps réel depuis 2005. Les débordements observés par les équipes de terrain et contenus dans cette base sont comparés spatialement aux points de débordements issus de la modélisation du réseau structurant d'assainissement, à l'aide du logiciel de modélisation *Canoe*. Une très forte correspondance spatiale entre les débordements constatés sur le terrain et les débordements simulés est constatée dans la majorité des cas, malgré les limites inhérentes aux outils. Ces résultats très encourageants confortent la véracité de la base de données et la fiabilité du logiciel de simulation, et offrent de nombreuses perspectives opérationnelles afin de comprendre au mieux les débordements du réseau par temps de pluie, et de savoir y faire face.

ABSTRACT

The sewer system of the urban community of Lyon is subjected to important and recurring overflows in rainy weather. With this, the direction of the water in the urban community of Lyon has decided to set up a monitoring of overflows of the sewerage network in order to establish a database. This database of the sewerage network overflows during rain time compile hundreds of and is now updated in real time since 2005. Observed overflows by field teams and contained in this database are spatially compared to overflows obtained from simulation with *Canoe* software. A very strong spatial match between observed and simulated overflows is obtained in most cases, despite of the limits of the tools. These results are very encouraging and reassure the truth of the database and the efficiency of the modelling software. They give numerous operational applications in order to enhance the comprehension of overflows during rainy weather, and to understand how to cope with them.

MOTS CLÉS

Débordement, base de données, modélisation, observation, pluies remarquables

1 INTRODUCTION

D'un point de vue historique, l'évacuation des effluents produits par la ville (eaux usées et eaux pluviales) a été prise en charge par les collectivités. De ce fait, dès le début du siècle, sur le territoire de la communauté urbaine de Lyon, le « tout à l'égout » est pratiqué. Un réseau unitaire très largement dimensionné recueille toutes les eaux pluviales, y compris celle du domaine privé.

Cependant, avec le développement de l'urbanisation, des extensions du réseau d'assainissement ont été menées sans remise en cause du principe précédent. Ce phénomène, conjugué à la densification du centre urbain, va conduire à une augmentation constante des débits d'eaux pluviales transités par les réseaux existants qui, autrefois très largement dimensionnés deviennent saturés par temps de pluie.

Ce constat a entraîné depuis une vingtaine d'années un changement radical de la politique de gestion des eaux pluviales sur le territoire du Grand Lyon. Ainsi, sur l'est lyonnais, plat et permettant l'infiltration, les eaux sont renvoyées dans des bassins de rétention et infiltration via des réseaux séparatifs. Sur l'ouest lyonnais, vallonné avec un réseau hydrographique dense, les eaux pluviales sont rejetées à débit limité dans les cours d'eau. Cette politique est appliquée à tout nouveau projet d'urbanisation.

Toutefois, le réseau du Grand Lyon reste encore à plus de 90 % unitaire et par temps de pluie, les mises en charge et les risques de débordement sont importants. Les inondations de vastes quartiers sont à redouter lors d'événements pluvieux exceptionnels. L'étendue du réseau unitaire empêche non seulement une restructuration complète de l'ensemble des réseaux mais accentue également la difficulté liée à la connaissance diffuse des problèmes de débordements (Volte et al., 2007).

En 2003, la direction de l'eau du Grand Lyon a décidé de mettre en place un suivi précis des débordements du système d'assainissement. Ce suivi a notamment abouti à la réalisation d'une base de données « débordements ». Cet article va porter sur l'exploitation de cette base de données, en comparant spatialement les débordements observés aux débordements issus de la modélisation du système.

2 UNE BASE DE DONNEES PERFORMANTE POUR LE SUIVI DES DEBORDEMENTS DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT DU GRAND LYON

2.1 Historique et hétérogénéité du système d'assainissement du Grand Lyon

Le réseau d'assainissement du Grand Lyon, d'une longueur totale de près de 2800 km, possède des caractéristiques diverses et hétérogènes liées à l'histoire de la communauté urbaine. En effet, le centre urbain historique possède un réseau unitaire d'environ 1700 km, dont les plus vieilles portions du réseau moderne datent du second empire, entre 1854 et 1870. Le réseau séparatif, beaucoup plus récent, se trouve plutôt en périphérie de la communauté avec environ 1100 km de canalisations. Les débordements du réseau d'assainissement sont une source de nuisances pour les habitants. La compréhension des causes de ces dysfonctionnements est une première étape pour la direction de l'eau de la communauté urbaine qui a pour objectif de les supprimer ou au moins de les réduire. Dans ce but, une base de données recensant tous les débordements constatés a été réalisée.

2.2 Présentation de la base de données « débordements du réseau d'assainissement par temps de pluie » du Grand Lyon

La construction de cette base de données, intitulée « débordements du réseau d'assainissement par temps de pluie » du Grand Lyon, s'est articulée autour des points clés suivants :

- capitaliser le savoir existant sur les débordements par temps de pluie auprès des agents de terrain ;
- organiser une remontée des informations pour les futurs événements pluvieux générant les débordements ;
- archiver ces connaissances dans une base de données puis de manière cartographique (à l'aide d'un système d'information géographique) ;
- prioriser et suivre les aménagements qui ont été mis en place pour limiter les débordements et évaluer leurs impacts ;
- identifier les points potentiels de débordements grâce à la modélisation du réseau structurant d'assainissement et les comparer à la base de données.

L'ensemble de cette démarche fait l'objet d'un suivi et d'un retour régulier auprès des équipes de terrain. Elle s'intègre dans une volonté globale de modernisation de l'activité du service d'exploitation et des méthodes de travail. D'une manière opérationnelle, cette base contient des informations remontant à 1932 grâce à un travail bibliographique d'archives, mais est maintenant actualisée en temps réel depuis 2005. En effet, à chaque débordement constaté par les équipes de terrain de la direction de l'eau, une fiche standard comprenant les détails de cette nuisance est complétée puis compilée dans cette base, permettant un suivi au jour près. Cette fiche d'intervention terrain recense la date du débordement, le responsable de l'intervention, la localisation précise de l'incident (commune, rue et numéro), la nature du domaine concerné (voie publique, voie privée, etc.), la nature du réseau (réseau unitaire, pluvial, usé ou absence de réseau), la nature des ouvrages de collecte des eaux pluviales sur voirie mise en cause (bouche d'égout, canalisation, puit d'infiltration, etc.), ainsi que la nature et la cause de l'inondation, et peut être suivi d'un commentaire de l'agent, pouvant porter par exemple sur le type de pluies à l'origine des débordements (orage, grêle, etc.). Les dysfonctionnements de canalisation correspondent à une mise en charge des collecteurs, alors que les difficultés mettant en cause les avaloirs sont directement liées à un problème de conception ou d'entretien, comme par exemple lors d'un dépassement de la capacité d'absorption par pluie violente. Ces constats de terrain sont directement effectués par les égoutiers et ces distinctions sont renseignées dans les fiches.

Cette base recense 1980 débordements constatés entre 1932 et 2005, sur 1156 localisations distinctes. Cette étude porte sur les débordements observés depuis la période 1988 pour coïncider avec la date de validation des mesures pluviométriques de la communauté urbaine, et pour se limiter à une étude actuelle et contemporaine des débordements du réseau d'assainissement.

Cette démarche de remontée d'information concernant les débordements observés est confrontée aux résultats issus de la modélisation du système d'assainissement. Pour cela, il a été nécessaire dans un premier temps de construire un modèle du réseau d'assainissement reprenant les branches structurantes et les ouvrages particuliers, puis dans un second temps de simuler des pluies réellement tombées ayant provoqué des débordements afin de comparer les résultats de la simulation avec les observations de terrain. L'objectif est de vérifier la cohérence du modèle produit et la fiabilité des informations recensées dans la base. La méthodologie de cette confrontation entre observations et modélisations fait l'objet de la seconde partie de cet article.

3 PRINCIPES METHODOLOGIQUES DE LA COMPARAISON DES DEBORDEMENTS OBSERVES ET MODELISES

3.1 Sélection et caractérisation des événements pluvieux à l'origine des débordements

Afin de confronter les débordements recensés dans la base de données à leurs homologues modélisés, il convient dans un premier temps d'identifier les pluies à l'origine, puis de les caractériser en fonction de critères physiques, mais également en fonction de critères de nuisances.

La sélection d'épisodes pluvieux par le biais de différents seuils physiques comme l'intensité, la durée, la hauteur d'eau totale précipitée ou la période de retour nécessite l'utilisation de critères d'indépendances, notamment lorsque deux averses semblent temporellement voisines. Le critère d'indépendance utilisé est celui retenu et défini par Chocat et Bardin (2002) pour identifier les pluies sur l'agglomération urbaine lyonnaise. Il est constitué de paramètres retenus par la Direction de l'Eau du Grand Lyon qui respectent les directives du guide du Certu « la ville et son assainissement » (Certu, 2003).

La caractérisation des épisodes a été réalisée à partir d'une analyse en composantes principales (ACP) effectuée sur sept variables d'intérêt : la durée de l'épisode pluvieux (identifiée à l'aide du critère d'indépendance précédemment cité), la hauteur d'eau totale moyenne précipitée, ainsi que les intensités moyennes maximales en 6, 18, 30, 60 et 120 minutes. Cette ACP a permis de retenir trois variables (durée, hauteur totale précipitée, intensité maximale en 18 minutes) qui expliquent à elles seules près de 95% de la variance totale (Chocat et Bardin, 2002). Cette étude permet donc de caractériser les pluies à l'origine des débordements en reposant ainsi sur les 25 événements pluvieux les plus longs, les 25 événements pluvieux les plus abondants en terme de hauteur d'eau moyenne précipitée, ainsi que les 25 événements pluvieux les plus intenses en moyenne en 18 minutes (période 1988-2005). Au total 75 épisodes ont été retenus afin de disposer d'un échantillon de pluies conséquent et représentatif. Cependant, 10 pluies retenues ont en commun de figurer parmi les plus longues et les plus abondantes. Au final, nous avons donc un échantillon de

65 pluies remarquables en termes d'intensité, de hauteur d'eau précipitée et de durée. La majorité de ces épisodes remarquables sélectionnés sont corrélés avec des débordements observés présents dans la base.

Cependant, toutes ces pluies remarquables ne sont pas à l'origine de tous les débordements observés recensés dans la base, et ce premier échantillon de pluie nécessite d'être complété par une sélection d'épisodes pluvieux que l'on peut qualifier d'ordinaire. Cette sélection a donc été effectuée sur des critères non pas physiques, mais de nuisances observées. Ainsi, les pluies à l'origine d'au moins trois débordements recensés dans la base de données, mais ne figurant pas parmi les pluies exceptionnelles, constituent l'échantillon de pluies ordinaires. Un échantillon de 14 de ces pluies se dégage donc, ayant provoqué des débordements mais ne possédant pas de caractères physiques remarquables pour la région lyonnaise, et vient ainsi compléter l'échantillon précédemment retenu des 65 pluies exceptionnelles lyonnaises. Au total, c'est donc un échantillon de 79 pluies (65 exceptionnelles, 14 ordinaires) qui est mis en relation avec les débordements constatés sur l'agglomération lyonnaise.

Cette discrimination des pluies a permis dans un premier temps de mettre en relation les débordements avec la nature de la précipitation. Nous constatons que 60% des débordements du réseau d'assainissement du Grand Lyon de la période 1988-2005 sont provoqués lors de pluies remarquables en termes d'intensité moyenne en 18 minutes (fig. 1). Les pluies remarquables en termes de hauteur totale moyenne d'eau précipitée et de durée ont provoqués 20% des débordements recensés, et les pluies ordinaires en sont aussi responsables de 20%. Il peut dorénavant être remarqué la part prééminente des pluies remarquablement intenses dans l'origine des débordements du réseau d'assainissement du Grand Lyon.

A l'échelle temporelle de l'épisode pluvieux intense, on assiste à une très forte corrélation entre hauteur d'eau précipitée et débordements du réseau d'assainissement. C'est le cas par exemple du 29 juin 1993 ou du 30 juin 1997 où les débordements se situent précisément dans les zones les plus touchés par la pluie (fig. 2). Cette très forte corrélation spatiale permet de valider en partie la crédibilité des renseignements contenus dans la base de données, et en retour la fiabilité des interpolations spatiales issues du réseau pluviométrique du Grand Lyon.

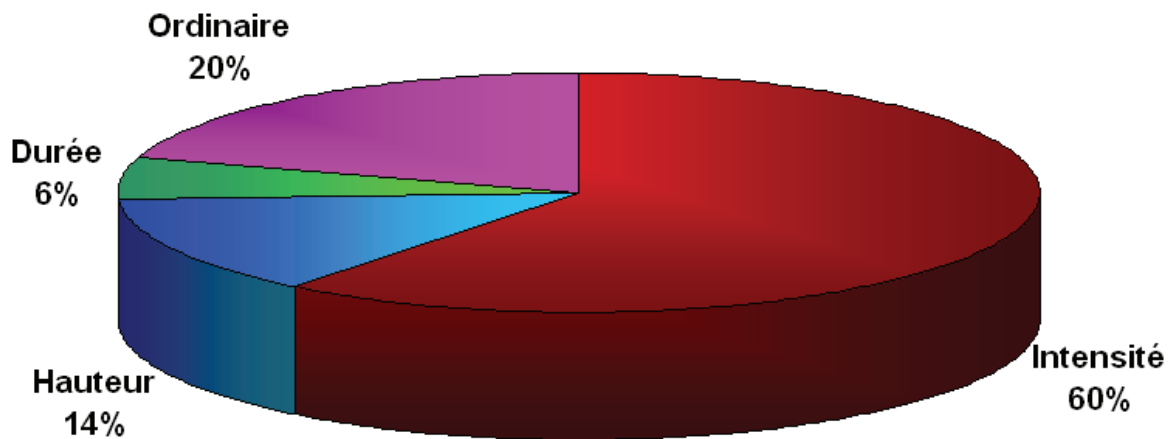


Figure 1. Typologie des pluies à l'origine des débordements

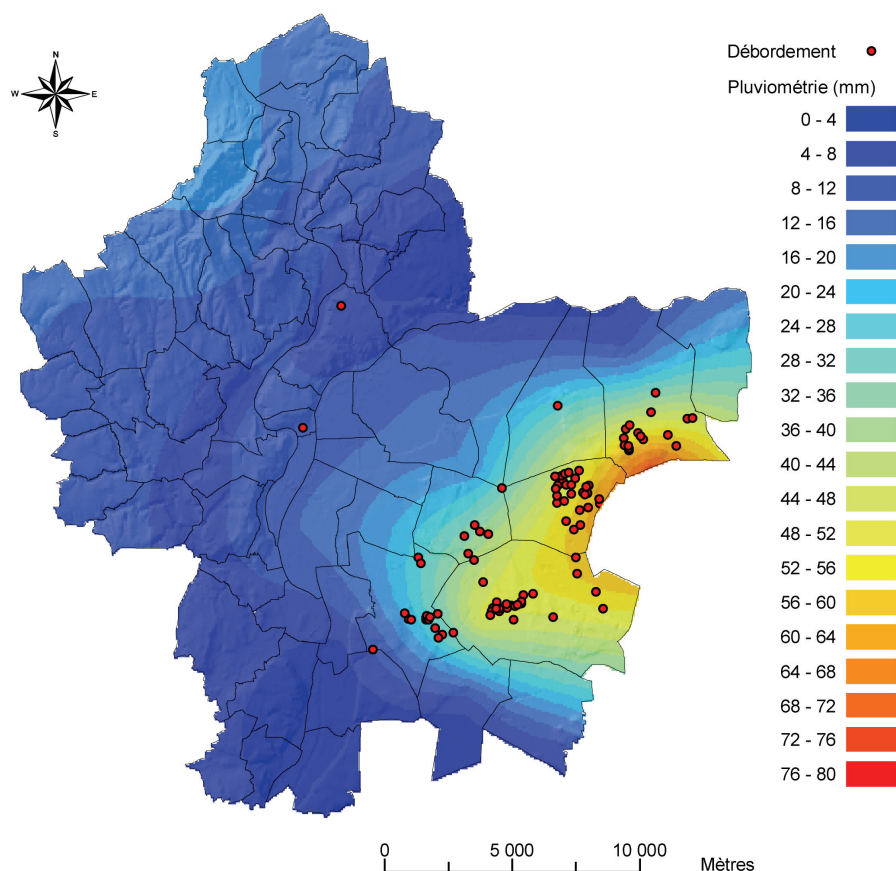


Figure 2. Répartition spatiale de l'événement pluvieux du 30 juin 1997 (krigeage ordinaire à partir des 29 pluviomètres) et débordements associés

3.2 Principe de la modélisation des débordements du système du Grand Lyon en vue de la comparaison avec les observations du terrain

Le réseau d'assainissement du Grand Lyon est modélisé à l'aide du logiciel de simulation hydrologique *Canoe*, développé par Insavalor, Sogreah et Alison (version 3.3 utilisée ici, dernière en date). Cette modélisation ne prend en compte que le réseau structurant avec 677 km de réseau modélisés (soit 25 % du réseau environ), et porte sur huit bassins versants distincts (fig. 3). Les pluies remarquables et ordinaires ayant provoqué des débordements recensés dans la base par les équipes de terrain (cf. § 2.1) ont servi comme intrants à ces simulations de type Barré de Saint Venant. Ces simulations permettent d'obtenir deux types de résultats, qui seront par la suite comparés aux observations. Le premier genre de résultats fourni par *Canoe* est la hauteur d'eau dans la canalisation, ce qui permet de localiser les conduites en charge. Le deuxième type de résultat est la localisation précise de ces débordements simulés à chaque nœud modélisé. Une carte a donc été produite pour chaque simulation de chaque épisode pluvieux étudié sur chaque bassin versant de l'agglomération. Cette carte indique donc de manière précise les collecteurs en charge, ainsi que les potentiels points de débordements. Ces résultats vont être confrontés d'une manière spatiale et qualitative aux débordements de la base de données issus des observations du terrain.

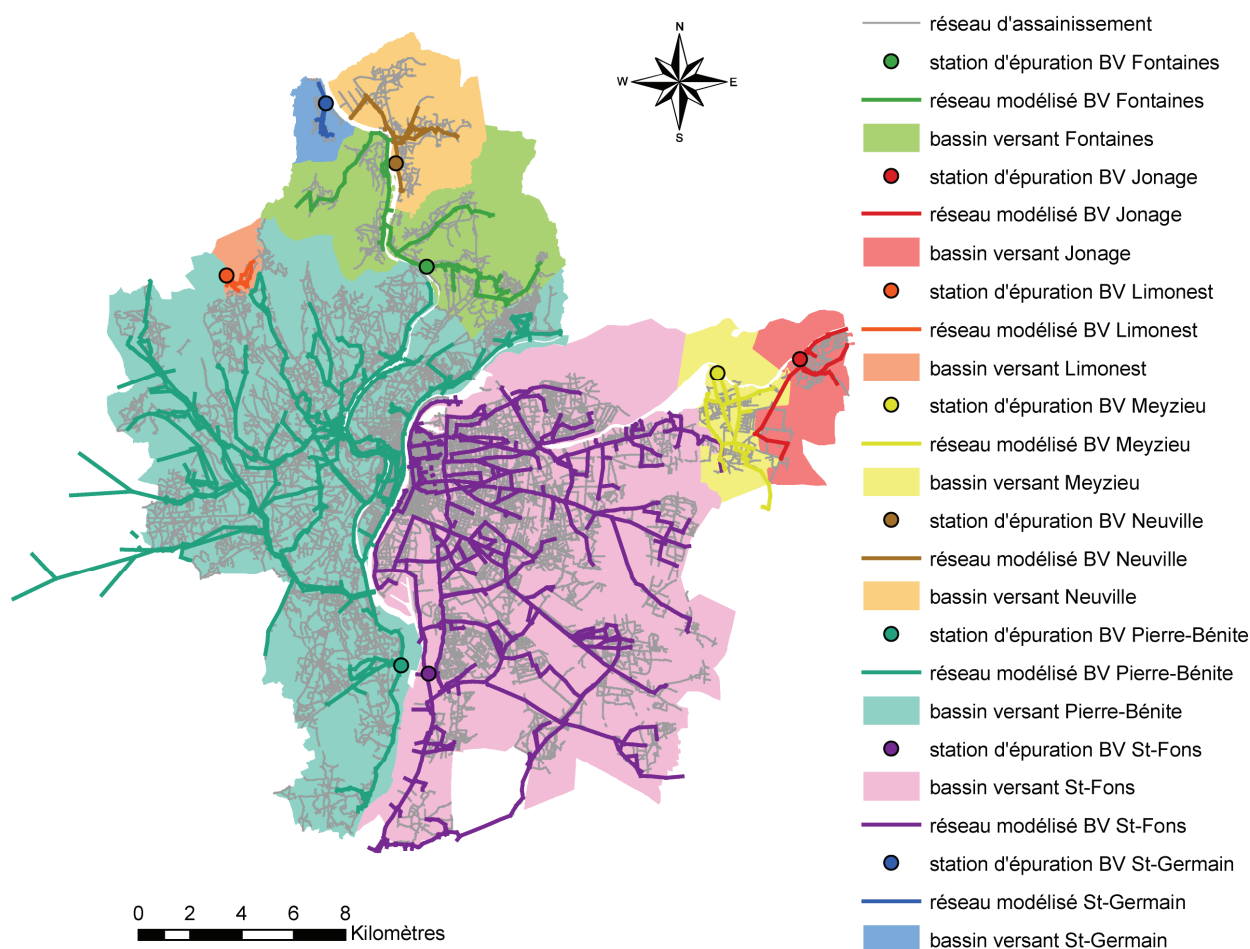


Figure 3. Réseau d'assainissement du Grand Lyon et réseau structurant modélisé par bassin versant avec le logiciel de modélisation *Canoe*

4 RESULTATS DE LA CONFRONTATION DES DEBORDEMENTS OBSERVES ET MODELISES ET LIMITES DE L'ETUDE

Pour chaque épisode simulé, les résultats issus de la modélisation (collecteurs en charge et points de débordement) sont comparés spatialement aux constats du terrain. Toutes les pluies sélectionnées ont été simulées par le logiciel avec succès et ont ainsi pu fournir des points de débordements aux noeuds du réseau structurant.

Pour chacune des simulations, deux cartes sont notamment établies et confrontées. Une représente les débordements simulés, alors que la deuxième figure ceux ponctuellement observés. Les zones de densité de débordements sont aussi créées afin d'obtenir une vision globale surfacique de la situation sur l'ensemble du territoire du Grand Lyon (Silverman, 1986).

Nous constatons dans la majorité des cas une très forte correspondance spatiale entre les débordements constatés sur le terrain et les débordements simulés (situés sur des collecteurs en charge), comme pour les épisodes du 04 août 2004 et du 07 septembre (figure 4 et 5). Ces résultats sont très encourageants car ils confortent la véracité de la base de données et surtout la fiabilité du logiciel de simulation. En effet, dans bien des cas, les zones touchées par les débordements identifiées par le constat des équipes de terrain coïncident fortement avec les résultats de la modélisation.

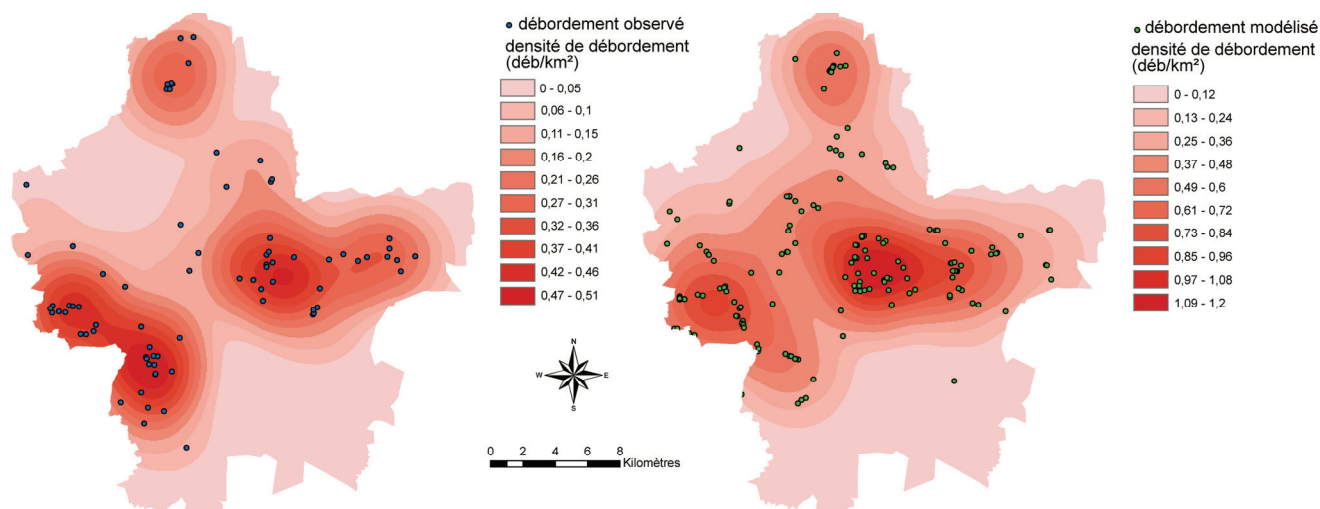


Figure 4 : Débordements observés (à gauche) et modélisés (à droite) de l'épisode pluvieux du 04 août 2004, et zones de densité de débordements associés (en débordements / km²)

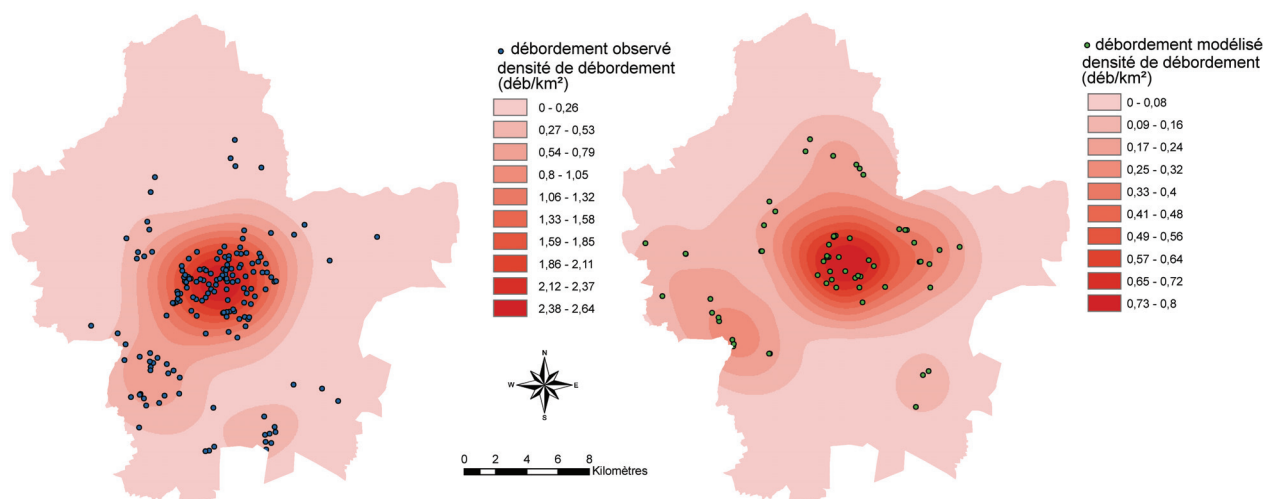


Figure 5 : Débordements observés (à gauche) et modélisés (à droite) de l'épisode pluvieux du 07 septembre 1995, et zones de densité de débordements associés (en débordements / km²)

Cependant, nous constatons pour quelques épisodes des débordements simulés qui ne trouvent pas de correspondance dans les observations de terrain. C'est le cas, par exemple, de l'épisode pluvieux du 7 août 1997 (fig. 6) ou encore du 10 juin 2000 sur le bassin versant Pierre-Bénite, dans l'ouest de l'agglomération, dans le secteur de l'Yzeron notamment (fig. 7). Cette dernière simulation nous indique une trentaine de débordements modélisés, alors qu'aucune manifestation de ce genre n'a été signalée sur le terrain. Il est possible qu'une partie de ces débordements modélisés soient liés à des dysfonctionnements ou à un calage non adapté du modèle, mais cela peut aussi indiquer que la totalité des débordements réellement survenus sur le terrain n'ont pas été intégrés dans la base de données.

En effet, ce type d'exploitation est forcément dépendant de la remontée d'information par les équipes de terrain. Il est matériellement et humainement impossible pour ces équipes de constater et de recenser de manière exhaustive tous les débordements, notamment lors de pluie intenses. En outre, des débordements peuvent survenir en des zones pas toujours densément peuplées, ou sans

dommages pour la population. En conséquence, le nombre de plainte est plus réduit que les débordements, d'où une difficulté accrue de constat et de transmission de l'information. Enfin, une difficulté supplémentaire est liée à l'homogénéisation de la remontée d'information. La réalisation d'une base de données claire et cohérente reste une tâche ardue car elle est construite à partir d'informations émanant de fiches standardisées, mais complétées sur le terrain dans l'urgence de la situation et avec une expérience et une sensibilité propre à chaque égoutier. Il y a ici une probable sous-estimation des débordements survenus, cette base de données ne pouvant être exhaustive. Ces insuffisances d'observation pourraient expliquer pourquoi dans certain cas les débordements simulés ne coïncident pas avec les observations de terrain.

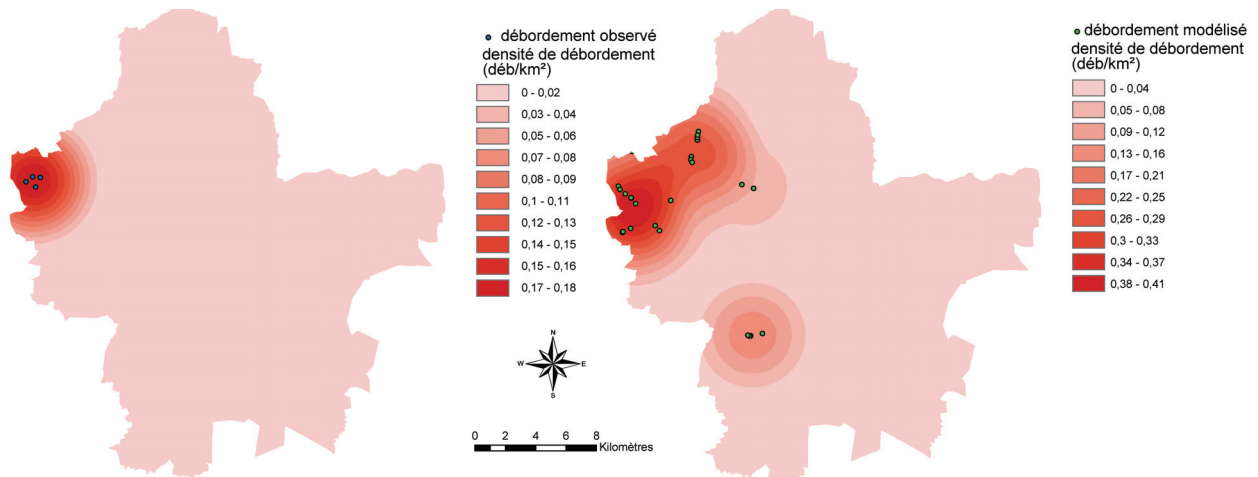


Figure 6 : Débordements observés (à gauche) et modélisés (à droite) de l'épisode pluvieux du 07 août 1997, et zones de densité de débordements associés (en débordements / km²)

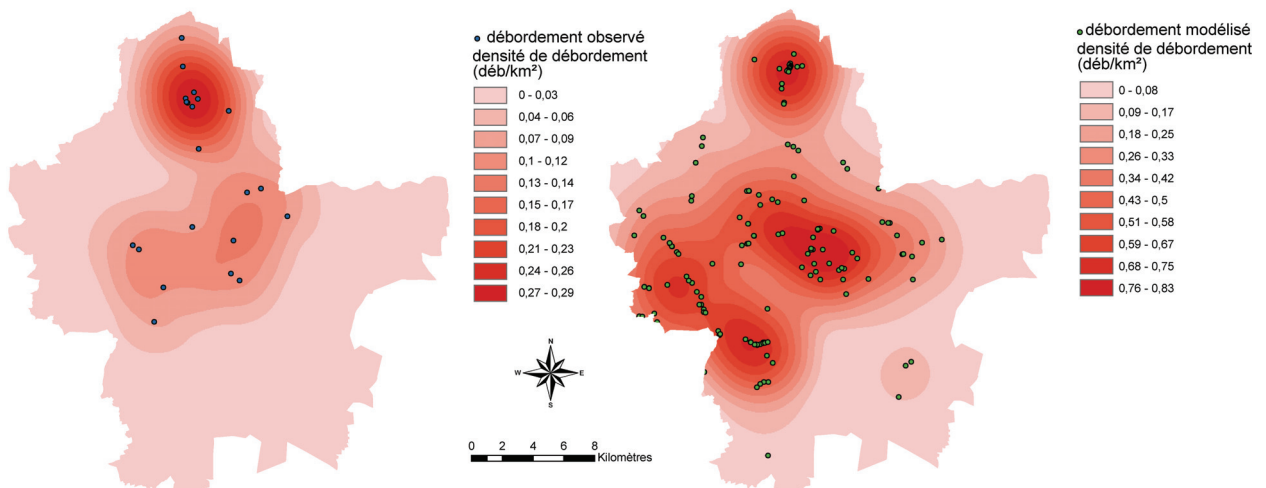


Figure 7 : Débordements observés (à gauche) et modélisés (à droite) de l'épisode pluvieux du 10 juin 2000, et zones de densité de débordements associés (en débordements / km²)

Enfin, à l'inverse des cas de figures précédents, il arrive que des observations de terrain ne trouvent pas de débordements correspondant modélisés. Cependant, même si la simulation ne fournit pas de point de débordements, pour la plupart des cas, les collecteurs sont indiqués en charge et ces tronçons correspondent aux observations de dysfonctionnements. Toutefois, l'ensemble de ces résultats est très encourageant, tant pour la fiabilité des informations de terrain contenues dans la base d'observation des débordements que pour les résultats issus des simulations.

5 CONCLUSION

La base de données « débordements du réseau d'assainissement par temps de pluie » est un outil performant qui permet une amélioration profonde de la connaissance des débordements du système d'assainissement. La confrontation des débordements observés à ceux obtenus par la modélisation du système est très encourageante. En effet, une adéquation spatiale relativement forte est obtenue dans la majorité des cas, malgré les limites de ces deux outils. La modélisation du système est en cours d'amélioration dans certains secteurs, mais plus limitante encore est la base de données. En effet, cette base reste un outil subjectif, très fortement liée à l'expérience, à l'appréciation et à la présence des équipes de terrain. Ces dernières ne peuvent constater et rendre compte de manière exhaustive de tous les débordements, notamment en cas d'épisodes pluvieux intenses à l'origine de nombreuses nuisances dans l'agglomération. Dans cette optique d'optimisation de la remontée d'information, les équipes opérationnelles de terrain se sont vues dotées récemment de tablettes de terrain qui permettront de saisir en direct les nouvelles informations, ainsi que toutes les données sur le fonctionnement ou l'état de santé des réseaux. Les perspectives pratiques de cette étude sont d'affiner la pertinence de la modélisation hydrologique, mais aussi d'améliorer quantitativement et qualitativement les informations contenues dans la base de données, afin de comprendre au mieux les débordements du réseau par temps de pluie, et de savoir y faire face. Afin de compléter la base de données du Grand Lyon, un partenariat avec le Service Départemental d'Incendie et de Secours du Rhône est actuellement en cours. Cette coopération vise à un échange mutuel de données afin de compléter les bases des deux parties, pour obtenir ainsi une vision plus détaillée des situations. De la même manière, le perfectionnement de la connaissance de la distribution spatiale et temporelle de l'aléa pluviométrique reste fondamental et une des perspectives de ce travail, en utilisant par exemple comme intrants lors des simulations les données du radar météorologique couplées aux valeurs du réseau pluviométrique.

BIBLIOGRAPHIE

- Certu, (2003). La ville et son assainissement. Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau. Edition du Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, Paris.
- Chocat B., Bardin J.- P., (2002). Mise en place de l'autosurveillance : modélisation générale du réseau d'assainissement du Grand Lyon. Rapport interne URGC-HU, INSA de Lyon.
- Silverman, B. W., (1986). Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman and Hall, New York.
- Volte E., Varnier J.-, C., Pecoraro J., (2007). Débordements des réseaux d'assainissement de la communauté urbaine de Lyon, Actes de la conférence Novatech 2007, Lyon, France. Vol. 1, 99-106.