

**Norois**

Environnement, aménagement, société

**208 | 2008/3****Gestion du littoral, risques urbains, ours en Pyrénées**

---

## Analyse territorialisée du risque de débordements de réseau d'assainissement liés aux eaux pluviales : application au Grand Lyon

*Territorial analysis of the hazard between rainfall and sewer network overflowing: the case of Greater Lyon*

**Florent Renard et Jérémie Riquier**

---

**Édition électronique**URL : <http://journals.openedition.org/norois/2181>

DOI : 10.4000/norois.2181

ISBN : 978-2-7535-1556-7

ISSN : 1760-8546

**Éditeur**

Presses universitaires de Rennes

**Édition imprimée**

Date de publication : 1 novembre 2008

Pagination : 45-60

ISBN : 978-2-7535-0788-3

ISSN : 0029-182X

**Référence électronique**

Florent Renard et Jérémie Riquier, « Analyse territorialisée du risque de débordements de réseau d'assainissement liés aux eaux pluviales : application au Grand Lyon », *Norois* [En ligne], 208 | 2008/3, mis en ligne le 01 novembre 2010, consulté le 01 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/norois/2181> ; DOI : 10.4000/norois.2181

---

**ANALYSE TERRITORIALISÉE DU RISQUE DE DÉBORDEMENTS  
DE RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT LIÉS AUX EAUX PLUVIALES :  
APPLICATION AU GRAND LYON**

---

FLORENT RENARD

Université de Poitiers  
LCRE-CRGA UMR 5600 CNRS  
(Université Jean-Moulin Lyon 3),  
Laboratoire Climatologie Risques Environnement – 18, rue Chevreul 69007 LYON  
florent.renard@univ-poitiers.fr

JÉRÉMIE RIQUIER

LCRE-CRGA UMR 5600 CNRS  
(Université Jean-Moulin Lyon 3),  
Laboratoire Climatologie Risques Environnement – 18, rue Chevreul 69007 LYON

RÉSUMÉ

*L'urbanisation croissante liée à la pression foncière et l'imperméabilisation des sols qui en découle, sont un facteur aggravant du risque d'inondation en milieu urbain, notamment par ruissellement pluvial. De ce fait, les réseaux d'assainissement font face à un excédent d'eau qui dépasse leur capacité d'absorption. Le réseau n'est plus alors capable de jouer son rôle d'évacuation des eaux de ruissellement pluviales, notamment lors de pluies exceptionnelles, et c'est à la ville et à son réseau viaire de prendre en charge les importants volumes d'eau excédents. 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 qui se veut la plus précise possible, dans un objectif de gestion opérationnelle pratiquement en temps réel, mais aussi de retours d'expérience. Cette base de données des débordements du réseau d'assainissement du Grand Lyon compile des centaines de renseignements remontant à 1932 grâce à un travail bibliographique, mais est maintenant actualisée en temps réel depuis 2005. Les débordements de la période 1988-2005 contenus dans cette base ont été mis en relation avec les pluies qui les ont provoqués, d'où ont été issus des cartes de densité de débordements sur l'agglomération en fonction du type de pluie. Ainsi, le centre urbain et le bassin-versant de l'Yzeron sont préférentiellement touchés par les débordements du réseau d'assainissement lors de pluies très intenses, alors que les pluies très abondantes et/ou longues affectent plus particulièrement le grand ouest lyonnais. Enfin, des débordements issus de pluies ordinaires sont exclusivement centrés sur la partie est de l'agglomération. Il ressort de cette étude que les secteurs touchés par les nuisances diffèrent en fonction de l'événement pluvieux associé, et que le risque de débordement peut aussi survenir avec un aléa peu important associé à une forte vulnérabilité du système.*

MOTS CLÉ : *risque, vulnérabilité – ville – Lyon – densité – réseau – pluie – assainissement – eaux usées*

ABSTRACT

***Territorial analysis of the hazard between rainfall and sewer network overflowing: the case of Greater Lyon***

*An increase in impermeable surfaces and hence runoff, has lead to a greater risk of flooding in urban areas. Sewer networks experience excessive water volumes which exceed their absorption capability, notably during exceptional rainfall events, consequently leading to overflowing and flooding. The Water Direction Agency of Greater Lyon has created a database so that these overflowing events can be analysed and vulnerable infrastructure identified and protected. This database consists of historical data from 1932-2005 obtained from bibliographical work. Since 2005 it has been updated live by digital writing tablets utilised by Water Direction ground teams. The date and precise location of the flooding event; the nature of the sewer network and of the infrastructure; and the nature and cause of overflowing are recorded on the database.*

*A sample of rainfall events has been selected from the database based on physical criteria as well as disturbance caused. Exceptional rainfalls in terms of average maximum intensity in 18 minutes, average water precipitated and of the duration of rainfall have been related to the overflowing events. This sample of exceptional rainfall events has been completed by a sample of ordinary rainfall events without extraordinary physical criteria, which have nevertheless been the cause of flooding in the city. A study focussing on the rainfall event and another centred on the vulnerability of the sewer network have been carried out, quantitatively and spatially to the scale of the urban area of Greater Lyon. Density surface maps of overflowing have been created and a cross spatial analysis of different sewer system devices with the types of rainfall events has been completed. It has been shown that the urban centre and west Greater Lyon have a higher vulnerability to overflowing during exceptional intense rainfall, whereas abundant and enduring precipitation affects in main only the West area, and more precisely the Yzeron catchment. In contrast, ordinary rainfall events which have led to overflowing have been shown to affect the East part of Greater Lyon. To conclude, this study shows that with relatively low rainfall levels, the risk of flooding could be increased if vulnerability of the sewer system is high. Subsequently, even with low precipitation, if the sewer system is classed as vulnerable, the risk of flooding and overflowing is high.*

KEY WORDS : *sewer network – flooding, overflow – flood hazard – extreme rainfall event – vulnerability – density – Greater Lyon.*

Dans le cadre de la démarche liée aux risques d'inondation engagée par l'État sur le territoire de la communauté urbaine de Lyon, cette dernière est chargée de la gestion des volets concernant le ruissellement pluvial, les ruisseaux périurbains et la remontée de nappe. Les approches de gestion des risques ruissellement pluvial et ruisseaux sont intimement liées sur le territoire du Grand Lyon, car le ruissellement, comme les crues de la plupart des ruisseaux périurbains, sont aujourd'hui essentiellement la résultante de l'urbanisation croissante de l'agglomération et de ses bassins versants.

L'imperméabilisation des secteurs urbains a des répercussions graves sur le fonctionnement du réseau d'assainissement qui se doit de prendre en charge des volumes d'eau de plus en plus important, et pour lesquels il n'a pas la capacité. Il en résulte que le réseau n'est plus capable de jouer son rôle d'évacuation des eaux de ruissellement en cas de pluies exceptionnelles, et c'est à la

ville et à son réseau viaire de gérer les très importants volumes d'eau générés. En effet, le dimensionnement des réseaux d'assainissement a traditionnellement été calculé pour absorber des pluies de période de retour de dix ans environ. Cependant, cent ans après les premières réalisations du réseau d'assainissement, ces calculs n'ont plus beaucoup de valeur et le comportement hydraulique du système dans son ensemble n'est pas encore suffisamment bien précisément connu pour pouvoir qualifier sa réponse à des pluies exceptionnelles (Direction de l'Eau, 2008).

En tant qu'opérateur de réseaux d'eau potable et d'assainissement, il appartient à la Direction de l'Eau du Grand Lyon de diagnostiquer les installations et les secteurs potentiellement vulnérables face aux risques d'inondation, et de mettre en œuvre les travaux de protection nécessaires. Cette notion de vulnérabilité du réseau décrit les secteurs et les zones qui par leurs imperfections, leurs insuffisances ou leurs caractéristiques inadaptées à certaines situations pluvieuses données sont plus sensibles à des problèmes de débordement et plus exposés à des situations d'inondation.

Consciente de ces enjeux, la Direction de l'Eau a décidé de mettre en place un suivi précis des débordements du réseau d'assainissement. Cet article va porter sur les débordements du réseau d'assainissement du Grand Lyon à travers l'exploitation de cette base de données les recensant, afin de les mettre en parallèle avec les types de pluie les provoquant et les différents ouvrages concernés.

Ainsi seront montrées les spécificités du territoire du Grand Lyon et de son réseau d'assainissement, puis la construction et l'utilité de la base de données « débordements du réseau d'assainissement » seront explicitées. Enfin, l'étude des débordements par l'aléa pluviométrique sera suivie de l'analyse de la vulnérabilité intrinsèque du réseau à l'aide d'une analyse spatio-temporelle croisée des pluies à risque sur le territoire lyonnais.

## Une communauté urbaine dense au service de ses habitants

### LE CONTEXTE TERRITORIAL MORPHOLOGIQUEMENT CONTRASTÉ DU GRAND LYON

La communauté urbaine de Lyon (Grand Lyon) se situe au nord du couloir rhodanien, à la confluence du Rhône et la Saône. Elle a été créée le 31 décembre 1966 par décret afin de remédier au décalage entre les structures administratives et la réalité géographique des agglomérations, de gérer les services publics de façon solidaire et rationnelle et de penser le développement urbain en termes d'agglomération. Le Grand Lyon présente une forte concentration urbaine car il regroupe 57 communes sur une superficie de 515 km<sup>2</sup>, occupée par 1 300 000 habitants, soit une densité supérieure à 2 500 habitants au kilomètre carré. L'agglomération concentre ainsi 80 % de la population du Rhône sur seulement 16 % de sa superficie (Grand Lyon, 2008). Cette communauté urbaine possède 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 (Mottet, 1997). Le territoire du Grand Lyon présente neuf entités géomorphologiques principales (fig. 1), 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 le Mont-d'Or lyonnais, les plateaux Lyonnais, de la Dombes, de la Croix-Rousse, de Fourvière et de Millery, alors que l'est lyonnais est constitué de la plaine de Lyon et des collines et couloirs de l'est lyonnais (Mandier, 1988). 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 constituant, globalement, la zone de transition entre les deux entités (Mongereau, 2005).

Le réseau hydrographique et l'organisation des bassins versants confirment cette subdivision (Couvert *et al.*, 2002). Contrairement à l'ouest et au nord, l'est du Rhône est pratiquement dépourvu de réseau hydrographique de surface (fig. 1). De façon plus précise, deux ensembles peuvent être distingués à l'ouest et au nord du Rhône. L'ouest comporte pour l'essentiel les plus vastes bassins versants (de 4,72 km<sup>2</sup> à 144 km<sup>2</sup>), très urbanisés et imperméabilisés en aval, avec

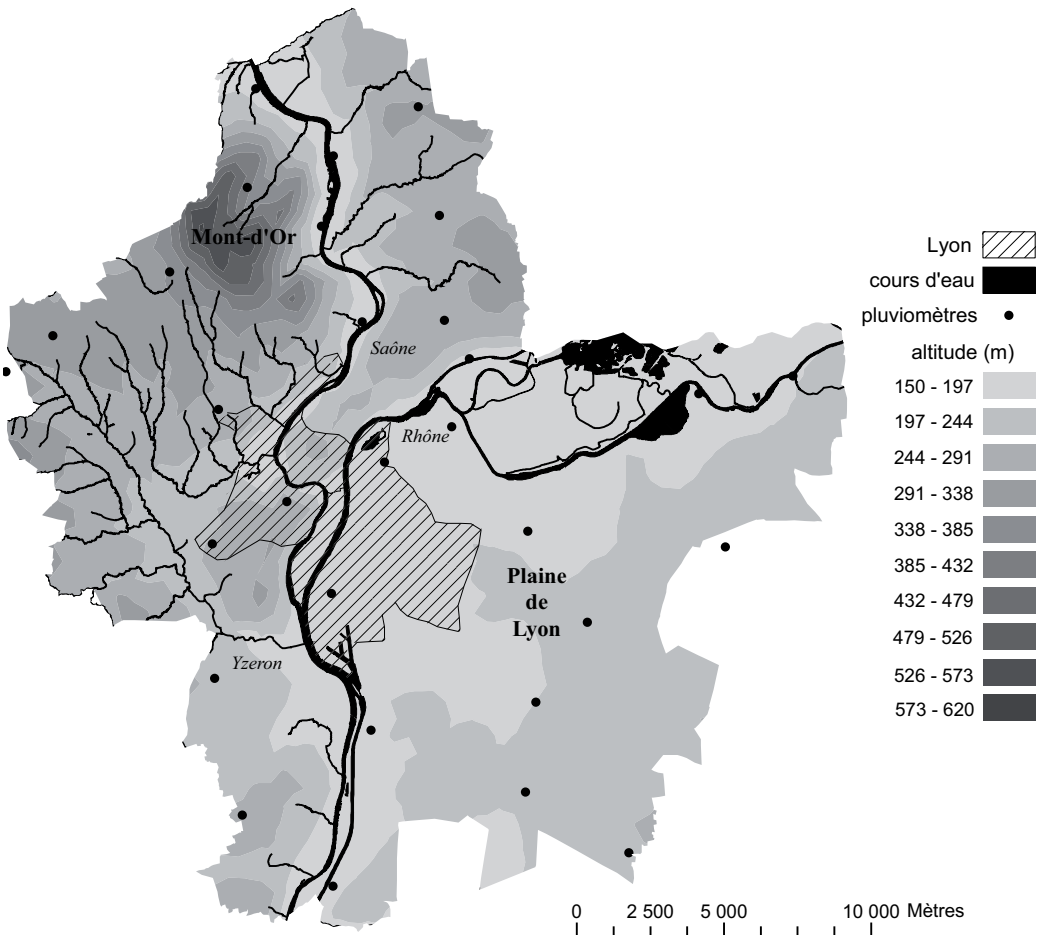


Figure 1 : Topographie, cours d'eau et réseau de pluviographes de la communauté urbaine de Lyon  
*Topography, water stream and rain gauge network of the Greater Lyon urban area*

notamment celui de l'Yzeron, connu à Lyon pour les inondations fréquentes qui le caractérisent (Chocat, 1997). Le nord du Grand Lyon a pour particularité de regrouper des bassins versants de plus petites tailles (de 3,36 km<sup>2</sup> à 69,4 km<sup>2</sup>) avec un profil topographique qui s'accroît d'amont en aval. En résumé, la très forte urbanisation du Grand Lyon ainsi que l'opposition topographique et hydrologique est-ouest peuvent fortement affecter la réaction du système d'assainissement lors de pluies dont il convient d'étudier l'impact à l'aide du réseau pluviométrique.

#### UN RÉSEAU DE PLUVIOMÈTRES DENSE ET FONCTIONNEL

L'agglomération lyonnaise possède un des réseaux de mesure de la pluie en milieu urbain parmi les plus denses d'Europe, car elle totalise une cinquantaine de stations sur son territoire. Les stations pluviométriques de l'agglomération lyonnaise appartiennent à divers organismes (Météo France, Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine, INSA, Cemagref, etc.). Cela confère au Grand Lyon une densité d'environ un pluviomètre pour 16 km<sup>2</sup>. Mais l'essentiel de ces pluviomètres est la propriété de la Communauté Urbaine de Lyon, avec 29 appareils à auget basculeur actuellement opérationnels. Ils se répartissent sur l'ensemble de l'agglomération urbaine avec

une densité cependant plus faible sur l'extrême ouest et le sud-est lyonnais (fig. 1). La densité du réseau actuel du Grand Lyon a été atteinte en 1989, bien que les premières installations datent de 1985, mais les données ne sont considérées comme fiables qu'à partir de 1988 (Chocat et Bardin, 2002). Elles sont disponibles à chaque basculement de l'auget, mais celles utilisées dans le cadre de cette étude sont au pas de temps de six minutes. Les analyses pluviométriques concernant le Grand Lyon présentées dans cette étude reposent sur les mesures effectuées sur ce réseau. D'autres implantations de stations météorologiques multi paramètres sont programmées à des fins de rationalisation du réseau actuel et dans le cadre d'un projet en cours de couplage entre les mesures au sol et les mesures radar. Au total, la forte densité du réseau de mesure sur l'agglomération lyonnaise est favorable au développement d'interpolations spatiales de la pluie relativement fidèles à la distribution surfacique réelle des volumes précipités que l'on retrouve en grande partie dans le réseau d'assainissement (Renard et Sarr, 2008).

## HISTORIQUE ET HÉTÉROGÉNÉITÉ DU SYSTÈME D'ASSAINISSEMENT DU GRAND LYON

Le réseau d'assainissement du Grand Lyon, à l'origine de débordements fréquents et d'une longueur totale de 2810 km, possède des caractéristiques diverses et hétérogènes liées à l'histoire de la communauté urbaine. En effet, le centre urbain historique (Lyon et Villeurbanne notamment) possède un réseau unitaire de 1726 km, dont les plus vieilles portions du réseau moderne datent du second empire, entre 1854 et 1870 (Direction de l'Eau du Grand Lyon, 2007). Le réseau séparatif, beaucoup plus récent, se trouve plutôt en périphérie de la communauté (comme à l'est, à Rillieux-la-Pape ou au sud à Corbas) avec 1084 km de canalisations. Les débordements du réseau d'assainissement sont une source de nuisances fortes pour les habitants et contrarient le développement économique, social et environnemental du Grand Lyon. Ainsi, la compréhension et la gestion de ces dysfonctionnements sont un des objectifs majeurs de la Direction de l'eau de la communauté urbaine.

### UN INSTRUMENT D'ANALYSE PUISSANT :

#### LA BASE DE DONNÉES « DÉBORDEMENTS DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT » DU GRAND LYON

Dans un but d'optimisation de la gestion du système d'assainissement, une base de données recensant tous les débordements a été créée. La construction de cette base de données, intitulée « débordements du réseau d'assainissement » du Grand Lyon, s'est articulée autour de trois points clés. En premier lieu, le savoir existant sur les débordements par temps de pluie a été capitalisé auprès des agents de terrain par des questionnaires et des entretiens. Ensuite, ces connaissances ont été archivées puis géoréférencées dans la base de données SIG du Grand Lyon.

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.). Prochainement, cette fiche sera renseignée et transmise directement sous forme numérique à l'aide de tablettes de terrain informatique en possession de chaque technicien de la Direction de l'Eau.

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 et des dysfonctionnements du réseau d'assainissement.

Globalement, il peut être constaté que les débordements du réseau d'assainissement se situent sur l'ensemble de l'agglomération (fig. 2), à l'exception de deux communes épargnées de l'est lyonnais qui n'en totalisent aucun (Montanay et Jonage). Une analyse plus fine peut être faite à l'échelle communale, en rapportant les débordements à la superficie de la commune ou à la longueur de réseau d'assainissement de chaque commune. Cependant, ce type d'analyse reste contraint par les limites administratives communales, ce qui nuit à l'analyse globale territorialisée des débordements et ne correspond en rien à la distribution des phénomènes pluvieux. Ainsi, pour s'affranchir de ces limites réglementaires, nous avons réalisé des cartes de densité de débordements qui prennent en compte toutes les observations sur tout le territoire du Grand Lyon (Silverman, 1986). La carte de densité des débordements observés entre 1988 et 2005 indique que la zone la plus touchée par les débordements se situe dans le centre urbain du Grand Lyon (Lyon, Villeurbanne), et une partie de la plaine de l'est (Bron notamment), avec des densités atteignant presque les cinq débordements recensés par kilomètre carré.

Ces débordements ne se répartissent donc pas uniformément spatialement, et il en est de même d'une manière temporelle à l'échelle annuelle (fig. 3). En effet, il peut être constaté une hausse de débordements durant les mois d'été (de juin à septembre), avec un pic pour le mois de juin qui totalise 391 débordements sur les 1 278 recensés sur la période 1988-2005 (soit 30,5 %). Cependant, nous remarquons le faible nombre de débordements répertoriés sur les mois de juillet avec seulement 79 constats (et dans une moindre mesure sur les mois d'août) au regard des mois de juin. Il s'agit sans nul doute de la mise en lumière d'une des limites inhérentes à cette base qui repose sur le constat d'équipe de personnels de terrain, les mois de juillet et d'août fonctionnant avec des effectifs restreints à cause des vacances, qui de ce fait introduirait un artefact statistique dont il faut avoir conscience.

Les débordements se situant principalement dans le cœur urbain de l'agglomération et en été, leur analyse se doit d'être mise en parallèle avec l'aléa pluviométrique du Grand Lyon, notamment le type et la répartition spatiale et temporelle des épisodes pluvieux, mais aussi avec la vulnérabilité du réseau comme le genre d'ouvrage (canalisation, puit d'infiltration, etc.) ou la nature du système d'assainissement (unitaire ou séparatif).

## Mise en relation du risque de débordement avec l'aléa

### SÉLECTION ET CARACTÉRISATION DES ÉVÉNEMENTS PLUVIEUX À L'ORIGINE DES DÉBORDEMENTS

Afin de mettre en relation les débordements constatés et recensés dans la base de données « débordements du réseau d'assainissement » du Grand Lyon, il convient dans un premier temps d'identifier ces pluies, puis de les sélectionner en fonction de critères physiques, mais également en fonction de critères de nuisances socio-économiques.

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). Un début de pluie est identifié si « une intensité moyenne en 18 minutes supérieure ou égale à 2 mm/h sur au moins un poste pluviométrique est mesurée. Une fin de pluie est déterminée lorsque l'on observe une période minimum de quatre heures pendant laquelle on mesure moins de 4 basculements d'auge sur l'ensemble des postes pluviométriques lyonnais. En

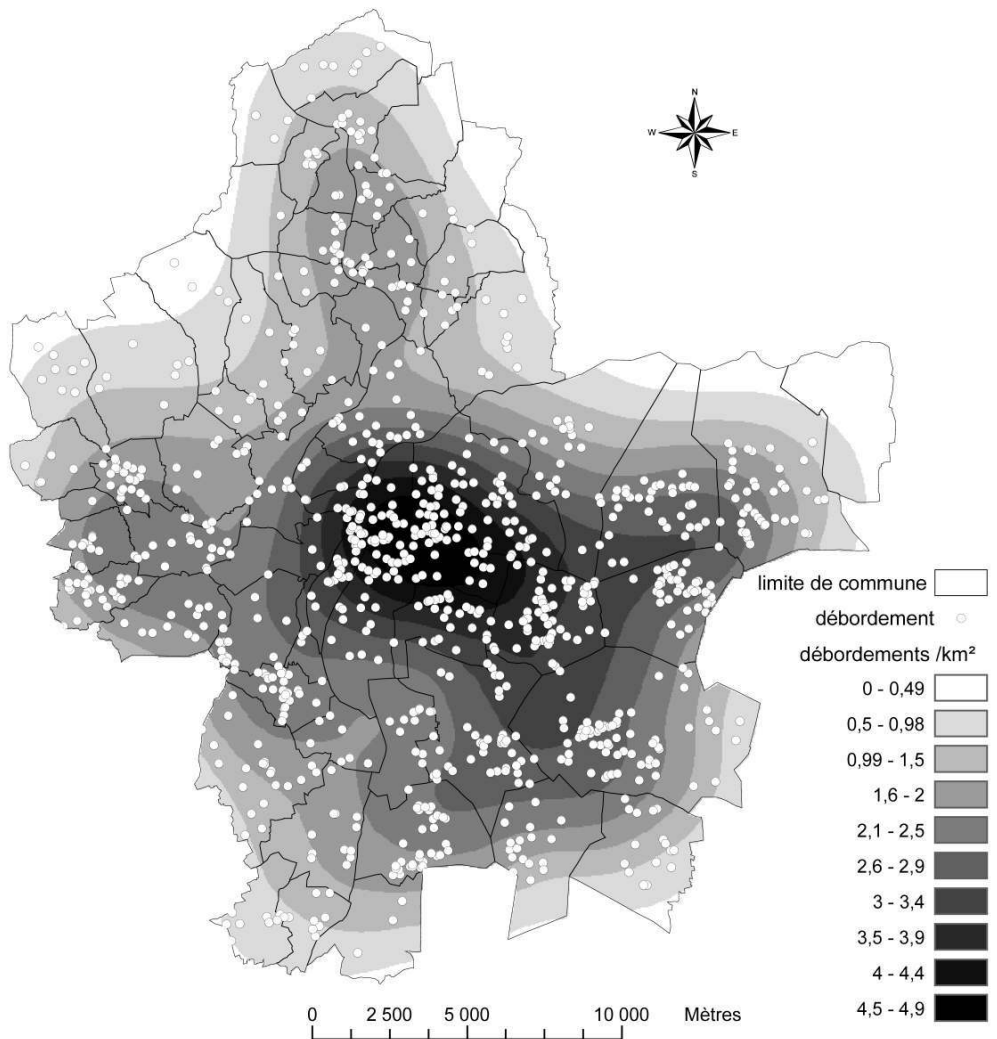


Figure 2 : Débordements du réseau d'assainissement du Grand Lyon (période 1988-2005) et zones de densité de débordements associées (débordement/km<sup>2</sup>)

*Overflowing of the sewer network of Greater Lyon urban area and flowing density zones related (overflowing/km<sup>2</sup>)*

outre, les “fns de pluies” correspondant à des périodes où l'intensité moyenne reste inférieure à 2 mm/h pendant 18 minutes sur la totalité des postes pluviométriques sont éliminées. Enfin, la pluie est éliminée si la lame d'eau moyenne sur l'ensemble de la grille est inférieure à 2 mm ou si l'intensité moyenne maximum observée en 18 minutes est inférieure à 4 mm/h sur la totalité des postes » (Chocat et Bardin, 2002).

La sélection définitive des épisodes a été réalisée à partir d'une analyse en composantes principales 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



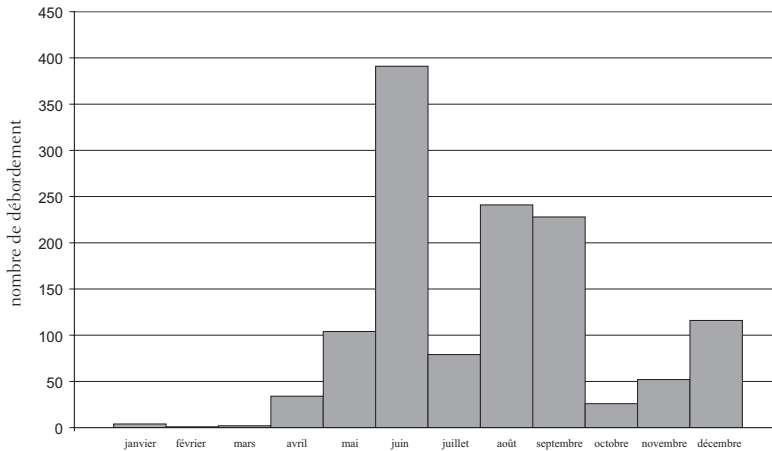


Figure 3 : Répartition temporelle des débordements du réseau d'assainissement du Grand Lyon (période 1988-2005)

*Overflowing annual distribution of Greater Lyon sewer network (1988-2005 period)*

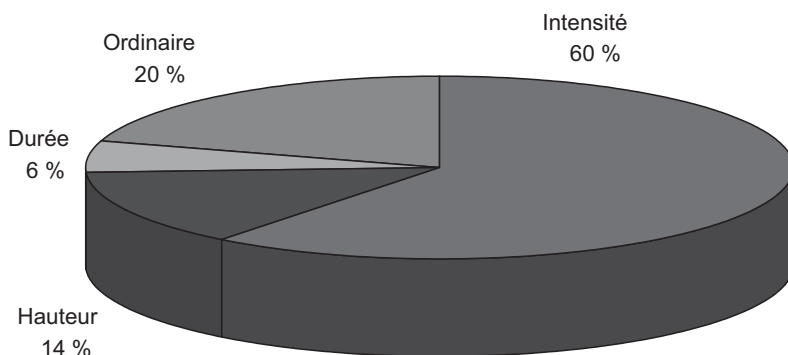
a donc porté sur les 25 événements pluvieux les plus longs, les 25 événements pluvieux les plus abondants en termes de hauteur d'eau moyenne précipitée, ainsi que les 25 événements pluvieux les plus intenses en moyenne en 18 minutes, pour la période 1988-2005. Au total 75 épisodes ont donc été retenus. 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 exceptionnelles lyonnaises en terme d'intensité, de hauteur d'eau précipitée et de durée (Chocat et Bardin, 2002). Ce choix, discriminant, peut paraître subjectif, mais a été pour partie conditionné par des objectifs opérationnels. Pratiquement tous les épisodes exceptionnels sélectionnés sont en effet corrélés avec des débordements du réseau d'assainissement.

Par ailleurs, afin de compléter cette base d'événements exceptionnels lyonnais, une sélection d'épisodes pluvieux que l'on peut qualifier d'ordinaire (ou de courant) a été effectuée sur des critères non pas physiques, mais de nuisances observées. Ainsi, les pluies à l'origine de 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 pluies ordinaires 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 va être mis en relation avec les débordements constatés sur l'agglomération lyonnaise.

À l'échelle annuelle, il peut être remarqué, sans surprise, la même distribution de ces pluies exceptionnelles et ordinaires que celle des débordements. Les pluies exceptionnelles en terme d'intensité se concentrent exclusivement sur les mois de mai à juin, ce qui laisserait supposer une prépondérance des phénomènes à caractère orageux. À l'opposé, les épisodes exceptionnels en termes de hauteur totale précipitée et de durée se situent plutôt en automne, de septembre à novembre. Les épisodes ordinaires ne présentant pas de caractères physiques exceptionnels se situent eux pour la plupart en été, avec le mois d'août concentrant 50 % des épisodes (ce qui laisserait supposer ici aussi une origine orageuse).

Cette discrimination du type de pluie a permis de mettre en relation les débordements avec la nature de la précipitation (fig. 4). Nous constatons que 60 % des débordements du réseau d'assainissement du Grand Lyon de la période 1988-2005 sont provoqués lors de pluies exceptionnelles en terme d'intensité moyenne en 18 minutes. Les pluies exceptionnelles en termes de hauteur totale moyenne d'eau précipitée et de durée ont provoqué 20 % des débordements recensés, et les pluies ordinaires en sont responsables de 20 % aussi. Il peut dorénavant être remarqué la part prééminente des pluies exceptionnellement intenses dans l'origine des débordements du réseau

Figure 4 : Origine des débordements du réseau d'assainissement en fonction du type de pluie du Grand Lyon (période 1988-2005)  
*Origins of network system overflowing in function of the kind of rainfall (1988-2005 period)*



d'assainissement du Grand Lyon. Ainsi, il est maintenant nécessaire d'analyser les relations spatiales entre les différents types de pluie et la localisation des débordements associés.

#### ANALYSE TERRITORIALISÉE CROISÉE ENTRE DÉBORDEMENTS ET TYPES DE PLUIE

Afin d'étudier la répartition dans l'espace des différents débordements en fonction du type de pluie, il a été réalisé des cartes surfaciques de densité de débordements, à l'aide du même mode opératoire que préalablement. Seulement cette fois-ci, et contrairement à précédemment où tous les débordements sans discrimination avaient été utilisés pour générer la carte globale des débordements (fig. 2), nous avons maintenant utilisé séparément les débordements provoqués par les pluies exceptionnelles en terme d'intensité, de hauteur totale moyenne d'eau précipité, de durée, ou par les pluies ordinaires. Il a donc été produit quatre cartes de débordements en fonction du type de pluies.

Auparavant, il convient de préciser que les épisodes pluvieux exceptionnelles et ordinaires touchent aléatoirement tout le territoire de la communauté urbaine. Ils n'ont pas d'aire de répartition préférentielle ou dominante et il n'y a pas de secteurs de l'agglomération constamment plus touchés que d'autres à l'échelle de l'épisode pluvieux sur le Grand Lyon (Renard et Comby, 2007). Les différences observées sont donc dues au réseau d'assainissement qui réagit différemment en fonction de ses caractéristiques intrinsèques (comme la nature de ses ouvrages ou de la pente), mais surtout en fonction du type de pluie.

Ainsi, il peut être constaté que les débordements provoqués par des pluies exceptionnellement intenses ne se répartissent pas uniformément sur le Grand Lyon, mais se situent surtout dans le centre urbain et l'est lyonnais, ainsi que plus légèrement sur le bassin-versant de l'Yzeron, avec des densités atteignant trois débordements par kilomètre carré. À 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 (fig. 5) ou du 30 juin 1997 où les débordements se situent précisément dans les zones les plus touchés par la pluie. Cette très forte corrélation spatiale permet de valider la fiabilité des renseignements contenus dans la base de données « débordements du réseau d'assainissement », et en retour la fiabilité des interpolations spatiales issues du réseau pluviométrique dense du Grand Lyon (fig. 5).

À l'opposé des débordements provoqués par les pluies intenses, les densités de débordements maximales issues des pluies exceptionnelles en termes de hauteur d'eau et de durée se situent en majorité sur l'ouest lyonnais, notamment sur le bassin-versant de l'Yzeron, avec des densités de débordements moindres cependant. Enfin, les débordements provoqués par les pluies de l'échantillon ordinaire se trouvent quant à eux centrés presque exclusivement sur la plaine de l'est lyonnais, avec des densités légèrement supérieures à un débordement par kilomètre carré.

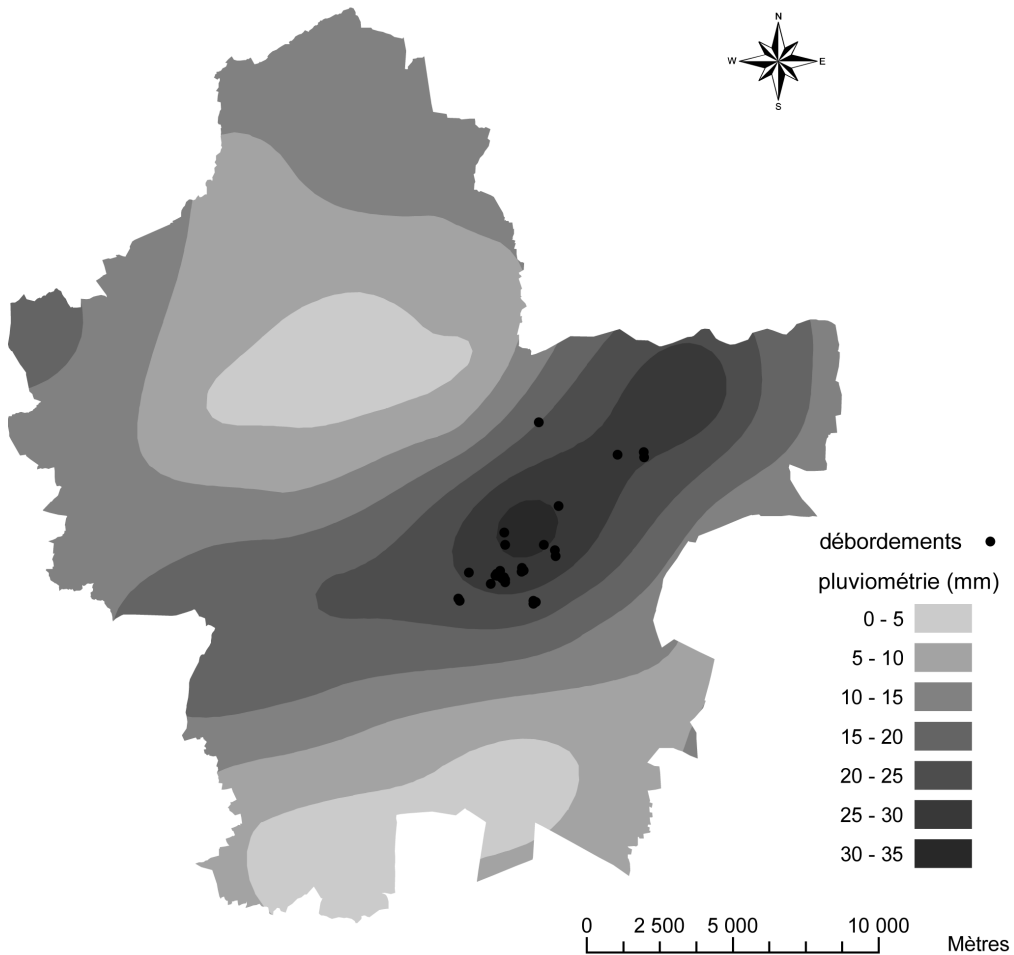


Figure 5 : Débordements du réseau d'assainissement provoqués par l'épisode pluvieux du 29 juin 1993 (krigeage ordinaire) sur le Grand Lyon  
*29th of June 1993 rainfall distribution (kriging) and sewer network overflowing*

À l'aide d'une analyse poussée des commentaires de la base de données et des données pluviométriques, on met ici en évidence que ces débordements issus de pluies ordinaires sont provoqués en majorité par de petits orages localisés, mais sont aussi liés à la vulnérabilité intrinsèque du réseau. Par exemple, les précipitations du 19 août 2004 n'atteignent qu'une dizaine de millimètres sur l'est lyonnais, mais provoquent néanmoins une dizaine de débordements. Cela s'explique par le fait que, deux jours avant, s'était abattu sur la communauté urbaine une pluie exceptionnelle en termes de hauteur totale moyenne. De ce fait, la base de données nous apprend que le réseau (et le sol) était préalablement saturé avant l'arrivée de la faible pluie du 19 août, ce qui a conduit malgré tout à ces débordements. Il en est de même avec l'exemple de la pluie du 1<sup>er</sup> novembre 2002 qui a totalisé environ 10 mm de précipitation et a pourtant provoqué une dizaine de débordements. Dans ce cas, la base de données nous apprend que ceux-ci sont dus à des feuilles d'arbres qui obstruaient les entrées d'eau dans le réseau. Dans ces cas de débordements là, il semble donc que ce soit la vulnérabilité propre du réseau d'assainissement qui soit en cause (saturation préalable du réseau ou gestion difficile), et non l'aléa pluviométrique (hauteur d'eau précipitée très faible). Le risque de débordement

associé aux pluies ordinaires peut être alors schématisé par un diagramme sagittal (fig. 6). Pour un aléa relativement faible (par exemple la pluie du 19 août 2004 cumulant seulement 10 mm environ), c'est bien la forte vulnérabilité du réseau d'assainissement (réseau préalablement saturé, puits d'infiltration colmatés, etc.) qui rend le risque de débordement fort (Rome, 2006).

Les zones touchées par les débordements varient donc en fonction du type d'aléa pluviométrique qui les provoque. Cependant, trouve-t-on ce même genre de constat lorsque l'on s'intéresse à la vulnérabilité des différentes composantes du système d'assainissement (type administratif de réseau et type d'ouvrage) ?

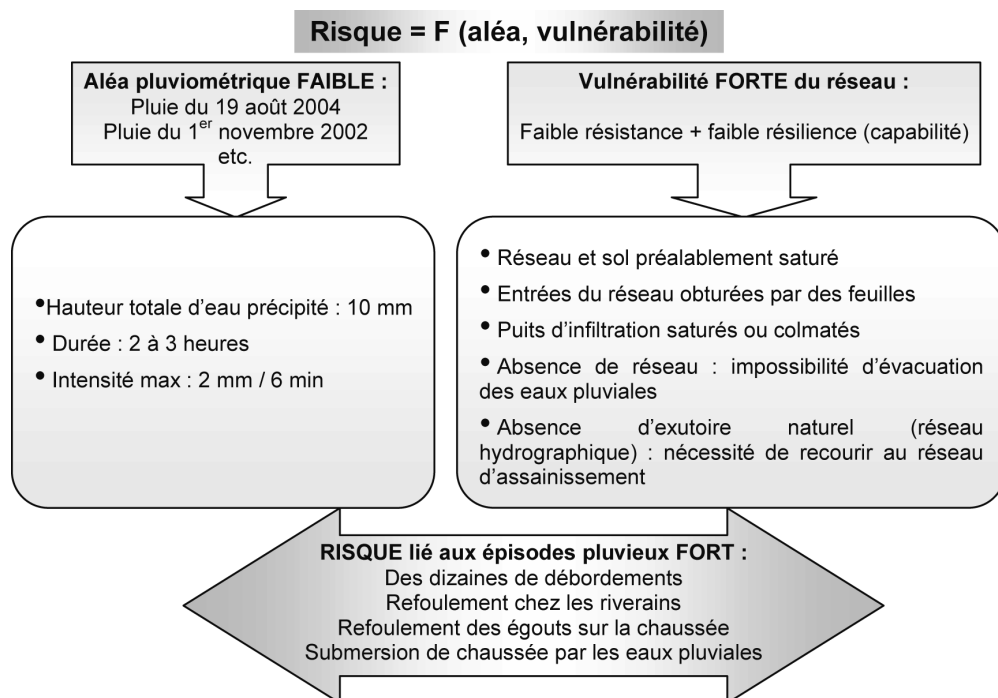


Figure 6 : Étude du risque lié aux pluies « communes » sur le Grand Lyon (période 1988-2005)  
*Hazard analysis of Greater Lyon common rainfalls (1988-2005 period)*

## Évaluation du risque débordement par le biais de la vulnérabilité des composantes du réseau d'assainissement

### QUANTIFICATION ET DISTRIBUTION DES DÉBORDEMENTS EN FONCTION DU TYPE DE RÉSEAU

Le type administratif de réseau d'assainissement du Grand Lyon n'est pas homogène. En effet, le réseau unitaire se concentre dans le centre lyonnais, alors que le réseau séparatif (pluvial et usé) se trouve plutôt en périphérie d'agglomération. Ainsi, à l'aide de la base de données, il apparaît que le réseau unitaire rassemble 62 % des débordements recensés sur la période 1988-2005. Le réseau d'eau pluviale et le réseau d'eau usée rassemblent quant à eux respectivement 6 % et 19 % des débordements, alors que 13 % des inondations restantes observées sont dues à un problème d'absence de réseau. Pourtant, il convient de relativiser la part de chaque type de réseau. En effet, il a précédemment été montré que ces réseaux n'avaient pas la même longueur. Ainsi, en rapportant

le nombre de débordements par la longueur de chaque réseau, nous obtenons approximativement le même ratio de débordements par kilomètre de réseau avec une valeur toutefois plus élevée pour le réseau unitaire. Ce dernier serait victime de 0,36 débordements par kilomètre, alors que les réseaux d'eau usée et d'eau pluviale rassembleraient respectivement 0,24 et 0,22 débordements par kilomètre. Il est légitime de s'étonner quant aux débordements du réseau d'eau usée, qui, en toute théorie, ne devrait pas déborder, ni par temps de pluie, ni par temps sec. Ce biais s'explique par le fait que seul le type « administratif » de réseau est recensé, c'est-à-dire ce qui est supposé se trouver à l'intérieur des canalisations, et non ce qui y coule vraiment. Il peut donc être conclu que le réseau d'eau usée se trouve « parasité » par des eaux pluviales.

Cependant, il convient maintenant d'étudier si ces débordements sont uniformes sur le Grand Lyon ou si certains secteurs sont plus touchés que d'autres. Afin d'analyser cela, des cartes surfaciques de densités ont été créées à l'aide de la même procédure qu'auparavant. Nous obtenons donc des cartes de densités de débordements par type de réseau (unitaire, pluvial ou usé), ou absence de réseau. Une analyse de ces cartes montre que toutes les parties des réseaux sont touchées, avec sans surprise et à la satisfaction du gestionnaire des densités de débordements cependant moindre pour le réseau séparatif. Cette analyse se doit d'être tempérée lorsqu'il s'agit d'inondations recensées en cas d'absence de réseau, et qui atteignent 1,2 débordement par kilomètre carré dans certains secteurs. En effet, il semble que ces débordements dus à une absence de réseau se concentrent principalement (et logiquement) sur la plaine de l'est lyonnais, zone actuelle d'expansion des activités en devenir du Grand Lyon.

Toutefois, ce genre d'analyse par type administratif de réseau a montré ses limites et se doit d'être encore affiné. En effet, un réseau d'assainissement est un assemblage de divers types d'ouvrages : canalisation, puit d'infiltration, bouche d'égout et avaloirs, tampons, caniveaux, etc. Grâce à la base de données, il est possible d'étudier le type d'ouvrage constitutif du réseau à l'origine de débordements.

#### CONSTAT TERRITORIALISÉ DE LA VULNÉRABILITÉ DES OUVRAGES CONSTITUTIFS DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT

Le réseau d'assainissement du Grand Lyon est nécessairement composé de différents ouvrages constitutifs (canalisation, puits d'infiltration, bouche d'égout, etc.). À l'aide de la base de données, il est possible d'établir le type d'ouvrage en cause lors de débordements. Sur la période 1988-2005, 43 % des débordements sont liés à des problèmes mettant en cause les bouches d'égouts et les avaloirs, 27 % sont dus à un problème de canalisation, alors que les puits d'infiltration en regroupe 19 % (fig. 7). À l'aide de cartes de densité de débordements sur le Grand Lyon, nous constatons que les débordements liés aux bouches d'égouts et aux avaloirs se concentrent principalement dans le centre et l'est lyonnais. Même constat en ce qui concerne les canalisations, avec une extension des débordements à l'ouest lyonnais et notamment à la vallée de l'Yzeron. À l'opposé, les débordements liés aux puits d'infiltration se situent presque exclusivement sur la plaine de l'est lyonnais. Ce constat est expliqué par le fait que la quasi-totalité de ces puits se trouvent en effet sur l'est lyonnais, plat et permettant l'infiltration, car l'absence d'exutoire hydrographique nécessite de recourir à ce type de procédé pour l'évacuation des eaux pluviales (Volte *et al.*, 2007). De ce fait, il apparaît qu'à chaque zone territoriale lyonnaise correspond un type particulier de débordements du réseau d'assainissement, et que les ouvrages constitutifs touchés varient en fonction de leur localisation géographique. Néanmoins, il est alors légitime de se demander si les différents types de pluie influencent les débordements de ces types d'ouvrages.

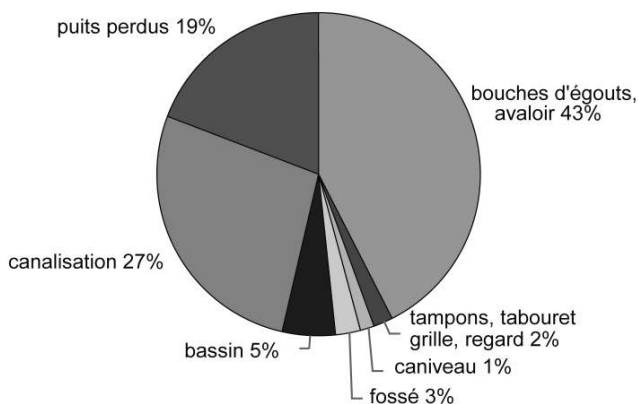


Figure 7 : Origine des débordements en fonction de la nature des ouvrages du réseau administratif du Grand Lyon (période 1988-2005)

*Overflowing origin in function of the kind of Greater Lyon sewer system workmanship (1988-2005 period)*

#### ANALYSE SPATIALE CROISÉE DES DÉBORDEMENTS DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT EN FONCTION DU TYPE D'OUVRAGES ET DE LA CLASSE DE PLUIES CONSIDÉRÉS

Afin de compléter cette étude, il est nécessaire de procéder à une analyse spatiale croisée des ouvrages constitutifs du réseau d'assainissement en fonction du type de pluie. Pour cela, des cartes croisant le type de pluie ayant provoqué des débordements avec le type d'ouvrage mis en cause ont été réalisées. Le type de pluie contenant quatre variables possibles (pluies exceptionnelles en termes d'intensité moyenne en 18 minutes, de hauteur totale moyenne précipitée, de durée, et pluies ordinaires), et la nature d'ouvrage incriminé en totalisant trois (bouche d'égout, canalisation et puit d'infiltration), c'est donc douze cartes qui ont été créées. Sur chaque carte figure les débordements provoqués par un type de pluie et ceux liés à un type d'ouvrages. L'étape finale a consisté à sélectionner les débordements d'ouvrages provoqués par le type de pluie demandée (fig. 8), et à calculer la part relative du type d'ouvrage impliqué dans le débordement en fonction du type de pluie (tableau 1). Il ressort de ces cartes plusieurs conclusions intéressantes pour le gestionnaire du réseau d'assainissement.

Concernant les bouches d'égouts, celles-ci sont affectées globalement par tous les types de pluie (exceptionnelles et ordinaires), mais avec une vulnérabilité accrue de ce type d'ouvrage dans le centre urbain lors de pluies intenses (fig. 8). En effet, 34,5 % des débordements de bouches d'égouts sont provoqués par des pluies intenses (tableau 1).

Les canalisations de l'ouest lyonnais sont affectées par tous les types de pluie, avec dans ce cas aussi une plus forte vulnérabilité dans le centre urbain lors de pluies intenses (38,3 % des débordements de canalisations sont provoqués par des pluies intenses).

Les puits d'infiltration, quant à eux, sont particulièrement affectés lors d'épisodes intenses (33,7 %) ou ordinaires (38,2 %). Pour relativiser, ces puits semblent peu vulnérables lors d'épisodes pluvieux exceptionnels en termes de hauteur totale d'eau précipitée (16,9 %) ou en termes de durée, car seulement 11,9 % des débordements de puits sont provoqués lors de ces pluies. Les puits d'infiltration seraient donc particulièrement vulnérables en cas de pluies très intenses et d'orages très localisés (pluies ordinaires non exceptionnelles), mais seraient efficaces en cas de pluies longues ou très abondantes.

## Conclusion

Les débordements du réseau d'assainissement de la communauté urbaine de Lyon sont directement corrélés aux pluies exceptionnelles lyonnaises, et ne se répartissent pas uniformément toute l'année. En effet, les saisons propices à ces débordements sont surtout l'été et l'automne.

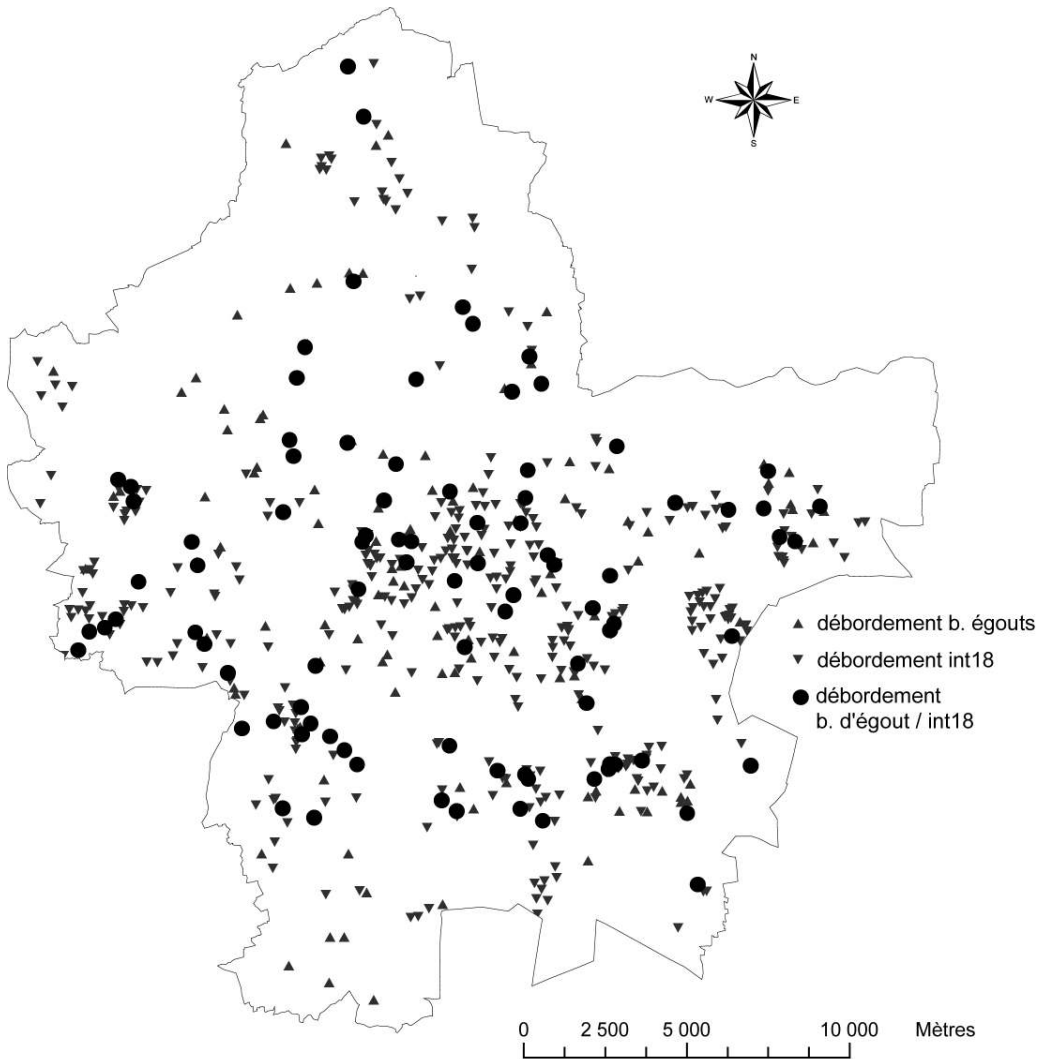


Figure 8 : Débordements de bouches d'égouts provoqués par des pluies exceptionnelles en terme d'intensité moyenne en 18 minutes (période 1988-2005)

Les triangles tournés vers le haut correspondent aux débordements liés aux bouches d'égouts, et les triangles tournés vers le bas correspondent à ceux liés à l'intensité de la pluie. Les points noirs correspondent aux débordements de bouches d'égouts ayant été provoqués par des pluies exceptionnellement intenses (34,5 % des débordements totaux de bouches d'égouts).

*Manhole overflowing caused by exceptional intense rainfall (1988-2005 period)*

*Triangles show manhole overflowing, and reversed triangles show overflowing caused by intense rainfall. Black dots show the manhole overflowing caused by intense rainfall (34,5 % of manhole overflowing total).*

	Intensité 18 mm/h	Hauteur totale	Durée	Ordinaire
Bouches égouts	34,5 %	19,2 %	17,2 %	29,1 %
Canalisation	38,3 %	17,5 %	16,9 %	27,3 %
Puits d'infiltration	33,7 %	16,9 %	11,2 %	38,2 %

Tableau 1 : Débordements de types d'ouvrages du réseau d'assainissement en fonction du type de pluies considérés (%)  
*Flooding of parts of sewer system in function of kind of rainfall (%)*

Ensuite, d'un point de vue strictement quantitatif, il a été montré que les pluies exceptionnelles en terme d'intensité moyenne maximale en 18 minutes sont responsables de 60 % des débordements recensés dans la base de données (alors que l'ensemble des trois autres types d'événements pluvieux n'en représentent que 40 %). D'un point de vue territorialisé, les débordements provoqués par les différents types de pluie ne se répartissent pas uniformément sur l'espace du Grand Lyon et peuvent ainsi être spécifiquement spatialisés en fonction de la nature des épisodes pluvieux les ayant provoqués. Les pluies exceptionnellement intenses affectent surtout le centre urbain lyonnais, la plaine de l'est et la basse vallée de l'Yzeron, alors que les pluies exceptionnellement abondantes et longues touchent surtout l'ouest lyonnais et le bassin-versant de l'Yzeron. Les pluies ordinaires qui ne présentent pas de caractères physiques particuliers provoquent quant à eux des débordements majoritairement sur l'est lyonnais. Il apparaît donc clairement qu'à chaque zone territoriale lyonnaise correspond un type particulier de débordements du réseau d'assainissement provoqué par un type d'aléa propre.

En outre, le réseau et ses différentes composantes (canalisation, puit d'infiltration, et bouche d'égout) n'ont pas la même vulnérabilité en fonction de leur localisation géographique. Les canalisations du réseau de l'ouest lyonnais sont touchées quelque soit le type de pluies, avec une vulnérabilité accrue dans le centre urbain lors de pluies intenses exceptionnelles, au même titre que les bouches d'égouts qui deviennent saturées par le flux d'eau en abondance. Les puits d'infiltration de l'est lyonnais sont très vulnérables lors de pluies exceptionnellement intenses ou lors de pluies intenses très localisées (pluies ordinaires), mais parviennent assez efficacement à infiltrer l'eau des pluies exceptionnellement abondantes ou longues.

Cependant, cette étude a montré en outre qu'avec des niveaux d'aléa relativement faibles, le risque d'inondation pouvait s'avérer élevé si la vulnérabilité du réseau était importante. C'est ainsi le cas lorsque des puits d'infiltration sont colmatés, des entrées d'eau dans le réseau sont bouchées, mais surtout lorsque ce dernier est saturé par une pluie antérieure, de même que le sol. Ainsi, même avec un aléa pluviométrique faible associé à une vulnérabilité du réseau forte, le risque d'inondation et de débordements peut être élevé. Cette relation liant l'aléa à la vulnérabilité peut se matérialiser *via* une courbe d'isorisque (fig. 9) représentant les différents niveaux de risque, ainsi que les types de pluie et les débordements associés (Dauphiné, 2003, Rome, 2006, Dautrebande *et al.*, 2006). Il convient donc de prendre en compte tous ces résultats afin de limiter la vulnérabilité et d'augmenter la résilience du réseau (d'Ercole, 1994), et en anticipant les aléas pluvieux, dans le but de mettre en place une stratégie de gestion efficace afin de lutter contre le risque d'inondation et de débordement du réseau d'assainissement du Grand Lyon.

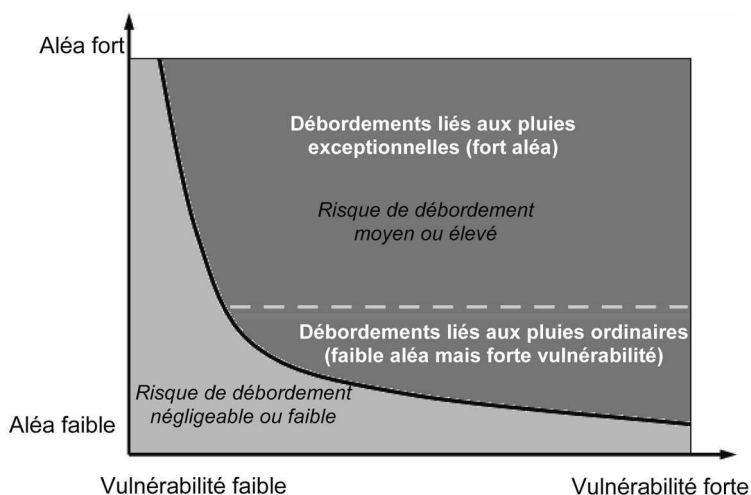


Figure 9 : Schéma de détermination du risque de débordement et courbe d'isorisque associée aux différents types de pluies (adapté de Dauphiné, 2003 ; Rome, 2006)

*Overflowing hazard determination scheme and curve of isohazard linked to different kind of rainfalls (adapted from Dauphiné, 2003; Rome, 2006)*



## Bibliographie

- CERTU, 2003. – *La ville et son assainissement. Principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau*, Édition du Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, Paris, 505 p.
- CHOCAT B., 1997. – « Le rôle possible de l'urbanisation dans l'aggravation du risque inondation : l'exemple de l'Yzeron (Lyon) », *Revue de Géographie de Lyon*, vol. 4, p. 273-280.
- CHOCAT (B.), BARBIN (J.-P.), 2002. – *Mise en place de l'autosurveillance : modélisation générale du réseau d'assainissement du Grand Lyon*. Rapport final interne URGC-HU, INSA de Lyon, 28 p.
- COUVERT (B.), CORTIER (B.), BRAVARD (J.-P.), 2002. – « Perspectives de la dynamique fluviale au XXI<sup>e</sup> siècle : l'exemple du bassin du Rhône », *La Houille Blanche*, vol. 4/5, p. 83-88.
- DAUPHINÉ (A.), 2003. – *Risques et catastrophes – Observer, spatialiser, comprendre, gérer*, Paris, Armand Colin, 288 p.
- DAUTREBANDE (S.), PONTEGNIE (D.), GAILLEZ (S.), BAZIER (G.), 2006. – « Estimation des débits rares de crue pour les cours d'eau de la région wallonne (Belgique) », *La Houille Blanche*, n° 6, p. 87-91.
- D'ERCOLE (R.), 1994. – « La vulnérabilité des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, mode d'analyse », *Revue de Géographie Alpine*, n° 4 spécial « Croissance urbaine et risques naturels dans les montagnes de pays en voie de développement », p 87-96.
- DIRECTION DE L'EAU DU GRAND LYON, 2007. – *Les histoires d'eaux... de Lugdunum au Grand Lyon!*, Document interne direction de l'eau, 8 p.
- DIRECTION DE L'EAU DU GRAND LYON, 2008. – *Risques inondation Grand Lyon. Point d'avancement des actions réalisées par la direction de l'eau du Grand Lyon en décembre 2007*, Document interne Direction de l'Eau, 4 p.
- GRAND LYON, 2008. – [[www.grandlyon.org](http://www.grandlyon.org)].
- MANDIER (P.), 1988. – *Le Relief de la moyenne vallée du Rhône au Tertiaire et au Quaternaire : essai de synthèse paléogéographique*, Orléans, BRGM, 231 p.
- MONGEREAU (N.), 2005. – *Géologie du Grand Lyon*, Edition Grand Lyon, Lyon Communauté Urbaine, 159 p.
- MOTTET (G.), 1997. – *Géographie physique de la France (réédition revue et augmentée de 1993)*, Presse Universitaire de France, Paris, 737 p.
- RENARD (F.), COMBY (J.), 2007. – « Caractérisation de l'aléa pluviométrique en milieu urbain à partir d'interpolations spatiales : le cas du Grand Lyon », *Climatologie*, vol. 4, p. 131-144.
- RENARD (F.), SARR (A.-M.), 2008. – « Quantification spatiale de la pluie en milieu rural sahélien (Ferlo, Sénégal) et en milieu urbain tempéré (Grand Lyon, France) : Évaluation de méthodes d'interpolation spatiale », *Sécheresse, sciences et changements planétaires*, sous presse, 15 p.
- ROME (S.), 2006. – « Aléa cyclonique et vulnérabilité des sociétés. Climat et société : l'apport des géographes-climatologues », *Actes de la Commission Climat et Société*, Nice 2006, p. 71-88.
- SILVERMAN (B. W.), 1986. – *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*, Chapman and Hall, New York, 175 p.
- 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, vol. 1, p. 99-106.

### Remerciements

Tous nos remerciements vont à l'Unité Études Générales et Modélisation de la Direction de l'Eau du Grand Lyon pour la mise à disposition des données et les collaborations scientifiques, particulièrement à Emmanuelle Volte et Jean-Marc Didier. Nous remercions aussi vivement les deux relecteurs anonymes qui ont participé à l'amélioration de ce texte.

Cet article a été reçu le 22 mars 2008 et définitivement accepté le 30 août 2008.