

## **L'évaluation du risque de débordement des systèmes de gestion des eaux urbaines : contributions méthodologiques de deux cas d'études (Lyon et Mulhouse)**

Risk assessment of overflowing sewage systems : methodological contributions of two case studies (Lyon and Mulhouse, France)

Caradot N.<sup>a</sup>, Granger D.<sup>b</sup>, Rostaing C.<sup>c</sup>, Cherqui F.<sup>d</sup>, Chocat B.<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> Université de Lyon, F-69003 Lyon, France,  
INSA Lyon, LGCIE, F-69621 Villeurbanne cedex, France,  
ncaradot@gmail.com

<sup>b</sup> Lyonnaise des Eaux Centre Régional Alsace – Franche Comté,  
F-68312, Illzach, France

<sup>c</sup> Direction de l'Eau du Grand Lyon, F-69003 Lyon, France

<sup>d</sup> Université de Lyon, F-69003 Lyon, France,  
Université Lyon 1, LGCIE, F-69622 Villeurbanne, France,  
INSA Lyon, LGCIE, F-69621 Villeurbanne cedex, France

### **RÉSUMÉ**

Dans le cadre du développement d'une méthodologie d'aide à la décision en matière de gestion durable des eaux urbaines, l'INSA de Lyon et la Lyonnaise des Eaux proposent un cadre d'évaluation de la qualité de service rendu par le système de gestion des eaux urbaines (Granger, 2010). Cette méthodologie vise à fournir une vision globale, à satisfaire les besoins et attentes des acteurs du territoire et à assurer une qualité de service en continu. Une des fonctions étudiées concerne la protection des personnes et des biens vis-à-vis du risque d'inondation.

L'objectif de cette communication est de définir une méthodologie opérationnelle permettant aux gestionnaires d'évaluer le risque de débordement des systèmes d'assainissement à l'échelle des agglomérations. Notre approche ne cherche pas à rendre prévisible le système mais à renseigner les décideurs sur le niveau de risque actuel et sur les actions à mettre en place pour gérer efficacement ce risque. Elle est basée sur une définition globale du risque incluant la vulnérabilité du territoire et la perception des différents acteurs locaux. Après la présentation de l'approche méthodologique retenue, nous illustrons et discutons l'application de cette méthodologie à travers deux cas d'études : les agglomérations de Lyon et Mulhouse.

**MOTS CLES** aide à la décision, gestion des eaux urbaines, qualité de service, risque, vulnérabilité.

### **ABSTRACT**

This sustainable water management presents a worldwide challenge for the 21st century. In this scope, INSA of Lyon and Lyonnaise des Eaux firm are developing together a multi-disciplinary assessment management methodology, which gives the (i) water manager the ability to measure the service provided by the urban water management system; and (ii) stakeholders the ability to choose a strategy that matches their expectation of the service provided (Granger, 2010). In this framework, the present paper proposes to focus on a major function of urban water management: the protection of people and goods against urban floods.

Our methodology helps urban water managers to assess risk of overflowing from urban drainage systems. This approach does not seek to predict overflows of the system. Its aim is to inform decision makers on the current level of risk and on actions needed to reduce the risk. This work is based on a global definition of risk, including territory vulnerability and perception of urban water stakeholders. This paper presents the results and the methodological contributions from the implementation of our methodology on two case studies: the cities of Lyon and Mulhouse.

**KEYWORDS** decision making process, water management, quality of service, hazard, vulnerability.

## 1 CONTEXTE

La fonction des systèmes urbains de gestion des eaux usées et pluviales n'est plus seulement d'assainir la ville. Ils doivent aujourd'hui répondre à des enjeux de plus en plus diversifiés : protection contre les inondations, limitation des rejets, récupération des eaux de pluies, etc. De plus, les techniques mises en œuvre deviennent de plus en plus nombreuses. Aux traditionnels réseaux d'assainissement se superposent les techniques d'infiltration, de rétention ou de collecte des eaux pluviales. Cette multiplication des fonctions et des dispositifs concourt à accroître le nombre d'acteurs et d'organisations impliqués dans la gestion des eaux urbaines (collectivités, gestionnaires, associations, urbanistes, usagers, etc.) (Cherqui *et al.*, 2009). La pluralité des enjeux, des ouvrages et des objectifs pose la question de la coordination des différentes organisations mais aussi de la rationalisation des choix d'aménagement, devenue de plus en plus impérative mais aussi de plus en plus difficile. La recherche et les gestionnaires du cycle urbain de l'eau participent ainsi au développement d'outils nouveaux (Makropoulos *et al.*, 2007 ; Matos *et al.*, 2003 ; Taylor *et al.*, 2006), permettant une meilleure définition des objectifs et une évaluation holistique des fonctions du système d'assainissement.

L'évaluation se situe au cœur du processus d'aide à la décision (Risse *et al.*, 2003). Elle produit l'information nécessaire permettant de définir des stratégies globales, rationnelles et concertées. Dans ce contexte, l'INSA de Lyon, en partenariat avec la Lyonnaise des Eaux, a développé une méthodologie d'aide à la décision en matière de gestion durable des eaux urbaines (Granger, 2009 ; Granger *et al.*, 2009). Cette méthodologie vise à fournir une vision globale, à satisfaire les besoins et attentes des acteurs du territoire et à assurer une qualité de service en continu.

Ce papier s'insère dans la méthodologie d'aide à la décision en tant que contribution au développement de la phase d'évaluation pour une des fonctions du système d'assainissement : la protection contre les débordements du système d'assainissement. Il présente l'évaluation spécifique du risque de débordement et les premiers résultats issus des deux cas d'études : le SIVOM (Syndicat Intercommunal à VOcations Multiples) de l'agglomération Mulhousienne et le Grand Lyon.

## 2 OBJECTIFS

La protection contre les débordements est une fonction traditionnellement évaluée lors de la gestion des systèmes d'assainissement. L'objectif est ici de proposer une démarche méthodologique permettant d'évaluer le niveau de protection des personnes, des structures et des biens vis-à-vis du risque de débordement des systèmes d'assainissement. Notre approche ne cherche pas à rendre prévisible le système mais à renseigner le décideur sur le niveau de risque actuel et sur les actions à mettre en place pour gérer efficacement ce risque. Les finalités opérationnelles sont doubles :

- Tout d'abord, l'évaluation fournit **une image du risque de débordement** au gestionnaire et au décideur. L'objectif est de définir une méthode reproductible et systématique pour déterminer le risque en tout point de l'agglomération. La mesure du risque permet ainsi au gestionnaire de :
  - connaître les zones les plus soumises aux débordements et les plus vulnérables.
  - hiérarchiser l'importance relative du risque entre les territoires.
- L'autre aspect de la méthode consiste à déterminer **les causes des dysfonctionnements** entraînant les débordements pour les zones les plus risquées. Cette étape fournit au gestionnaire l'information nécessaire à la mise en place d'actions visant à améliorer la qualité de service rendu.

L'image du risque de débordement et la connaissance des causes des dysfonctionnements donnent une représentation de la qualité de service rendu par le système d'assainissement et des sources impactant ce service. La réflexion sur l'amélioration de la qualité de service rendu se portera ensuite sur la définition de zones prioritaires et sur les actions à mettre en place pour traiter ces zones. La décision et la mise en place d'actions correctives dépendront également d'autres facteurs comme le coût des actions ou leur rentabilité en terme de service rendu.

## 3 METHODOLOGIE D'EVALUATION DU RISQUE DE DEBORDEMENT DU SYSTEME D'ASSAINISSEMENT

### 3.1 Qu'est que le risque?

Le risque peut être présenté comme le degré de dommages et de nuisances causés par un phénomène (Varnes, 1984). Il est tout d'abord caractérisé par un phénomène susceptible de produire des dommages : l'aléa, auquel on peut rattacher une probabilité d'occurrence et une intensité. Dans le cas de notre étude, l'aléa correspond aux débordements du système d'assainissement. Le risque est

ensuite dépendant du contexte local et du territoire touché : l'importance des enjeux - humains, matériels, environnementaux - présents sur le territoire contribuera à augmenter le risque. Il faut enfin considérer la vulnérabilité de ces enjeux. Autrement dit, leur propension à subir des dommages. Réfléchir sur la notion de risque impose donc la considération de ces trois variables : l'aléa, l'enjeu et la vulnérabilité. Dès lors, la réflexion portera sur l'analyse des différentes composantes du risque (Barroca, 2006, Gilard, 1998, Glade, 2003). Nous retiendrons la définition proposée par Tira (1997), issue du couplage des recherches sur les risques géologiques et d'inondation en Italie (Canuti *et al.*, 1996, Delmonaco, 2000). Cette approche permet la détermination qualitative d'une unique variable de risque R et dissocie clairement les caractéristiques de l'aléa, des enjeux et de la vulnérabilité :

$$R = P \times I \times V \times E \quad [1]$$

R = *Risque*, référant au degré de dommages et de nuisances attendu

P représente la probabilité d'occurrence de l'aléa et (I x V x E) représente les conséquences de l'aléa avec : I = *Intensité* de l'aléa, V = *Vulnérabilité* des enjeux et E = *Enjeux* (Wu *et al.*, 1996).

Les paragraphes suivants précisent la démarche de caractérisation des facteurs P, I, V et E.

### 3.2 Comment caractériser l'aléa ?

Nous distinguons deux types de débordements (Granger, 2009) :

- *Les débordements dus à des pluies dites fortes.* Ils correspondent à une mise en charge du réseau lors de ruissellements urbains intenses et localisés. La capacité du réseau est alors insuffisante pour absorber la quantité d'eau pluviale ruisselée (CERTU, 2003). La connaissance de leurs caractéristiques (intensité, occurrence) peut s'effectuer au travers d'une démarche prédictive de modélisation hydraulique.
- *Les débordements dus à des dysfonctionnements de réseau.* Ils sont dus à un mauvais fonctionnement du réseau en raison d'une obstruction, d'un bouchage, d'une panne mécanique, etc. La pluie tombée ne devrait normalement pas conduire à un débordement. La modélisation de ce type d'aléa est moins bien maîtrisée, notamment à cause de la variabilité et de la multiplicité des facteurs causant le débordement. La connaissance des caractéristiques de ces débordements s'effectue en étudiant les bases de données des débordements, disponibles auprès des services du gestionnaire, des pompiers, de la police, etc.

L'intensité (I) de l'aléa dépend de nombreux facteurs. La littérature scientifique s'accorde cependant sur le fait que la grandeur caractéristique à considérer est la hauteur d'eau (Degiorgis, 2006). D'autres variables comme la durée de l'événement, la vitesse de l'eau, la quantité de matière transportée, la présence de matières toxiques peuvent également avoir un impact significatif sur le risque. En plus du fait qu'elles sont fortement difficiles à caractériser ou à estimer, ces variables sont considérées comme fortement corrélées avec la hauteur d'eau (Messner, 2006) et donc ignorées dans l'analyse. Quelques auteurs proposent cependant des méthodologies intégrant ces facteurs en tant que variables secondaires dans la détermination du risque (Penning-Roswell *et al.*, 2005).

En considérant la hauteur d'eau comme l'unique paramètre déterminant pour la définition de l'intensité de l'aléa, chaque débordement peut se voir attribuer une note d'intensité I en fonction de la profondeur de l'inondation. Les rencontres avec les experts ont mis en évidence le fait que le risque n'évolue pas proportionnellement pour plusieurs valeurs d'intensité. Nous avons ainsi choisi de ne pas retenir précisément la hauteur d'eau pour la note d'intensité mais plutôt certaines valeurs seuils, qui permettent de décrire qualitativement l'intensité de l'aléa. Suite à la consultation des experts, trois hauteurs d'eau seuils ont été définies : inférieure à 5cm, de 5 à 30cm et supérieure à 30cm (Granger, 2009). Une note d'intensité peut ainsi être attribuée aux débordements sur la base des informations contenues dans les bases de données (champ spécial sur la hauteur d'eau ou commentaires) :

**Tableau 1.** Détermination des notes d'intensité en fonction de la hauteur d'eau (Granger, 2009)

Hauteur d'eau	Note d'intensité
Sup. 30cm	10
5 – 30cm	5
Inf. 5cm	1

### 3.3 Comment caractériser les enjeux ?

Le terme d'enjeux désigne tout ce que l'on trouve dans les zones touchées par les débordements. La notion d'enjeux correspond à celle de dommage potentiel. On s'intéresse ainsi à ce qui peut toucher l'économie locale ou nationale mais également à ce qui peut porter préjudice à l'environnement

naturel, même si celui-ci est souvent considéré comme adapté à l'inondabilité du territoire. Le terme d'enjeux désigne encore les personnes vivant, transitant ou travaillant dans la zone touchées par les débordements. L'étude des enjeux consiste à les recenser, les décrire et les hiérarchiser. Les travaux de Renard (2009) sur la vulnérabilité des enjeux du Grand Lyon montrent la grande importance des enjeux humains (77%) vis-à-vis des enjeux environnementaux (18%) et matériels (5%). La caractérisation des enjeux peut ainsi se concentrer sur la détermination de l'exposition des personnes en cas de débordements du système d'assainissement. Cette approche oriente notre définition du risque vers « la détermination du degré de dommages et de nuisances aux personnes ».

La présence de personnes lors de l'apparition de l'aléa dépend de plusieurs facteurs : le lieu (voie publique, centre commercial, résidence...), la vitesse d'arrivée de l'aléa, la présence d'alertes... De nombreux auteurs (Barroca *et al.*, 2006, Blaikie *et al.*, 1994, Renard, 2009) soulignent également que les caractéristiques des personnes et des groupes (âge, condition social, santé...) influent sur leur capacité à anticiper et résister aux impacts d'un aléa. Devant l'absence de données, la difficulté de classification des conséquences des impacts des aléas de débordements et la difficulté politique de distinguer des classes de personnes, nous avons choisi de ne pas différencier les réponses des différentes catégories de personnes. Par conséquent les enjeux ont été évalués en fonction :

- de la densité de population à l'échelle de l'IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique, brique de base INSEE) ou de l'îlot pour les débordements ayant lieu dans le domaine public
- du nombre de personnes par foyer pour les débordements ayant lieu dans le domaine privé.

### 3.4 Comment caractériser la vulnérabilité ?

Selon Thouret et D'Ercole (1996), la vulnérabilité peut être vue comme la propension - d'une personne, d'un bien, d'un territoire - à subir des dommages en cas d'inondation. Elle est toujours définie par rapport à un enjeu et permet une hiérarchisation des enjeux suivant la gravité des dommages qu'ils sont susceptibles de subir. En cela elle intervient directement dans la détermination et la prévention du risque. De nombreux auteurs se sont penchés sur la notion de vulnérabilité (Barroca *et al.*, 2006 ; Colombo *et al.*, 2002 ; Degiorgis, 2006 ; Messner *et al.*, 2006 ; Penning-Roswell *et al.*, 2004 ; Renard, 2009). Elle peut être décrite en analysant la sensibilité intrinsèque des enjeux (matériels, environnementaux et humains) mais aussi la préparation, la gestion et l'adaptation de la collectivité aux situations de crise. La vulnérabilité intervient directement dans l'estimation des conséquences et de la gravité des impacts d'un aléa. Nous avons ainsi rencontré différents acteurs (Granger, 2009) pour construire une hiérarchisation locale de la vulnérabilité du territoire :

**Tableau 2.** Notes de vulnérabilité en fonction de l'occupation des sols

Activités de surface	Note de vulnérabilité
Bâtiments de santé	11
Bâtiments publics administratifs	11
Habitations	11
Zones piétonnes	10
Zones commerciales	10
Zones industrielles	10
Autoroutes	6
Routes nationales	5
Routes secondaires	5
Garages	5
Caves	5
Parkings	1
Vides sanitaires	0,5
Chemins piétons et assimilés	0,5
Parcs	0,5

Chaque type d'occupation des sols se voit attribuer une note de vulnérabilité relative en fonction de la gravité des dommages que causerait un débordement d'intensité donnée. Ce type de démarche a déjà été développé spécifiquement pour les risques géologiques (Wong *et al.*, 1997). La hiérarchisation des vulnérabilités (notes de vulnérabilité pour chaque type d'occupation des sols) a été effectuée suivant la méthode du « jeu de carte » (Pomerol et Barba-Romero, 1993) : chaque carte correspond à un type d'occupation des sols et l'évaluateur les positionne suivant leur vulnérabilité relative. Cette méthode a été appliquée avec succès en assainissement (Moura, 2008).

Cette approche de la vulnérabilité correspond à notre définition du risque orienté vers les dommages

et nuisances causés aux personnes. Elle permet une évaluation de la sensibilité moyenne d'un territoire vis à vis des débordements du système d'assainissement. Elle évalue d'une part les dommages et nuisances causés aux personnes présentes et d'autre part les dommages causés aux matériels ou aux biens. Elle prend également implicitement en compte les aspects économiques et sociaux de la vulnérabilité cités plus haut (préparation, réponse et adaptation à la crise).

### 3.5 Comment connaître le risque associé à un débordement ?

Pour chaque débordement identifié (modélisation ou base de données), les notes de probabilité (P), d'intensité (I), de vulnérabilité (V) et d'enjeux (E) sont déterminées. Le produit PIVE est ensuite calculé pour estimer le risque. Afin de visualiser les zones de risque, l'évaluateur doit ensuite représenter la densité de risque à l'échelle de l'agglomération en agrégeant les valeurs de risque dans des maillages administratifs (communes, IRIS), géométriques (carrés, losanges) ou mathématiques (fonction de densité Kernel).

### 3.6 Comment déterminer les causes des dysfonctionnements ?

Une fois le risque mesuré et représenté, le gestionnaire dispose d'une « image » de la qualité de service rendu. Pour pouvoir améliorer cette qualité de service, le gestionnaire doit également connaître les sources d'impacts qui produisent le risque et connaître quantitativement les contributions de ces sources. Des rencontres avec les experts locaux, des campagnes de mesures et les documents d'expertises du territoire peuvent permettre la détermination de relations de causalités nommées « effet-cause » (Granger *et al.*, 2009). Ces relations créent le lien entre le risque de débordement dans les zones à forte densité de risque, les facteurs limitants et les sources de facteurs limitants. Elles indiquent des tendances et ne prétendent pas modéliser précisément la réalité. La construction de ces arbres de causalité semble toutefois être la meilleure solution pour connaître les causes des dysfonctionnements et donc les actions à mettre en place (Granger, 2009). D'autre part, les tableaux de causalité permettent de visualiser explicitement les facteurs limitants. Ils sont donc de très bons vecteurs de communication qui permettent d'asseoir les prises de décision.

## 4 APPLICATION DE LA METHODOLOGIE D'EVALUATION DU RISQUE DE DEBORDEMENT SUR DEUX CAS D'ETUDES

La méthodologie d'évaluation du risque de débordement a été appliquée sur les territoires des communautés urbaines de Lyon et Mulhouse. L'étude présentée est spécifique aux débordements dus à des dysfonctionnements du réseau et non à des pluies fortes, selon la classification de l'aléa présentée en 3.2. La démarche de caractérisation de l'aléa est ainsi basée sur l'observation des bases de données « débordement » des gestionnaires.

### 4.1 Expérimentation sur le territoire du Grand Lyon

La communauté urbaine de Lyon regroupe 57 communes et s'étend sur 515 km<sup>2</sup>. La population de l'agglomération s'élève à 1 300 000 habitants. Le réseau d'assainissement est long de 2700 km et conduit les eaux usées vers 8 stations d'épurations. Dans un but d'optimisation de la gestion du système d'assainissement, une base de données recensant tous les débordements a été créée (Renard, 2008, Volte *et al.*, 2007). A chaque débordement constaté par les équipes de terrain de la Direction de l'Eau, une fiche standard comprenant les détails de la nuisance est complétée puis compilée dans cette base. 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 mis en cause (bouche d'égout, canalisation, puit d'infiltration, etc.), ainsi que la nature et la cause de l'inondation, et peut être suivie d'un commentaire de l'agent. Ces informations sont également géoréférencées au sein de la base de données SIG du Grand Lyon permettant une visualisation cartographique des points de débordements.

L'étude des données archivées et géoréférencées de 2000 à 2009 nous informe sur **la localisation et l'occurrence** des points de débordements dus à des dysfonctionnements du réseau (étude des causes). Chaque point se voit ensuite attribuer **une note de vulnérabilité** en fonction de l'occupation des sols au point du débordement, suivant la méthode présentée en 3.4. Les informations disponibles ne nous ont pas permis de caractériser l'intensité des débordements (pas de précision sur les hauteurs d'eau) ni d'intégrer les enjeux à notre détermination du risque (étude en cours). Nous considérons donc dans un premier temps que l'intensité des débordements et le nombre de personnes affectées par les nuisances sont sensiblement les mêmes pour tous les points de

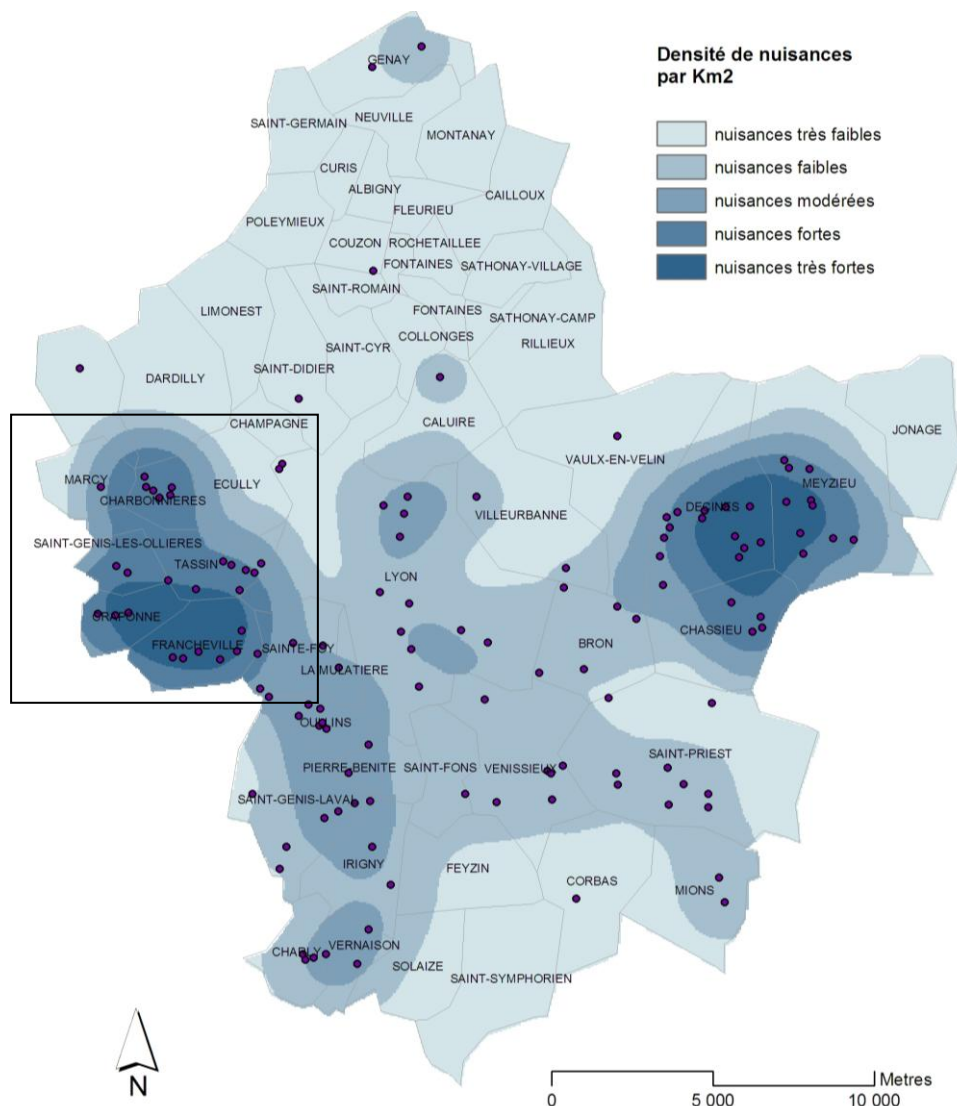
débordements. La multiplication de l'occurrence de chaque débordement et de la note de vulnérabilité du lieu nous donne **une note de risque**, liée à chaque point de débordement (selon [1]) :

$$R = P \times V \quad [2]$$

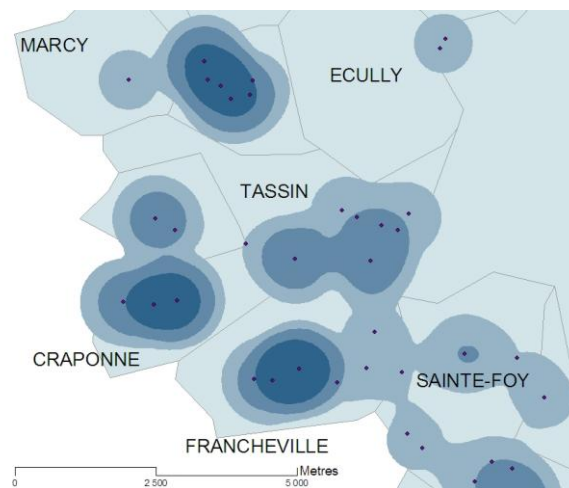
Les réflexions engagées avec les différents services de la Direction de l'Eau du Grand Lyon ont ensuite permis de définir des modes de représentations des nuisances, adaptés aux attentes des services stratégiques et opérationnels. La représentation des positions, des occurrences et des vulnérabilités sur SIG a permis le calcul en tout point de l'agglomération des densités de nuisance à deux échelles :

- *Une échelle stratégique (rayon de densité de 5 km).* Cette représentation permet une vision stratégique des points noirs et hiérarchise l'importance des nuisances. La figure 1 met en évidence deux zones majeures à forte densité de risque à l'échelle du Grand Lyon : les communes de l'Ouest Lyonnais (Francheville, Craponne, Tassin) et les communes de l'est (Décines, Meyzieu, Chassieu).
- *Une échelle opérationnelle (rayon de densité de 1 km).* Cette autre représentation met en évidence la disparité des zones de risque. Au sein d'une zone à forte densité de risque, plusieurs sous-zones sont à traiter en tant que points noirs. La figure 2 propose un zoom sur la zone à forte densité de risque de l'Ouest Lyonnais. Elle met en évidence plus finement les zones à traiter en tant que points noirs.

La suite du travail d'évaluation déterminera les causes des débordements pour les zones les plus soumises aux nuisances. Les insuffisances de la base de données ne nous permettent pas aujourd'hui de conclure sur les causes majeures de ces dysfonctionnements.



**Figure 1.** Visualisation stratégique de la densité de risque à l'échelle du Grand Lyon



**Figure 2.** Visualisation fine de la densité de nuisances, zoom sur l'Ouest Lyonnais (cadre de la figure 1)

## 4.2 Expérimentation sur le SIVOM de l'agglomération mulhousienne

Le territoire du SIVOM de l'agglomération mulhousienne géré par la Lyonnaise des Eaux regroupe 16 communes et s'étend sur plus de 160 km<sup>2</sup>. La population de l'agglomération s'élève à 1 300 000 habitants. Le réseau d'assainissement est long de 800 km et conduit les eaux usées vers la station d'épuration de Sausheim.

Depuis 1993, le gestionnaire du système d'assainissement a mis en place un recensement des débordements du système d'assainissement. A chaque débordement constaté par les agents de terrain et/ou les riverains (plaintes) une fiche standard comprenant les détails de la nuisance est complétée puis compilée dans la base de données. Elle recense le nom de la personne qui a constaté le débordement, la date du débordement, le responsable de l'intervention, la localisation précise, la nature du réseau. A cette liste se rajoute la gravité du débordement (nature de la zone touchée, la hauteur d'eau, la durée du débordement, etc.), et la cause de l'inondation. Le temps de réaction des services entre le constat et l'intervention, le début et la fin de l'intervention et le type d'intervention réalisée sont également renseignés. Ces informations sont suivies dans tous les cas d'un commentaire de l'agent. De 400 à 600 interventions sont enregistrées chaque année. Pour plus de 95% d'entre elles, la cause du dysfonctionnement est connue.

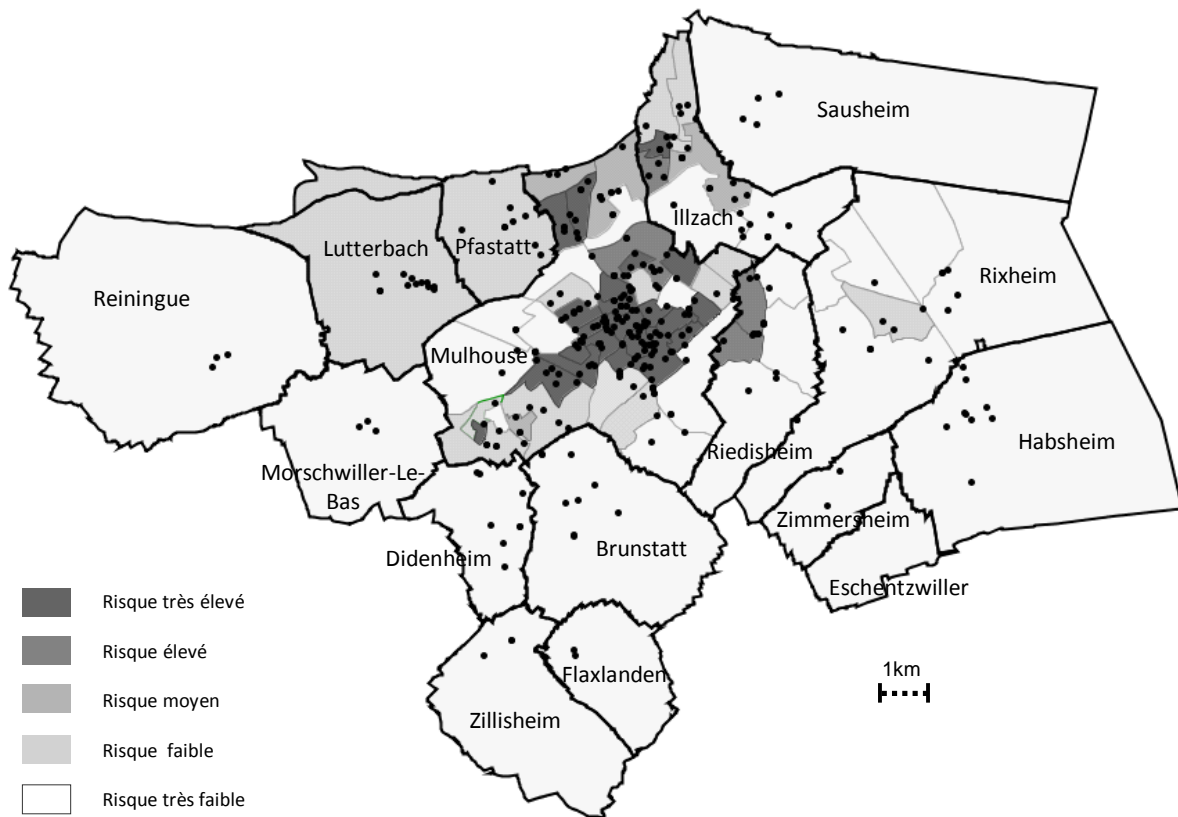
L'étude des données archivées et géolocalisées sur SIG depuis 2006 nous informe sur **la localisation et l'occurrence** des points de débordements. Chaque point se voit ensuite attribuer **les notes d'intensité, de vulnérabilité et d'enjeux**, suivant les méthodes présentées en 3.1. Le produit PIVE nous donne une note de risque, associée à chaque point de débordement (selon [1]) :

$$R = P \times I \times V \times E$$

Les notes de risque ont ensuite été agrégées à l'échelle de l'IRIS pour déterminer la densité de risque (figure 3). L'échelle a été réalisée à partir des résultats obtenus et à dire d'experts. Elle n'a aujourd'hui pas été vérifiée sur d'autres territoires. La carte montre un risque très élevé principalement sur le centre mulhousien : 60% des interventions sont concentrées sur 8% du territoire. Sur ce secteur, nous avons recherché les sources de ces débordements en étudiant la base de données du gestionnaire et en rencontrant différents experts locaux. Cette étude (Granger, 2009) montre que le risque est dû principalement à trois sources qui représentent 91% des impacts :

- Le bouchage naturel (feuilles mortes, terre) : 37% des interventions.
- Les comportements préjudiciables des professionnels du bâtiment : 27% des interventions.
- Les comportements préjudiciables des particuliers : 27% des interventions.

A cette étape de la méthodologie, le gestionnaire peut décider les zones à traiter en priorité et surtout sur quelles sources d'impacts il doit agir. Suite à cette étude, certaines actions ont été mises en place pour agir directement sur les causes des débordements. Un rapprochement entre les services de voirie et d'assainissement a été entrepris pour gérer collectivement le nettoyage de la voie publique et des installations d'assainissement. La diffusion d'informations sur les règles de bonnes conduites auprès des professionnels du bâtiment (action à l'étude) et la mise en place de contrôle par ITV avec huissier de justice avant et après chantier (action en cours) sont également des actions qui pourront à court terme améliorer la qualité de service rendu par le système d'assainissement en centre ville.



**Figure 3.** Visualisation de la densité de risque pour chaque IRIS de l'agglomération Mulhousienne

## 5 DISCUSSION

### 5.1 Amélioration des bases de données

Il est intéressant de noter que la méthodologie a su s'adapter à deux villes de superficies et de populations différentes. Les données des deux cas d'études diffèrent également : par leur forme, leur qualité et leur quantité. Les méthodes employées ont ainsi été adaptées aux informations disponibles afin de déterminer le mieux possible le risque à l'échelle de l'agglomération.

Dans le cas de Lyon, les données sont recensées au sein de deux outils : les bases de données et le SIG (ArcGIS). Les diagnostics du fonctionnement du système d'assainissement (Grand Lyon, 2007) soulignent toutefois que les données ne sont pas parfaitement exhaustives et que certains champs ne sont pas systématiquement renseignés par les équipes de terrain.

Dans le cas de Mulhouse, les données sont recensées dans la base de données puis incrémentées sur le SIG (APIC). La base de données est particulièrement exhaustive et bien renseignée. Cependant les géoréférences des deux outils ne sont pas identiques et compliquent le transfert de données d'une base à l'autre.

Dans les deux cas, les résultats de l'évaluation doivent être affinés par une amélioration quantitative et qualitative des données. L'analyse des bases de données et de leur gestion préconise certaines améliorations :

- Une **redéfinition des champs** à renseigner par les équipes de terrain permettrait de qualifier plus précisément les variables du risque et orienterait clairement les bases de données vers l'évaluation du risque de débordement.
- La **clarification auprès des différents services des objectifs** des bases de données renforcerait l'appropriation de la méthodologie par les services techniques et le décideur et améliorerait le recueil des informations de terrain.
- La **mise en place d'un géoréférencement identique** entre les différents outils (archives et SIG) éviterait la perte d'informations. L'implémentation systématique de toutes les informations de terrain au sein des outils cartographiques SIG faciliterait grandement la gestion des données et leur utilisation.

## 5.2 Amélioration de la méthodologie

En plus de l'amélioration quantitative et qualitative des données, les méthodes de calcul des variables P, I, V et E doivent être affinées. La hiérarchisation des différentes vulnérabilités doit être poursuivie en rencontrant d'autres experts et en intégrant les points de vue des décideurs locaux. Pour les enjeux, les informations de bases de données d'autres services urbains et institutions doivent être intégrées à la méthodologie : nombre de personnes par logement, fréquentation des voiries, des espaces publics, des hôpitaux, des écoles, des centres commerciaux, des parcs urbains, etc. L'amélioration des méthodes de caractérisation de l'aléa, de la vulnérabilité et des enjeux permettra de décrire plus précisément la réalité du risque.

Notre approche opérationnelle vise à fournir au décideur une information simple et compréhensible par tous, sous la forme d'un indicateur unique : le risque de débordement. Le poids de chacune des variables PIVE est donc déterminant dans la représentation du risque. Chaque note doit avoir une échelle réaliste vis-à-vis des autres notes pour donner un indicateur final représentatif du risque réel. Chaque cas d'étude devra ainsi déterminer en concertation la contribution relative de chacune des variables. La comparaison des résultats de l'évaluation avec d'une part la réalité du terrain, et d'autre part la perception du risque des différents acteurs, permettra d'adapter l'échelle de chacun des facteurs du risque.

L'agrégation des facteurs PIVE du risque soulève aussi la question de la compensation des variables et donc du sens de l'indicateur final de risque. Une note de risque peut être la combinaison d'intensités, de vulnérabilités et d'enjeux extrêmement différents. Par exemple, un risque fort peut être produit par de nombreux débordements sur la voie publique ou par un seul débordement chez un particulier. Notre démarche opérationnelle accepte par hypothèse ce principe même si la suite des recherches devra étudier ses limites.

Enfin, la suite de l'étude devra prendre en compte également les autres types d'inondations (débordements dus à des pluies dites fortes). Ce travail n'est pas basé sur l'observation mais sur la modélisation prédictive des phénomènes. Il requiert un calage précis des outils de modélisation hydraulique pour déterminer les caractéristiques de l'aléa en cas de fortes pluies. Les autres variables du risque seront déterminées de la même façon que pour les débordements dus à des dysfonctionnements du réseau.

## 6 CONCLUSION

La méthodologie d'évaluation du risque de débordement aura permis la mise en évidence des zones à forte densité de risque sur les deux cas d'étude. Les résultats renseignent ainsi les décideurs sur les zones les plus soumises aux nuisances et permettront dans un second temps la mise en place d'actions correctives pour améliorer la qualité de service rendu (actions déjà en cours à Mulhouse et à l'étude à Lyon).

Cette évaluation complète la connaissance du gestionnaire et des décideurs pour une des fonctions du système d'assainissement. Elle s'insère dans le cadre d'une évaluation holistique de la qualité de service rendu par le système d'assainissement. Avant de mettre en place des actions correctives, les gestionnaires devront ainsi considérer les résultats de l'évaluation d'autres fonctions du système : protection du milieu aquatique, protection de la santé, protection des usages, gestion des coûts, etc.

Le projet OMEGA (Outil Méthodologique d'aide à la Gestion intégrée d'un système d'Assainissement) financé par l'appel d'offre « Villes Durables 2009 » de l'Agence Nationale de la Recherche, consolidera la méthodologie d'aide à la décision globale et approfondira les démarches d'évaluation de la qualité de service rendu pour toutes les fonctions du système de gestion des eaux urbaines (Cherqui *et al.*, 2009).

## REMERCIEMENTS

Nous remercions chaleureusement la Direction de l'Eau du Grand Lyon ainsi que le centre régional Alsace – Franche Comté de la société Lyonnaise des Eaux, exploitants des réseaux d'assainissement pour les agglomérations de Lyon et de Mulhouse. Merci également à Florent Renard du laboratoire 'Climatologie Risques Environnement' de l'université Lyon 3, pour sa collaboration scientifique.

## BIBLIOGRAPHIE

Barroca B., Bernardara P., Mouchel J.M., Hubert G., 2006, *Indicators for identification of urban flooding vulnerability*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 553-561.

- Blaikie P., Cannon T., Davis I., Wisner B., 2004, *At Risk : Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*, New York, Routledge, Second Edition, 2004, 464 p.
- Canuti, P., Casagli N., 1996, *Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana*, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Pubbl. n. 846, Firenze.
- Cherqui F., Chocat B., Granger D., Le Gauffre P., Nafi A., Toussaint J-Y. Vareilles S., Wery C., 2009, *Projet OMEGA*, ANR 2009, appel à projet Villes Durables.
- CERTU Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 2003, *La ville et son assainissement*, (CD-ROM) Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, Lyon.
- Colombo A., Hervas J., Arellano A., 2002, *Guidelines on flash flood prevention and mitigation*, European Commission, Joint Research Center.
- Daywater disponible sur [http://daywater.h2o.net/indicators\\_php\\_fr/def\\_window\\_fr.html](http://daywater.h2o.net/indicators_php_fr/def_window_fr.html)
- Delmonaco G., 2000, *Considerazioni metodologiche sulla valutazione del rischio idrogeologico*, In: Mare e cambiamenti globali, Aspetti scientifici e gestione del territorio, Ed. ICRAM, pp. 207-216.
- Degiorgis M., 2006, *Studio della vulnerabilità a differente scala spaziale di evento per fenomeni di inondazione con scopi assicurativi*, Thèse de l'università di Genova.
- Gilard O., 1998, *Les bases techniques de la méthode Inondabilité*, 207 p, Cemagref-Edition.
- Glade T., 2003, *Vulnerability assessment in landslide risk analysis*, Die Erde, 134, p 121-138.
- Grand Lyon, 2007, *Diagnostic du fonctionnement global du système d'assainissement de la communauté urbaine de Lyon*, série de rapports internes réalisés par SAFEGE.
- Granger D., 2009, *Méthodologie d'aide à la gestion durable des eaux urbaines*, thèse de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (INSA), septembre 2009.
- Granger D., Caradot N., Cherqui F., Chocat B., 2009, *Gestion durable des eaux urbaines et qualité de service. Présentation d'un modèle adaptatif d'évaluation locale*, TSM, juillet août 2009.
- Granger D., Caradot N., Cherqui F., Chocat B., 2010, *Comment manager durablement un système de gestion des eaux urbaines ?*, acte conférence NOVATECH 2010.
- Ledoux B., 2005, *La gestion du risque inondation*, Tec et Doc, 2005, 770 p.
- Matos R., Ashley R., Cardoso A., Duarte P. Molinari A., Schulz A., 2003, *Performance Indicators For Wastewater Service*, IWA Publishing, 01 Octobre 2003.
- Makropoulos C.K., Natsis K., Liu S., Mittas K., Butler D., 2007, *Decision support for sustainable option selection in integrated urban water management*, Environmental modelling and software, 13 p.
- Messner F., Meyer V., 2005, *Flood damage, vulnerability and risk perception – Challenges for flood damage research*, UFZ Discussion Paper, 24 p.
- Moura P., 2008, *Méthode d'évaluation des performances des systèmes d'infiltration des eaux de ruissellement en milieu urbain*, Thèse de l'Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, 22 septembre.
- Penning-Rowsell E., Floyd P., Ramsbottom D., Surendran S., 2005, *Estimating injury and loss of life in floods: a deterministic framework*, Natural Hazard, vol. 36, no 1-2, pp. 43-64, 22 p.
- Pomerol J., Barba-Romero S., 2000, *Multicriterion Decision Making in Management*, Series in Operation Research, Kluwer Academic, Dordrecht.
- Renard F., Chapon P., 2009, *Evaluation de la vulnérabilité urbaine pour une approche globale du risque : utilisation d'une méthode d'aide à la décision et application à l'agglomération lyonnaise*. L'Espace géographique, n°4.
- Renard F., Volte E., 2009, *Etude des débordements de temps de pluie du système d'assainissement du Grand Lyon*, TSM juillet août 2009.
- Risse N., Crowley M., Vincke P. et Waaub J.P., 2002, *L'évaluation environnementale stratégique : un processus d'aide à la décision ?*, 7ème Colloque international des spécialistes francophones en évaluation d'impacts, Palais des Congrès, Liège (Belgique), juin 2002.
- Taylor A.C., Fletcher T., Peljo L., 2006, *Triple-bottom-line assessment of stormwater quality projects: advances in practicality, flexibility and rigour*, Urban Water Journal, Vol. 3, No. 2., pp. 79-90.
- Tira M., *Pianificare la città sicura*, Edizioni Librerie Dedalo, Roma, 1997.
- Thouret J.C., D'Ercole R., 1996, *Vulnérabilité aux risques naturels en milieu urbain : effets, facteurs et réponses sociales*, Cahiers des Sciences humaines, n°32, p. 407-422 cité par Ledoux (2005).
- Varnes D., 1984, *Landslide hazard zonation : a review of principles and practice*, Unesco.
- 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.
- Wong H.N., Ho K.K.S., Chan Y.C., 1997, *Assessment of consequences of landslide*, cité par Glade (2003).
- Wu T.H., Tang W.H., Einstein H.H., 1996, *Landslide hazard and risk assessment*, In : Turner and Schuster : Landslide investigation and mitigation, cité par Glade (2003).