

LES INONDATIONS EN RÉGION LIÉGEOISE : ÉTUDE BASÉE SUR LES INTERVENTIONS DES SERVICES D'INCENDIE ET LES ARCHIVES DU DÉMERGEMENT

Jean VAN CAMPENHOUT, Eric HALLOT et François PETIT

Résumé

De tout temps, l'agglomération liégeoise a été soumise aux inondations liées au débordement de la Meuse avant que des travaux d'aménagement et d'endiguement aient été entrepris. Cependant, les orages estivaux accompagnés de précipitations intenses induisent un dépassement de la capacité d'évacuation des réseaux d'égouttage existants. L'étude détaillée de la répartition des interventions effectuées par les services d'incendie et le relevé des archives de pompage des stations de démergence mises en place après la crue de 1926 ont permis de situer les points critiques dans l'agglomération. En réaction rapide aux précipitations intenses, des sites tels que le boulevard d'Avroy, le plateau de Neupré, la vallée du Geer et le flanc du versant de Cheratte sont régulièrement inondés. L'analyse précise quand c'est possible l'origine des débordements et des ruissellements et détermine la fréquence des inondations qui y ont lieu. Les sites les plus touchés, comme le confirment les récentes inondations de l'été 2006, se concentrent essentiellement dans le centre-ville. Le réseau d'égouttage n'est plus à même d'évacuer des quantités d'eau amenées par ces précipitations exceptionnelles.

Mots-clés

Inondations, Liège, démergement, égouttage, stations de pompage, flash-floods

Abstract

At all times, the city of Liège was subjected to the floods related to the overflow of the Meuse, before the damming was done. However, the estival storms with intense precipitations induce the overshooting of draining network's capacity. The main sources of data were the detailed study of the distribution of firemen's interventions and a collection of files coming from the pumping stations created after the dramatic flood of 1926. This allows to locate the critical locations in the area. In fast reaction to intense precipitations, some sites are regularly flooded : the boulevard of Avroy, the plateau of Neupré, the Geer's valley and the slope of Cheratte. The analysis specifies when possible the origin of these overflows and it determines the frequency of the floods which take place there. The most flooded locations, as the recent floods of the summer 2006 confirm it, concentrate on the downtown area. The draining network is not able anymore to evacuate water brought by these exceptional precipitations.

Keywords

Floods, Liège, demergement, draining network, pumping stations, flash-floods

INTRODUCTION

Déjà en 858, une source historique originale signale une inondation à Liège. Survenue au mois de mai, elle était probablement liée au débordement de la Légia suite à un orage (communication personnelle de P. Alexandre). Au fil des siècles, les sources de ce type nous indiquent que la cité a souvent été confrontée à ce problème. Les inondations exceptionnelles dont l'histoire a gardé la trace se sont produites le 7 juin 1117 (suite à un orage), en janvier 1374 (après d'intenses précipitations), fin janvier 1408 (lors de la fonte des glaces) ainsi qu'en 1643, 1740 et 1880 (Alexandre, 1987 et Suttor, 1989). Mais c'est surtout depuis la crue

débordante de la Meuse durant l'hiver 1925-26 que la population liégeoise a pris conscience de l'impact destructeur des inondations sur le développement de cette région densément peuplée. Plus récemment, de nombreux événements de moindre ampleur ont été relatés dans la presse suite aux orages et aux précipitations importantes qui se sont produits au cours des quinze dernières années. Nous pouvions suspecter l'effet de l'artificialisation et l'urbanisation des nombreux sous-bassins concernés. La disponibilité de données issues des services d'incendie de l'Intercommunale de Liège et Environs et l'analyse des archives du réseau de démergement ont initié l'étude approfondie des inondations en zone urbaine.

I. LE RELEVÉ DES INONDATIONS PAR LES SERVICES D'INCENDIE

A. Le régime pluviométrique entre 1990 et 2003

La caractérisation des précipitations peut être effectuée grâce aux courbes IDF (intensité – durée – fréquence). Celles-ci permettent de définir la récurrence des épisodes pluvieux. Les courbes décennales différenciant les périodes estivales et hivernales à Bierset existaient préalablement dans la littérature (figure 1). La courbe décennale moyenne a été recalculée sur base des données du pluviographe de Bierset entre 1990 et 2003. Ceci s'opère par un classement décroissant de l'intensité des précipitations en fonction de la durée des averses enregistrées durant la période de référence. La courbe de Ruthy, présentée à titre de comparaison, représente l'ajustement des points correspondant aux intensités de précipitations maximales relevées en Belgique entre 1889 et 1960.

L'analyse des précipitations journalières mesurées aux stations de Bierset, Scry-Strée, Thimister et Liège-Monsin montre qu'il existe de fortes variations de hauteur de précipitations selon les stations étudiées. Les effets de site et la variabilité spatiale des précipitations orageuses peuvent engendrer, dans des sous-bassins de surface très restreinte, la précipitation d'importantes quantités d'eau lorsque le front orageux s'immobilise

plusieurs minutes ou si l'étendue nuageuse qui en est à l'origine est de grande ampleur (Erpicum, 1977). Les images radar disponibles pour les événements récents ont été utilisées de manière à évaluer la progression du front de précipitations. Ces images suppléent au manque de pluviographes requis pour une étude hydrologique urbaine à haute résolution (Einfalt *et al.*, 2004).

B. L'acquisition des données

Lors de chaque intervention sur le terrain, les pompiers de l'IILE (Intercommunale d'Incendie de Liège et Environs) génèrent un rapport d'intervention. Les 3 176 rapports concernant des inondations relevées entre le 01/01/1993 et le 03/06/2004 ont été encodés. Notons que les rapports postérieurs au 15/04/1999 étaient déjà disponibles sous forme numérique dans la base de données ABIFIRE. Pour chaque intervention, nous disposions de la date et de l'heure d'appel du riverain concerné, de l'adresse d'intervention, de la nature du sinistre et des éventuels dégâts constatés sur place. Dans la majorité des cas, un rapport succinct de la situation et de la durée de l'intervention étaient disponibles. Les inondations d'origine anthropique telles que les ruptures de canalisation n'ont pas été encodées ; les 45 interventions de ce type relevées dans la partie déjà numérisée des rapports d'intervention n'ont pas été prises en compte dans l'analyse.

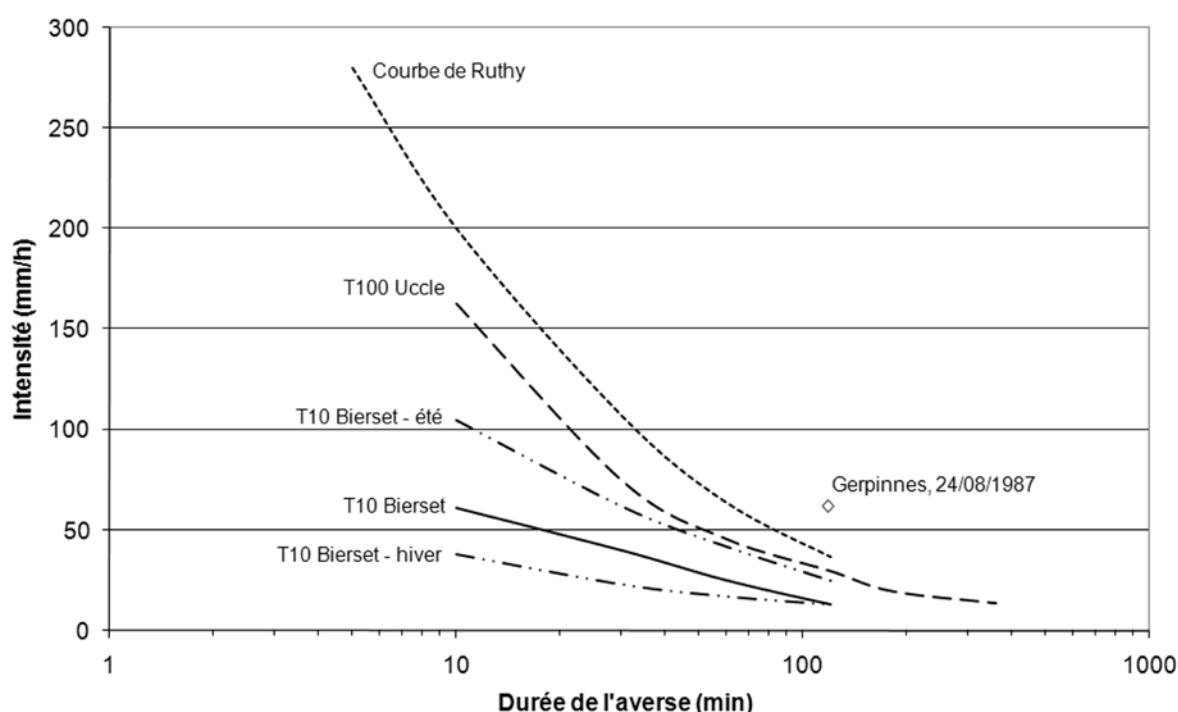


Figure 1. Courbes IDF des stations d'Uccle et de Bierset ; adapté de Lejeune, 2001 ; averses exceptionnelles relevées en Belgique : Laurant A. 1974. Abaque et monogramme permettant de trouver l'intensité ou la récurrence des fortes précipitations en Haute-Belgique, CEBEDEAU, Vol. XXVII - Ruthy A. 1963. Prédétermination des débits de crue des ruisseaux. La tribune du CEBEDEAU, Vol. XVI, 230, pp. 13-24. Courbe IDF pour la pluie centennale à Uccle, pour la pluie décennale à Bierset (avec différenciation été - hiver). Insertion de la courbe décennale moyenne à Bierset pour la période étudiée (1990 - 2003)

La figure 2 représente, pour l'ensemble de la période d'étude, la fréquence des appels émis par la population en vue d'une intervention pour cause d'inondation. Les pics les plus marquants peuvent être classés en deux catégories selon les conditions météorologiques qui en sont à l'origine : les longues périodes de pluie en saison hivernale, provoquant le débordement de nombreux cours d'eau (275 interventions entre le 21 et le 23 décembre 1993) et les orages estivaux à l'origine d'inondations liées au dépassement local de la capacité du réseau d'égouttage (253 interventions le 5 juillet 1999 ; 303 interventions les 2 et 3 juillet 2000). Les événements moins intenses que ceux-ci se concentrent essentiellement en fin d'été ou au début de l'automne, à la suite de précipitations orageuses moins intenses qu'en plein été.

La conversion des adresses des lieux d'intervention en coordonnées géographiques a été réalisée en 2004 sur base des données disponibles à cette date. Or, les bases de données d'adresses géolocalisées telles que le PICC (Projet Informatique de Cartographie Continue) n'existaient pas encore à l'époque de cette analyse préalable. Une méthode intermédiaire, utilisant les informations de type « atlas routier » disponibles a, dès lors, été privilégiée. La précision était la meilleure pour les communes de Liège, Seraing et Saint-Nicolas (positionnement des habitations à 20 m près en moyenne). Les interventions ayant eu lieu dans les autres communes avaient été localisées avec une précision comprise

entre 20 et 100 m en fonction de la longueur des rues. La seconde étape d'analyse, effectuée en août 2006, a permis d'améliorer le géoréférencement des adresses en question et d'évaluer l'erreur introduite par l'utilisation de données d'une précision limitée en 2004. Ceci a été possible par la mise à disposition du public des données du PICC sur le portail cartographique de la Région Wallonne.

La figure 3 localise l'ensemble des sites d'intervention pour la période étudiée. L'extension de la plaine alluviale de la Meuse et de ses affluents ainsi que le réseau hydrographique y sont représentés. Outre la localisation préférentielle des inondations selon le contexte géographique et hydrologique local, la densité de population induit, dans le centre de Liège et dans les communes les plus urbanisées, une surreprésentation des interventions sollicitées.

C. L'analyse statistique des interventions et de leur type

La base de données complète compte 3 176 interventions enregistrées en 2 483 localisations distinctes (même rue et même numéro). Les rapports succincts établis lors de chaque intervention ont permis d'établir une classification des types d'intervention. Il convient néanmoins de rester critique face à ces résultats car les rapports succincts n'ont pas été écrits à l'origine en vue de les utiliser dans une étude scientifique. Le tableau 1 reprend chacun des types d'intervention.

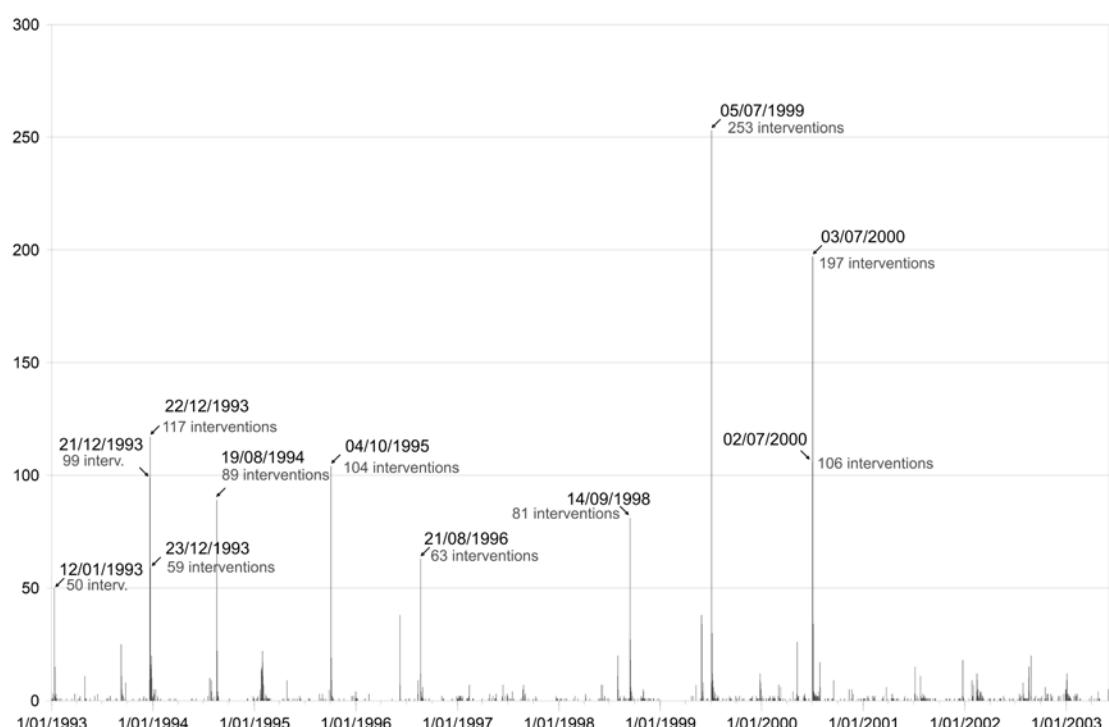


Figure 2. Fréquence journalière des interventions liées aux inondations (période 1993 - 2004)



Figure 3. Délimitation de la zone d'étude gérée par l'IILE – interventions enregistrées entre le 01/01/1993 et le 03/06/2004 – localisation des sites étudiés

Tableau 1. Proportion relative des différents types d'interventions

Intitulé	Nombre d'interventions	Proportion relative
Pompage de cave, cause inconnue	975	30,7 %
Pompage de cave, fortes pluies	663	20,9 %
Pas intervenus ou rien à signaler	514	16,2 %
Aucune information	389	12,2 %
Inondation	286	9,0 %
Pompage de cave, infiltrations	152	4,8 %
Pompage de cave, égouts bouchés	80	2,5 %
Pompage de cages d'ascenseur	58	1,8 %
Causes anthropiques	45	1,4 %
Dégel du sous-sol	7	0,2 %
Conduites de charbonnage	3	0,1 %
Débordement de bassin d'orage	2	0,1 %
Débordement d'un puits	1	0,0 %
Source d'eau	1	0,0 %

La mise en relation de chacun de ces types d'inondation et de l'altitude à laquelle ces phénomènes se sont produits permet de mettre en évidence plusieurs configurations intéressantes. On remarque tout d'abord que de nombreuses interventions ont eu lieu en dehors de la plaine alluviale de la Meuse. Celles-ci sont dès lors à attribuer aux débordements de cours d'eau de catégorie inférieure partiellement souterrains en zone urbanisée ou à des problèmes d'égouttage à l'échelle d'un quartier ou d'une rue. Ces inondations ont été considérées comme des *flash-floods* (augmentation rapide du débit d'une rivière ou d'un cours d'eau, provoquant un événement bref et ponctuel ; Goudie, 2004). Ils se situent sur les plateaux, à proche distance du réseau hydrographique et notamment le long de l'ancien tracé de la Légia, aujourd'hui canalisée.

D. La répartition spatiale des inondations : approche globale et étude de cas

La zone d'étude couverte par les services de l'IILE s'étend d'Ivoz-Ramet en amont à Petit-Lanaye en aval à l'exception du territoire de la commune de Flémalle qui dispose de sa propre caserne de pompiers. De la même façon, les communes de Dalhem et de Blégny sont gérées par les infrastructures d'incendie de Herve. Les interventions recensées couvrent donc partiellement les régions géographiques suivantes : la Hesbaye sèche au nord-ouest, le plateau du Condroz ardennais au sud-ouest (et la limite extrême du Condroz) ainsi que le Pays de Herve *s.l.* à l'est. La localisation des interventions sur carte met en évidence plusieurs sites où les inondations sont récurrentes. Parmi ceux-ci, les cas les plus intéressants ont été sélectionnés et analysés dans le détail. Leur localisation est précisée à la figure 3.

Awans – le plateau hesbignon

Le site d'Awans, malgré sa position de plateau à une altitude comprise entre 120 et 160 m en Hesbaye sèche, montre une concentration d'interventions. La grande perméabilité du substratum crayeux ne semble pas réduire les risques d'inondations. Par contre, les interventions se localisent dans la zone la plus urbanisée du village, à proximité du ruisseau semi-permanent de Grand Roua (ou rigole d'Awans). Nous avons conclu que ce site était sujet à des ruissellements de surface de type « *flash-floods* » suite aux intenses précipitations orageuses caractéristiques des mois de juillet, août et septembre. Le développement de l'habitat à proximité des vallons secs la plupart du temps augmente le risque de dommages pour la population.

Fexhe-Slins

Dans le village de Fexhe-Slins, à l'ouest de l'autoroute E313, plusieurs interventions sont localisées parallèlement à la rue principale du village. Aucun cours d'eau, même intermittent n'étant présent dans la zone, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle ces interventions

sont liées à un dépassement de la capacité du réseau d'égouttage et/ou des nombreux bassins d'orages présents dans cette zone afin de drainer les grandes surfaces autoroutières imperméabilisées. En l'absence de données horaires à la station de Bierset pour l'épisode du 4 au 10/07/1999, nous ne pouvons valider avec certitude cette hypothèse.

La vallée du Geer

Durant la période d'étude, entre 1994 et 2003, peu d'interventions y ont été enregistrées, alors que dans le passé, plusieurs épisodes de *flash-floods* avaient occasionné de nombreux dégâts. Le 26/08/1971, de fortes pluies résultant d'un orage violent ont provoqué un torrent de boue de 40 à 50 cm de hauteur qui envahit une centaine d'habitations (Lejeune, 2001). Le réseau de drainage secondaire correspond à des vallons secs ou intermittents, où les inondations peuvent se produire suite à d'intenses précipitations. Du fait de la répartition de la population essentiellement dans la plaine alluviale du Geer et dans la partie inférieure des vallons secs, les interventions enregistrées le sont exclusivement dans cette partie du bassin versant. Il va de soi que seules les zones habitées peuvent être concernées par un appel en vue d'une intervention. Au point de vue pédologique, les interventions sont exclusivement localisées sur des sols limoneux à drainage défavorable ; les sols à drainage bon ou excellent d'après la carte pédologique ne sont pas concernés. Cela conforte l'hypothèse selon laquelle les inondations exceptionnelles peuvent être simulées en tenant compte de l'indice de drainage des sols tel qu'il est détaillé sur la carte pédologique.

Le village de Cheratte

Le cas de Cheratte est à distinguer des autres sites étudiés. En effet, la présence de l'ancien charbonnage de Hasard a occasionné dans le village des dégâts liés à des coups d'eau provenant d'anciennes galeries de mines non remblayées et mises sous pression par l'accumulation des eaux de pluie transitant via la nappe phréatique ou dans les couches superficielles et remaniées des terrains qui furent exploités par les concessions minières. Les débordements dus à la Meuse y sont inexistant, tout comme dans le centre-ville de Liège et jusqu'en amont de Seraing, grâce aux murs anti-crue et aux installations de démergement mis en place suite aux précédentes crues débordantes.

La côte de Ans – lien entre la plaine alluviale et le plateau de Hesbaye

Au niveau de Liège, le lien entre le plateau de Hesbaye et la plaine alluviale de la Meuse est matérialisé par l'intermédiaire de la côte de Ans (rue de Hesbaye), à forte déclivité, et longeant sur tout son tracé l'ancien cours de la Légia, cours d'eau aujourd'hui canalisé et souterrain depuis sa source en bordure du plateau hesbignon, à Ans. Il n'est à ciel ouvert que sur le site de la place Nicolay depuis mars 2006 (<http://fr.wikipedia.org>).

org/wiki/Légia). La dénivellation du thalweg est de 80 m sur une distance de 4 km au sein de ce vallon. Ce site est densément urbanisé. Un nouveau complexe immobilier a d'ailleurs été construit sur les derniers terrains en friche situés le long de cet axe. Les interventions qui y ont été recensées ne présentent pas de localisation préférentielle par rapport à la lithologie. Ces inondations recensées sont surtout concentrées dans la partie inférieure du versant, à l'emplacement de l'ancien exutoire de la Légia tel qu'on peut le repérer sur les cartes anciennes (Carte de Cabinet des Pays-Bas autrichiens, levée sous la direction du Comte de Ferraris, 1775 ; échelle originale 1/11.520 ; réédition du Crédit Communal au 1/25.000, feuille 191, 1965). La fréquence et la localisation des interventions indiquent une sous-capacité des réseaux d'égouttage. Les phénomènes pluvieux les plus significatifs ont été enregistrés du 19 au 20/08/1994, du 30/05 au 01/06/1995 et du 21 au 23/08/1996. Ceci correspond logiquement aux orages estivaux potentiellement violents. Les périodes de pluie continue mais moins intense n'entraînent pas d'inondations urbaines.

Le quartier de Haut-Pré à Seraing

Le quartier du Haut-Pré à Seraing présente dans sa partie aval une concentration d'interventions. Il se situe à environ 80 m d'altitude, et fait partie des sous-bassins dont les eaux sont récoltées par le réseau de démergence et d'infiltration liées à l'affaissement que les sols ont subi depuis la fin de l'exploitation du charbon et le non-remblayage des galeries souterraines. Les interventions enregistrées datent pour la plupart des 2 et 3 juillet 2000. La comparaison de la localisation de ces inondations et du contexte géotechnique du quartier du Haut-Pré nous a montré que les interventions prenaient place dans la zone où le substratum est composé de limons fluviatiles. On peut dès lors en conclure que les dégâts sont dus à une percolation de l'eau à travers ces limons et dans les caves des habitations, malgré l'installation de pompes chargées de démerger le sous-bassin concerné. Les rapports d'intervention confirment l'existence d'infiltrations sous le niveau de la voirie.

La crête de Neupré

Les quartiers résidentiels de Neupré occupent une position de plateau, à 250 m d'altitude, sur un substratum relativement imperméable constitué de schistes, de grès et de poudingue du Dévonien inférieur. Cette imperméabilité se confirme par l'étude de la carte pédologique du site. Elle mentionne des sols limoneux à drainage peu favorable, voire défavorable par endroits. Ces sols engorgés sont liés à la présence de nappes perchées, elles-mêmes engendrées par la présence de fragipans (horizon naturel très peu perméable à l'eau, à faible teneur en matière organique et présentant des marbrures claires de forme polygonale). Ces fragipans, mis en place en climat périglaciaire, réduisent considé-

rablement la capacité d'absorption des eaux de pluie. Les interventions se localisent précisément dans ces zones à drainage défavorable. L'hypothèse d'un déficit d'évacuation des eaux de pluie tend à être validée pour ce site, d'autant que la relative planéité des quartiers résidentiels contribue à l'accumulation des précipitations à la surface du sol.

Les environs de l'aéroport de Bierset

Le site de l'aéroport Bierset a des caractéristiques identiques au site d'Awans, également situé sur le plateau de Hesbaye sèche. Cependant, l'imperméabilisation du sol liée à l'activité aéroportuaire est régulièrement mise en cause par les riverains comme source d'inondations à répétition. En effet, dans un périmètre d'un kilomètre autour de l'aéroport, 41 interventions ont été enregistrées entre 1993 et 2004. L'imperméabilisation de vastes zones, plus de 200 hectares pour l'aéroport, avant l'allongement récent de la piste et l'aménagement de nouveaux bâtiments annexes (470 hectares supplémentaires), induit une augmentation de la dynamique des sous-bassins, une élévation du pic de crue et un raccourcissement de la durée de la phase d'écoulement (Cosandey & Robinson, 2000).

Le centre-ville de Liège

Les interventions dans le centre-ville montrent plusieurs concentrations d'interventions. L'axe du boulevard d'Avroy et son prolongement par le boulevard de la Sauvenière sont surreprésentés, d'une part, suite aux nombreuses inondations de caves enregistrées et d'autre part, suite à la présence d'immeubles à ascenseur qui nécessitent parfois l'intervention des motopompes en cas d'orage. Les cages d'ascenseur ne disposent pas toujours d'un réseau d'évacuation des eaux de pluie car elles sont souvent situées sous le niveau de l'égouttage urbain. Certains immeubles ont connu jusqu'à 12 interventions en 11 ans. Par ailleurs, Macar et Pissart (1964) nous renseignent à propos de la structure des remblais mis en place lors de la déviation de la Meuse. Son tracé suivait auparavant l'axe Avroy – Sauvenière. Comblé en 1838 par des sédiments et des gravats de nature inconnue mais dont la porosité serait supérieure à celle du cailloutis en place, l'ancien bras de la Meuse favoriserait les infiltrations dans les caves des immeubles situés de part et d'autre de l'axe routier.

L'axe de la rue Hors-Château et de la rue Saint-Léonard, à flanc de coteaux, sont également soumis à de nombreuses inondations de caves. Nos hypothèses tendent à montrer que la nappe phréatique, dans ce sous-bassin non-démergé, affleure au niveau des caves suite aux fortes pluies et provoque de nombreuses infiltrations. Dans la rue Vivegnis, ce sont d'anciennes conduites d'exhaure qui provoquent des inondations.

Malgré la présence de murs anti-crue le long de la traversée de la Meuse, le centre-ville de Liège est confronté, le long de certains quais, à des infiltrations d'eau et à des refoulements via les canalisations connectées au fleuve.

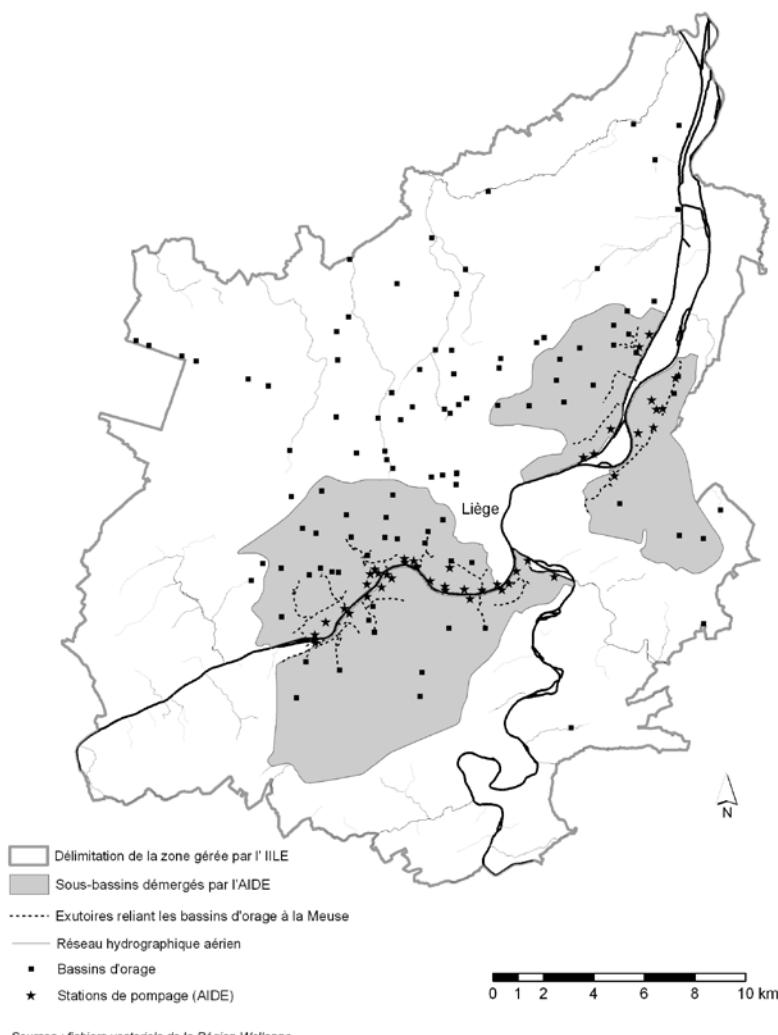


Figure 4. Délimitation des sous-bassins hydrographiques démergés par l'installation de l'AIDE en région liégeoise

II. L'APPORT COMPLÉMENTAIRE DES ARCHIVES DU RÉSEAU DE DÉMERGEMENT

Comme cela a déjà été brièvement abordé, le réseau de démergement a été mis en place en 1928, peu après l'inondation catastrophique de la Meuse durant l'hiver 1925-26. Suite à l'exploitation des veines de charbon, le sol a subi des affaissements parfois importants (5,25 m entre 1877 et 1977 dans la rue de Marnix à Seraing selon l'AIDE). La subsidence s'est accentuée après la fin de l'exploitation minière suite à l'absence de remblaiement des galeries d'extraction (AIDE, 2004). La menace d'inondation s'est accrue au fil du temps car les concessions ne s'étendaient pas sous le lit de la Meuse, ce qui l'a préservé de l'affaissement. Le centre de l'agglomération liégeoise n'a pas non plus connu d'exploitation souterraine. À l'origine, d'épaisses couches de gravier, liées au site de confluence avec l'Ourthe, empêchaient l'exploitation (Lecouturier, 1930). Lorsque les techniques d'excavation se sont améliorées, la ville

était déjà trop développée pour que l'on puisse extraire le charbon du sous-sol.

Le centre-ville et les terrains affaissés ont été protégés des crues de la Meuse par la construction de digues et par l'installation de plusieurs réseaux de drainage (figure 4). D'une part, les parties sommitales des sous-bassins hydrographiques démergés sont reliés directement et par gravité au lit mineur de la Meuse, via des conduites étanches, qui permettent l'évacuation des eaux de pluie sur les plateaux, quel que soit le niveau d'eau du fleuve. D'autre part, un réseau dit *supérieur* collecte dans la plaine alluviale les eaux de pluie et les eaux usées de la population et des industries ; un réseau dit *inférieur* récolte, quant à lui, les eaux d'infiltration à hauteur des caves des habitations. Ces eaux sont pompées en quasi-permanence de manière à être rejetées dans la Meuse. Un système de canalisations à col de cygne empêche tout refoulement des eaux du fleuve pour éviter l'inondation de la plaine. Ce sont ces pompes et leurs caractéristiques de fonctionnement (durée

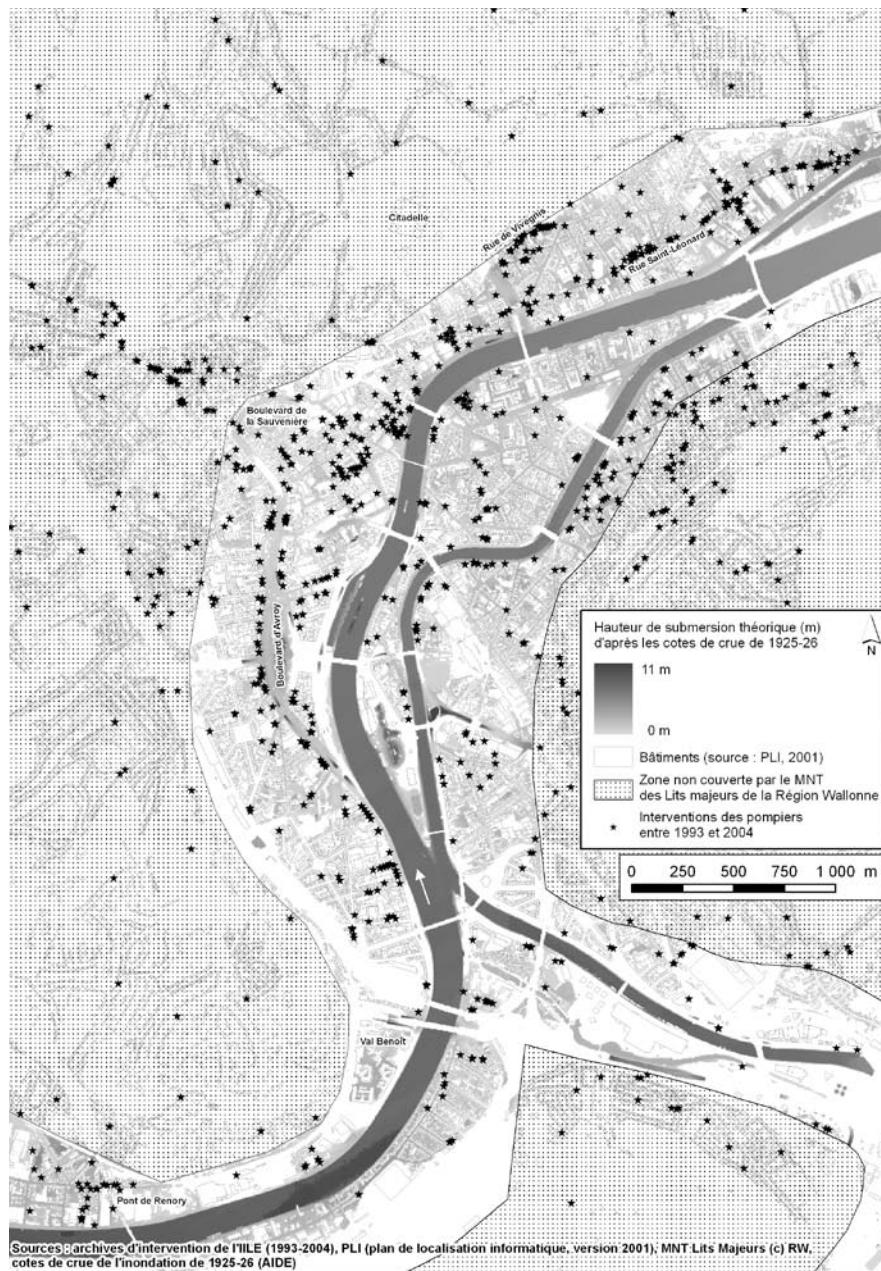


Figure 5. Hauteur de submersion théorique d'après les cotes de crue de 1925-26 et localisation des interventions liées à des inondations récentes (entre janvier 1993 et juin 2004)

de fonctionnement, heure de déclenchement, débits et volumes pompés) qui ont été analysées pour les événements qui ont causé le plus grand nombre d'interventions des pompiers de l'IILE.

A. La simulation de la crue de 1925-26

À titre expérimental, une reconstitution de la zone inondée sur base de l'axe hydraulique de la crue du 1^{er} janvier 1926 a été réalisée entre Huy et Visé (Schieters, 1994). Trente points de contrôle ont été repérés le long du tracé de la Meuse, et le plan d'eau passant par ces points a été reconstitué. L'altitude de la plaine alluviale, donnée par un levé laser à haute résolution, a ensuite été soustraite de l'altitude du plan d'eau simulé. Nous

disposons alors d'une estimation de la hauteur de submersion en 1926. Sans simulation dynamique du plan d'eau et sans tenir compte des variations topographiques liées aux affaissements depuis 1926, nous sommes conscients que le résultat n'est pas exempt d'imperfections. Cependant, l'extension de la zone inondée au centre-ville correspond relativement bien au relevé topographique publié à l'époque (Lecouturier, 1930). L'objectif était de comparer cette hauteur de submersion théorique avec la localisation des interventions enregistrées dans la période 1993 à 2004, sachant que la Meuse n'a pas débordé durant ce laps de temps. Cette méthode renseigne les points bas relatifs dans la topographie de la plaine alluviale. Or, ce sont ces mêmes points qui sont les plus susceptibles d'être inondés lors

des inondations urbaines liées au ruissellement, indépendantes de la Meuse. L'utilisation d'un plan d'eau reconstitué sur base de repères de crue réels permet de soustraire, d'une manière simple, la pente générale de la plaine alluviale.

La comparaison des hauteurs de submersion théoriques et de la localisation des interventions nous a fourni des résultats intéressants.

La figure 5 délimite, entre Sclessin et le quartier Saint-Léonard, les hauteurs de submersion théorique, la localisation des interventions des pompiers entre 1993 et 2004 ainsi que l'emprise spatiale du MNT à haute résolution qui a été utilisé lors de la simulation.

- Quelques zones ont connu des inondations, sans qu'il y ait eu débordement de la Meuse, en amont de l'extension de la figure 5 (rues J. Wauters, F. Logen et rue du Bassin à Jemeppe-sur-Meuse). La hauteur de submersion théorique y est importante.
- Au niveau du centre-ville de Seraing, les installations de démergence limitent le nombre d'interventions enregistrées qui ne se rencontrent qu'en position de bas de versant, le long de cours d'eau de 3^e catégorie, en bordure de la plaine alluviale (Bonnechere, 1984). En aval de Seraing, le quartier situé à proximité du pont de Renory comporte de nombreuses interventions qui correspondent à des points bas relatifs, mis en évidence par la simulation de crue.
- Les sites sensibles aux inondations urbaines se concentrent dans le centre-ville, essentiellement le long de l'axe du Boulevard d'Avroy – Boulevard de la Sauvenière avec une prolongation vers la rue de Vivegnis et la rue Saint-Léonard en direction de Herstal. Compte tenu de la densité de population, il est logique d'observer un nombre accru d'interventions. Cependant, ce nombre est significativement supérieur à celui attendu

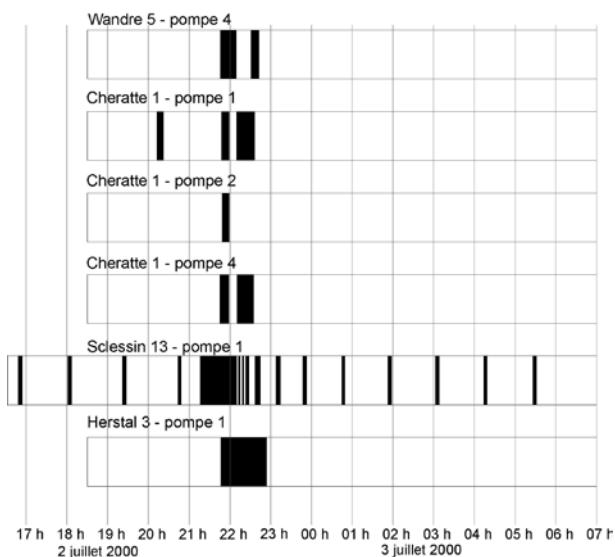


Figure 6. Diagramme d'activité des pompes les 2 et 3 juillet 2000 (trame noire : fonctionnement de l'installation de pompage)

du fait de la seule densité de population. Deux sites retiennent l'attention le long de cet axe où la densité des interventions est la plus importante :

- dans la partie sud du Boulevard d'Avroy, face au parc du même nom ; cette zone a d'ailleurs connu récemment des inondations urbaines liées au dépassement de la capacité du réseau d'égouttage au cours de l'été 2006. Les 18 et 19 juin 2006, la place Saint-Lambert et les galeries commerçantes ont été inondées par 20 à 25 cm d'eau suite au manque d'absorption des égouts ; 600 interventions ont été enregistrées par le service d'incendie de Liège. Le 7 août 2006, un foyer orageux s'est développé en soirée sur la région liégeoise et les précipitations qui en ont résulté ont provoqué à nouveau l'inondation en surface du boulevard d'Avroy ; 60 demandes d'intervention ont été faites à l'IILE à cette occasion ;
- au pied du versant de la Citadelle, la rue de Vivegnis montre une concentration importante d'interventions, attribuées à des accumulations d'eau de pluie en voirie et s'infiltrant dans les caves ; la présence de conduites d'exhaure accroît également le risque d'inondations.

B. Le dépouillement des archives des stations de pompage de l'AIDE

Une approche originale a été utilisée pour obtenir de plus amples informations concernant les inondations en région urbaine. Elle consiste en un dépouillement des archives des stations de pompage du réseau de démergence mis en place dans l'agglomération liégeoise. Les archives n'étaient disponibles auprès de l'AIDE (Association Intercommunale pour le Démergement et l'Epuration des communes de la Province de Liège) que pour les événements les plus importants. Ceux qui ont été étudiés sont les suivants : le 19 août 1994, le 11 juillet 1995, du 3 au 5 octobre 1995, le 24 août 1997, du 4 au 5 juillet 1999 et le 2 juillet 2000.

Les données disponibles se présentent sous forme de graphiques enregistrés sur du papier gradué dont le défilement est synchronisé par une horloge. La durée de fonctionnement y est consignée. L'opération de numérisation des listings graphiques fut nécessaire pour permettre l'analyse contiguë de plusieurs stations de pompage.

Notons ici certaines limites d'utilisation de ces archives, pour la plupart constituées par des enregistrements mécaniques sur papier. Des problèmes techniques ont parfois rendu inutilisables les relevés : dysfonctionnement du stylet encreur, désynchronisation de l'horloge, manque ou surplus d'encre sur le papier, mauvaise calibration de l'échelle dans le cas de valeurs quantitatives enregistrées, ...

Une fois la numérisation des documents effectuée, il a été possible de comparer pour chaque événement le moment et la durée de déclenchement de chacune des pompes nécessaires à évacuer en Meuse les eaux de pluie et d'infiltration du réseau de drainage. La figure

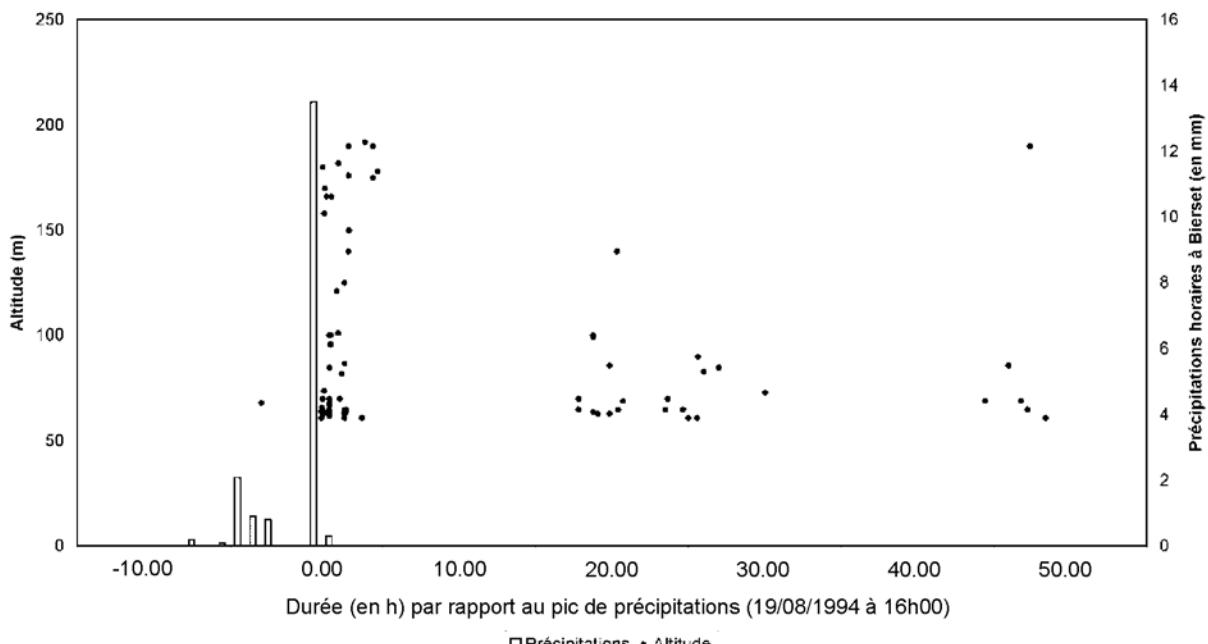


Figure 7. Altitude des interventions en fonction du temps et des précipitations ; 0.00 correspond au 19 août 1994 à 16h00

6 représente l'activité des pompes à Wandre, Cheratte, Herstal et Sclessin durant l'orage des 2 et 3 juillet 2000. On peut y constater le déclenchement des pompes différé dans le temps sur chacun des sites, en fonction de la progression du front pluvieux et de la dynamique des sous-bassins hydrographiques correspondants. Notons que ces mises en marche sont gérées automatiquement selon le niveau d'eau atteint dans les réservoirs temporaires situés sous chacune des pompes. En amont, les pompes du site de Sclessin ont été les premières à s'activer. Ensuite, les stations de Wandre, Cheratte et Herstal, situées en aval, ont poursuivi les opérations de pompage.

III. LA CHRONOLOGIE DES APPELS ET DES POMPAGES

La base de données des interventions comporte pour chacune d'elles la date et l'heure de l'appel émis. Une cartographie chronospatiale a été entreprise afin de mettre en évidence une éventuelle propagation de la ligne de crue. L'événement orageux du 19 août 1994 est détaillé aux figures 7 et 8. Cet événement a été choisi car il montre une progression continue d'un front de précipitations bien identifié. Par ailleurs, les archives étaient disponibles tant à l'AIDE qu'à l'IILE. La récurrence de cet événement pluvieux est de l'ordre d'une année. Cependant, la concentration des précipitations de forte intensité sur le plateau de Bierset et dans la plaine alluviale de la Meuse a provoqué un nombre important d'interventions pour cause d'inondation. Les précipitations moins intenses et plus homogènes dans l'espace ne déclenchent habituellement pas d'inondations pour des récurrences de cet ordre.

Comme l'indique la figure 8, les appels émis par la population ont été nombreux quelques dizaines de minutes après le pic de précipitations, sur les plateaux et dans la plaine alluviale. Trois concentrations spatiales et temporelles sont bien visibles sur la carte : l'axe de la côte d'Ans, le quartier de Bressoux et le quartier de Saint-Léonard. Tous ces appels ont été enregistrés aux alentours de 16 h le 19 août 1994, peu après le pic de précipitations à Bierset. Une seconde phase d'appels est bien identifiée sur les figures 7 et 8, environ 17h après le pic d'intensité maximale. Ces interventions se localisent au pied du versant de la côte d'Ans ainsi que dans les quartiers de Vivegnis et de Saint-Léonard. On peut imaginer que la progression des ruissellements urbains a eu lieu préférentiellement au pied de pentes relativement raides (côte d'Ans, coteaux de la Citadelle). Enfin, une dernière activité est enregistrée à H+44, essentiellement dans le quartier Saint-Laurent et au centre-ville de Liège. Ce type d'analyse n'est interprétable que lorsque le foyer orageux est ponctuel et de faible extension spatiale. En effet, les épisodes pluvieux qui délivrent une quantité d'eau relativement homogène sur les bassins versants ne permettent pas de distinguer ce type de progression du ruissellement.

CONCLUSION

L'exploitation des archives liées aux interventions des pompiers de la région de Liège et des données concernant la gestion du réseau de démergence a permis d'étudier les événements pluvio-orageux les plus intenses qui se sont produits dans l'agglomération liégeoise. Bien que ces données n'aient pas été conçues à l'origine pour servir de base à une étude scientifique, leur

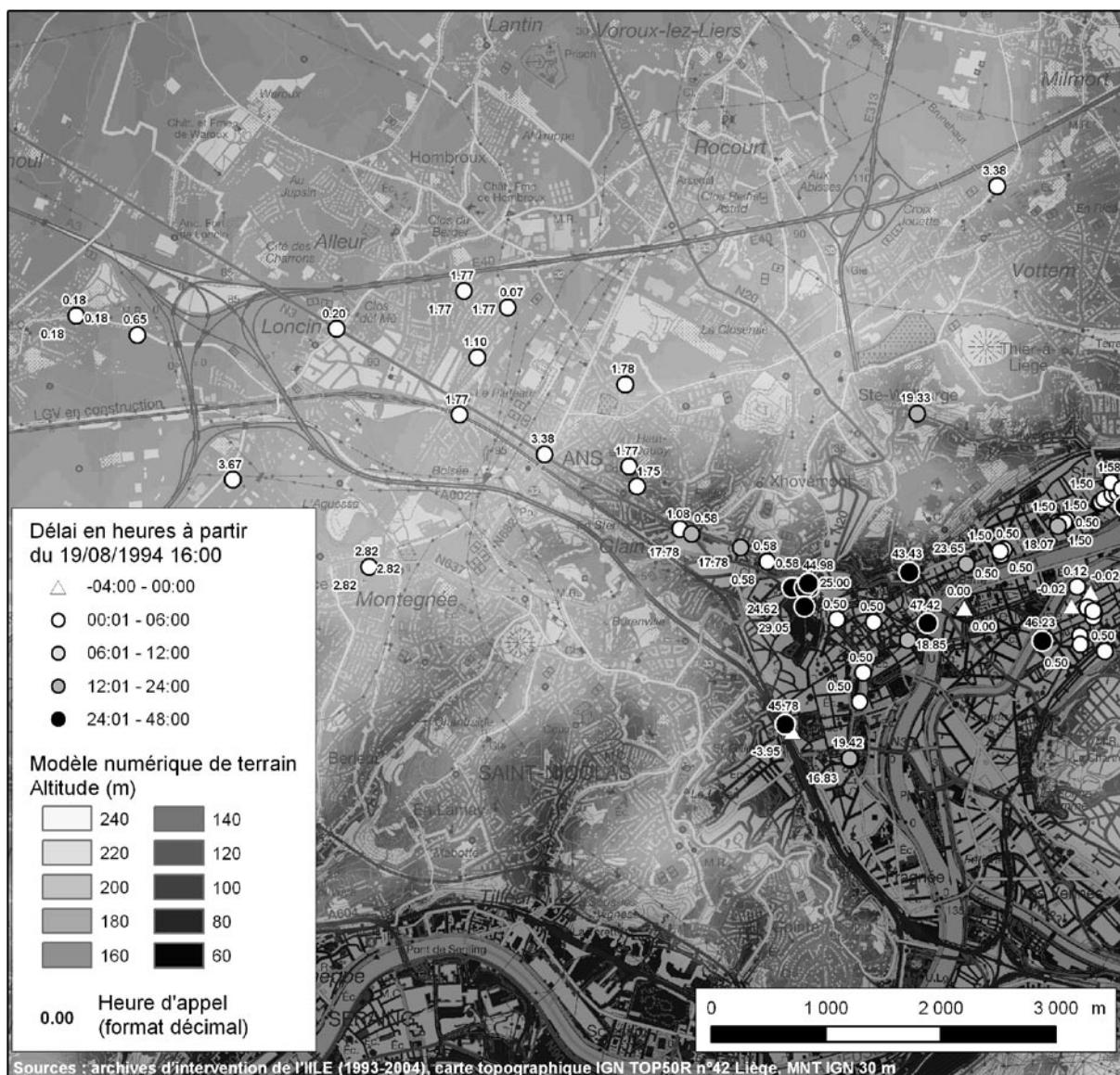


Figure 8. Chronologie des appels émis par la population pour les interventions de l'IILE lors de l'épisode pluvieux du 19/08/2004

confrontation face au contexte géographique des sites touchés par les inondations urbaines nous a autorisés à émettre des hypothèses quant à leurs causes. Cette approche originale d'acquisition de données tient au manque d'infrastructures de mesure pour établir des analyses à haute résolution spatiale et temporelle des précipitations en zone urbaine. En effet, le nombre de pluviographes enregistreurs et leur manque de sensibilité durant les phases de précipitations intenses ne sont pas adaptés à l'étude des phénomènes de ruissellement et d'inondations en agglomération à fort taux d'urbanisation et, en conséquence, d'imperméabilisation des sols qui confèrent aux bassins hydrographiques une forte dynamique. La reconstitution de la grande inondation de l'hiver 1925-26 sur base de documents historiques a été mise en relation avec les phénomènes récents de ruissellement et d'infiltration dans les points bas de la région étudiée. En conclusion, l'hypothèse d'une sous-

capacité des réseaux d'égouttage semble être la cause principale des inondations recensées dans l'agglomération liégeoise. La fréquence et l'intensité des précipitations orageuses entraînent localement le débordement des canalisations dont la capacité a été calculée sur base de valeurs de récurrence de précipitations inadaptées aux régimes pluviaux de ces vingt dernières années.

Remerciements

Nous remercions le personnel de la caserne des pompiers de Liège Outremeuse et plus particulièrement le Lieutenant-colonel J.-M. Gilissen pour la mise à disposition des données liées aux interventions ainsi que le Sous-lieutenant R. Dejardin pour son aide dans la collecte des différents documents d'archives. Nous exprimons également nos plus vifs remerciements à J. Brixko et aux dirigeants de l'AIDE pour nous avoir permis d'obtenir les données nécessaires à cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- AIDE (2004). *Le démergerement en région liégeoise*, inédit, 43 p.
- AIDE (2001). Association Intercommunale pour le Démergerement et l'Épuration des communes de la province de Liège, *brochure de présentation*.
- ALEXANDRE, P. (1987). *Le climat en Europe au moyen âge. Contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*. Paris : Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Recherche d'histoire et de sciences sociales, 24, 828 p.
- BONNECHERE, F., HAZARD, J., PIHNON, E. (Laboratoires d'Essais du Génie Civil) & BARNICH, M.P., MONTJOIE, A., POLO CHIAPOLINI, C., ZEIMET, M.J. (Laboratoires de Géologie de l'Ingénieur et d'Hydrogéologie) (1984). Carte géotechnique 42.5.4. Liège Seraing.
- BROUYAUX, F., MORMAL, P., TRICOT, Ch. & VANDIEPENBEECK, M. (2004). *La Belgique au fil du temps, Les événements météorologiques marquants du vingtième siècle en Belgique*, Institut Royal Météorologique de Belgique. Bruxelles : Le Roseau Vert, 224 p.
- COSANDEY, C. & ROBINSON, M. (2000). *Hydrologie continentale*. Paris : A. Colin, 360 p.
- EINFALT, T., ARNBJERG-NIELSEN, K., GOLZ, C., JENSEN, N.-E., QUIRMBACH, M., VAES, G. & VIEUX, B. (2004). Towards a roadmap for use of radar rainfall data in urban drainage, *Journal of Hydrology*, 299, 186-202.
- ERPICUM, M. (1977). Variabilité de la répartition spatiale des précipitations sur l'agglomération de Liège : analyse de quelques cas, *Bull. Soc. Géog. de Liège*, vol. 11-13, 133-145.
- GOUDIE, A.S. (éditeur) (2004). *Encyclopedia of Geomorphology, volume 1*, International Association of Geomorphologists, 1184 p.
- LECOUTURIER, P. (1930). *Liège : étude de géographie urbaine*, Vaillant-Carmanne, 239, 34-53.
- LEJAXHE, J.-L. (2006). 1925-1926 : Inondations au Pays de Liège, *Noir Dessin Production*, 192 p.
- LEJEUNE, E. (2001). *Analyse des « flash floods » et des précipitations de forte intensité en région wallonne*, mémoire de licence en Sciences Géographiques, Faculté des Sciences, Université de Liège.
- MACAR, P. & PISSART, A. (1964). *Les applications de la géographie en Belgique. Extrait. Géomorphologie*. Académie Royale de Belgique – Comité national de Géographie, 17 p.
- PLANCHETTES PÉDOLOGIQUES SCANNÉES ET GÉORÉFÉRENCEES (2000). Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (IRSIA), Projet de Cartographie Numérique des Sols de Wallonie (PCNSW), projet notifié par le Gouvernement wallon en séance du 7 décembre 2000 et repris au point B37 sous la mention GW VII / 2000 / Doc.1331 / 07.12 / JH ; Direction Générale de l'Agriculture, Ministère de la Région Wallonne, chargée de piloter le projet ; Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, chargée par convention de mettre en œuvre le projet.
- SCHIEPERS, N. (1994). *Profil en long et axe hydraulique*. E³ n°4949, Direction des Voies Hydrauliques de Liège.
- SUTTOR, M. (1989). *Etude historique d'hydrologie fluviale. L'exemple de la Meuse*. Bulletin de la Société Géographique de Liège, 25, 159-174.
- VAN CAMPENHOUT, J. (2004). Analyse des inondations en région liégeoise sur base des relevés des services d'intervention, mémoire de licence en Sciences Géographiques, *Université de Liège*, 117 p.
- VAN CAMPENHOUT, J. (2006). Les inondations en région liégeoise : approche basée sur les archives du démergerement, mémoire de DEA en Sciences, *Université de Liège*, 60 p.

Adresse des auteurs :

Jean VAN CAMPENHOUT
Jean.VanCampenhou@ulg.ac.be
 Eric HALLOT
Eric.Hallot@ulg.ac.be
 François PETIT
Francois.Petit@ulg.ac.be
 Géographie physique
 Université de Liège
 Allée du 6 Août, 2 – B11, Sart Tilman
 B-4000 Liège