



HAL
open science

Enseignements des inondations exceptionnelles des 21 et 22 mai 2012 à Nancy

Eric Gaume, Olivier Payrastre

► **To cite this version:**

Eric Gaume, Olivier Payrastre. Enseignements des inondations exceptionnelles des 21 et 22 mai 2012 à Nancy. *La Houille Blanche - Revue internationale de l'eau*, 2020, 6, pp. 17-24. 10.1051/lhb/2020053 . hal-03196216

HAL Id: hal-03196216

<https://hal.science/hal-03196216v1>

Submitted on 16 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ENSEIGNEMENTS DES INONDATIONS EXCEPTIONNELLES DES 21 ET 22 MAI 2012 A NANCY

Eric GAUME¹, Olivier PAYRASTRE¹

¹ Université Gustave Eiffel, CS 5004 44344 Bouguenais Cedex - France

L'agglomération de Nancy a été touchée par un orage exceptionnel dans la nuit du 21 au 22 mai 2012 ; les cumuls de pluie ont localement dépassé 100 millimètres en 3 heures. Cet orage a provoqué des ruissellements et des inondations remarquables, en particulier dans la partie est de l'agglomération, dans le bassin versant du ruisseau de Grémillon, sur les communes de Saint-Marc, Essey-les-Nancy, Pulnoy et Seichamps. Afin de documenter cette inondation urbaine hors norme, d'en conserver le souvenir et d'en tirer les enseignements sur la gestion du ruissellement et des crues soudaines dans les espaces urbanisés, une analyse détaillée post-crue, coordonnée par le GIP GEMCEA a été conduite. La démarche suivie pour cette analyse, les informations collectées ainsi que leur analyse et les principales conclusions de cette étude sont présentées ci-après.

Cette étude a permis de révéler que les dommages les plus remarquables dans l'agglomération ont été provoqués par le débordement du cours d'eau de Grémillon, de ses affluents et du collecteur pluvial qui remplace le cours d'eau dans sa partie aval. Les débits unitaires des crues des parties rurales amont du bassin versant sont très significatifs : de l'ordre $4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, soit l'équivalent de 15 mm/h environ de pluies efficaces. Les résultats de modélisation indiquent que le débit maximum de la crue du ruisseau de Grémillon, pour cette crue remarquable, aurait été assez proche du débit observé, si le bassin versant n'avait pas été urbanisé. Les inondations de 2012 à Nancy rappellent donc que les aménagements urbains doivent prendre en compte les crues naturelles exceptionnelles des petits cours d'eau ou thalweg péri-urbains et permettre l'écoulement des eaux au travers du tissu urbain sans trop de dommages.

MOTS-CLEFS : crue, inondation, ruissellement, retour d'expérience, étude post-événement.

Lessons learned from the extraordinary inundation in the city of Nancy on the 21th and 22nd of May 2012

The urban area of Nancy has been hit by an outstanding rainfall event on the 21th of May 2012 in the evening. The accumulated rainfall amounts have exceeded locally 100 millimeters within 3 hours. This thunderstorm induced outstanding inundations, especially in the eastern part of the area, in the watershed of the Grémillon stream, in the towns of Saint-Marc, Essey-les-Nancy, Pulnoy and Seichamps. A detailed post-event study, coordinated by the GIP-GEMCEA, has been conducted in order to document this extraordinary event and draw some conclusions on the management of runoff and flash floods in dense urbanized areas. The methodology of this study, the collected information, as well as the main conclusions are presented hereafter.

It revealed that the major observed damages are related to the overflow of the Grémillon stream, its tributaries and of the main pluvial sewer replacing the stream in its downstream course. The estimated unit peak discharges produced on the rural upstream parts of the Grémillon watershed are very significant: about $4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, equivalent to about 15 mm/h effective rainfall, indicating high runoff rates on these rural areas during the peak of the event. Moreover, simulations show that the Grémillon peak discharge for this event would probably have been close to the observed one without the contribution of the impervious areas. These inundations illustrate that urbanization should take into account the possible floods of small urban and peri-urban streams and allow the flood water to flow through the urban network with limited impact. Urbanization should keep space for flood water.

KEYWORDS: flood, inundation, urban runoff, post-event study.

I. INTRODUCTION

L'agglomération de Nancy a été touchée par un orage exceptionnel dans la nuit du 21 au 22 mai 2012. Les cumuls de pluie ont localement dépassé 100 millimètres en 3 heures. Cet orage a provoqué des ruissellements et des inondations remarquables, en particulier dans la partie est de l'agglomération, dans le bassin versant du ruisseau de Grémillon. Afin de documenter cette inondation urbaine hors norme, d'en conserver le souvenir et d'en tirer les enseignements sur la gestion du ruissellement et des crues soudaines dans les espaces urbanisés, une analyse détaillée post-crue, coordonnée par le GIP GEMCEA a été conduite. Cette analyse complète les études réalisées par ailleurs par la Communauté urbaine du Grand Nancy (Grand Nancy, 2012 et les relevés de désordres et de laisses de crue (fig. 2) et l'étude de renaturation du ruisseau et d'aménagement de plusieurs zones d'expansion des crues.

La démarche présentée ci-après suit un protocole établi pour l'étude des crues soudaines en Europe [Borga et al., 2008 ; Gaume & Borga, 2008]. Elle s'appuie sur la collecte de données de terrains et sur une modélisation hydrologique simplifiée, permettant de relier les informations disponibles sur les pluies et sur les écoulements (débits estimés, informations chronologiques).

II. LE BASSIN VERSANT DE GREMILLON

II.1 Localisation et caractéristiques

Le ruisseau de Grémillon draine la partie nord-est de l'agglomération nancéienne (communes de Seichamps, Pulnoy, Essey-les-Nancy et Saint Max). Le bassin versant, délimité à partir de la confluence avec la Meurthe, couvre une superficie de 12,7 km² (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les surfaces imperméabilisées couvrent environ 3.8 km², soit un taux d'imperméabilisation moyen de 28%, dépassant 50% pour la partie aval du bassin versant [Grangjean, 2008].

Le substratum du bassin est essentiellement composé de formations sédimentaires marneuses, à l'exception des calcaires à polypiers du Bajocien recouvrant le sommet de la butte Sainte Geneviève au nord-ouest. Ce substratum, peu perméable, peut expliquer la réaction hydrologique importante des parties non urbanisées du bassin aux pluies intenses de mai 2012 (cf. ce qui suit).

II.2 Aménagements et réseau hydrométrique

Le ruisseau de Grémillon est découvert sur la plus grande partie de son cours, à l'exception de la traversée de la ZAC de Pulnoy et des deux derniers kilomètres de son cours (figure 1). Le bassin versant est équipé d'un réseau hydrométrique dense, constitué de quatre pluviographes, situés sur le bassin versant ou à proximité immédiate, du radar météorologique de Nancy, situé au sud du bassin versant, de six limnimètres situés sur le cours busé du ruisseau, dont deux limnimètres équipant le bassin d'orage de la Zac de la porte Verte à Pulnoy. Trois bassins d'orages permettent de contrôler les débits générés par les secteurs récemment urbanisés de Seichamps et Pulnoy (fig. 1) :

- Le bassin de la Masserine à Pulnoy : capacité de stockage de 4000 m³, débit théorique seuil de remplissage de 2 m³/s.
- Le bassin de la Zac de la porte Verte à Pulnoy : capacité de stockage de 13000 m³, débit seuil de remplissage à 10 m³/s.
- Le bassin de la Trapière à Seichamps : capacité de stockage de 1500 m³.

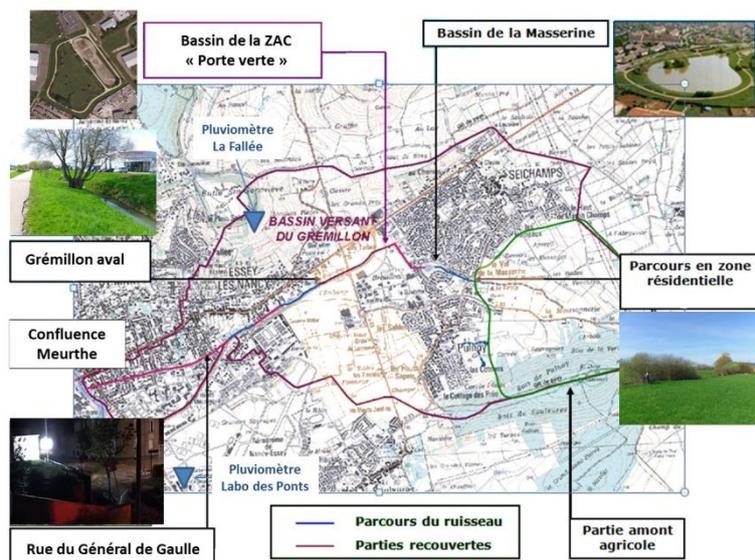


Figure 1 : Bassin versant du ruisseau de Grémillon et localisation des pluviomètres et des bassins d'orages. Illustration de sections d'écoulement levées (Grémillon aval, Grémillon amont). Les parties du cours du ruisseau busées sont indiquées en rose.

III. L'ÉPISODE ORAGEUX DES 21 ET 22 MAI 2012

III.1 Données mesurées disponibles

Les pluies et les écoulements exceptionnellement intenses des 21 et 22 mai 2012 ont provoqué de nombreux désordres et pannes des appareils de mesure. Seuls les pluviomètres de La Fallée (cumul de 112 mm sur l'épisode) et du laboratoire des Ponts (cumul de 102 mm) ont permis un enregistrement complet de l'épisode de pluie. Les intensités mesurées durant cette pluie sont remarquables avec des cumuls de plus de 14 mm en 5 minutes, soit une intensité de près de 170 mm/h sur 5 minutes. La comparaison des mesures disponibles au sol et des estimations radar (fig. 2) indique que les intensités des deux averses intenses sont largement sous-estimées par le radar, du fait probablement de l'atténuation du faisceau radar par la lame d'eau recouvrant le dôme de protection du radar lors des pluies intenses. Les données radar étant inexploitable et ne permettant pas de caractériser l'hétérogénéité spatio-temporelle des pluies lors de cet épisode orageux, la pluie mesurée par le pluviographe de la Fallée a été extrapolée à l'ensemble du bassin versant du Grémillon et des autres cours d'eau voisins dans les interprétations qui suivent.

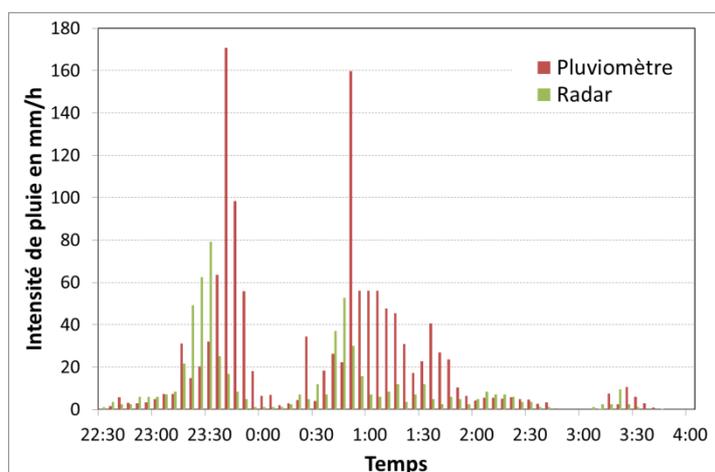


Figure 2 : Comparaison entre les intensités de pluies mesurées par le pluviographe de la Fallée et les intensités estimées par le radar de Nancy pour le pixel correspondant, les 21 et 22 mai 2012.

Une panne électrique a affecté tous les limnimètres de la partie aval du cours du Grémillon dès le début de l'événement, peu après 22h30, alors que le débit aval avait à peine atteint 4 m³/s selon la courbe de tarage de

la station. Les seuls relevés limnimétriques continus disponibles sont ceux des deux limnimètres du bassin d'orage de la ZAC de la porte Verte. Ces mesures sont imparfaites (détarage des sondes). Elle permettent cependant de dater le début de remplissage du bassin à 22h30, le début du débordement à 23h40 et la vidange, qui s'amorce à 3h30 du matin, lorsque le débit du ruisseau est à nouveau inférieur à $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Selon des témoins oculaires, le bassin de Masserine aurait commencé à déborder aux alentours de 23h00.

III.2 Conséquences et dommages

Les pluies intenses ont provoqué des débordements généralisés du ruisseau et de ses affluents sur l'ensemble de leurs cours, ainsi que des ruissellements localisés (Fig. 3). Les hauteurs d'eau dans les habitations sont restées limitées à quelques dizaines de centimètres aux rez-de-chaussée en général, mais les écoulements de surface ont causé de nombreux dégâts aux chaussées (affouillements) et au mobilier urbain. L'analyse des vidéos amateurs, notamment prises dans la rue Jean XXIII, située à l'aplomb de la partie couverte aval du ruisseau de Grémillon, indique que les vitesses d'écoulement (V) ont pu localement atteindre 3 m/s (i.e. remous h de l'ordre de 50 cm au droit des obstacles tels que les voitures ou le mobilier urbain, $V \approx \sqrt{2gh}$)

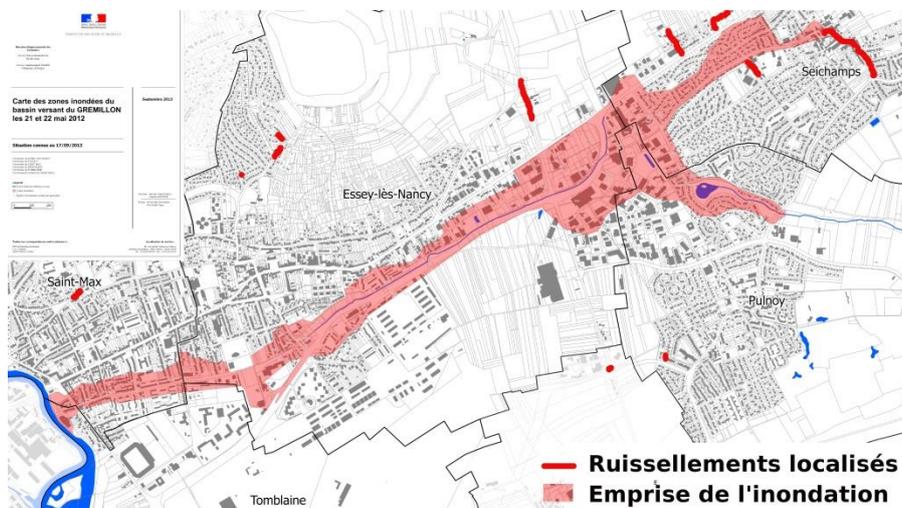


Figure 3 : Inondations constatées sur le bassin versant du ruisseau de Grémillon suite aux pluies des 21 et 22 mai 2012 (source Grand Nancy).

IV. METHODOLOGIE DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

IV.1 Collecte de données complémentaires

Onze sections d'écoulement ont pu être levées sur le bassin versant de Grémillon et les cours d'eau voisins après la crue. Les laisses de crues ont été identifiées et relevées et une estimation de débit a pu être élaborée pour chacune de ces sections, permettant de proposer des ordres de grandeurs des débits maximum de crues pour quatre secteurs touchés par les pluies intenses (fig. 4 et tableau 1). Ces estimations sont basées sur une hypothèse de régime d'écoulement uniforme dans les sections considérées et l'application de la relation de Manning-Strickler – slope-area method [Lumbroso & Gaume, 2012]. La valeur du coefficient de rugosité est une inconnue, variant de 5 à 20, selon l'encombrement du lit du cours d'eau. L'application de cette méthode a conduit à des estimations de vitesses d'écoulement de 0.5 à 2 m/s selon les hypothèses et les sections d'écoulement dans le cas présent.

Ces estimations, dont l'incertitude n'est pas négligée, comme en témoignent les intervalles de confiance proposés [Q_{\min} , Q_{\max}], sont cohérentes dans l'ensemble. Elles indiquent des valeurs de débits unitaires élevées si on les compare aux intensités des pluies mesurées. La valeur estimée pour le ruisseau des Rouaux se démarque. Elle est très exceptionnelle pour une région sous climat océanique tempéré [Gaume et al., 2009]. On remarque aussi que le débit unitaire du ruisseau de Grémillon estimé à Essey les Nancy, qui tient compte des apports urbains, est probablement inférieur au débit unitaire estimé pour la partie rurale amont du

bassin versant. Nous verrons dans la suite quelles sont les explications de ce phénomène qui peut paraître surprenant.

Tableau 1 : Débits estimés sur le bassin versant de Grémillon et sur les bassins versants voisins.

Bassin versant	Q _{probable} m ³ /s	[Q _{min} , Q _{max}] m ³ /s	Surface BV km ²	Q unitaire m ³ /s/km ²	Q unitaire mm/h
Grémillon amont	10	[7, 15]	2,5	4,0	15,0
Grémillon aval	25	[20, 35]	8,3	3,0	11,0
Ruisseau des Rouaux	45	[30, 60]	3	15,0	54,0
Ruisseau de Voirincourt	10	[5, 15]	4,5	2,2	8,0

Des entretiens ont été conduits auprès des témoins oculaires dans quatre secteurs : commune de Pulnoy en amont et en bordure du bassin de Masserine, rives de la partie découverte du ruisseau de Grémillon à Essey-les-Nancy, village de Laneuvelotte inondé par le ruisseau de Voirincourt, village d'Agincourt inondé par le ruisseau des Rouaux. Ces témoignages donnent une image assez homogène du déroulement de la crue sur l'ensemble du territoire. Des premières inondations sont signalées dès 23h00. Le maximum de la crue a eu lieu entre de 1h00 et 1h30 du matin et la décrue a été progressive.

IV.2 Modélisation hydrologique

Le modèle hydrologique utilisé est ici très simple et comporte peu de paramètres. L'objectif premier n'est pas de représenter aussi parfaitement que possible les hydrogrammes de crues, mais de mettre en relation les pluies observées et les informations disponibles sur les écoulements. Ce modèle hydrologique, CINECAR [Gaume et al., 2004] a été spécifiquement conçu pour simuler des crues soudaines. C'est un modèle « événementiel » dans la mesure où il n'est pas adapté à la simulation de longues chroniques mais à celle d'événements importants isolés de crue. Il ne représente que les écoulements dits « directs » (ruissellement de surface et écoulements immédiats) et ne modélise pas les écoulements retardés ou les débits de base. C'est un modèle distribué, où un bassin versant est représenté comme un réseau ramifié de biefs de rivière de section transversale rectangulaire, auxquels sont raccordés deux versants supposés rectangulaires par souci de simplicité (Fig 4).

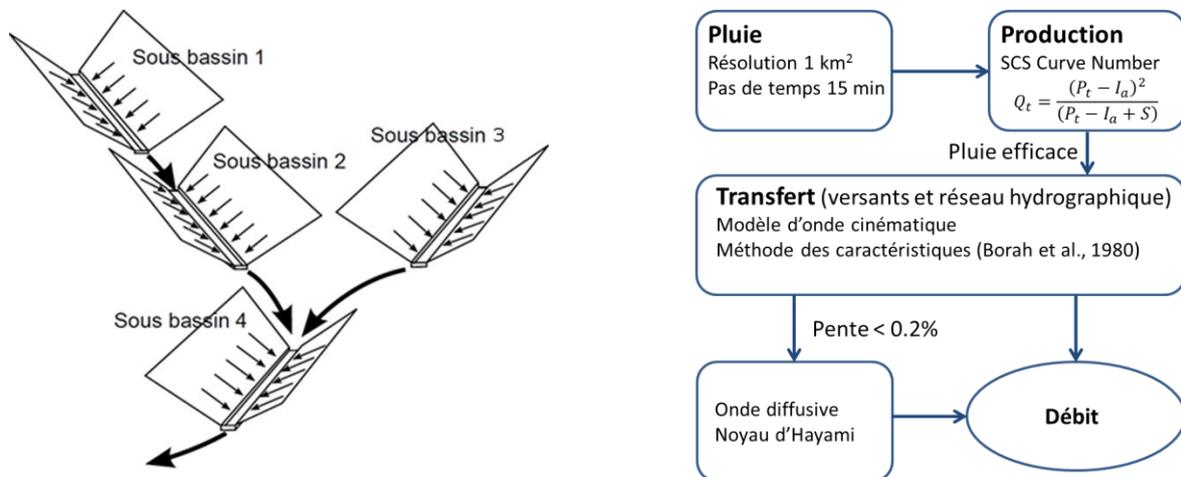


Figure 4 : Représentation d'un bassin versant dans le modèle CINECAR et organisation du modèle. Q_t cumul de pluie efficace depuis le début de l'événement (mm), P_t cumul de pluie (mm), S capacité de stockage du sol et du sous-sol (mm), I_a pertes initiales généralement égales à $0.2.S$ (mm).

Le modèle hydrologique combine de manière assez classique (1) une « fonction de production » qui évalue à chaque pas de temps l'intensité des pluies efficaces – i.e. pluies qui alimentent effectivement l'hydrogramme de crue et (2) une « fonction de transfert » qui gère la propagation des pluies efficaces sur les versants et dans le réseau hydrographique. Dans le modèle Cinecar, la fonction de production choisie est la fonction classique dite CN-SCS de l'US Soil Conservation Service. Cette fonction prévoit une évolution monotone du rendement d'écoulement – rapport entre l'intensité des pluies efficaces et l'intensité des pluies brutes – de 0

à 1 au cours d'un événement pluvieux au fur et à mesure de l'augmentation du cumul de pluie. Elle possède un paramètre unique : le Curve Number (*CN*) relié à la capacité de stockage *S* (fig. 4).

La fonction de transfert de la pluie efficace est basée sur le modèle dit « d'onde cinématique » – simplification des équations d'hydraulique à surface libre de Barré de Saint Venant, – avec une résolution par la méthode des caractéristiques, qui permet des calculs rapides. Une version plus récente applique le modèle plus élaboré d'onde diffusante pour les biefs à faible pente. Elle n'a pas été utilisée ici.

Les principaux paramètres du modèle sont :

- Pour la fonction de production, le Curve Number (*CN*) des différents versants. Dans le cas présent, les surfaces imperméabilisées ont été dissociées des surfaces naturelles. Une valeur de *CN* de 95 a été affectée aux versants imperméabilisés (pertes initiales de 2.5 mm et rendements d'écoulement rapidement proches de 100%) et deux valeurs de *CN* ont été testées pour les versants naturels : 70 (capacité de stockage $S=100$ mm) et 50 ($S=250$ mm).
- Pour la fonction de transfert, la largeur des biefs d'écoulements – déterminée à partir des images satellites et des levés de terrain et les coefficients de rugosité de Strickler des biefs et des versants. Une valeur standard de 15 a été retenue pour tous les biefs (valeur un peu faible pour les parties chenalisées et cuvelées) et une valeur de 10 pour les versants.

V. RESULTATS

Cinq versions du modèle Cinecar ont été testées afin de simuler l'hydrogramme de la crue des 21 et 22 mai 2012 en différentes sections où des estimations de débits ont été réalisées, ainsi qu'à l'exutoire du bassin versant du ruisseau de Grémillon (fig 5). Trois simulations ont été effectuées avec un *CN* homogène pour l'ensemble des surfaces : *CN* de 95, 70 et 50. Dans un deuxième temps, les surfaces imperméabilisées ont été traitées séparément – distinction d'un versant imperméabilisé et d'un versant naturel pour chaque bief dans le modèle – en affectant une valeur de *CN* de 95 aux versants imperméabilisés (simulations *CN* 70-1 et *CN* 50-1). La comparaison des simulations *CN* 70 et *CN* 70-1 met en évidence la contribution à la crue des surfaces imperméabilisées. La simulation *CN* 50-1 illustre la réponse des surfaces imperméabilisées seules, les écoulements produits par les surfaces perméables étant très réduits pour un *CN* de 50.

La comparaison des simulations et des débits estimés sur les bassins versants des ruisseaux de Grémillon amont et de Voirincourt, bassins assez peu urbanisés, indiquent une réponse hydrologique marquée des parties non urbanisées des bassins versants. La simulation réalisée avec une valeur de Curve Number de 70 correspond assez bien aux observations – ordre de grandeur et occurrence du débit de pointe aux alentours de 1h00 du matin selon les témoins oculaires (Fig. 5). Une valeur de *CN* de 70 indique une forte réactivité de ces bassins versants aux pluies, qui s'explique certainement par la nature du substratum (marnes et grès) et peut-être aussi par la saturation partielle des sols par les pluies qui ont précédé la crue, notamment le 21 mai au matin. La comparaison avec le modèle *CN* 95 (bassin versant totalement imperméable) indique que les rendements d'écoulement (rapport entre les pluies efficaces et les pluies brutes) ont été proches de 50% au paroxysme de la crue. Le modèle Cinecar ne permet en revanche pas d'expliquer la valeur remarquable du débit estimé sur le ruisseau des Rouaux. Par expérience, une valeur de *CN* supérieure à 70 pour un bassin peu urbanisé n'est pas réaliste. Plusieurs explications peuvent être avancées : (a) le bassin a été affecté par des pluies bien plus intenses que le secteur, pourtant proche, de la Fallée, (b) le bassin d'alimentation du ruisseau s'étend au-delà du bassin versant topographique – on peut penser en particulier à une alimentation karstique provenant du plateau de Malzeville.

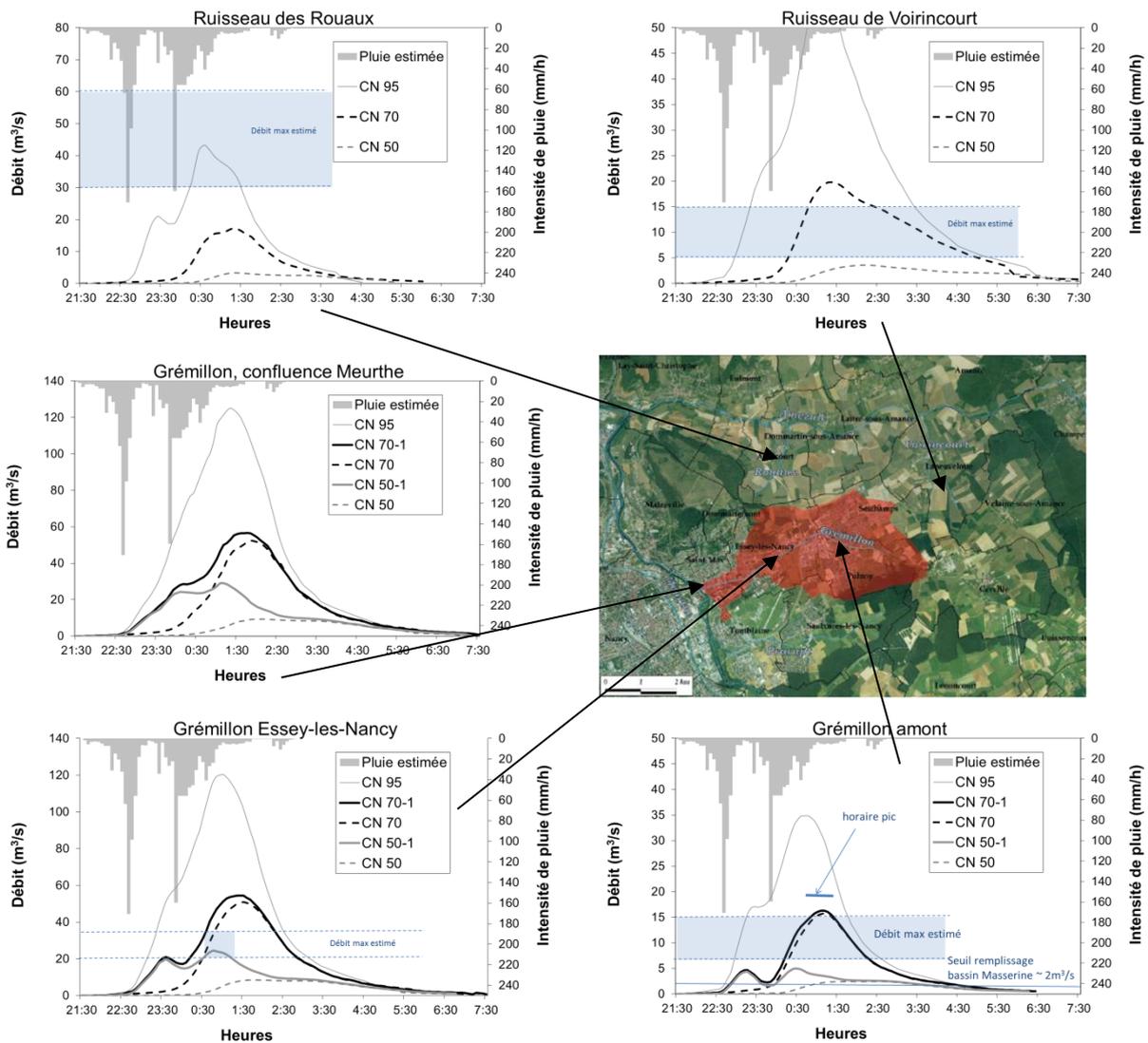


Figure 5: Résultats de simulations des hydrogrammes de crues en différents points des bassins versants étudiés, avec différentes versions du modèle Cinécar.

Si l'on extrapole le modèle ajusté dans les secteurs à dominante rurale (modèle CN 70-1) à l'ensemble du bassin du ruisseau de Grémillon – Grémillon à Essey-les-Nancy et Grémillon à la confluence avec la Meurthe (fig. 5) – on est amené à conclure que l'onde de crue, associée à la secondeaverse, a été bien plus importante que la première – ce qui a bien été observé – et ce, du fait de la contribution des surfaces perméables. Le modèle surestime cependant le débit de cette seconde onde de crue à Essey-les-Nancy. Ceci peut s'expliquer par le laminage de l'onde de crue du fait des nombreux débordements et inondations qui se sont produits à Pulnoy, Seichamps et Essey-les-Nancy (cf. fig. 3) et dont ne tient pas compte le modèle Cinécar. Les surfaces inondées en amont d'Essey-les-Nancy (Fig. 3), sont compatibles avec le stockage temporaire estimé d'environ 150 000 m³ (cf. fig. 6). La zone urbaine amont a, en quelque sorte, joué le rôle d'un très important bassin d'orage qui a partiellement protégé l'aval du bassin versant.

Le remplissage des bassins d'orage de Masserine et de la porte Verte ont été reportés sur les hydrogrammes de crues simulés du Grémillon amont et à Essey-les-Nancy (modèle CN 70-1, fig. 6). La section d'Essey-les-Nancy est située légèrement à l'aval du bassin d'orage de la porte Verte et possède donc un bassin versant légèrement plus important : les débits de crue sont certainement surestimés. Mais il faut aussi considérer que le modèle de production du SCS-CN est un peu simpliste et à tendance à sous-estimer les débits provenant des surfaces perméables en début d'événement. Les deux erreurs se compensent partiellement et les ordres de grandeur restent certainement valables.

Le résultat de modélisation laisse penser, que le bassin de Masserine a été rempli et a commencé à déborder avant la fin de la première onde de crue et ce, essentiellement du fait des apports des parties urbanisées du bassin versant (fig. 6). Un bilan de volume sur les débits simulés fixe l'heure de début de débordement vers 23h25 et peut-être un peu avant si l'on considère que des écoulements provenant des parties rurales du bassin ont été sous-estimés. Ce résultat est très cohérent avec les témoignages qui situent le débordement de ce bassin vers 23h00.

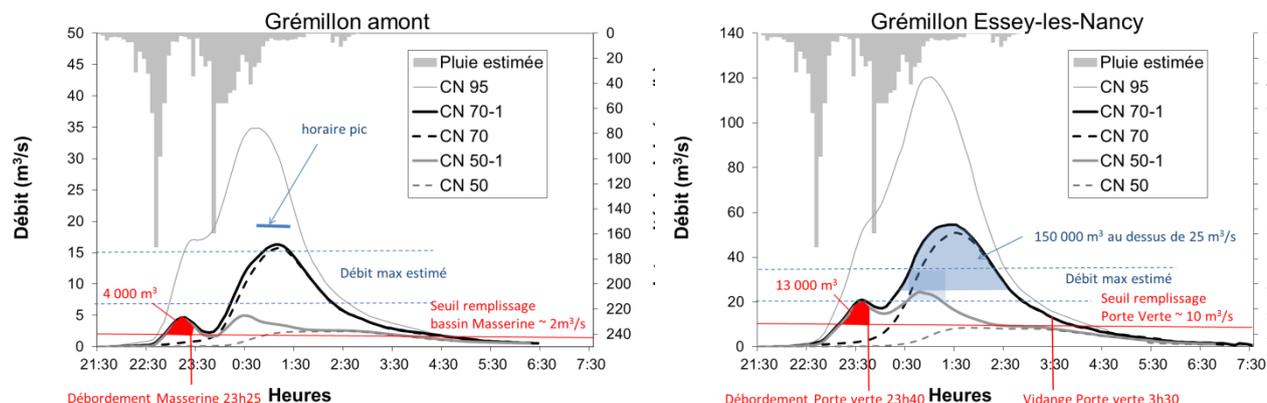


Figure 6 : Reconstitution du remplissage des bassins d'orages à partir des hydrogrammes simulés à l'aide du modèle CN 70-1

Le cas du bassin de la porte Verte, pour lequel les données limnimétriques permettent d'être plus précis sur les horaires, est tout aussi convaincant. De nouveau, la première onde de crue, issue essentiellement des parties imperméabilisées du bassin versant, a suffi à saturer le bassin d'orage. Son débordement aurait débuté vers 23h40 selon le modèle, ce qui est parfaitement concordant avec les observations. Selon l'hydrogramme simulé, la vidange du bassin d'orage aurait pu débuter vers 4h00 du matin, ce qui est aussi en accord avec les observations limnimétriques : début de vidange vers 3h30.

L'ensemble de ces conclusions est cohérent et permet de déduire que ce sont essentiellement les surfaces imperméabilisées qui ont réagi à la première averse du 21 mai au soir. Le débit de la crue provoqué par la seconde averse, pourtant comparable en intensité, a été bien plus important du fait de la contribution des surfaces perméables.

VI. CONCLUSIONS

Les défaillances de nombreux dispositifs de mesure, comme c'est souvent le cas lors d'événements remarquables, n'ont pas facilité l'analyse et l'interprétation de la crue de 2012. Les informations recueillies permettent cependant de tirer des conclusions assez claires sur cet événement :

- Les dommages observés sont diffus, liés à du ruissellement urbain, mais les dommages les plus remarquables ont été provoqués par le débordement du cours d'eau de Grémillon, de ses affluents et du collecteur pluvial qui remplace le cours d'eau dans sa partie aval
- Les débits unitaires des crues des parties rurales amont du bassin versant sont très significatifs : de l'ordre $4 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, soit l'équivalent de 15 mm/h environ de pluies efficaces, à rapporter aux intensités maximales de pluies horaires de l'ordre de 50 mm/h .
- Le bassin versant de Grémillon est très fortement imperméabilisé (taux d'imperméabilisation estimé à 28%). Il a été touché par deux averses de pluie successives, à peu près équivalentes. Les écoulements lors de la première averse ont été essentiellement le fait des ruissellements sur les surfaces imperméabilisées. Ils ont provoqués, par leur intensité, des défaillances localisées du réseau de drainage pluvial. L'inondation généralisée observée lors de la seconde averse ne s'explique en revanche que par la contribution importante des surfaces péri-urbaines non imperméabilisées

En conclusion, les simulations indiquent que le débit maximum de la crue du ruisseau de Grémillon, pour cette crue remarquable, aurait été assez proche du débit observé si le bassin versant n'avait pas été urbanisé (cf. comparaison des simulations CN 70 et CN 70-1 sur la figure 5). Les aménagements urbains doivent être conçus pour permettre le libre écoulement des eaux lors des crues naturelles exceptionnelles des petits cours d'eau ou thalweg urbains et péri-urbains.

VII. REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du soutien financier de la communauté urbaine du Grand Nancy, via le GIP GEMCEA.

VIII. REFERENCES

- Borga M., E. Gaume, D. Creutin, L. Marchi (2008). *Surveying flash flood response: gauging the ungauged extremes*, Hydrological processes, doi: 10.1002/hyp.7111.
- Gaume E., Payrastre O., Vehar, C. (2014). *Etude hydrologique de la crue exceptionnelle du ruisseau de Grémillon à Nancy des 21 et 22 mai 2012*. Rapport d'étude, IFSTTAR, GIP GEMCEA, février 2014. 27 pages.
- Gaume E. et al. (2009). *A collation of data on European flash floods*. Journal of Hydrology. 367, 70-78, doi:10.1016/j.jhydrol.2008.12.028.
- Gaume E. et Borga M. (2008). *Post flood field investigations after major flash floods: proposal of a methodology and illustrations*. Journal of flood risk management, 1, 175–189. doi:10.1111/j.1753-318X.2008.00023.x
- Gaume E. , Livet M., Desbordes M., Villeneuve J-P.(2004). Hydrologic analysis of the Aude, France, flash flood 12 and 13 november 1999, Journal of Hydrology, 286, 135-154.
- Grand Nancy (2012). *Rapport sur l'orage du 21 mai 2012*. Note technique, 13 pages.
- Grandjean X. (2008) - *Etude hydrologique et hydraulique d'un ruisseau périurbain de l'agglomération de Nancy (54) : le Grémillon*, Mémoire de fin d'études pour l'obtention diplôme d'ingénieur de l'ENGEES, École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement, 121p.
- Lumbroso D. et Gaume, E. (2012). *Reducing the uncertainty in indirect estimates of extreme flash flood discharges*, Journal of Hydrology, doi:10.1016/j.jhydrol.2011.08.048.