



HAL
open science

**Reconstitution et analyse des débits de pointe des crues
du 3 octobre 2015 dans les Alpes Maritimes. Convention
DGPR-Ifsttar 2016 n°2201030666 du 14 octobre 2016 -
Action 14**

Laurent Lebouc, Olivier Payrastre

► **To cite this version:**

Laurent Lebouc, Olivier Payrastre. Reconstitution et analyse des débits de pointe des crues du 3 octobre 2015 dans les Alpes Maritimes. Convention DGPR-Ifsttar 2016 n°2201030666 du 14 octobre 2016 - Action 14. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2017, 18p. hal-01589775

HAL Id: hal-01589775

<https://hal.science/hal-01589775>

Submitted on 19 Sep 2017

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.



IFSTTAR

INSTITUT FRANÇAIS
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DES TRANSPORTS,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DES RÉSEAUX



Convention DGPR-Ifsttar 2016

n°2201030666 du 14 octobre 2016 – Action 14

Reconstitution et analyse des débits de pointe des crues du 3 octobre 2015 dans les Alpes Maritimes

Date :14/09/2017

Auteur(s) : L.Lebouc, O.Payraastre

Nomenclature d'activité : RP3-J16 131
Référence sur Numéro de contrat* :
Confidentialité :

** le cas échéant*

Rév.01/03/16

Institut français des sciences et technologies des transports de l'aménagement et des réseaux (Ifsttar)

Site de Marne la Vallée

Département Géotechnique Environnement, Risques naturels et Sciences de la terre

Pt de Distribution

14-21, Boulevard Newton – Cité Descartes – Champs-sur-Marne

77 447 Marne la Vallée Cedex 2

téléphone : 02.40.84.57.04

adresse électronique : olivier.payrastre@ifsttar.fr

Version

| Date | Version | Modification | responsable |
|-------------|----------------|---------------------|--------------------|
| 15/09/2017 | 1 | Version initiale | O.Payrastre |
| | | | |
| | | | |

Destinataires :

| | | |
|---------|-------------|-------|
| DGPR | Mme FAUCHET | 3 ex. |
| Ifsttar | Mme GUEDON | 1 ex. |
| SCHAPI | Mr JANET | 1 ex. |

SOMMAIRE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduction..... | 4 |
| 2 | Principe de l'enquête post-crue..... | 4 |
| 2.1 | Recueil des données de terrain sur la crue | 4 |
| 2.2 | Exploitation des levés pour l'estimation des débits de pointe..... | 5 |
| 3 | Débits estimés pour les crues du 3 octobre 2015 | 6 |
| 4 | Comparaison aux courbes enveloppes des débits en région Méditerranéenne | 8 |
| 5 | Analyse pluie-débit | 9 |
| 5.1 | Construction du modèle pluie-débit | 9 |
| 5.2 | Résultats des simulations | 10 |
| 6 | Conclusion | 11 |
| 7 | Bibliographie..... | 11 |
| 8 | Annexes..... | 12 |
| 8.1 | Tableau récapitulatif des débits de pointe estimés..... | 13 |
| 8.2 | Graphiques des simulations pluie-débit..... | 15 |
| 8.2.1 | Secteur de la Brague | 15 |
| 8.2.2 | Secteur de la Grande Frayere | 16 |
| 8.2.3 | Secteur du Riou de l'Argentièrè | 16 |

1 Introduction

Le 3 octobre 2015 en fin de journée, la côte sud des Alpes Maritimes a été touchée par un épisode de crues éclair particulièrement intense et rapide. Les communes de Biot, Antibes, Cannes, Mandelieu (liste non exhaustive) ont été largement inondées et ont subi de très importants dégâts. Le bilan de ces crues fait état de 20 victimes et des dégâts matériels et économiques très importants (environ 600 millions d'euros de dégâts assurés selon la FFSA).

Les trois principaux cours d'eau ayant causé ces inondations sont la Brague (69 km²), la Grande Frayère (22 km²), et le Riou de l'Argentière (48 km²). Parmi ces cours d'eau, seule la Brague était équipée d'une station hydrométrique, qui a été endommagée lors de la crue et n'a pas fourni d'enregistrement complet.

De façon à disposer d'informations complètes et détaillées sur les débits de pointe atteints par ces cours d'eau et leurs affluents, une enquête de terrain post-crue a été conduite du 30 novembre au 4 décembre 2015 de façon à recueillir les données nécessaires à l'estimation de ces débits. Cette enquête a été coordonnée par l'Ifsttar et a mobilisé une quinzaine de personnes issues de 6 organismes de recherche : Ifsttar, IRSTEA, Ecole des Mines d'Alès, Hydrosociétés Montpellier, LHTE, UMR Espace. L'enquête a abouti à 36 estimations de débits de pointe fournissant une vision détaillée des réactions hydrologiques observées lors de l'événement.

Cette enquête répondait à un double besoin :

- la nécessité pour les services de Etat de disposer d'estimations de débits consensuelles dans le cadre du retour d'expérience sur l'événement (préfecture 06), des études de révision des PPRi (DDT06 et DREAL), ou bien du développement de la prévision des crues (SCHAPI et SPC).

- l'alimentation du programme de recherche Hymex sur les phénomènes extrêmes du cycle de l'eau en Méditerranée. L'existence de ce programme permet de mobiliser plusieurs équipes de recherche Françaises à la suite de chaque événement majeur de crues éclair, pour la réalisation de ce type d'enquêtes post-crue.

Le jeu de données obtenu a été diffusé début 2016 (cf. annexe 1). Il inclut les 36 estimations de débits de pointe obtenues, ainsi que le détail des informations sources (levés effectués) et de l'interprétation effectuée pour aboutir à chacune de ces estimations. Ces estimations ont été reprises dans le rapport de retour d'expérience sur l'événement établi en mai 2016 par la préfecture des Alpes Maritimes.

Le présent rapport revient en premier lieu sur le contenu de ce jeu de données. Un travail d'analyse basé sur l'exploitation des informations pluviométriques disponibles (analyse pluie-débit) est ensuite effectué.

2 Principe de l'enquête post-crue

La méthode d'enquête appliquée est issue de l'expérience acquise au sein de l'observatoire Hydro-Météorologique Cévennes Vivarais, qui conduit ce type d'enquêtes de façon récurrente depuis une vingtaine d'années (crues de l'Aude en 1999 ; du Gard en 2002 et 2008 ; du Var en 2010). Cette méthode a été consolidée dans le cadre de deux projets de recherche Européens (Floodsite et Hydrate). Elle a déjà fait l'objet de nombreuses publications [Gaume et al., 2004, 2009; Delrieu et al., 2005; Gaume, 2006; Gaume et Borga, 2008; Lumbroso et Gaume, 2012]. Elle a également été plus récemment décrite sous forme d'un chapitre dans la charte qualité de l'hydrométrie publiée début 2017.

Nous en rappelons néanmoins les grandes lignes ci-dessous.

2.1 Recueil des données de terrain sur la crue

L'enquête de terrain réalisée comporte deux volets principaux:

- D'une part, une campagne de levés topographiques, dont l'objectif est de reconstituer les sections d'écoulement en différents points du réseau hydrographique, à partir des laisses de crues. Les informations recueillies lors de chaque levé sont les suivantes : un ou plusieurs profils en travers

(pour disposer de sections d'écoulement complètes), un profil en long du fond du lit (sur une distance suffisante pour en estimer correctement la pente), et les niveaux donnés par les laisses de crue (pris au droit des profils en travers mais aussi en suivant le profil en long).

- D'autre part un recueil de témoignages, permettant de confirmer les levés effectués (niveaux des Plus Hautes Eaux notamment), de rechercher des vidéos ou photos du site en crue permettant de confirmer les vitesses d'écoulement, et de disposer d'éléments chronologiques sur le déroulement de la crue : horaire des plus hautes eaux, dynamique de montée de crue et de décrue.

Les sections de cours d'eau faisant l'objet d'un levé sont choisies de façon à couvrir dans son ensemble le réseau hydrographique touché par la crue, en incluant les cours d'eau principaux mais également les différents affluents non jaugés. Pour faciliter l'estimation ultérieure des débits de pointe, des sections répondant à certains critères hydrauliques simples sont recherchées en priorité: présence d'un écoulement rectiligne et concentré sur une largeur faible, absence d'influence aval identifiée, section et pentes du lit homogènes, etc.. Pour cette raison, les traversées de secteurs urbains sont en général évitées, les estimations étant plutôt effectuées à l'amont de ces secteurs. Ces critères permettent généralement d'effectuer une hypothèse de régime uniforme et d'éviter le recours à des modèles hydrauliques, relativement lourds à mettre en œuvre, pour évaluer la forme de la ligne d'eau. Lorsque plusieurs sections se prêtent à un levé sur un même cours d'eau, elles sont généralement toutes retenues, la redondance des levés permettant par la suite de valider les estimations de débits par recoupement (cf paragraphe 2.2).

2.2 Exploitation des levés pour l'estimation des débits de pointe

L'exploitation des levés permet dans un premier temps de confirmer la hauteur d'eau atteinte en vérifiant la cohérence des laisses de crue, et de valider ou d'invalider l'hypothèse d'un régime uniforme (pente de la ligne d'eau vs pente du lit). Cette vérification n'est toutefois possible que lorsque plusieurs laisses de crue sont disponibles. La Figure 1 donne un exemple d'un levé présentant une bonne cohérence globale des laisses de crue, et une ligne d'eau parallèle au fond du lit. En cas d'incohérence entre les niveaux des laisses relevées, celles présentes dans des zones d'écoulement peu rapide sont généralement privilégiées car moins sujettes à une surélévation liée au choc de l'écoulement contre des obstacles.

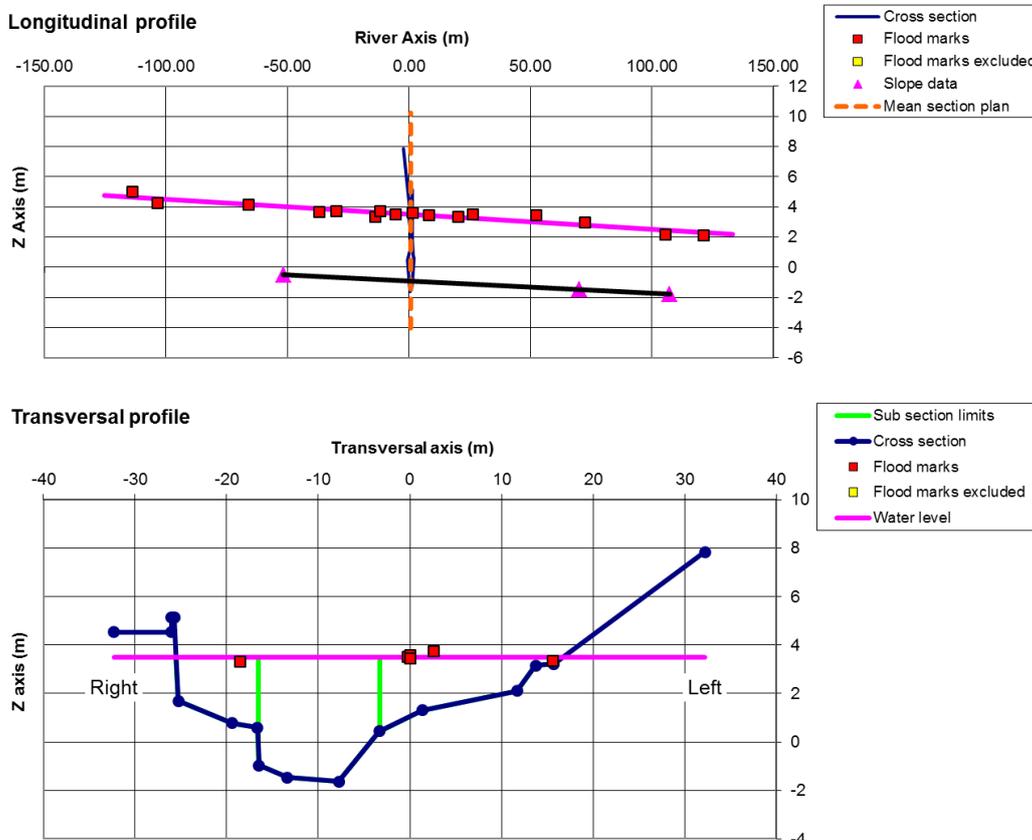


Figure 1. Exemple de profil en long et profil en travers, avec indication des laisses de crue. La proximité entre la pente de la ligne d'eau et celle du fond du lit permet de valider l'hypothèse d'un régime uniforme.

Les estimations de débits de pointe sont obtenues par application directe de la formule de Manning-Strickler (cas d'un régime uniforme confirmé), et/ou, dès que cela est possible, en exploitant les informations disponibles sur les vitesses d'écoulement : traces sur la végétation, élévation de la ligne d'eau laisses au droit des obstacles situés dans l'écoulement (laises de crue ou photos), vidéos prises pendant la crue... Dans le cas de vidéos, une estimation complète du champ de vitesses de surface peut parfois être envisagée (Hauet et al., 2014). Néanmoins, dans le cas des crues de 2015 qui se sont produites en soirée et donc de nuit, la quantité de photos/vidéos disponibles s'est avérée très limitée.

Les estimations de débits de pointe obtenues restent par nature incertaines et sont donc systématiquement associées à un intervalle indiquant la gamme des débits envisageables: cet intervalle est établi par une analyse de sensibilité aux différents facteurs d'incertitude (valeur de rugosité du lit, éventuellement pente de ligne d'eau et/ou niveau d'eau atteint dans la section, ou encore gamme de vitesses d'écoulement possibles au regard des informations disponibles).

En fin d'enquête, une vérification de la cohérence d'ensemble des informations obtenues est également réalisée (recoupement avec les autres estimations disponibles, notamment les données des stations hydrométriques, ainsi que la pluviométrie), et conduit si nécessaire à d'éventuels compléments (recherche de témoignages supplémentaires, nouveaux levés, etc..) ou éventuellement à l'invalidation de certaines estimations jugées incohérentes avec les sources d'information disponibles par ailleurs.

3 Débits estimés pour les crues du 3 octobre 2015

La Figure 2 présente la répartition géographique des 36 estimations de débits de pointe obtenues, ainsi que les cumuls pluviométriques enregistrés lors de l'événement. Cette figure montre que l'ensemble de la zone touchée par les plus fortes pluies a pu être couverte. Le jeu de données final inclut des estimations de débits sur les trois cours d'eau principaux et une grande partie des petits affluents touchés. Seuls certains petits vallons côtiers n'ont pas pu être couverts, dans le secteur de Cannes et de Vallauris notamment, en raison de la densité du tissu urbain qui n'a pas permis de trouver de sections d'estimation appropriées.

Les débits de pointe obtenus sont présentés de façon synthétique sur les Figure 3 à 5, et détaillés dans le tableau en annexe 1. On ne note pas d'incohérence majeure entre les différentes valeurs estimées.

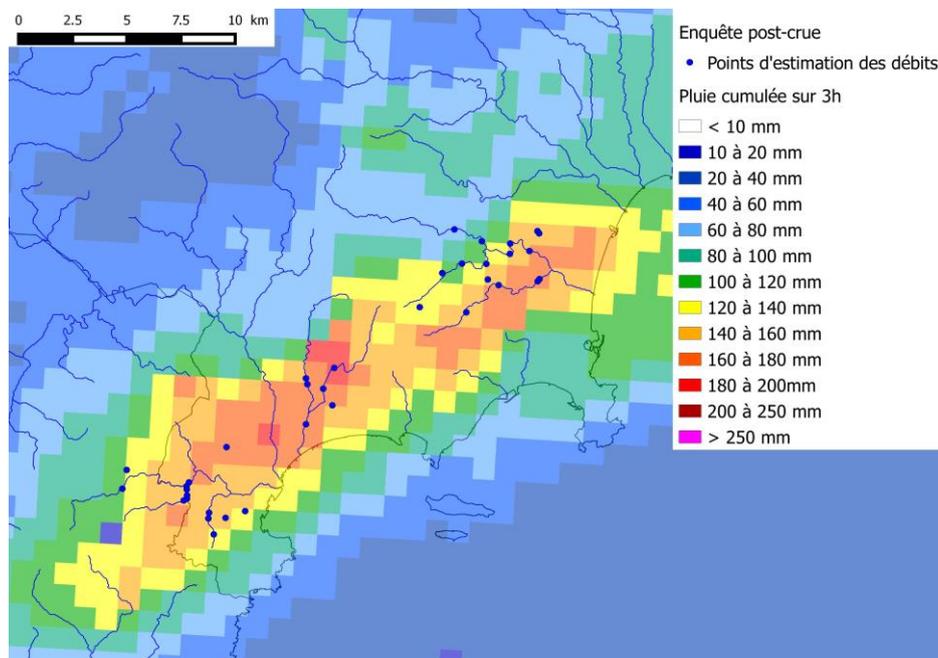


Figure 2. Cumuls de pluie enregistrés sur 3h lors de l'événement (source lame d'eau Panthère, Météo France), et position des points d'estimation des débits de pointe.

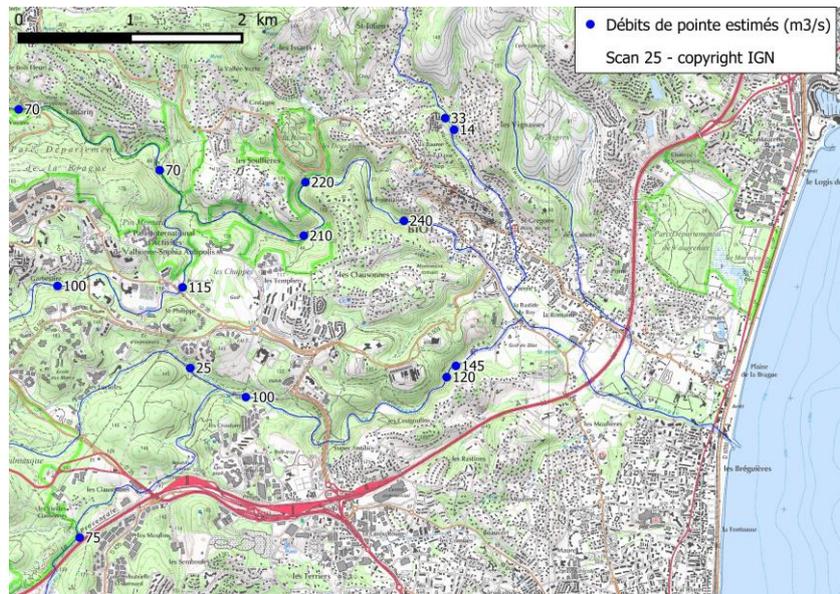


Figure 3. Valeurs des débits de pointe estimés dans le secteur de la Brague.

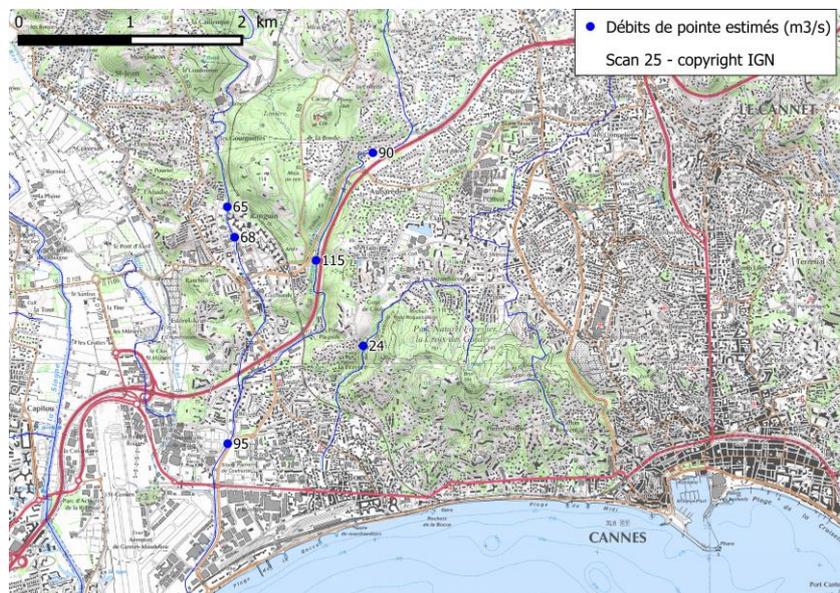


Figure 4. Valeurs des débits de pointe estimés dans le secteur de la Grande Frayere.

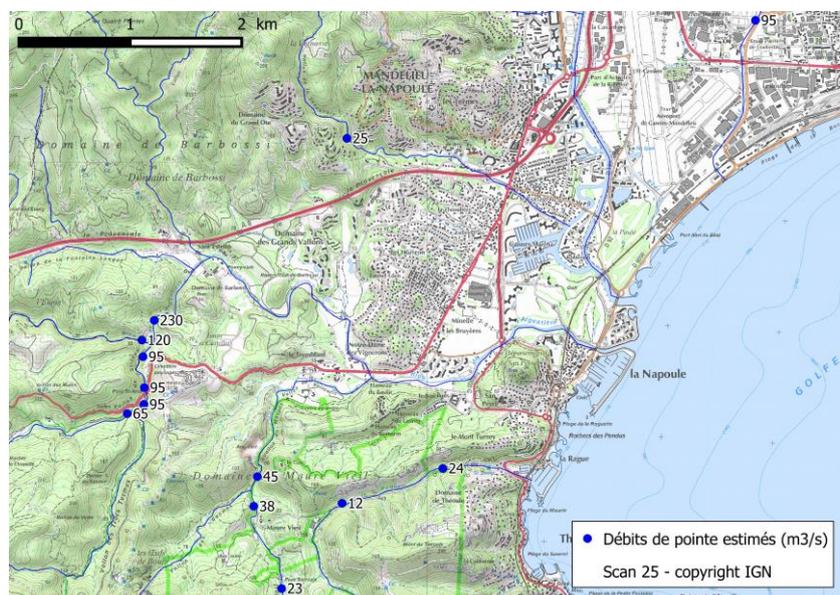


Figure 5. Valeurs des débits de pointe estimés dans le secteur du Riou de l'Argentière.

Ces résultats montrent que des débits très significatifs se sont formés à l'amont des secteurs urbains denses, dans des zones où les bassins restent relativement peu urbanisés. Ces débits sont estimés par exemple à 240 m³/s sur la Brague à l'amont de Biot, 115 m³/s sur la Grande Frayère au passage sous l'A8 (auxquels s'ajoutent 70 m³/s), et plus de 230 m³/s sur l'Argentière à l'amont de Mandelieu. Ces crues formées sur la partie amont des bassins sont à l'origine d'une grande partie des dégâts occasionnés dans les secteurs de Biot, Antibes, Cannes la Bocca et Mandelieu.

Très peu de témoignages ont pu être recueillis concernant l'horaire des pics de crue, l'événement ayant eu lieu en soirée. Néanmoins le caractère très court de l'averse laisse peu de doute de ce point de vue. Le seul horaire indiqué par un témoin ne semble d'ailleurs pas fiable, l'horaire réel du pic de crue étant situé vers 19h30 – 20h00 heure TU (horaire confirmé par les simulations pluie-débit).

4 Comparaison aux courbes enveloppes des débits en région Méditerranéenne

La Figure 6 compare les débits spécifiques estimés à ceux observés lors de plusieurs crues récentes en France, dont celle de juin 2010 sur le bassin de l'Argens dans les Var ainsi que les crues de l'automne 2014 dans l'Hérault et le Gard.

Les débits de la crue d'octobre 2015 se situent logiquement en dessous de la courbe enveloppe, qui est plutôt portée en France par les débits observés sur les cours d'eau des Cévennes. (voir par exemple les débits des événements du Gard et de l'Hérault en 2014, qui sont sensiblement supérieurs à ceux observés en octobre 2015).

A l'aval des bassins versants (surfaces de l'ordre de 20 à 50 km²), les débits des crues d'octobre 2015 se situent dans la même gamme que ce qui a été observé en juin 2010 sur le bassin de l'Argens, soit de l'ordre de 5 m³/s/km². En revanche, sur les têtes de bassins (surfaces inférieures à 10 km²), les débits semblent avoir été sensiblement plus élevés que pour la crue de juin 2010, avec des valeurs atteignant les 15 à 20 m³/s/km².

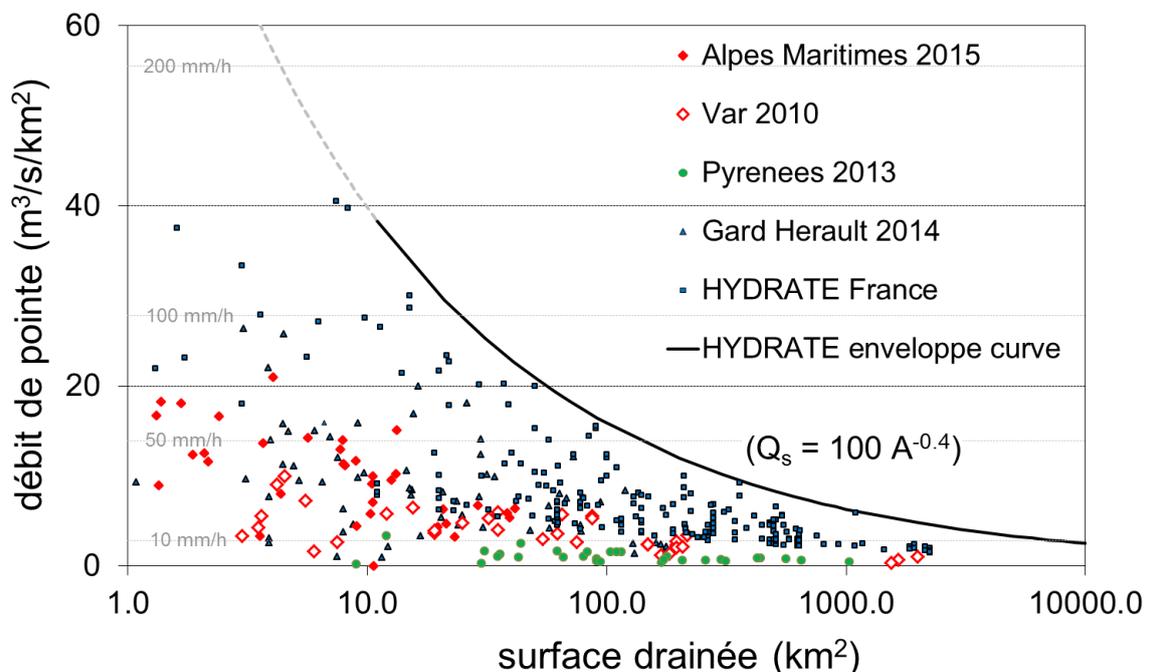


Figure 6. Comparaison des valeurs de débits estimées pour l'événement du 3 octobre 2015 à celles observées lors d'autres événements récents en France (Var 2010, Pyrénées 2013, Gard Herault 2014), et aux courbes enveloppes des débits déterminées lors du projet Européen Hydrate (Gaume et al., 2009).

5 Analyse pluie-débit

Les résultats présentés dans ce paragraphe permettent de confronter les estimations de débits à la pluviométrie enregistrée lors de l'événement. L'analyse menée repose sur une série de simulations pluie-débit, qui permettent d'une part de vérifier l'absence d'incohérence majeure entre les volumes de pluie précipitée et les écoulements, et d'autre part de mieux cerner le rendement d'écoulement des différents bassins versants touchés par l'événement et sa variabilité en fonction des caractéristiques des bassins versants.

5.1 Construction du modèle pluie-débit

Le modèle pluie-débit mis en œuvre est le modèle Cinécar de l'Ifsttar, déjà utilisé à plusieurs reprises pour ce type d'applications (Gaume et al., 2004 ; Delrieu et al., 2005). Ce modèle est distribué et permet donc une représentation fine de la contribution des sous-bassins à la crue. Sa structure reste néanmoins relativement simple, avec une paramétrisation limitée au strict minimum. La topologie du modèle repose sur un découpage du réseau hydrographique en biefs, chaque bief étant alimenté par deux versants (cf. Figure 7). Cette topologie (délimitation et enchaînement des biefs, association des versants aux biefs) est directement déduite d'un MNT dont on extrait le réseau hydrographique pour une surface drainée minimale. Ici, le découpage de la Base Nationale de Bassins Versants du SCHAPI a été repris.

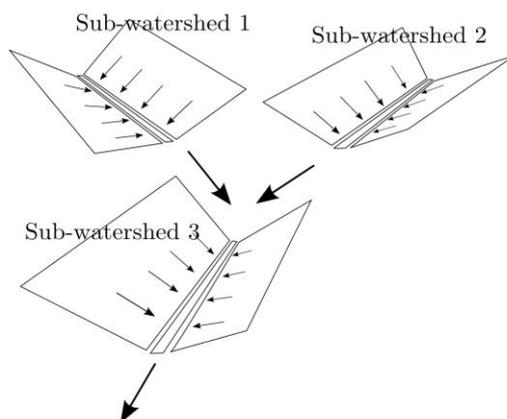


Figure 7. Principe général de fonctionnement du modèle Cinécar

Le transfert des écoulements au sein du réseau de versants et de biefs ainsi constitué est effectué par les équations de l'onde cinématique. L'application de ces équations est simplifiée en faisant l'hypothèse que les biefs ont une section d'écoulement de forme rectangulaire. De cette façon, les paramètres régissant le transfert sont uniquement la largeur et la rugosité K de chaque bief (et versant). Les autres caractéristiques géométriques (pente et longueur des biefs, ainsi que les surfaces et pentes des versants) sont directement tirées du MNT. Les résultats antérieurs obtenus dans la Gard (Thèse de JP Naulin en 2012 et G Le Bihan en 2016) ont montré que pour les cours d'eau amont sujets aux crues rapides, la largeur des biefs peut être estimée sommairement en fonction de l'ordre de strahler, et les rugosités prises constantes, avec des résultats satisfaisants. Pour l'application présentée ici, les largeurs de biefs retenues (lit majeur) varient de 4 à 300 m en fonction de l'ordre de strahler, et les rugosités ont été fixées à 20 pour les biefs et 15 pour les versants.

La partie production du modèle repose pour sa part sur le modèle du SCS avec un calcul différencié sur chaque versant, de façon à rendre compte des hétérogénéités spatiales du forçage pluviométrique. La fonction du SCS représente un fonctionnement des bassins par saturation progressive des sols : le rendement d'écoulement calculé est nul en début d'événement, puis évolue progressivement vers une valeur de 1 en fonction du cumul de pluie observée. La fonction ne comporte qu'un seul paramètre S , qui correspond à la quantité de pluie maximale de pluie absorbée par les sols avant saturation, exprimée en mm. La fonction du SCS s'exprime généralement de la façon suivante :

$$R = \frac{(P - P_0)^2}{(P + S - P_0)}$$

où R est le cumul de pluie écoulée, P le cumul de pluie observée tous deux exprimés en mm, et enfin P_0 correspond à des pertes initiales et est généralement pris égal à $0,2 S$. Le paramètre S est souvent relié à une valeur de curve number CN, à partir de la relation suivante :

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Ainsi un curve number de 100 représente un bassin totalement saturé avec un rendement d'écoulement de 1 dès le début de l'événement ($S=0$ mm). Plus le CN diminue, plus la capacité d'absorption des sols augmente : elle s'élève par exemple à 254 mm pour $CN=50$.

Pour l'application réalisée ici, le paramètre CN (et donc S) a été considéré comme spatialement homogène c'est-à-dire identique sur tous les versants. L'objectif était en effet d'analyser le niveau de réactivité globale de chaque sous-bassin, en faisant varier le CN et en confrontant les résultats de simulations aux débits estimés suite à l'enquête de terrain.

Les valeurs retenues pour les simulations ont été les suivantes : tout d'abord un CN de 100 représentant un bassin totalement imperméabilisé ($S=0$ mm, rendement d'écoulement de 1) ; puis des valeurs de CN de 70, 60, et 50, représentant des capacités d'absorption S respectives de 109 mm, 169 mm, et 254 mm.

5.2 Résultats des simulations

Les résultats complets sont regroupés en annexe 2. La Figure 8 en donne quelques exemples pour chacun des trois bassins touchés.

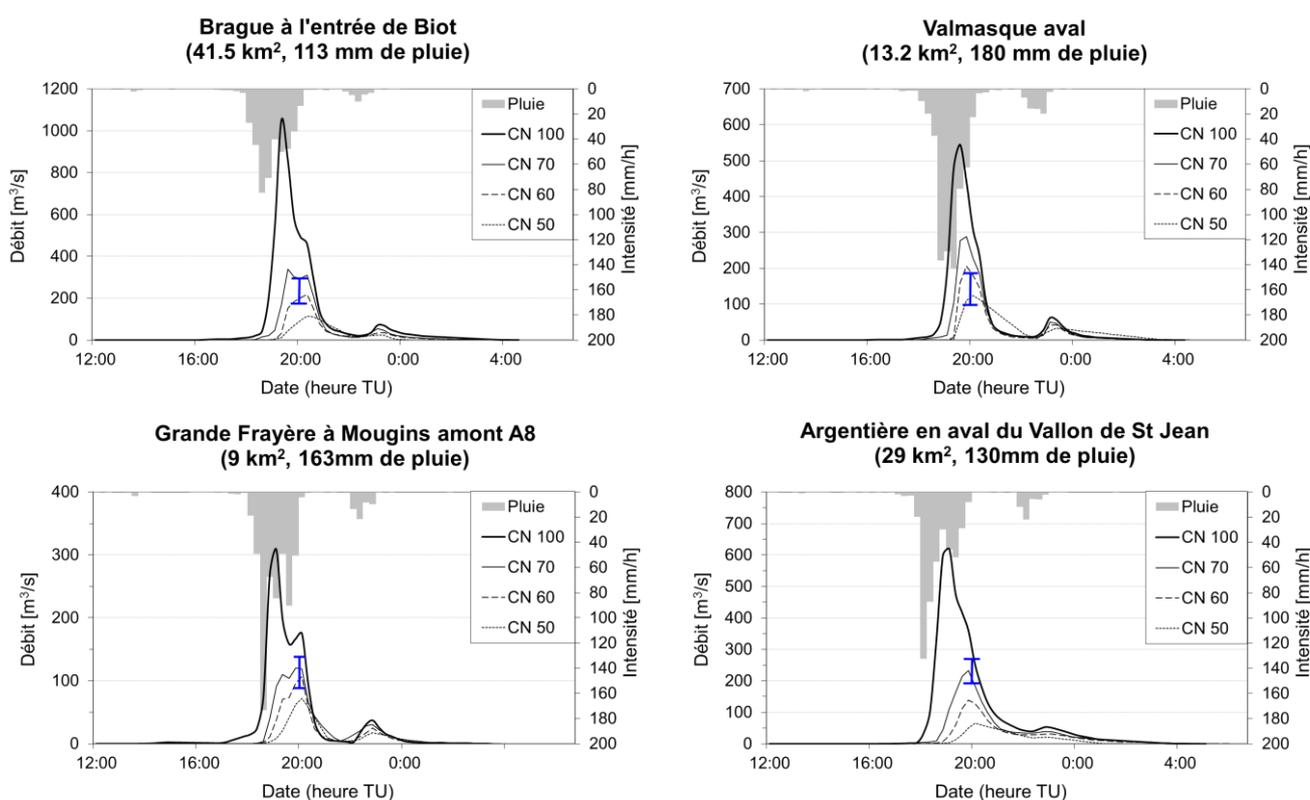


Figure 8. Exemple des résultats de simulations sur les trois principaux bassins touchés par les crues du 3 octobre 2015. Les barres verticales en bleu représentent la gamme des débits estimés d'après les enquêtes de terrain.

Ces résultats illustrent en premier lieu l'absence d'incohérences entre les débits de pointe estimés suite à l'enquête de terrain, et les cumuls de pluie de l'événement (la lame d'eau Panthère de Météo France a été

utilisée ici). Les débits estimés restent par exemple nettement en deçà de ceux simulés pour un CN de 100: les quantités de pluies observées s'avèrent largement suffisantes pour expliquer les valeurs de débits de pointe estimées. Par ailleurs, les valeurs de CN permettant de mieux reproduire les débits observés se situent entre 50 et 70, ce qui illustre des capacités de rétention d'eau significatives (de 100 à 250 mm), assez classiquement observées sur ce type de bassins et d'événement.

Ces résultats illustrent également une relative homogénéité des réactions hydrologiques observées sur les différents cours d'eau touchés. Dans la plupart des cas, les valeurs de CN oscillent entre 60 et 70. On notera par exemple que les deux branches des Frayères, qui présentent des couvertures assez contrastées (la Grande Frayère étant nettement plus urbanisée dans sa partie amont que la Petite Frayère), semblent avoir conservé des réactions hydrologiques très similaires. Seule la Valmasque (affluent de la Brague) semble se distinguer légèrement dans sa partie aval avec des CN situés entre 50 et 60. Toutefois ceci peut être lié à l'incertitude d'estimation des débits.

Enfin, ces résultats confirment que les pics de crue se ont très probablement été observés entre 19h30 et 20h00 suivant les secteurs.

6 Conclusion

L'enquête de terrain conduite suite aux crues du 3 octobre 2015 a permis de disposer d'un jeu de données détaillé sur les débits de pointe atteints sur les différents cours d'eau concernés par l'événement. 36 estimations de débits ont en effet été produites sur l'ensemble de la zone touchée.

Les ordres de grandeur des débits estimés se situent dans la même gamme que ceux observés lors d'autres événements majeurs dans la région, par exemple les crues de La Nartuby et de l'Argens de juin 2010.

La confrontation de ces estimations de débits à la pluviométrie, par le biais d'une série de simulations pluie-débit, illustre la bonne cohérence d'ensemble entre les quantités de pluie observées et les débits de pointe estimés. Les réactions hydrologiques semblent avoir été relativement homogènes sur cet événement avec des valeurs de CN oscillant de 50 à 70 qui constituent des valeurs classiquement observées sur ce type de bassins.

7 Bibliographie

- Delrieu G, Ducrocq V, Gaume E, Nicol J, Payrastré O, Yates E, Kirstetter P-E, Andrieu H, Ayrat PA, Bouvier C, Creutin JD, Livet M, Anquetin A, Lang M, Neppel L, Obled C, Parent-du-Chatelet J, Saulnier GM, Walpersdorf A, Wobrock W. 2005. The catastrophic flash-flood event of 8–9 September 2002 in the Gard region, France: a first case study for the Cevennes-Vivarais Mediterranean Hydro-meteorological Observatory. *Journal of Hydrometeorology*, 6: 34–52.
- Gaume E, Livet M, Desbordes M, Villeneuve JP. 2004. Hydrological analysis of the river Aude, France, flash flood on 12 and 13 November 1999. *Journal of Hydrology* 286: 135–154.
- Gaume E., 2006, Methodological note on post flash-flood investigations, deliverable report D23.2 from the FLOODsite project (<http://www.floodsite.net/default.htm>), 54p.
- Gaume E., Borga M. 2008, Post-flood field investigations in upland catchments after major flash floods : proposal of a methodology and illustrations, *Journal of Flood Risk Management*, 1, pp.175-189.
- Gaume E., Bain V., Bernardara P., Newinger O., Barbuc M., Bateman A., Blaškovičová L., Blöschl G., Borga M., Dumitrescu A., Daliakopoulos I., Garcia J., Irimescu A., Kohnova S., Koutroulis A., Marchi L., Matreata S., Medina V., Preciso E., Sempere-Torres D, *et al.*, 2009, A compilation of data on European flash floods, *Journal of Hydrology*, 367, 1-2, pp 70-78.
- Hauet A., Jodeau M., Le Coz J., Marchand B., Moran A.D., Le Boursicaud R., Dramais G, 2014. Application of the LSPIV method for the measurement of velocity fields and flood discharges in reduced scale model and in rivers. *La Houille Blanche – Revue Internationale de l'Eau*, 3, 16-22, DOI: 10.1051/lhb/2014024
- Lumbroso D., 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

8 Annexes

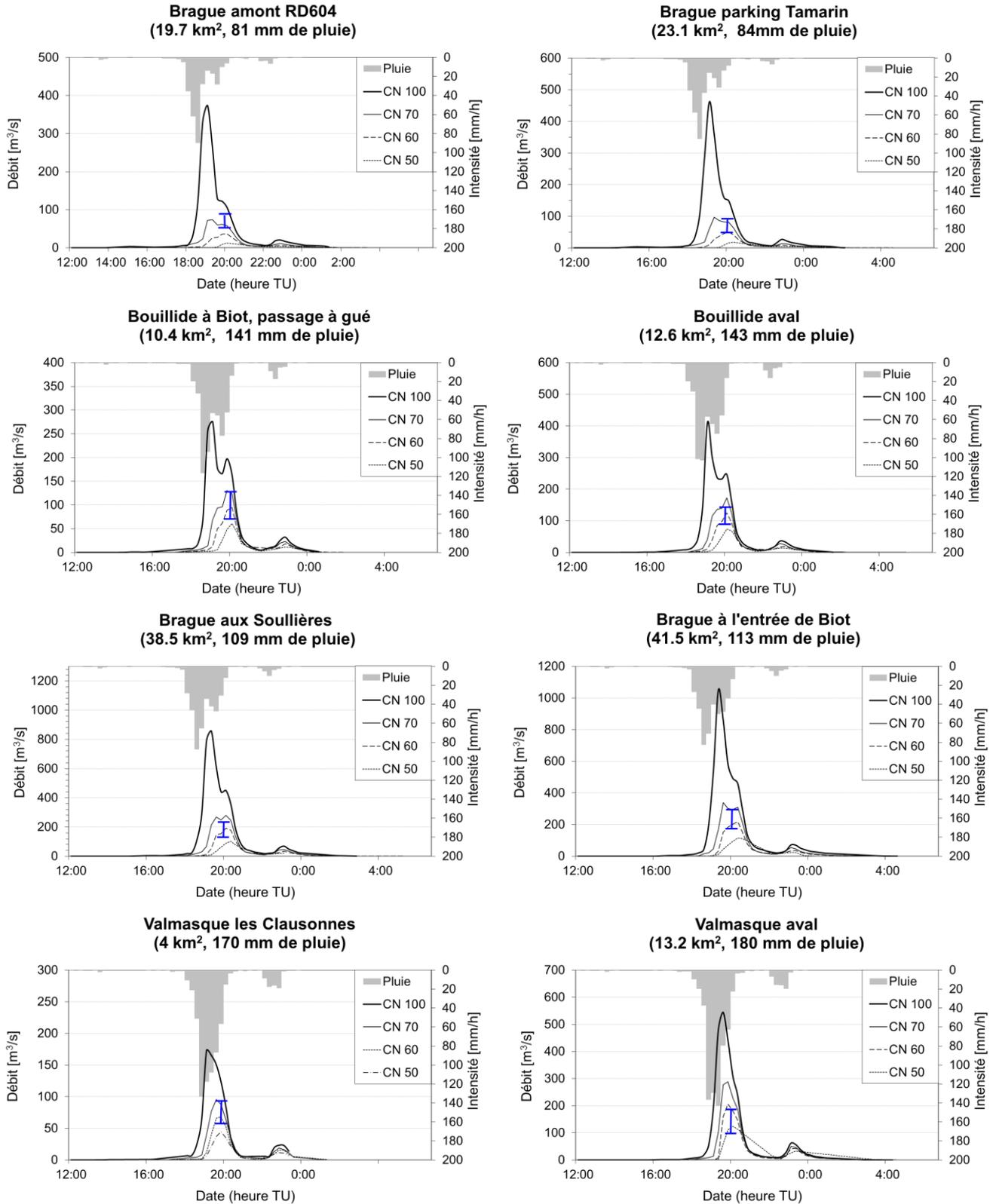
8.1 Tableau récapitulatif des débits de pointe estimés

| Bassin versant | Cours d'eau | Lieu | X (L93) | Y (L93) | Date du pic | Heure du pic (TU) | BV amont (km ²) | Qmin (m ³ /s) | Qp (m ³ /s) | Qmax (m ³ /s) |
|-------------------------|-------------------------|--|---------|---------|-------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Argentière | Argentière | amont confluence avec vallon de Saint Jean | 1014873 | 6277609 | 03/10/2015 | | 20.7 | 100 | 120 | 140 |
| Argentière | Argentière | aval confluence avec vallon de Saint Jean | 1014975 | 6277792 | 03/10/2015 | | 29.0 | 190 | 230 | 270 |
| Argentière | Vallon de Saint-Jean | RD 6007, environ 75 m en amont du pont, aval de la villa | 1014919 | 6277032 | 03/10/2015 | | 7.9 | 65 | 95 | 125 |
| Argentière | Vallon de Saint-Jean | RD 6007, environ 30 m en aval du pont Saint Jean | 1014916 | 6277183 | 03/10/2015 | | 8.0 | 75 | 95 | 115 |
| Argentière | Vallon du Maupas | Mandelieu, ligne droite amont de la carrière | 1015969 | 6276433 | 03/10/2015 | | 3.7 | 35 | 45 | 55 |
| Argentière | Vallon Saint Jean | amont du pont Saint Jean, en amont de la confluence avec vallon des trois Termes | 1014774 | 6276942 | 03/10/2015 | | 5.6 | 50 | 65 | 80 |
| Argentière | Vallon Saint Jean | amont confluence avec Argentière | 1014890 | 6277460 | 03/10/2015 | | 8.1 | 70 | 95 | 120 |
| Argentière | Argentière | avant la confluence avec le ruisseau du Grand Cabrol | 1011923 | 6277349 | 03/10/2015 | | 9.0 | 33 | 40 | 46 |
| Argentière | Vallon du Grand Cabrol | avant la confluence avec le Riou de l'Argentière | 1012078 | 6278227 | 03/10/2015 | | 4.4 | 26 | 33 | 40 |
| La Rague | La Rague | Théoule aval | 1017629 | 6276589 | 03/10/2015 | | 2.1 | 20 | 24 | 29 |
| La Rague | La Rague | Théoule hangar à bateaux | 1016741 | 6276231 | 03/10/2015 | | 1.3 | 9 | 12 | 15 |
| Argentière | Vallon de Maure Viel | Domaine de Maure Vieil | 1015950 | 6276165 | 03/10/2015 | | 2.4 | 25 | 38 | 50 |
| Argentière | Vallon de Maure Viel | Pont Sarrazin | 1016236 | 6275438 | 03/10/2015 | | 1.9 | 18 | 23 | 28 |
| Vallon de la Théoulière | Vallon de la Théoulière | Mandelieu la Napoule, Domaine du Grand Duc | 1016622 | 6279513 | 03/10/2015 | | 1.4 | 20 | 25 | 30 |
| Brague | Brague | en amont RD604 | 1026600 | 6290120 | 03/10/2015 | | 19.7 | 55 | 70 | 85 |
| Brague | Brague | Parking Tamarins | 1027890 | 6289640 | 03/10/2015 | | 23.1 | 50 | 70 | 90 |
| Brague | Brague | Les Soullières passage à Gué | 1029210 | 6289120 | 03/10/2015 | | 38.5 | 170 | 210 | 250 |

| Bassin versant | Cours d'eau | Lieu | X (L93) | Y (L93) | Date du pic | Heure du pic (TU) | BV amont (km ²) | Qmin (m ³ /s) | Qp (m ³ /s) | Qmax (m ³ /s) |
|-------------------|------------------------------|---|---------|---------|-------------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Brague | Brague | à l'entrée dans Biot | 1030100 | 6289300 | 03/10/2015 | | 41.5 | 185 | 240 | 295 |
| Brague | Brague | dans les gorges proche RD4 au niveau du sentier montant à la Rine | 1029200 | 6289600 | 03/10/2015 | | 39.3 | 150 | 220 | 290 |
| Brague | La Bouillide | Biot | 1027029 | 6288557 | 03/10/2015 | | 10.4 | 70 | 100 | 130 |
| Brague | La Bouillide | Mougins, en aval du RD 35, amont du Golf | 1025189 | 6286443 | 03/10/2015 | | 0.8 | 5 | 7 | 9 |
| Brague | La Bouillide | Biot | 1028149 | 6288602 | 03/10/2015 | | 12.6 | 90 | 115 | 140 |
| Brague | La Bouillide - Affluent | | 1026144 | 6288073 | 03/10/2015 | | 3.6 | 9 | 12 | 15 |
| Brague | Le Fugueiret | amont confluence avec Valmasque | 1028255 | 6287883 | 03/10/2015 | | 2.2 | 20 | 25 | 30 |
| Brague | Vallon des combes | Biot, en amont de la retenue, aval du piège à embase | 1030422 | 6290239 | 03/10/2015 | | 1.7 | 26 | 33 | 40 |
| Brague | Vallon des Combes (affluent) | Biot, 50 m amont de la confluence avec le Vallon des Combes | 1030506 | 6290139 | 03/10/2015 | | 0.6 | 10 | 14 | 19 |
| Brague | Valmasque | Biot, sortie des Gorges, 50 m amont de la sablière | 1030632 | 6288025 | 03/10/2015 | | 13.2 | 115 | 145 | 190 |
| Brague | Valmasque | Les Clausonnes, en bordure de l'A8 | 1027343 | 6286313 | 03/10/2015 | | 4.0 | 60 | 75 | 90 |
| Brague | Valmasque | Pont des Harkis | 1028766 | 6287648 | 03/10/2015 | | 10.6 | 80 | 100 | 115 |
| Brague | Valmasque | Biot, dans les Gorges, 250 m amont de la sablière | 1030555 | 6287920 | 03/10/2015 | | 13.2 | 95 | 120 | 140 |
| La Grande Frayère | La Grande Frayère | Cannes | 1020230 | 6280756 | 03/10/2015 | | 21.4 | 75 | 95 | 115 |
| La Grande Frayère | La Grande Frayère | Cannes amont A8, aval locaux SIFRO | 1020940 | 6282440 | 03/10/2015 | | 9.0 | 90 | 115 | 140 |
| La Grande Frayère | La Grande Frayère | La Borde | 1021400 | 6283430 | 03/10/2015 | 21:30 - 22:00 | 7.7 | 70 | 90 | 115 |
| La Grande Frayère | Petite Frayère | Ranguin - Pont à l'amont du collège | 1020200 | 6282610 | 03/10/2015 | | 10.5 | 55 | 68 | 80 |
| La Grande Frayère | Petite Frayère | Ranguin - Terrain de Foot | 1020120 | 6282880 | 03/10/2015 | | 10.3 | 45 | 65 | 80 |
| La Roquebillière | La Roquebillière | Cannes | 1021401 | 6281694 | 03/10/2015 | | 1.3 | 20 | 24 | 28 |

8.2 Graphiques des simulations pluie-débit

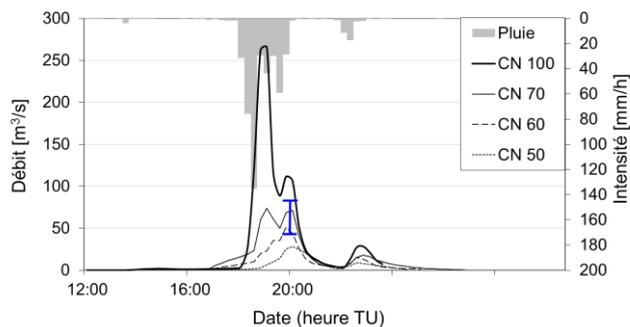
8.2.1 Secteur de la Brague



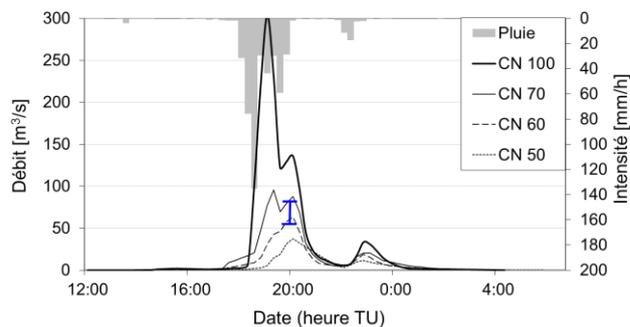
Les barres verticales en bleu représentent la gamme des débits estimés d'après les enquêtes de terrain.

8.2.2 Secteur de la Grande Frayere

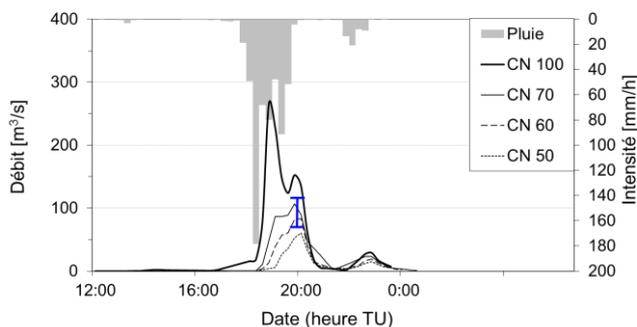
Petite Frayère à Ranguin terrain de foot
(10.3km², 121 mm de pluie)



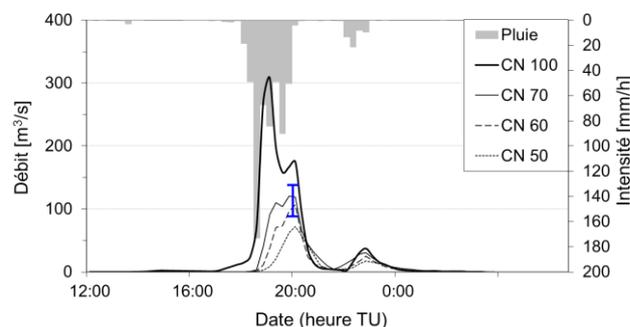
Petite Frayère Ranguin collège
(10.5 km², 121 mm de pluie)



Grande Frayère à Mougins La Borde
(7.7 km², 163mm de pluie)

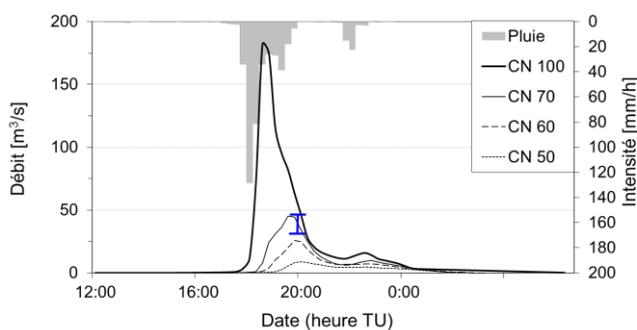


Grande Frayère à Mougins amont A8
(9 km², 163mm de pluie)

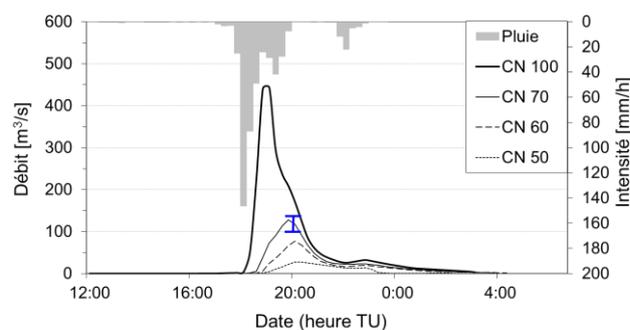


8.2.3 Secteur du Riou de l'Argentière

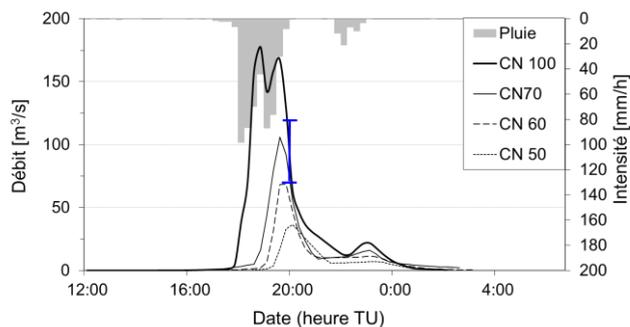
Argentière amont du Grand Cabrol
(9 km², 113mm de pluie)



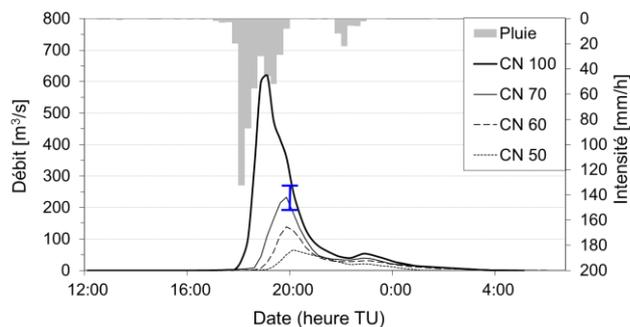
Argentière en amont du Vallon de St Jean
(20,7 km², 125mm de pluie)



Vallon de saint jean aval
(8.1 km², 144 mm de pluie)

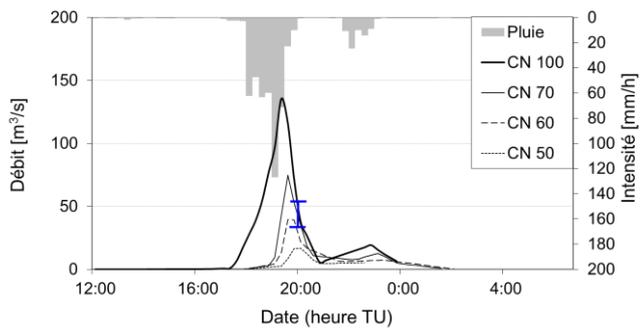


Argentière en aval du Vallon de St Jean
(29 km², 130mm de pluie)



Les barres verticales en bleu représentent la gamme des débits estimés d'après les enquêtes de terrain.

Vallon du Maupas à Mandelieu amont carrière
(4.5 km², 137mm de pluie)



RESUME

Ce rapport présente les estimations de débits effectuées suite aux crues du 3 octobre 2015 qui touché des petits cours d'eau côtiers des Alpes Maritimes (Brague, Grande Frayere, Riou de l'Argentière), et ont causé d'énormes dégâts dans les communes de Biot, Antibes, Cannes, et Mandelieu la Napoule. 36 estimations de débits de pointe ont été produites grâce à une enquête post-crue. Ce jeu de données est présenté puis confronté à la pluviométrie enregistrée lors de l'événement via une série de simulations pluie-débit.

MOTS CLEFS

Crues, inondations, octobre 2015, Alpes Maritimes, débit, pluie.