

## **Crue de septembre 2020 sur le Gardon : illustration du phénomène souvent insaisissable de vague de crue**

*September 2020 flood on the Gardon: illustration of the often-elusive flood wave phenomenon*

**Auteurs :** LABORDA Yann<sup>1\*</sup>, VALANTIN Pierre-Yves<sup>1</sup>, MANNESSIEZ Fabrice<sup>1</sup>,  
DUSSUCHALE Antoine<sup>1</sup>

*\* auteur correspondant*

<sup>1</sup>Pôle Hydrométrie et Prévision des Crues Grand Delta, DREAL Auvergne-Rhône Alpes, 89  
rue Weber, 30907 Nîmes Cedex02

### **Résumé :**

A défaut d'images, les crues subites ou vagues de crues ont été longtemps considérées comme des phénomènes décrits de manière exagérée par les rares témoins les ayant observés. Bien que les hydrogrammes en mesures infra-horaire montraient parfois des gradients très importants, les prévisionnistes restaient circonspects face à de telles dynamiques et remettaient parfois en doute la fiabilité des systèmes de mesure durant les crues les plus extrêmes.

Malgré tout, depuis plusieurs années, le SPC GD a bien pris conscience que des phénomènes de crues rapides (montée de quelques dizaines de cm en moins d'1 heure) pouvaient être observées sur son territoire lors d'orages localisés et de très forte intensité. Il propose d'ailleurs de prévenir de ce risque lorsqu'il passe en vigilance jaune pour risque de crue rapide, généralement sur des situations d'été où la fréquentation en rivière rend la population plus vulnérable aux montées subites si un orage éclate sur l'amont du bassin. Ce n'est qu'en juillet 2013 sur le Toulourenc que le phénomène de crue subite est filmé sur le territoire du SPC GD. Lors du dernier épisode important du 19 septembre 2020 sur le Gardon d'Anduze, le phénomène a pris une ampleur tout autre et fait l'objet de nombreuses vidéos. Il est possible désormais de disposer d'un exemple bien documenté de vague de crue pour améliorer la compréhension du phénomène.

L'article propose une description des cas déjà documentés sur son territoire, met à disposition une première analyse des données hydrométéorologique et détaille le cheminement du SPCGD dans sa démarche à anticiper ce genre de phénomène.

## **1 Introduction**

« Une véritable vague a déferlé sur sa maison et a emporté sa palissade en parpaings... », un habitant du quartier Camplanier à Nîmes (Gard) a subi de plein fouet l'épisode cévenol qui a inondé le département du Gard en octobre 2014. Il raconte le moment où la rivière est sortie de son lit avant de se transformer en torrent aux courants dévastateurs<sup>1</sup>.

Comme l'évoque ce témoignage ci-dessus, les vagues de crues dans les rivières sont des phénomènes parfois observés durant les crues méditerranéennes les plus extrêmes. Jusqu'à peu, elles restaient assez peu documentées et souvent insaisissables. Tout au plus quelques témoins signalaient avoir vu ce type de phénomène. Cependant en l'absence d'images, les propos recueillis étaient souvent assimilés à de l'exagération de la part de ces personnes, souvent traumatisées par les dégâts qu'occasionnent les crues... Lorsque le récit d'un témoin indiquait l'arrivée d'une vague, il était toujours difficile d'imaginer un tel phénomène qui pour certains hydrologues pouvait relever du mythe.

Après quelques recherches, on note que les premières descriptions contemporaines évoquant des phénomènes de vagues sont référencées dans les ouvrages de Pardé et notamment celui de 1919 : « Les phénomènes torrentiels sur le rebord oriental du Massif Central »<sup>2</sup>

Dans cet ouvrage, il est notamment fait cas en page 106... « d'autres part la crue peut, sous l'effet des pluies de la région montagneuse, survenir à l'improviste et débiter par un mascaret... » ou page 109 « l'homme descendit dans la basse-cour pour donner à manger à ses bêtes ; à ce moment arrivait de la montagne une trombe d'eau qui noya le malheureux et tous ses animaux... Partout l'eau ruisselle en nappes, le moindre ravin, la moindre rigole peuvent subitement donner passage à des torrents meurtriers... »

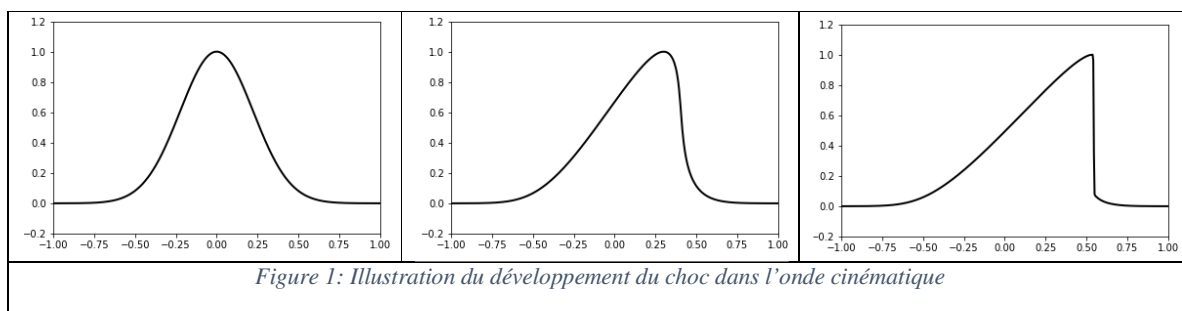
Les termes employés à l'époque pour décrire les phénomènes brutaux observés pendant les crues sur les reliefs cévenols sont finalement assez explicites sur la possible existence de vagues durant les crues.

Hormis les rares témoignages, la mesure hydrologique infra-horaire développée depuis bientôt 20 ans au service de prévision des crues Grand Delta (SPCGD), a permis d'enregistrer des montées brutales des eaux (plusieurs mètres en quelques minutes). Bien que les hydrogrammes parlaient pour eux-mêmes, les prévisionnistes restaient souvent circonspects face à de telles dynamiques et remettaient parfois en doute la fiabilité des systèmes de mesure durant les crues les plus extrêmes. Outre la possibilité d'un défaut capteur, l'origine d'un tel phénomène dans la mesure a parfois été recherchée dans la formation et la rupture d'embâcles principalement au niveau des ponts enjambant la rivière où sont positionnées une majeure partie des stations de mesure ou dû à une manœuvre d'ouvrage<sup>3</sup>. Mais les explications ne furent pas plus probantes que les hypothèses formulées. Les vagues de crues sont donc restées longtemps insaisissables alimentant toute sorte de fantasme ou de théorie.

## 2 Tentative d'explication du phénomène

Du point de vue du physicien, une vague correspond à une onde mécanique qui se propage à l'interface entre la surface de l'eau et l'air. A contrario, la crue rapide s'entend comme une montée de plusieurs dizaines de centimètres en peu de temps et se propageant sur le principe de l'onde cinématique dans le cours d'eau. La compréhension du phénomène en rivière reste donc assez marginale et les cas d'étude se sont concentrés plus sur la problématique en canyon (cf. travaux de Guiseppe Viggiani et Johan Berthet<sup>4</sup>). On y apprend que la formation de ces vagues de crues n'est pas, contrairement aux hypothèses souvent formulées, imputable à une rupture d'embâcle mais plus probablement à la différence entre la vitesse de l'écoulement en basses eaux et la célérité de l'onde de crue.

Dans le cadre de l’onde cinématique En effet, la célérité des ondes de crue est une fonction directe du débit et, par conséquent, les débits plus importants se déplacent plus rapidement que les débits plus petits (notamment en étiage). Cela se traduit par une tendance nette à la pente ascendante de l'hydrogramme, conduisant finalement au développement d'un choc<sup>5</sup>. Ainsi, la montée très rapide des eaux lors d'une crue subite s'apparente à l'arrivée d'une "vague".



Une des conclusions des travaux de Johan Berthet est que ce phénomène se produit donc seulement en début de crue sur des débits de base assez faibles.

Au cours de la dernière décennie, la multiplication des smartphones a permis de filmer ce phénomène sur le territoire du Grand Delta. Ces témoignages sont venus d’une part confirmer l’absence de défaillance dans la mesure automatique ainsi que la pertinence d’une mesure infra-horaire et d’autre part la nécessité de la vigilance jaune pour le risque de crue rapide.

### 3 Retour sur le phénomène observé lors de l’épisode du 19 Septembre 2020

" La vague a submergé tout le camping, c’était un cataclysme, elle a commencé à arriver vers 15 heures avant de redescendre aux alentours de 17h. Fort heureusement à ce moment-là, plus aucun vacancier n’était présent dans le camping, car nous sommes en fin de saison... »<sup>6</sup>

L’exemple de la crue du 19 septembre 2020, dont quelques prises de vues sont présentées ci-après, semble confirmer ce constat et l’ensemble des hypothèses énoncées par ailleurs.

Alors que jusqu’à présent, le phénomène de vague avait été documenté pour des épisodes de montée rapide mais non débordante des eaux, l’épisode du 19 septembre 2020 est venu compléter la panoplie des observations pour les épisodes de plus grande ampleur.

En effet, cet épisode correspond à la première vigilance rouge crue officiellement émise sur un cours d’eau le territoire du Grand Delta. Il a aussi ceci de particulier qu’il est le seul à ce jour où le phénomène de mascaret tel que décrit par Pardé un siècle plus tôt a été filmé d’amont en aval du bassin sur un linéaire de plus de 50 km.



Figure 2: Position des différentes prises de vues lors de la crue du 19 septembre 2020



Figure 3 : Site 3 - Corbès (source : Loïc Puech )



Figure 4 : Site 4 - Pont routier d'Anduze (source : publication sur compte Facebook de Météo-Languedoc)

A l'ère des smartphones et du partage sur les réseaux sociaux, le SPCGD a donc pu récupérer au moins 5 vidéos prises à des endroits différents de la rivière (d'amont en aval) permettant ainsi de voir que sous l'impulsion de fortes précipitations, la vague qui déferle en rivière revêt une puissance et une cinétique assez incroyable sur l'ensemble de son parcours.

L'exemple de la crue du 19 septembre 2020, confirme donc les témoignages et l'existence du phénomène mais donne du sens aux hypothèses énoncées par ailleurs.

Relevés des gradients horaires des stations du Gardon lors de l'épisode septembre 2020

Station	Gradient horaire	Horodatage
Saumane	3,86m	19/09/2020 07 :55
Saint Jean du Gard	3.90m	19/09/2020 09 :45
Anduze	3,70m	19/09/2020 11 :10

#### 4 Le phénomène a-t-il déjà été enregistré auparavant sur le bassin des Gardons ?

Compte tenu que le phénomène de septembre 2020 a été tout d'abord observé juste en aval du bassin versant du Gardon à Saumane et mesuré pleinement à Saint Jean du Gard. Il a été décidé en première intention, d'étudier les chroniques de hauteur sur les stations à l'amont du bassin.

De la chronique de hauteur d'eau, est calculé le gradient horaire glissant au pas de temps 5 min. Il est alors possible d'évaluer les élévations brutales du plan d'eau lors d'épisodes à forte cinétique.

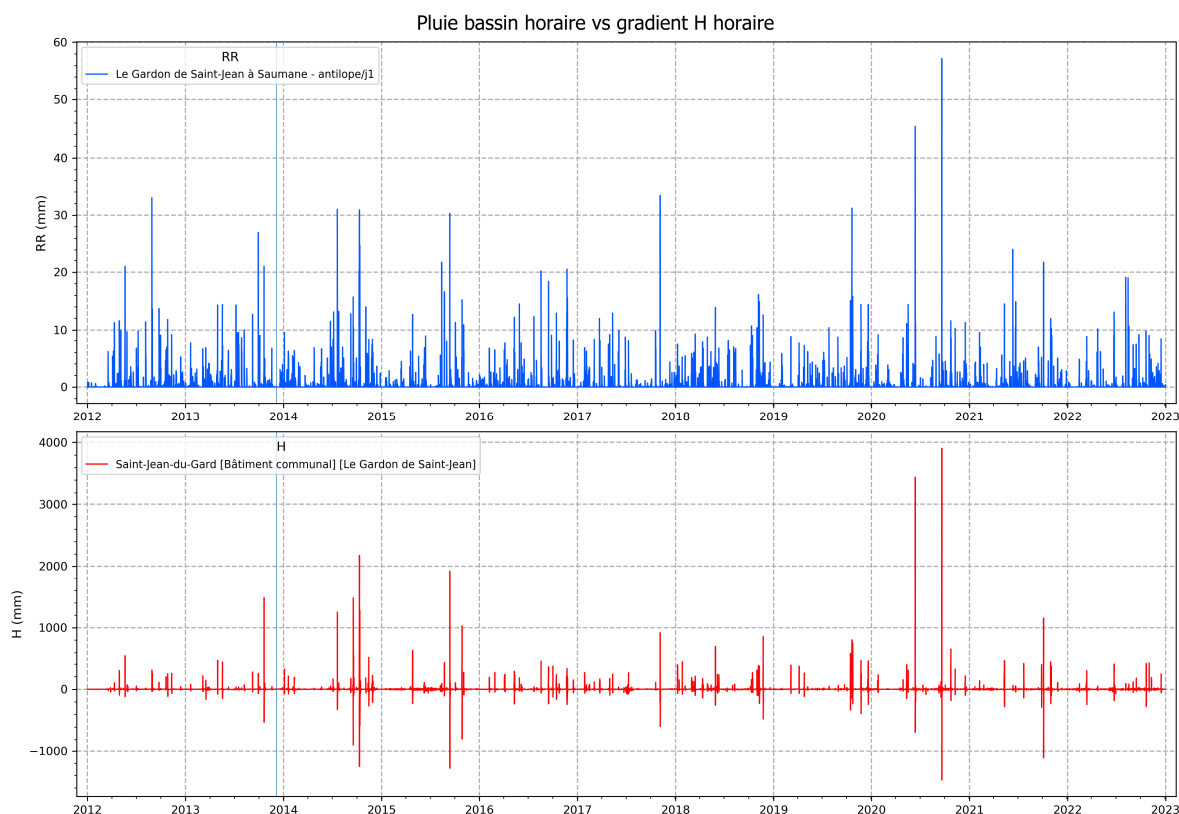


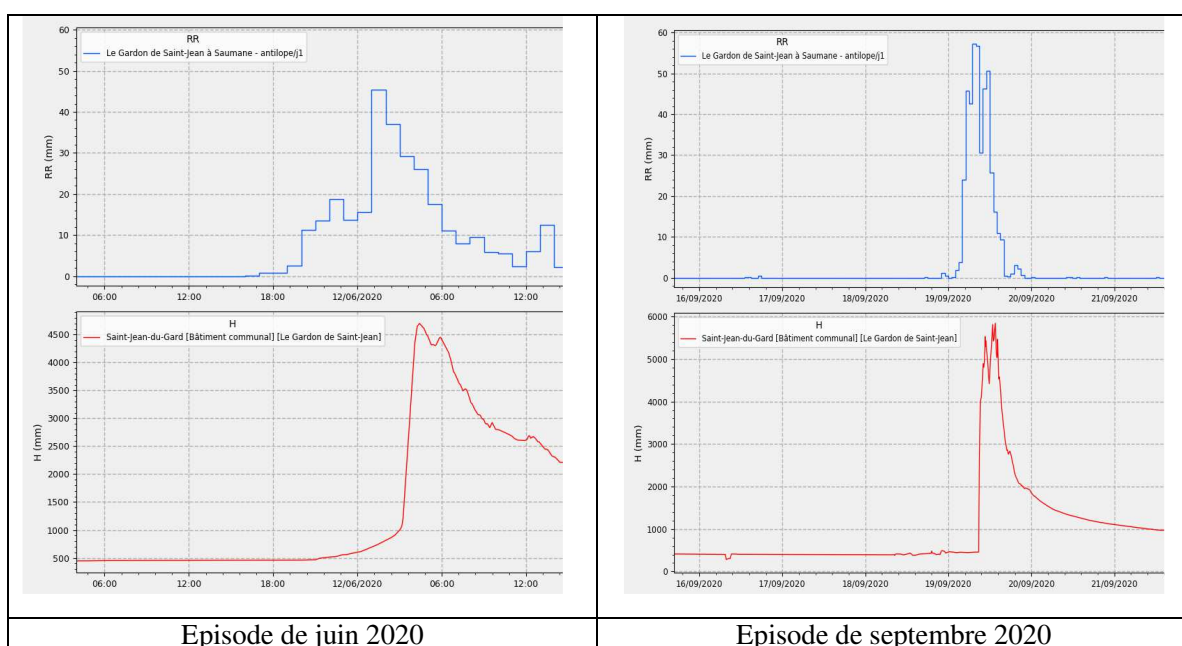
Figure 5 : Chronique des pluies de bassin horaire à Saumane versus gradient horaire de Saint Jean du Gard

Il en ressort en synthèse le relevé des 5 premiers gradients max horaires historiques par stations :

Station	Gradient maximum horaire	Horodatage
Saumane	4,58m	12/06/2020 02 :50
	3,86m	19/09/2020 07 :55
	2,90m	12/09/2015 18 :50
	2,51m	10/10/2014 20 :55
Saint Jean du Gard	2,17m	12/10/2014 11 :40
	3.90m	19/09/2020 09 :45
	3,4m	12/06/2020 04 :10
	2,2m	10/10/2014 21 :50
	1.9m	12/09/2015 20 :15
	1,48m	17/09/2014 18 :05

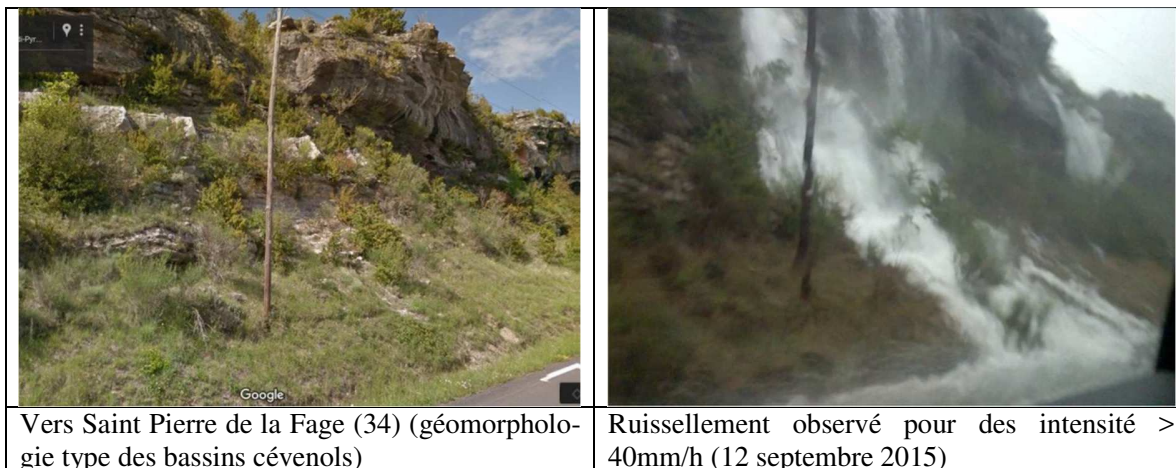
On constate clairement que sur les 10 dernières années, les caractéristiques hydrométéorologiques qui ont induit le phénomène restent très exceptionnelles. En effet le cumul horaire maximum de la pluie de bassin est supérieur à 50mm. Seul l'épisode de juin 2020 a des caractéristiques proches mais sur ce dernier, aucun témoignage de vague n'a été recensé. Le gradient à Saumane fut plus important mais pas à Saint-Jean du Gard.

La comparaison des hydrogrammes de crues à la station de Saint-Jean du Gard confirme une dynamique différente en début d'épisode. En effet, sur l'épisode de juin 2020, bien que le gradient de hauteur d'eau soit important, la pluie est moins intense durant les premiers pas de temps de l'épisode. On enregistre 6h de pluie avec des intensités moyennes horaires inférieures à 20mm. Cela induit une réaction moins brutale en début de crue. Sur l'épisode de septembre 2020, très vite les intensités moyennes horaires deviennent importantes et dépassent les 40mm/h.





A ces intensités, les phénomènes de ruissellement sont prépondérants et les pentes du bassin favorisent une concentration rapide des écoulements. La confrontation entre ces volumes d’eau importants arrivant brutalement en rivière et le régime hydraulique initiale de type étiage semblent selon la théorie favoriser l’apparition de choc cinétique.



## 5 Une prise en compte implicite du phénomène dans la vigilance crue dès 2006

Avec la mise en place de la vigilance crue, le SPCGD et le réseau de la prévision des crues avait bien pris conscience que des phénomènes de crues rapides existaient. En effet, dès 2006, la définition de la vigilance jaune crue indique, en conséquence possible, le risque pour certains cours d’eau de connaître une montée rapide des eaux. Cette notion a été précisée dans la dernière note technique de la vigilance en mentionnant qu’une montée rapide est définie par un accroissement de hauteur d’au moins 80cm en moins d’une heure<sup>7</sup>.

Au regard de cette définition et devant l’incertitude de la réaction des cours d’eau à cinétique rapide de son territoire durant les forts orages localisés, le SPCGD a parfois émis des vigilances jaunes pour risque de montée rapide des eaux. L’idée était de prévenir les personnes occupant le lit de la rivière d’un risque de montée rapide pouvant impacter les activités nautiques, sans toutefois que des débordements aient lieu.

Dans les premières années de la vigilance crues, lors de situation pluvio-orageuse durant la période estivale, le SPCGD a généralement émis des vigilances jaune pour risque de montée rapide si les précipitations prévues remplissaient les critères minima de l’abaque pour un passage en vigilance crue jaune. Ainsi il est généralement retenu sur les bassins rapides du territoire les critères suivants :

- Zone en Avertissement Précipitations de la part de Météo-France (critères de cumuls ou d’intensités horaires)
- Description de l’épisode attendu indiquant une situation orageuse
- Un minimum de 60mm en loc max sur la zone (quelles que soient les conditions d’humidités des sols)

## 6 Du déjà vu sur d’autres bassins

Ce n’est que le 17 juillet 2013 sur le Toulourenc que le phénomène de crue subite est filmé<sup>8</sup> une première fois sur le territoire du SPC GD.

Ce jour-là, Météo-France mettait le Vaucluse en AP avec une lame d’eau attendue sur la zone d’en moyenne de 3mm à 10mm et en maximum ponctuel de 40mm à 60mm.

Le prévisionniste de Météo-France indiquait par ailleurs dans son BP :

« Temps orageux ... Orages ponctuellement forts dans l’intérieur...selon les secteurs, 20/40 à 40/60 mm possibles sous les cellules orageuses les plus fortes, en des temps très courts... Les zones AP rattachées au Vaucluse et aux Alpes de Haute Provence semblent particulièrement exposées... ces zones ont été placées en AP... »<sup>9</sup>

Conformément à la doctrine mise en place au SPCGD, la situation laissait donc présager un risque de montée rapide des eaux et une vigilance jaune a donc été émise pour la carte de vigilance du 17 juillet à 16h avec le commentaire suivant :

« Des orages vont éclater un peu partout sur le territoire du Grand Delta. C'est sur le secteur du Vaucluse que ces derniers devraient être les plus intenses et donc susceptibles de provoquer des élévations rapides des niveaux d'eau sans toutefois provoquer des débordements. La prudence est donc conseillée pour les activités nautiques sur ces cours d'eau. »<sup>10</sup>

L’anticipation du phénomène a été assez faible puisque la vigilance a été publiée à 16h et la vague de crue filmée sur le Toulourenc en amont du secteur réglementaire vers 19h30. Cependant les critères n’étaient réunis qu’au moment de la production de la carte de 16h.

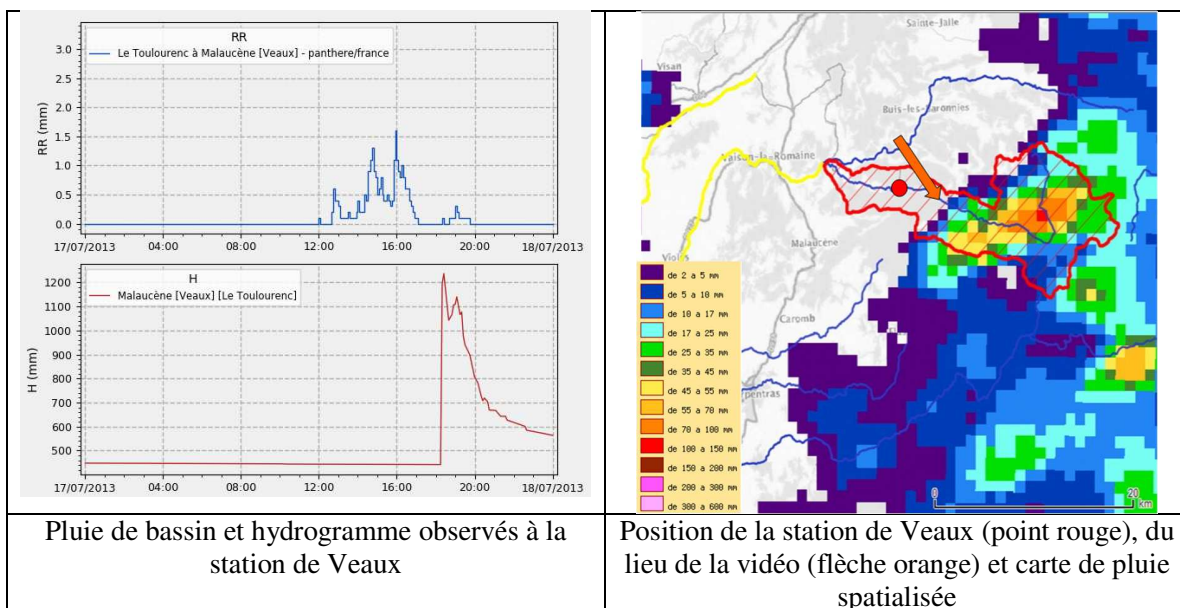


*Prise de vue en amont du pont de Veaux de la crue du Toulourenc (images espacées de 5 secondes)*

Cet épisode a été révélateur pour l’activité opérationnelle du SPCGD puisqu’il :

- confortait les prévisionnistes dans la démarche d’information et de vigilance face à l’existence possible de montées rapides mais non-débordantes des eaux ;
- démontrait la pertinence de prendre en compte le loc max des pluies prévues dans l’analyse de la vigilance même en cas de lame d’eau faible à l’échelle du bassin ;
- validait une première fois les critères établis de manière empirique.





Il est cependant important de noter que :

- une montée rapide des eaux n'est pas systématiquement associé à l'observation d'une vague de crue comme illustrée jusqu'alors.
- qu'il est nécessaire de spécifier que la vigilance jaune pour risque de montée rapide des eaux sur le cours d'eau surveillé doit s'entendre pour tous le bassin (yc les affluents plus petits et plus propices à l'observation de ces phénomènes).

De ce fait le commentaire généralement associé à cette vigilance est souvent formaté comme suit :

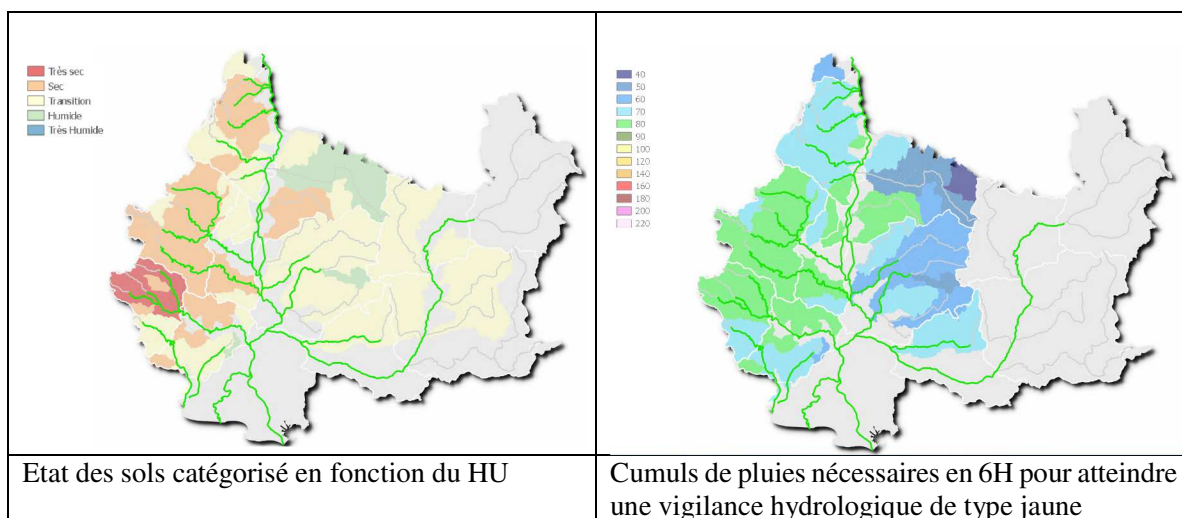
« Sous les intensités les plus importantes ces pluies pourront localement entraîner des phénomènes de ruissellement, des réactions rapides des cours d'eau voire quelques débordements non dommageables sur les tronçons placés en vigilance et leurs affluents. Les routes / passages à gué potentiellement submersibles peuvent devenir impraticables. »

Ainsi, les vigilances sur le risque de réactions rapides des cours d'eau peuvent donc inclure in fine la possibilité d'apparition de vague de crue (même si cela est encore difficile d'anticiper leur probabilité de formation).

## 7 Amélioration des outils pour anticiper ces phénomènes

Au fur et à mesure des retours d'expérience, il est devenu évident que les conditions initiales du bassin influençaient l'application de cette simple règle. Hormis la problématique liée à la prévision des phénomènes orageux, il n'était pas rare d'observer des fausses alarmes alors que les observations pluviométriques restaient conformes aux prévisions. La localisation, l'intensité ou la surface des pluies les plus fortes sont certes une source d'incertitude non maîtrisable dans la méthode mais un des paramètres jusqu'alors non pris en compte et pouvant améliorer le processus était l'état initial du sol.

L’humidité initiale des sols calculé par la chaîne SIM et représentée par le paramètre HU est donc venue moduler l’utilisation de l’abaque et l’adapter au profil saisonnier des crues. Ces abaques ont donc été testés, améliorés et validés sur une base événementielle recensant l’ensemble des épisodes pluvieux ayant touché le Grand Delta depuis 2001 et permettent désormais de connaître la sensibilité hydrologique de chaque bassin au regard de l’humidité des sols selon le niveau de vigilance et donc d’affiner le passage en vigilance jaune pour risque montée rapide et de discrétiser les sous-bassins potentiellement les plus à risque.



## 8 Perspectives

Au regard des données accumulées par le SPC Grand Delta sur ces phénomènes et les outils développés pour tenter d’anticiper sa survenue, il serait intéressant que la communauté scientifique poursuive les travaux afin d’explorer plus finement les conditions d’apparition et les processus physiques qui le pilotent.

A ce jour, il est évident que l’intensité des pluies infra-horaires doivent jouer un rôle prépondérant dans les mécanismes d’apport de volume d’eau important en rivière (ruissellement), mais que les conditions initiales d’écoulement doivent être toutes aussi importantes pour créer ce choc cinétique et le propager.

## 9 REMERCIEMENTS

Le Service de Prévision des Crues Grand Delta remercie toutes les personnes qui filment et partagent leur vidéo de crue sur les réseaux sociaux. Celles-ci sont toujours riches d’enseignements pour la compréhension des phénomènes. Il rappelle toutefois que les crues cévenoles sont mortelles et qu’il est préférable de penser en priorité à sa sécurité et de ne pas prendre de risques inutiles pour réaliser ce genre de vidéo.

## 10 REFERENCES

- 1 M. de Martignac, V. Mongaillard (2014), Interview filmée d'un habitant, site internet du journal le Parisien, <https://www.leparisien.fr/video/inondations-a-nimes-une-vague-qui-casse-tout-10-10-2014-4203507.php>
- 2 Maurice Pardé (1919) Les phénomènes torrentiels sur le rebord oriental du Massif Central. In: *Recueil des travaux de l'institut de géographie alpine*, tome 7, n°1, 1919. pp. 1-199. DOI : <https://doi.org/10.3406/rga.1919.4736>
- 3 Estelle Devic (2013), « Crue de l'Agly : la vague ne viendrait pas du barrage », Journal l'indépendant : <https://www.lindependant.fr/2013/03/13/crue-de-l-agly-la-vague-ne-vient-pas-du-barrage,1735362.php>
- 4 Giuseppe Viggiani (2022) The elusive topic of rainfall-induced surge waves in rivers: lessons from canyon accidents, *International Journal of River Basin Management*, 20:1, 17-31, DOI: [10.1080/15715124.2020.1760291](https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1760291)
- 5 Christophe Ancey (xxxx), cours d'hydraulique à surface libre, Chapitre 2 : ondes de crue et inondations, page 71-78, <https://lhe.epfl.ch/cours/masterGC/chapitre2.pdf>
- 6 Joane Meriot (2020), France 3 Occitanie, Interview du propriétaire du camping le Mas des Chênes à Lezan, Joane Meriot, publié le 21/09/2020 à 13h02, :  
<https://france3-regions.francetvinfo.fr/occitanie/gard/nimes/inondations-gard-vague-submerge-c-etait-cataclisme-temoigne-directrice-du-camping-lezan-1875850.html>
- 7 Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires (2023), Note technique du 18 janvier 2023 relative à la production opérationnelle de la vigilance crues ; TREP2301553N abrogeant la précédente note NOR : DEVP1420791N
- 8 Igor Petrowski (2013), vidéo youtube de la crue du Toulourenc du 17 juillet 2013
- 9 Météo-France (2013), Bulletin de précipitations de la DIRSE du 17 juillet 2013 13:38, 201307170719\_AP\_BP\_CMIRSE\_20130717\_0519.pdf
- 10 Service de Prévision des Crues du Grand Delta (2013), Bulletin d'information de la vigilance crue du 17 juillet 2013 16H sur le SPCGD (GAR\_17072013\_16\_01 )