

# VIGILANCE JAUNE MONTEE RAPIDE : FACE AUX DIFFICULTES D'INTERPRETATION ET DE MISE EN OEUVRE, UN EXEMPLE DE PRATIQUE OPERATIONNELLE

Sylvain CHESNEAU <sup>(1)</sup>, Romain GALLEN <sup>(1)</sup>

Yan LACAZE<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>DREAL Nouvelle-Aquitaine, Service des Risques Naturels et Hydrauliques, Cité administrative rue Jules Ferry - Boite 55 - 33090 Bordeaux Cedex, France - e-mail: [sylvain-p.chesneau@developpement-durable.gouv.fr](mailto:sylvain-p.chesneau@developpement-durable.gouv.fr)

Lorsqu'un phénomène de montée rapide des eaux susceptible de surprendre les usagers des cours d'eau est prévu alors que les niveaux des premiers débordements ne seront pas forcément atteints, les Services de Prédiction des Crues peuvent placer des tronçons en vigilance jaune dite « vigilance Jaune Montée Rapide ». A défaut de critères quantitatifs, nous cherchons à caractériser les événements qui entrent dans le périmètre de cette vigilance, faisant notamment le constat qu'il sortent souvent du cadre de la prédiction hydrologique classique. Les situations orageuses principalement à l'origine de cette vigilance sont difficiles à prévoir, aussi bien dans leur intensité, localisation et extension spatiale. Elles sont confrontées, par l'intermédiaire du maximum local de précipitations prévu par Météo France sur une zone, aux montées rapides détectées sur le réseau hydrométrique. Le meilleur compromis fausses alertes – alertes manquées fixe le critère chiffré de déclenchement de cette vigilance pour permettre une pratique opérationnelle homogène au sein du SPC Gironde Adour Dordogne.

**MOTS CLEFS** : montée rapide, vigilance, orages, fausse alerte, alerte manquée

## *Yellow vigilance for rapid rise in water levels : an operational practise facing interpretation and implementation difficulties*

When a rapid rise in water levels is forecasted, able to surprise the river users whereas the overflow level won't be hit, the french flood forecasting services can alert institutional partners and citizens by way of the yellow vigilance for rapid rise in water levels. We have no numerical definition for that kind of vigilance, we're looking for common points between several events belonging to that category. The classic forecasting tools are often unsuitable facing the meteorological situations that generates those rapide rises. They are mainly storms with localization, severity and spatial extension hard to forecast. Those situations are faced with the rapid rises observed in the different rivers of the catchments in order to find the better compromise between false alarm and missed alarm. This numerical criterion offers the Gironde Adour Dordogne flood forecasting service a uniform practice for that exercise.

**KEY WORDS** : rapid rise, vigilance, storms, false alarm, missed alarm

## I INTRODUCTION

La vigilance pour les crues caractérise un niveau de vigilance approprié pour les 24 heures à venir (sur les mêmes principes que la vigilance météorologique) pour un certain nombre de cours d'eau dits "surveillés" du territoire français métropolitain. Il s'agit d'une vigilance multi-critères qui s'appuie en premier lieu sur le franchissement de différents seuils de hauteur en lien avec les enjeux touchés par des inondations. En cas de prédiction de crue proche d'un seuil, d'autres critères peuvent être pris en compte pour placer ou non un tronçon en vigilance, comme la durée de la crue, la fréquentation saisonnière du cours d'eau ou la vitesse de montée des eaux par exemple.

Les Services de Prédiction des Crues (SPC), et avant eux les Services d'Annonce de Crues (SAC) ont souvent développé des connaissances d'enjeux spécifiques, souvent saisonnier, d'usages du cours d'eau exposés à des risques de montée de celui-ci. Il s'agit souvent d'une connaissance partielle, les enjeux pouvant être particulièrement isolés ou éphémères. Malgré cela, les SAC puis les SPC se sont toujours efforcés de répondre aux besoins des ces riverains et usagers des cours d'eau en identifiant, parmi tous les tronçons surveillés, ceux particulièrement sensibles à une montée rapide des eaux. L'aspect multi-critères de la

vigilance était alors exploité pour transmettre, par le biais d'une vigilance jaune, les informations utiles aux partenaires institutionnels ainsi qu'au grand public, sans véritable cadre ou objectifs fixés.

En 2015, une note technique [Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, note technique du 20 février 2015 relative à la production opérationnelle de la vigilance crues] a précisé cette notion de vigilance jaune pour montée rapide. Celle-ci est désormais introduite dans un texte officiel et nous verrons dans la première partie de ce travail que sa mise en oeuvre opérationnelle est délicate puisqu'elle peut être interprétée et déclinée de façon hétérogène au sein d'un même SPC, ici le SPC Gironde Adour Dordogne (SPC GAD).

Face à cette difficulté de mise en oeuvre, nous proposons ensuite une méthode pour définir des critères de déclenchement de la vigilance jaune pour montée rapide, partagée par les prévisionnistes du SPC GAD. Ce travail s'est aujourd'hui concrétisé par une consigne opérationnelle de déclenchement de cette vigilance sur le territoire du SPC.

## **II DEFINITION ET INTERPRETATION DE LA VIGILANCE JAUNE POUR MONTEE RAPIDE**

### **II.1 Une définition officielle en réponse à un besoin précis**

La notion de vigilance jaune pour montée rapide est décrite dans la note technique du 20 février 2015 relative à la production opérationnelle de la vigilance crues. L'extrait qui la concerne est repris intégralement dans les quelques phrases suivantes :

*Plusieurs SPC ont identifié des tronçons de vigilance concernés par le phénomène de montée rapide des eaux, susceptibles de surprendre les usagers des cours d'eau (pêcheurs, canoéistes...), alors que les niveaux de premiers débordements ne seront pas forcément atteints. Lorsqu'un tel phénomène est prévu dans les prochaines 24 heures, le SPC place les tronçons concernés en vigilance jaune dans la mesure où il est important de signaler au public qu'une vigilance est requise (on sort du cadre du niveau vert ne nécessitant pas de vigilance particulière). Les tronçons concernés par cette problématique sont identifiés dans les RIC par un logo spécifique : Lors d'un passage en jaune de ce type de tronçon, le bulletin du SPC publié sur le site vigicrues devra donc préciser si la cause est une prévision de montée rapide ou d'atteinte des niveaux de premiers débordements ou encore les deux.*

Le cadre de cette vigilance jaune montée rapide tel qu'il est posé dans la note technique laisse donc la possibilité aux prévisionnistes de crue de communiquer, par le biais d'une vigilance jaune, sur un phénomène prévu qui présenterait les caractéristiques suivantes :

- montée rapide
- susceptible de surprendre les usagers ou riverains du cours d'eau
- débordant ou non débordant

#### *II.1.1 Rapide*

Chaque usager ou riverain d'un cours d'eau est en mesure de définir, selon son expérience et ses intérêts, ce qu'il considère être une montée rapide. Mais face à la grande diversité des enjeux exposés, des bassins versants et de leur hydrologie, il n'existe pas de critères quantitatifs (gradient de montée ou vitesse de l'écoulement par exemple) permettant de définir avec précision la montée rapide d'un cours d'eau.

#### *II.1.2 Surprendre les usagers ou riverains du cours d'eau*

Les activités saisonnières sont souvent associées à la vigilance jaune montée rapide, suggérant ainsi de limiter son application aux périodes de printemps et d'été. Cette restriction préjuge d'une connaissance fine de l'intégralité des usages du cours d'eau, particulièrement illusoire.

#### *II.1.3 Débordant ou non débordant*

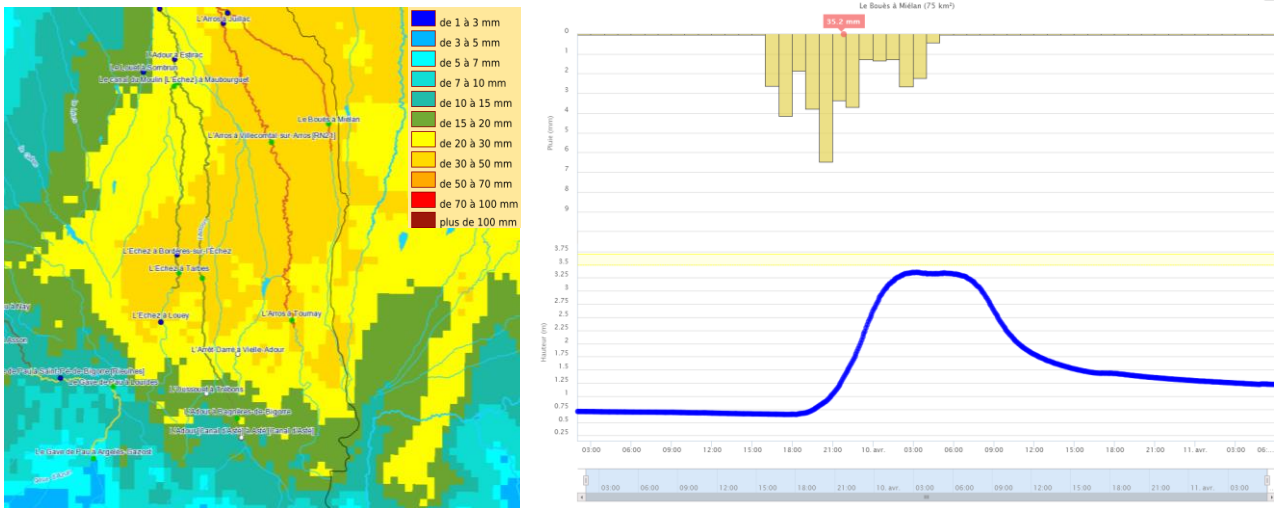
Dans le cadre de la vigilance jaune pour montée rapide, le caractère débordant de la crue attendue ne constitue plus un critère de déclenchement. Communiquer sur cet aspect de l'événement attendu pour compléter l'information contenue dans la seule couleur de vigilance présuppose qu'une prévision chiffrée est possible, c'est-à-dire que le SPC dispose d'un ou plusieurs outils adaptés aux situations génératrices de montées rapides. Nous verrons par la suite qu'il est souvent difficile pour le SPC GAD de prévoir le caractère débordant ou non dans le cadre de cette vigilance pour montée rapide, y compris pour des événements qui atteignent le niveau orange (voir exemple au II.2.2).

## II.2 Cette définition face à quelques événements hydrométéorologiques

Il s'agit ici de questionner le cadre de la vigilance jaune pour montée rapide tel qu'il est décrit plus haut, à travers trois exemples récents. Ceux-ci illustrent les difficultés rencontrées au SPC GAD pour bien définir le périmètre des événements "éligibles" à cette vigilance.

### II.2.1 Cas d'une montée pouvant être jugée rapide, susceptible de surprendre les usagers du cours d'eau et non débordante

Le cas présenté ci-dessous (figures 1 et 2) concerne un cours d'eau surveillé à l'extrême est du bassin versant de l'Adour, le Bouès et sa station de suivi réglementaire Miélan. La vigilance aux crues y est établie la plupart du temps à partir des résultats du modèle hydrologique global GRP développé par l'IRSTEA [Tangara, 2005 ; Berthet, 2010], calé sur ce bassin, et dont les résultats sont jugés satisfaisants.



Figures 1 et 2 : lame d'eau Antilope 24 heures du 10 avril 2018 à 12h sur le bassin du Bouès à Miélan notamment, limnigramme et pluie de bassin associée (Antilope) à la station de Miélan.

Au cours de la nuit du 9 au 10 avril 2018, une dégradation pluvio-orageuse en provenance d'Espagne touche le bassin du Bouès pour constituer une lame d'eau précipitée relativement uniforme sur le bassin de l'ordre de 35 mm. Les prévisions de précipitation étaient comprises entre 15 et 30 mm sur ce bassin et les prévisions hydrologiques associées (voir figure 3) issues du modèle GRP ne faisaient pas état de débordements à prévoir (prévisions inférieures au niveau de vigilance jaune).

Bien qu'inférieures au niveau estimé des premiers débordements sur ce tronçon, les prévisions ont conduit les prévisionnistes à déclencher une vigilance jaune pour montée rapide, jugeant que les deux premiers critères étaient réunis : un gradient de hauteur attendu pouvant atteindre plus de 2m en 8 heures et un phénomène susceptible de surprendre d'éventuels usagers du cours d'eau.

Dans ce genre de situations, où le recours à un modèle hydrologique global est pertinent et ainsi, la prévision chiffrée, même incertaine, envisageable, il est possible d'estimer une variation de hauteur à venir. Or en l'absence de définition chiffrée de la montée rapide, la mise en vigilance jaune montée rapide est laissée à la seule appréciation des prévisionnistes d'astreinte à ce moment-là en l'absence de consignes supplémentaires.

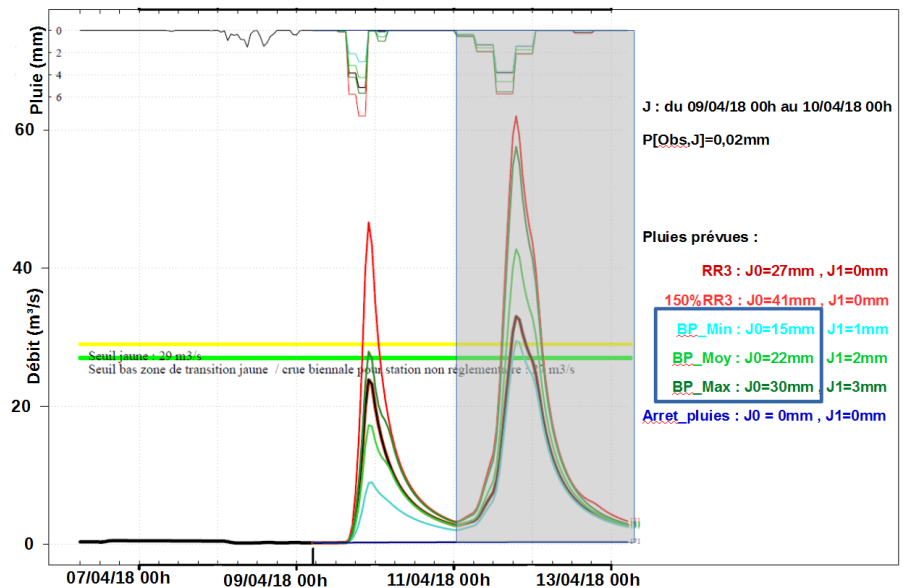
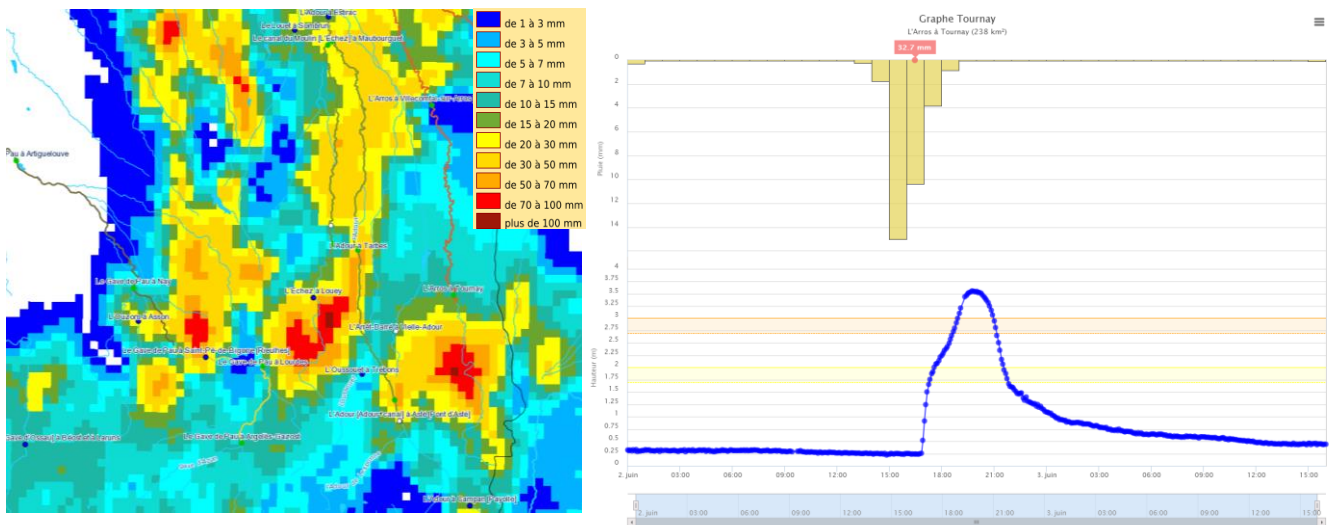


Figure 3 : prévisions du modèle hydrologique GRP sur le Bouès à Miélan le 9 avril 2018 à 7h00

## II.2.2 Cas d'une montée pouvant être jugée rapide, susceptible de surprendre les usagers du cours d'eau et débordante



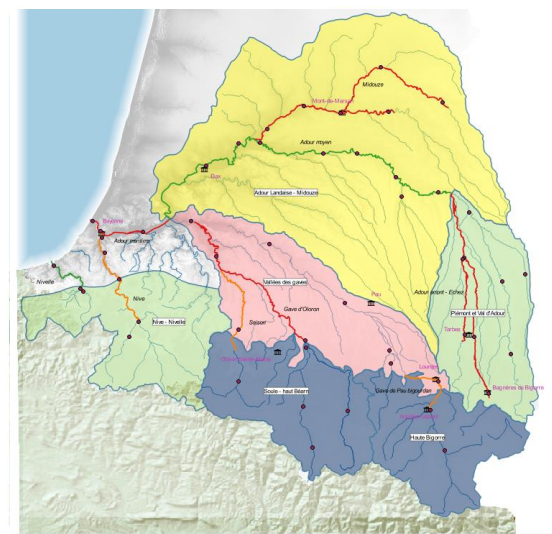
**Figures 4 et 5 : lame d'eau Antilope 6 heures du 2 juin 2018 à 20h sur le bassin de l'Arros à Tournay notamment, limnigramme et pluie de bassin associée (Antilope) à la station de Tournay.**

Cet exemple (figures 4 et 5) illustre le cas de plusieurs orages qui touchent le piémont pyrénéen le 2 juin 2018 et dont les cumuls pluviométriques les plus forts s'élèvent à 100mm environ en 3 heures. Une de ces cellules orageuses touche précisément le bassin de l'Arros en amont de Tournay, première station réglementaire du tronçon surveillé. La réaction associée est importante puisque l'Arros connaît une hausse de plus de 3 mètres en 4 heures environ, dépassant le niveau de vigilance orange correspondant à une crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.

Les prévisions de précipitation pour ce 2 juin 2018 faisaient état d'une lame d'eau moyenne sur la zone Piémont Val d'Adour qui contient le bassin versant de l'Arros (voir figure 6) comprise entre 3 et 10mm avec un maximum local pouvant atteindre 30 à 40mm. Le contexte orageux est par ailleurs clairement identifié dans le texte associé aux quantités prévues.

Le modèle hydrologique global GRP disponible sur l'Arros à Tournay n'est pas adapté dans ce contexte, les cumuls moyens sur la zone étant faibles et la réaction hydrologique entièrement conditionnée à la localisation précise des éventuelles cellules orageuses, ainsi qu'à leur extension spatiale.

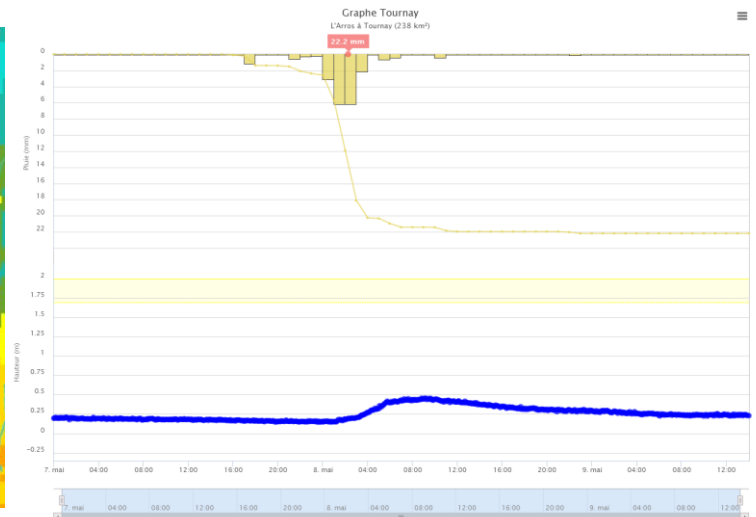
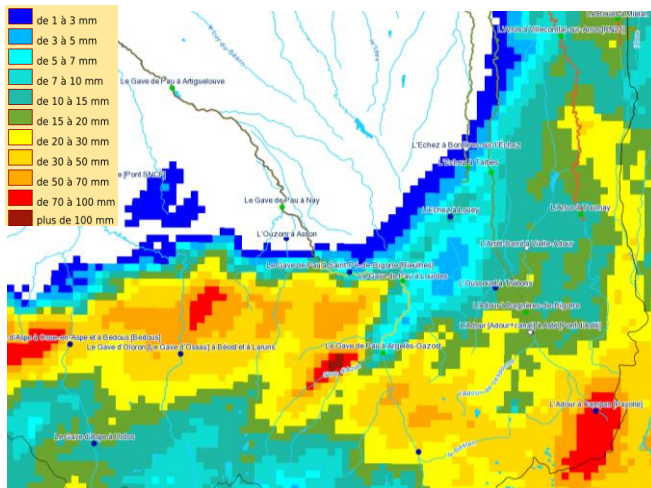
Dans ce type de situations, le recours à un modèle hydrologique global ou tout autre outil élaboré à partir d'une pluie de bassin n'est pas pertinent, la prévision chiffrée n'est pas possible pour les prévisionnistes du SPC GAD. L'enjeu devient alors de bien identifier les situations à risque et de les porter à la connaissance du grand public par l'intermédiaire de la vigilance jaune montée rapide, sans faire état du caractère débordant ou non débordant du phénomène. Cet exemple illustre la sensibilité de la réaction hydrologique à l'intensité de l'orage, le niveau de vigilance orange ayant été dépassé dans ce cas, ainsi que les incertitudes qui pèsent sur les prévisions quantitatives de ce type de phénomènes.



**Figure 6 : zonage des Bulletins de Précipitations Météo France du bassin de l'Adour**

Cet exemple illustre la sensibilité de la réaction hydrologique à l'intensité de l'orage, le niveau de vigilance orange ayant été dépassé dans ce cas, ainsi que les incertitudes qui pèsent sur les prévisions quantitatives de ce type de phénomènes.

## II.2.3 Cas d'une montée faible, sans conséquences pour les usagers du cours d'eau et non débordante



Figures 7 et 8 : lame d'eau Antilope 24 heures du 8 mai 2018 à 12h sur le bassin de l'Arros à Tournay notamment, limnigramme et pluie de bassin associée (Antilope - valeur cumulée : courbe jaune) à la station de Tournay (courbe bleue).

Ce troisième exemple illustre la sensibilité de la réaction hydrologique à la localisation du phénomène orageux. Le bassin d'intérêt est ici le même que dans l'exemple précédent, celui de l'Arros à Tournay. Un orage jugé comparable à celui de l'exemple précédent (intensités et extension spatiale comparables) touche en effet, au cours de la nuit du 7 au 8 mai 2018, le bassin de l'Adour de Payolle, une vingtaine de kilomètres au sud de la localisation de l'orage de l'exemple précédent.

La réaction observée à Tournay à de faibles résidus orageux est à peine perceptible, loin de ce qui pourrait définir une montée rapide. Elle l'est par contre nettement plus sur l'Adour de Payolle à Payolle, en amont du réseau surveillé par le SPC, dont le niveau a progressé de 80cm environ en une heure.

La prévision de précipitations associée à cet événement était de 7 à 15mm en moyenne sur l'ensemble de la zone Haute Bigorre (voir figure 6), avec un maximum local prévu à 50mm, dans un contexte orageux bien identifié là encore. Pour les mêmes raisons que dans l'exemple précédent, il n'est pas possible d'utiliser les outils à disposition des prévisionnistes du SPC pour réaliser des prévisions chiffrées.

Cet exemple illustre la sensibilité de la réaction hydrologique à la localisation précise de l'orage au sein d'une zone de prévision météorologique souvent nettement supérieure à la taille des bassins versants intéressant le SPC (cf. zones des Bulletins de Précipitations sur la figure 6). Si l'exemple précédent illustrait le besoin d'identifier les situations à risque de montée rapide hors du cadre d'un exercice de prévision classique, celui-ci conduit à envisager le phénomène non pas à l'échelle d'une station hydrométrique ou d'un cours d'eau, mais bien à l'échelle d'une zone homogène de prévision météorologique. Le limnigramme de Tournay ne doit-il ainsi pas être considéré comme le signe d'une montée rapide ? Cet exemple illustre enfin le fait que, par sa nature météorologique, la vigilance jaune pour montée rapide peut être une information intéressante des usagers sur des cours d'eau ne bénéficiant pas de la vigilance aux crues, comme ici ceux de l'Adour de Payolle à Payolle.

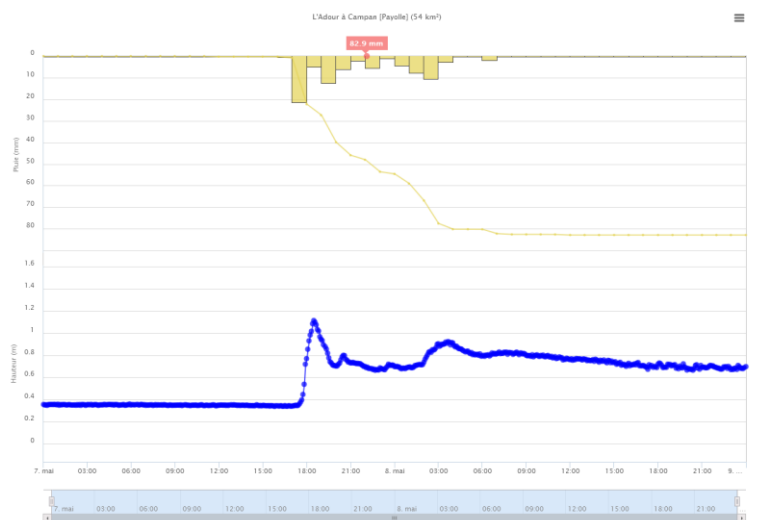


Figure 9 : limnigramme et pluie de bassin associée (Antilope - valeur cumulée : courbe jaune) à la station de Payolle sur l'Adour de Payolle (courbe bleue).

## II.3 La définition d'un cadre plus précis indispensable

Les trois exemples précédents illustrent les deux problèmes auxquels se retrouve confronté le prévisionniste face à la vigilance jaune montée rapide :

- la situation et les outils lui permettent de faire une prévision chiffrée pertinente, il statue alors sur le caractère rapide de la montée attendue. Une définition quantitative de ce qu'est une montée rapide est alors nécessaire,

- il n'y a pas d'outil adapté à la situation et le prévisionniste ne peut pas produire une prévision chiffrée pertinente : comment alors qualifier au mieux le risque de montée rapide dans de telles situations ?

Dans le cadre de cet article, le premier point ne sera pas directement traité. Nous nous intéressons dans la suite uniquement aux situations caractérisées dans le second point. C'est bel et bien celui-là qui, dans la pratique, face aux situations orageuses parfois nombreuses du printemps et de l'été, représente le plus de difficultés pour les prévisionnistes. Afin de répondre à cette problématique de façon pertinente, homogène sur le territoire et entre les différents prévisionnistes, il est devenu indispensable de définir une stratégie partagée pour la mise en vigilance jaune montée rapide

## III DEFINIR UNE STRATEGIE DE PASSAGE EN VIGILANCE JAUNE MONTEE RAPIDE

### III.1 Quelles données d'entrée et quels outils à notre disposition ?

#### III.1.1 Les données d'entrée

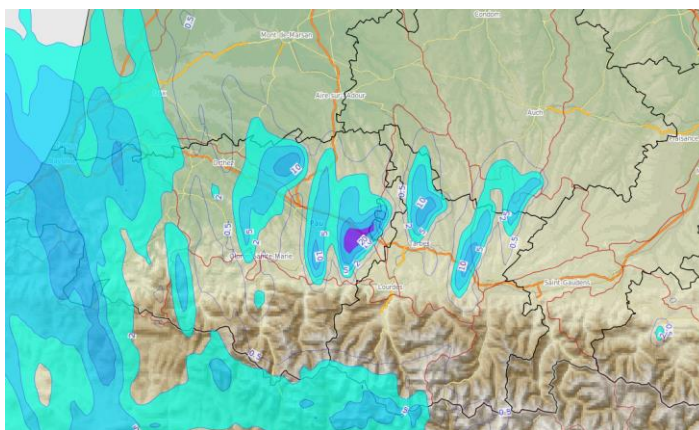
De manière générale, les données d'entrée utiles au SPC GAD pour réaliser des prévisions hydrologiques sont les suivantes :

- les prévisions de précipitations, communiquées par l'intermédiaire d'un Bulletin de Précipitations (BP) émis par Météo France. Il s'agit de prévisions chiffrées à un pas de temps de 24 heures, pour les trois jours à venir. Elles y sont expertisées sur des zones dites zones AP (Avertissement pour Précipitations, voir figure 10) et mentionnent aussi bien la lame d'eau moyenne attendue sur la zone qu'un éventuel maximum local attendu lui aussi sur la zone, dans la mesure où il s'écarte sensiblement de la valeur moyenne maximale prévue. Ce bulletin est accompagné d'un texte qui fournira souvent des informations infra-journalières, notamment la chronologie des événements et les intensités pluvieuses attendues au plus fort de l'événement, les sources d'incertitudes qui pèsent sur les prévisions communiquées, et enfin le modèle météorologique privilégié pour établir ces prévisions.

Ces prévisions de précipitations sont souvent utilement complétées d'une part par la mise à disposition de pluies de bassin moins expertisées mais disponibles à un pas de temps tri-horaire souvent indispensable pour la réalisation de prévisions hydrologiques chiffrées, d'autre part par la visualisation des champs de précipitations prévues issus des différents modèles météorologiques, sur des durées de cumuls au choix du prévisionniste (voir figure 11).

N°	Zones AP	AP	Observées	Observées	Prévues	Prévues	Prévues	Prévues
			du 06/05 02h au 07/05 02h	du 07/05 02h au 07/05 11h	du 07/05 11h au 08/05 02h	du 07/05 02h au 08/05 02h	du 08/05 02h au 09/05 02h	du 09/05 02h au 10/05 02h
			Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moy. Max	Moy. Max	Moyenne
52612	Nive Nivelle		0	0	1/5	1/5	1/5	Tr/3
52609	Vallees des Gaves		0	0	7/15	7/15	3/10	Tr/3
52613	Soule Haut Beam		0	0	7/15	7/15	1/5	Tr/3
52614	Haute Bigorre		0	0	7/15	7/15	50	Tr/3
52607	Adour landaise Midouze		0	0	7/15	7/15	1/5	Tr/3
52608	Piemont Val d'Adour		0	0	15/30	15/30	50 3/10	Tr/3

**Figure 10 : extrait d'un bulletin précipitations (BP) fourni au moins deux fois par jour par Météo France aux SPC**



**Figure 11 : exemple de prévision de précipitations issue du modèle Arpège de Météo France**

- la situation hydrologique initiale est connue, les indicateurs habituellement utilisés étant le débit initial (issu du réseau hydrométrique supervisé par le SPC) ainsi que des grandeurs modélisées (modèle SIM Météo France) que sont le paramètre Hu2 caractéristique de l'humidité des sols, ou encore l'équivalent en eau du manteau neigeux pour les bassins où l'influence nivale est significative.

### III.1.2 Les outils de prévision

Les outils de prévision pluie-débit du SPC GAD suivent tous une approche globale. Les modèles hydrologiques utilisés sont des modèles globaux, calés et donc utilisés en opérationnel avec des pluies de bassin. Les abaques de mise en vigilance ou de prévision de débit de pointe ont été élaborés avec des pluies de bassin, tout comme les catalogues de crues disponibles sur plusieurs tronçons.

Ainsi, pour la mise en œuvre de la vigilance jaune montée rapide, et forts des expériences passées, illustrées notamment par les 3 cas de la première partie, nous distinguerons deux cas :

- une prévision chiffrée est jugée possible et pertinente : il n'y a pas d'écart important entre un éventuel maximum local prévu et la lame d'eau prévue en moyenne sur la zone AP/BP (passage d'un front, régime d'averses généralisé, dégradation pluvio-orageuse étendue par exemple), et les outils à disposition des prévisionnistes sont utilisables. Ces derniers jugeront alors de l'utilité de s'appuyer sur le phénomène de montée rapide pour placer un tronçon en vigilance jaune alors que le niveau des premiers débordements ne devrait pas être atteint.

- une prévision chiffrée est jugée inaccessible : il y a un écart significatif entre un maximum local mentionné dans le BP et la prévision de lame d'eau précipitée moyenne sur la zone AP/BP et les outils de prévision ne sont pas adaptés aux données d'entrée. Les pluies de bassin sont trop faibles pour traduire les intensités pluvieuses sous orages, et les outils développés à partir de pluies de bassin ne restituent jamais ou presque les intensités locales sous orages. Ce sont ces événements qui font l'objet de l'étude présentée dans ce qui suit.

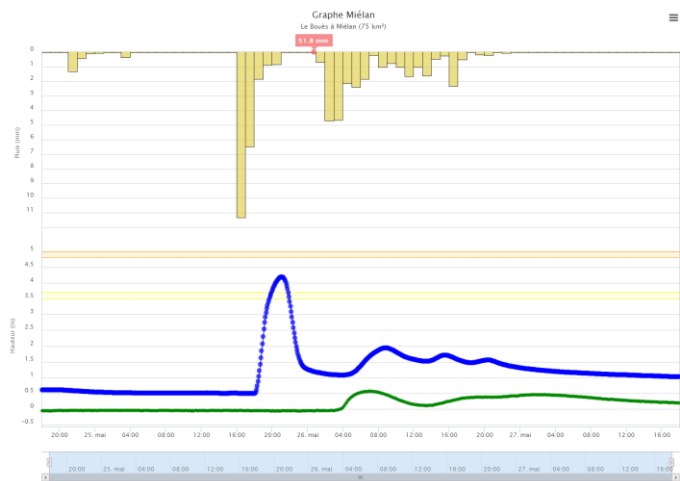
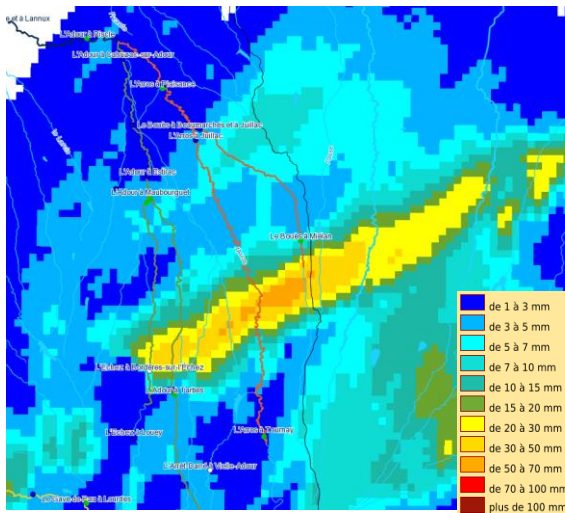
## III.2 Des hypothèses fortes et leurs conséquences

A défaut d'être en mesure de faire des prévisions chiffrées, il s'agit de définir quantitativement les conditions propices à la survenue d'une montée rapide. Les printemps et étés 2013 et 2014 ont pour cela fait l'objet d'un inventaire des situations susceptibles de générer des montées rapides et d'un comptage de celles qui ont véritablement généré une montée rapide. Pour y parvenir, deux hypothèses importantes ont du être faites au préalable :

- sur les printemps et étés des deux années étudiées, la présence d'un maximum local dans un bulletin de précipitations traduit à elle seule la prévision d'un phénomène orageux pour lequel les outils de prévision disponibles au SPC GAD ne sont pas adaptés. Parmi les limites de cette hypothèse, nous avons identifié plusieurs situations météorologiques susceptibles de générer des maximum locaux dans un bulletin de précipitations : les débordements pluvieux intenses sur les crêtes pyrénéennes, dans un flux de sud en provenance d'Espagne, ou encore les régimes d'averses à l'arrière d'un front qui génèrent toutes les deux des lames d'eau très hétérogènes. Dans ces deux situations, des prévisions peuvent parfois être faites et elles seraient donc à exclure des situations exploitées dans le cadre de cette étude. Leur nombre a toutefois été jugé suffisamment négligeable dans l'échantillon pour affaiblir les conclusions tirées.

- une réaction, même faible (i.e. la moindre variation positive de hauteur directement liée à des précipitations), détectée sur un réseau hydrométrique peu dense, est le témoin possible d'une montée rapide quelque part sur l'ensemble de la zone. Les stations non réglementaires ou hors réseau surveillé seront également prises en comptes pour se donner les meilleures chances de détection. Les bassins versants contrôlés par les stations hydrométriques disponibles sont souvent bien grands comparés à la taille d'une cellule orageuse susceptible de générer une montée rapide. Le volume généré par un tel orage pourra donc passer quasiment inaperçu si, en plus, la distance entre l'exutoire et l'orage est importante.

L'exemple des figures 12 et 13 illustre la capacité limitée du réseau hydrométrique à détecter les potentielles montées rapides qui surviennent sur les différents bassins versants du territoire. En effet, le seul signal à Plaisance-du-Gers rend difficile la détection d'une montée rapide pourtant bien survenue en amont et bien visible sur l'affluent de l'Arros, le Bouès à Miélan. Ce même orage, décalé de 10km au nord n'aurait ainsi



Figures 12 et 13 : lame d'eau Antilope 3 heures du 25 mai 2014 à 19h sur le bassin de l'Arros à Plaisance notamment, limnigramme et pluie de bassin associée (Antilope) aux stations de Mielan (en bleu) et de Plaisance-du-Gers (en vert).

pas été visible à Mielan (l'orage aurait alors éclaté à l'aval de la station) et n'aurait eu qu'une conséquence très faible à Plaisance, comparable à celle qui apparaît sur la figure 14.

Une fois ces deux hypothèses formulées, la recherche de tous les maximum locaux dans les BP a été effectuée sur deux zones AP/BP : la zone Nive-Nivelle (46 situations étudiées) et la zones Pyrénées occidentales (68 situations étudiées, zone scindée depuis en deux zones : Soule – Haut Béarn et Haute Bigorre, voir figure 6). Face à chacune de ces situations ont été recherchés sur l'ensemble des limnigrammes disponibles sur la zone les signes d'une montée rapide présente quelque part sur la zone (cf. hypothèse 2).

La figure 14 illustre la méthode retenue sur la zone Nive-Nivelle à la station de St Pée-sur-Nivelle.

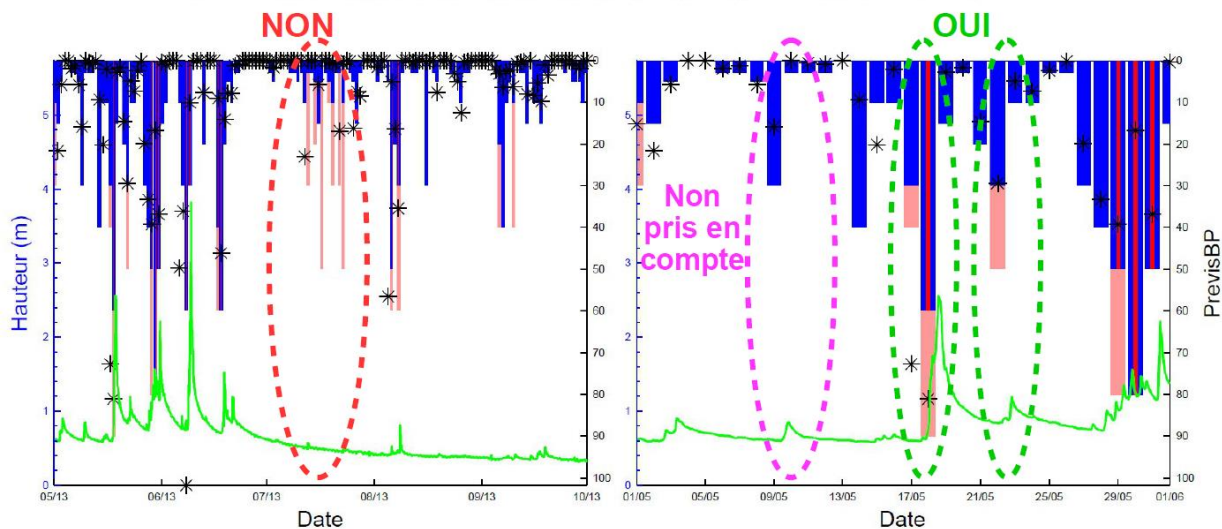
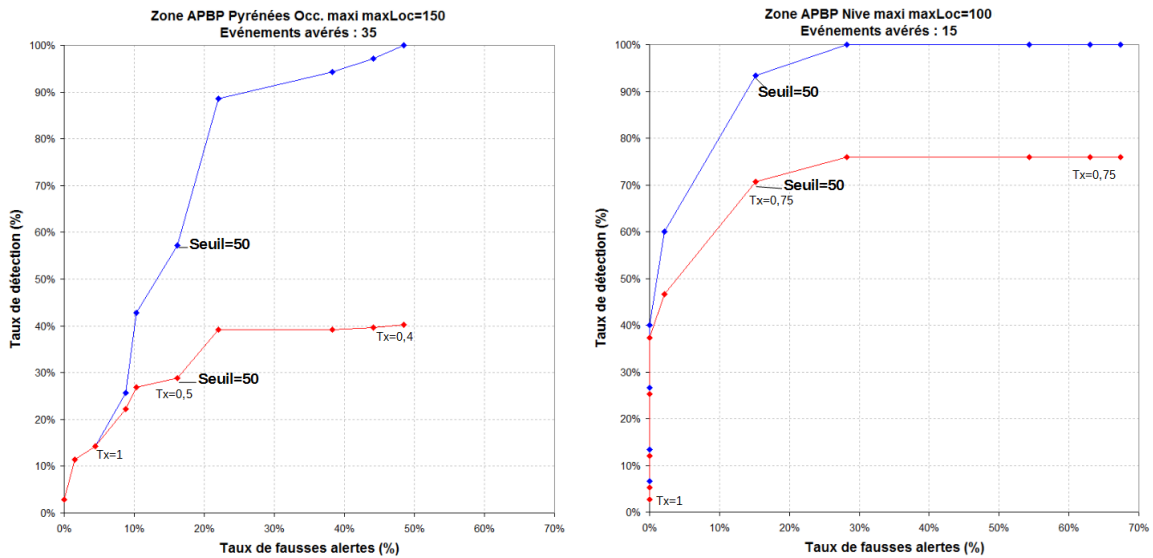


Figure 14 : Méthode de sélection des événements retenus comme étant jugé à montée rapide ou non. La présence d'un maximum dans le BP est matérialisée par une barre rouge de la valeur du maximum, les barres bleues représentent la fourchette haute de la prévision moyenne sur la zone AP/BP. En vert, le limnigramme de la Nivelle à St Pée-sur-Nivelle.

### III.3 La recherche d'un compromis fausse alerte / alerte manquée acceptable

La méthode exposée précédemment a ainsi permis d'identifier toutes les situations susceptibles de générer une vigilance jaune pour montée rapide par zone AP/BP, et en réponse, toutes les montées rapides détectées sur l'ensemble des limnigrammes de la zone. Il s'agit alors de dire a posteriori s'il aurait été justifié de placer les différents cours d'eau de la zone en vigilance jaune montée rapide pour les différentes valeurs de maximum présents dans les BP. Il est ainsi possible de quantifier, pour chaque valeur de maximum, le nombre de fausses alertes et d'alertes pertinentes parmi toutes les alertes émises. Les résultats obtenus sont présentés figure 15.





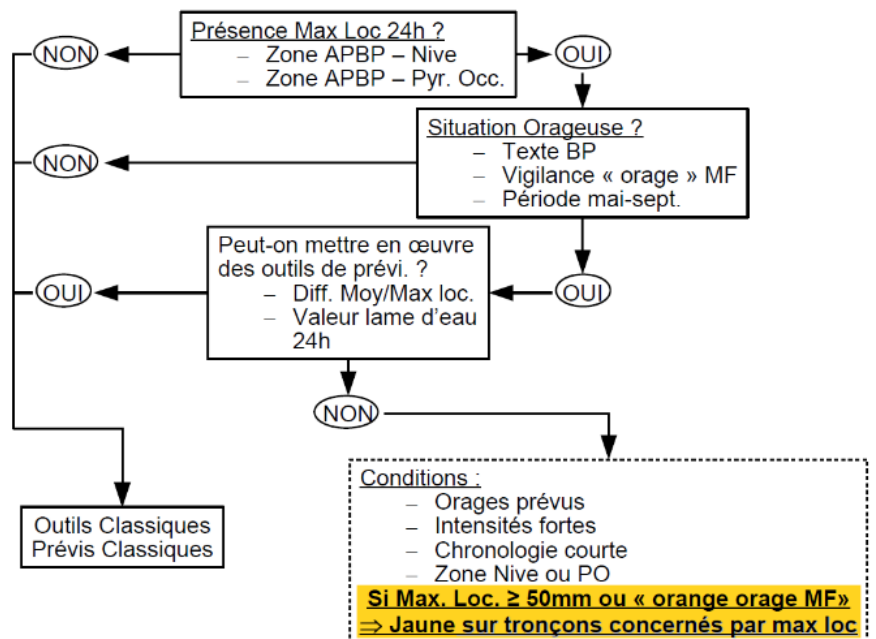
**Figure 15 : recherche du compromis fausse alerte / alerte manquée pour différentes valeurs de seuils max sur les deux zones AP/BP.** Les différents points représentent les différentes valeurs de seuil. La courbe bleue compte 1 pour toute montée visible sur au moins un des limnigrammes de la zone, la courbe rouge compte le nombre de limnigrammes qui détectent une montée rapide, rapporté au nombre total de limnigrammes sur la zone.

Sur cette figure le cas idéal se situerait dans le coin haut gauche, avec une complète capacité de détection, sans fausses alertes. Plus la valeur est basse sur l'axe des ordonnées, moins la capacité de détection est bonne, et plus la valeur est élevée sur l'axe des abscisses, plus le taux de fausses alertes est élevé. Ainsi, nous avons cherché pour ces deux zones AP/BP (Nive-Nivelle et Pyrénées occidentales) la valeur du seuil correspondant au point le plus proche de ce coin haut gauche, en privilégiant la capacité de détection par rapport au taux de fausses alertes.

Sur la base de ces graphiques, le seuil présentant le meilleur compromis sur les deux zones a été fixé à 50mm. Si le résultat est explicite pour la zone Nive-Nivelle, il a été plus discuté sur la zone Pyrénées occidentales où, par souci d'homogénéité, il a finalement été retenu la valeur de 50mm également.

#### IV PRATIQUE OPERATIONNELLE AU SPC GAD

L'ensemble de ce travail a conduit à proposer aux prévisionnistes du SPC GAD un logigramme étendu à l'ensemble des zones AP/BP qui contiennent des tronçons de vigilance dits à montée rapide. Ce logigramme synthétise les différentes étapes détaillées plus haut, en particulier l'identification d'une situation orageuse à partir d'une information de maximum local dans le BP, et la question de la pertinence des outils existants pour réaliser une prévision chiffrée. Le déclenchement de la vigilance jaune pour montée rapide dans ce cadre n'est pas associé à une prévision chiffrée, et le message qui l'accompagne ne fera pas état du caractère débordant ou non de l'événement attendu.



**Figure 16 : logigramme de déclenchement de la vigilance jaune montée rapide**

## V CONCLUSIONS ET PISTES DE PROGRES

La démarche entreprise au SPC GAD a permis de clarifier le sens à donner à la vigilance jaune montée rapide telle qu'elle y est pratiquée désormais quand il n'est pas possible d'établir une prévision complète. Elle permet notamment d'étendre le message de vigilance à l'ensemble des cours d'eau du bassin versant concerné et tient compte du fait que les outils de prévision disponibles ne sont pas adaptés à certaines situations génératrices de montée rapide et que par conséquent, la prévision chiffrée n'est pas pertinente. Elle a également permis de progresser dans nos échanges avec nos interlocuteurs opérationnels de Météo France qui facilitent souvent l'application de cette consigne opérationnelle.

Il existe cependant bel et bien des pistes de progrès pour le SPC GAD, à travers la mise en oeuvre de modèles hydrologiques distribués notamment. Ceux-ci pourraient en effet permettre de tester la sensibilité des différents exutoires à la localisation, l'intensité et à l'extension spatiale des cellules orageuses. Ils pourraient également être couplés en temps réel avec des sorties de modèles météorologiques à mailles fines de type Arome mais les incertitudes qui pèsent sur la localisation des phénomènes convectifs modélisés semblent encore très pénalisantes pour dégager des conséquences hydrologiques directement exploitables. Enfin, le couplage de lames d'eau observées avec des modèles hydrologiques globaux ou distribués présente un grand intérêt dans le champ de l'alerte (échéances de prévision très courtes), moins dans l'objectif de prévision pour les 24 heures à venir qui est celui des SPC. Cette possibilité est d'ailleurs déjà exploitée par les services opérationnels actuellement de type APIC (Avertissement Pluies Intenses à l'échelle des Communes) ou Vigicrues Flash.

## VI REFERENCES

- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Ministère de l'intérieur. Instruction interministérielle n°INTE/1413566J du 11 juin 2014 relative à la mise en oeuvre de la procédure de vigilance crues. Disponible sur : [http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2014/12/cir\\_38993.pdf](http://circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2014/12/cir_38993.pdf)
- Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Note technique du 20 février 2015 relative à la production opérationnelle de la vigilance crues NOR : DEVP1420791N.
- Berthet, L. (2010). Prévision des crues au pas de temps horaire : pour une meilleure assimilation de l'information de débit dans un modèle hydrologique. Thèse de Doctorat, Cemagref (Antony), AgroParisTech, Paris.
- Tangara, M. (2005). Nouvelle méthode de prévision des crues utilisant un modèle pluie-débit global. Thèse de Doctorat, Cemagref (Antony), EPHE, Paris.
- Javelle, P., Organde, D., Demargne, J., Saint-Martin, C., De Saint-Aubin, C., Garandeau, L., et Janet, B. (2016). Setting up a French national flash flood warning system for ungauged catchments based on the AIGA method, FLOODrisk2016.