

RAPPORTS

Service de la prévention
des risques et des
nuisances

Pôle hydrologie et
prévision des crues

Octobre 2016

Épisodes de crue de mai-juin 2016 sur le bassin de la Seine

Rapport de retour d'expérience



Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie
d'Île-de-France

PRÉFET
DE LA RÉGION
D'ÎLE-DE-FRANCE

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	Juillet 2016	Rapport de retour d'expérience provisoire à 1 mois
2	14 Octobre 2016	Rapport de retour d'expérience à 4 mois – version 1
3	25 Octobre 2016	Rapport de retour d'expérience à 4 mois – version 2

Affaire suivie par

Prénom Joanna BRUNELLE - SPRN/PHPC/UPCI
<i>Tél. : 01 71 28 46 32 / Fax : 01 71 28 47 32</i>
<i>Courriel : joanna.brunelle@developpement-durable.gouv.fr</i>

Rédacteurs

Joanna BRUNELLE – SPRN / PHPC / UPCI

Julien DIRIBARNE SPRN / PHPC / UHRM

Julie SOLIGNAC SPRN / PHPC / UPCI

Relecteurs

Pierre JEREMIE – SPRN

Fabien PASQUET – SPRN/PHPC

Madame la Ministre de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, et Monsieur le Ministre de l'Intérieur ont demandé, par instruction du 17 juin 2016 la rédaction d'un rapport de retours d'expérience suite aux inondations de début juin 2016 sur la Seine et ses affluents.

Il est ainsi demandé à Monsieur le préfet coordonnateur de bassin Seine-Normandie, préfet de la région Île-de-France, préfet de Paris, à Monsieur le préfet de police de Paris, préfet de la zone de défense et de sécurité de Paris, à Mesdames les préfètes de Seine-Maritime et de l'Essonne, à Messieurs les préfets du Loiret, de l'Yonne, de Seine-et-Marne, du Val-de-Marne, de la Seine-Saint-Denis, des Hauts-de-Seine, des Yvelines et de l'Eure, de mener une démarche de retour d'expérience portant sur :

- la connaissance de l'aléa,
- les outils d'anticipation et leur efficacité,
- la préparation et la gestion de crise
- les enseignements utiles pour les stratégies locales en cours d'élaboration.

Une version provisoire a été produite au mois de juillet. Le présent rapport constitue la version définitive du retour d'expérience mené au sein du pôle hydrologie et prévision des crues du service de la prévention des risques et des nuisances de la DRIEE d'Île-de-France.

Il a pour objectif d'alimenter les retours d'expérience des différentes parties prenantes sur les thèmes liés aux missions du pôle.

Il présente, dans une première partie, l'événement hydrométéorologique qui s'est produit sur le bassin, ainsi que l'analyse des informations relatives à la vigilance crues élaborées et diffusées par le service de prévision des crues Seine moyenne – Yonne – Loing (SPC SMYL).

Il décrit, dans une seconde partie, l'organisation mise en place pour assurer au mieux les missions d'hydrométrie et de prévision des crues. Sont ensuite décrits les problèmes techniques rencontrés sur les stations de mesure hydrométriques, les difficultés à disposer d'observations de débit fiables lors d'événements exceptionnels, ainsi qu'une analyse des prévisions émises par le SPC sur les tronçons ayant connu une vigilance orange ou rouge. Des pistes d'amélioration sur chacun de ces sujets sont proposées.

Sont également évoqués les liens entretenus avant et pendant la crise entre le SPC et les gestionnaires de crise, et notamment avec la mission de Référent Départemental Inondations.

Un bilan des connaissances relatives à l'aléa acquises lors de l'événement est dressé.

Enfin, le programme de travail découlant de ce retour d'expérience et concernant aussi bien l'hydrométrie que la prévision des crues et des inondations, est présenté.

SOMMAIRE

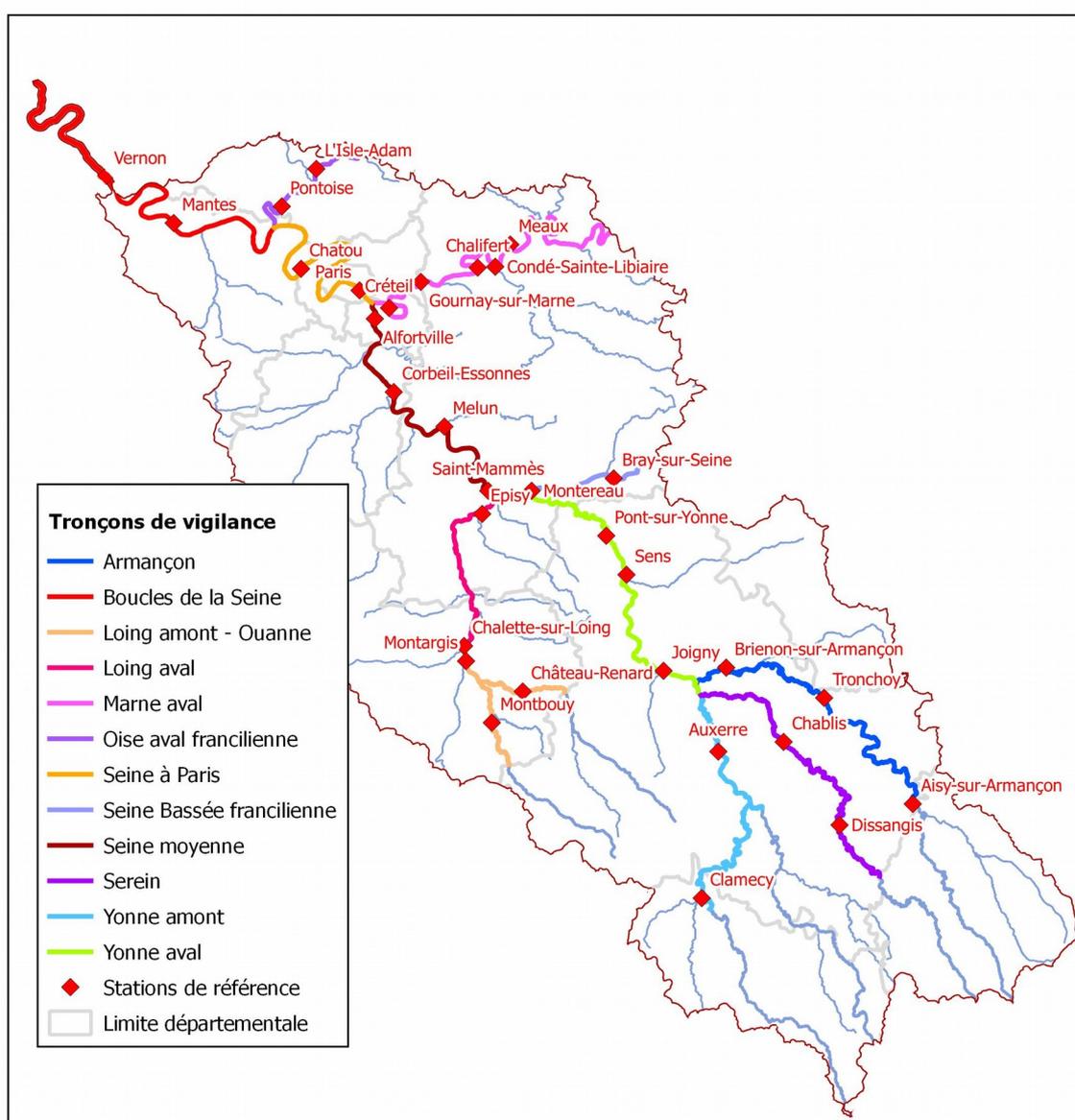
1 - DESCRIPTION DE L'ÉVÉNEMENT HYDROLOGIQUE ET DE LA VIGILANCE CRUE PRODUITE PAR LE SPC.....	5
1.1 - Le territoire du SPC.....	5
1.2 - Le phénomène météorologique observé.....	6
1.3 - Les réactions hydrologiques par sous-bassin.....	10
1.3.1 - Résumé de l'épisode hydrologique.....	10
1.3.2 - Une crue atypique.....	11
1.3.3 - Caractérisation des événements.....	11
1.3.4 - Comparaison avec des crues passées à Paris.....	13
1.4 - La vigilance crue.....	14
1.4.1 - Principes de la vigilance crues.....	14
1.4.2 - Chronologie de la vigilance.....	15
1.4.3 - Bilan de la vigilance.....	18
1.4.4 - Crues de référence.....	19
2 - LA GESTION DE L'ÉPISODE AU NIVEAU DU PÔLE HYDROLOGIE ET PRÉVISION DES CRUES.....	20
2.1 - Le Service de Prévision des Crues.....	20
2.1.1 - Organisation pendant la crue.....	20
2.1.2 - Pistes d'amélioration.....	21
2.1.3 - Le réseau de mesures.....	23
2.2 - L'hydrologie en temps réel.....	29
2.3 - L'organisation des équipes d'hydrométrie et de maintenance.....	30
2.4 - Les prévisions.....	31
2.4.1 - Les outils de prévision du SPC.....	31
2.4.2 - Les difficultés rencontrées.....	33
2.4.3 - Les prévisions météorologiques.....	33
2.4.4 - Prévisions publiées dans Vigicrues.....	34
2.4.5 - Actions à mener.....	45
2.5 - Les liens avec la mission de Référent Départemental Inondations.....	47
2.5.1 - Préparation à la gestion de crise.....	47
2.5.2 - Échanges SPC-RDI pendant la crue.....	49
2.6 - Les acquisitions de données spatialisées.....	50
2.6.1 - Photographies aériennes.....	50
2.6.2 - Laisses de crue.....	51
2.6.3 - Témoignages.....	52
2.6.4 - La valorisation de ces données.....	52

ANNEXES

1 - Description de l'événement hydrologique et de la vigilance crue produite par le SPC

1.1 - Le territoire du SPC

Le réseau surveillé par le Service de prévision des crues Seine moyenne – Yonne – Loing de la DRIEE Île-de-France est constitué de 12 tronçons réglementaires représentés sur la carte ci-dessous.



1.2 - Le phénomène météorologique observé

Les éléments ci-après ont été rédigés selon les informations fournies par Météo-France.

Avant le début de l'épisode, dès le 23 mai, les prévisions météorologiques annonçaient un épisode pluvieux conséquent pour les 29 et 30 mai.

Par ailleurs, les sols étaient déjà très humides, suite à une succession d'épisodes pluvieux au cours du mois de mai sur le bassin Seine-Normandie.

À partir du samedi 28 mai une perturbation active passe sur la France. Le centre dépressionnaire restera bloqué plusieurs jours sur l'Allemagne / la Belgique, conduisant à la mise en place d'une vaste zone pluvieuse persistante sur la France.

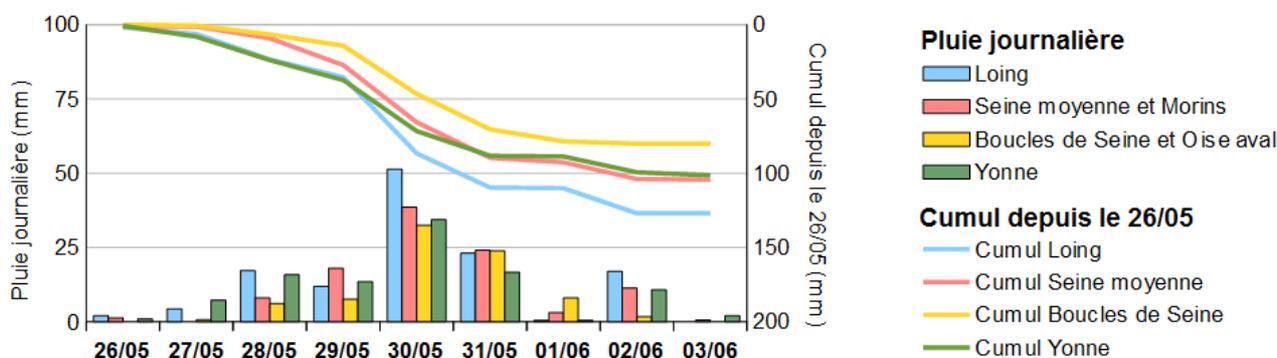
Cette perturbation très active (plus fréquente en saison hivernale) est alimentée en air chaud et humide (caractéristique de la fin du printemps) et produit des cumuls de précipitations exceptionnels.

L'épisode pluvieux commence donc le 28 mai, avec des pluies très intenses qui se maintiennent jusqu'au 31 mai. Les précipitations ont plutôt un caractère orageux (assez localisées mais très intenses) les 28 et 29 : elles touchent alors principalement les bassins du Loing amont et de la Seine moyenne.

Le lundi 30, de forts cumuls sont enregistrés sur l'ensemble du secteur, en particulier les bassins du Loing et de la Mauldre. Par la suite, de nouveaux épisodes pluvieux de moindre ampleur touchent le bassin Seine-Normandie jusqu'au 3 juin. Bien qu'elles soient bien plus faibles, ces dernières précipitations viennent se cumuler aux précédentes, réactivant les crues déjà en cours sur les rivières du bassin.

La figure et le tableau suivant illustrent les précipitations remarquables observées.

Hyétogramme : cumuls moyens sur les principaux secteurs du SPC



	Cumuls journaliers remarquables	Cumul sur 4 jours (du 28/05 au 31/05)
Melleroy (45) , près de Château-Renard (tronçon Loing amont – Ouanne)	28/05 : 55,7 mm 29/05 : 34,1 mm 30/05 : 48,4 mm	154,6 mm
Nemours (77) (tronçon Loing aval)	29/05 : 36,3 mm 30/05 : 36,3 mm	96,7 mm
Nangis (77) (bassin de l'Yerres, tronçon Seine moyenne)	29/05 : 27,4 mm 30/05 : 32,6 mm	73,6 mm
Trappes (78) (bassin de l'Orge, tronçon Seine moyenne)	30/05 : 66 mm	90,8 mm
Paris Montsouris (75) (tronçon Seine à Paris)	30/05 : 52,9 mm	89,1 mm

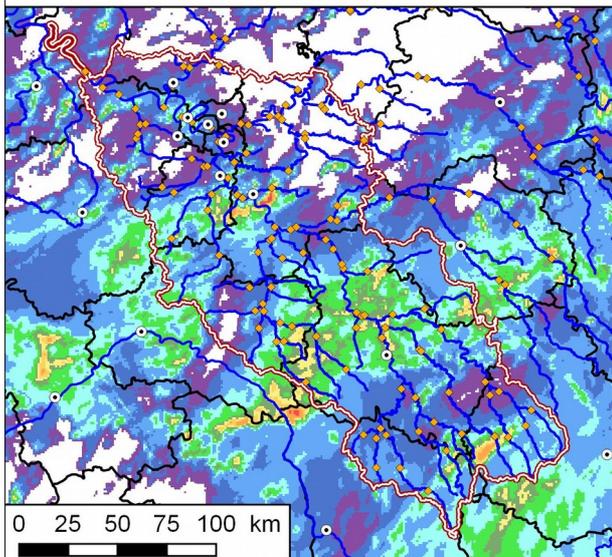
Tableau : Exemple de cumuls remarquables enregistrés à des stations pluviométriques

Les cumuls enregistrés en 3 jours sur les bassins versants du Loiret, de l'Yonne ou de l'Essonne correspondent en moyenne à des périodes de retour comprises entre 10 et 50 ans, et ils atteignent localement des périodes de retour de 100 ans.

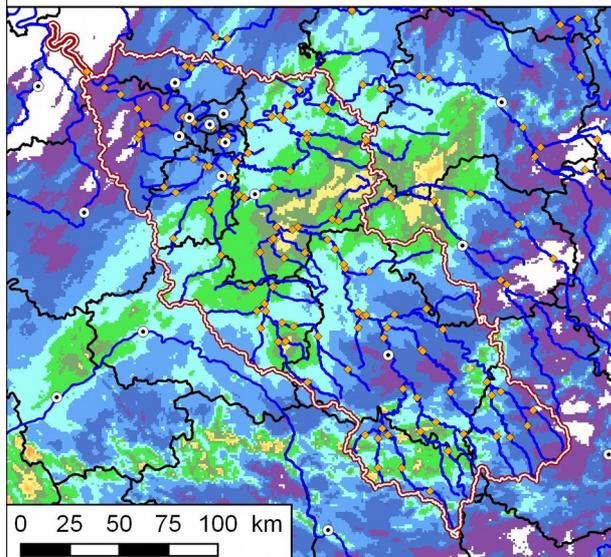
Pour le mois de mai 2016, sur les bassins surveillés par le SPC SMYL, les cumuls enregistrés sont 2 à 3 fois supérieurs aux normales.

Les cartes suivantes couvrent des périodes allant de 6h à 6h TU.

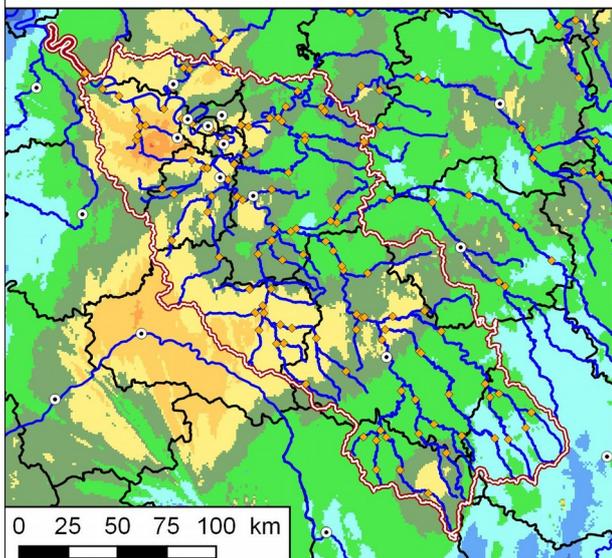
1- Cumul du samedi 28/05



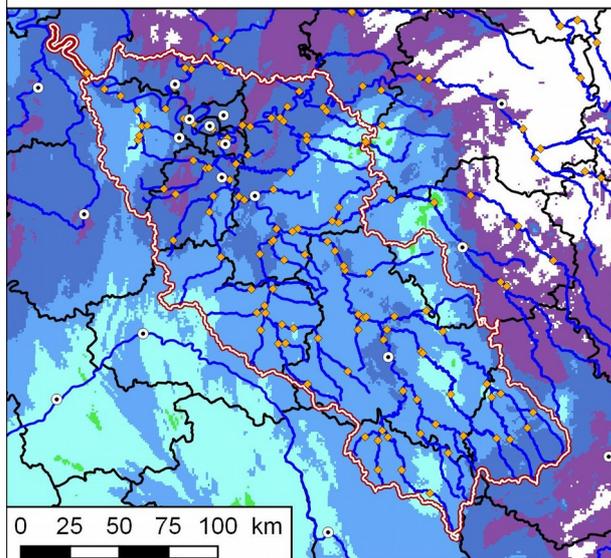
2- Cumul du dimanche 29/05



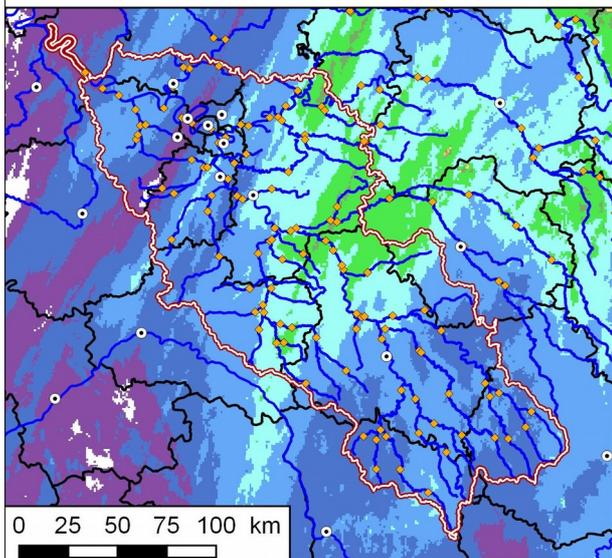
3- Cumul du lundi 30/05



4- Cumul du mardi 31/05



5- Cumul 3 jours du 01/06 au 03/06



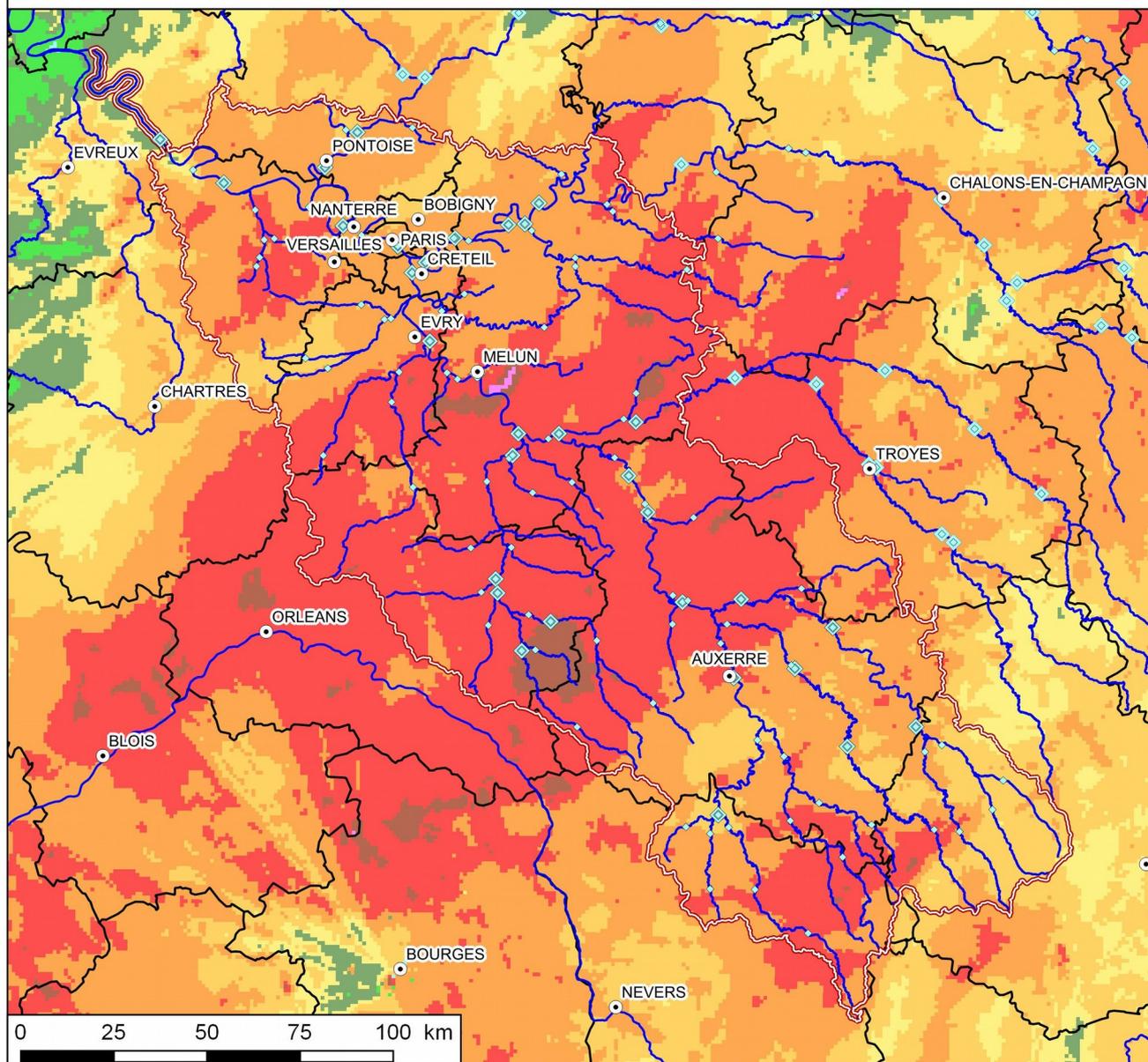
Légende

- ◆ Stations hydrométriques
 - Cours d'eau
 - ▭ Contours du SPC SMYL
 - Limites départementales
 - Préfectures
- Fonds : lames d'eau Antilope (Météo France)

de 2 à 5 mm
de 5 à 10 mm
de 10 à 17 mm
de 17 à 25 mm
de 25 à 35 mm
de 35 à 45 mm
de 45 à 55 mm
de 55 à 70 mm
de 70 à 100 mm
de 100 à 150 mm
de 150 à 200 mm
> 200 mm

Cumul 7 jours lors de l'épisode de début juin 2016

Cumul : du 28/05/2016 06h TU au 04/06/2016 06h TU



Légende

- ◊ Stations hydrométriques
 - ◈ Stations de référence
 - Cours d'eau
 - ▭ Contour du SPC SMYL
 - Limites départementales
 - Préfectures
- Fond : lame d'eau Antilope (Météo France)

	de 2 à 5 mm
	de 5 à 10 mm
	de 10 à 17 mm
	de 17 à 25 mm
	de 25 à 35 mm
	de 35 à 45 mm
	de 45 à 55 mm
	de 55 à 70 mm
	de 70 à 100 mm
	de 100 à 150 mm
	de 150 à 200 mm
	> 200 mm

1.3 - Les réactions hydrologiques par sous-bassin

L'**annexe 1** contient l'ensemble des données relatives aux hauteurs d'eau et aux débits de la crue sous forme de graphiques ainsi qu'une analyse des réactions observées sur chacun des secteurs.

Les débits présentés sont ceux qui ont été reconstitués après la crue et mis à disposition du public sur la banque Hydro (<http://www.hydro.eaufrance.fr>). Sur un certain nombre de stations, le travail d'analyse et de validation nécessite des approfondissements et les débits sont donc susceptibles d'être revus dans les mois qui viennent.

Figurent également sur les graphiques les déclenchements des vigilances sur les tronçons correspondants.

1.3.1 - Résumé de l'épisode hydrologique

En réaction aux pluies exceptionnelles, particulièrement intenses sur le bassin intermédiaire du Loing le lundi 30 mai, des crues se forment sur les cours d'eau de ce secteur. Sur le Loing amont et l'Ouanne, après avoir dépassé les niveaux de 1982 puis 1910, les deux ondes se rejoignent à la confluence de façon concomitante. Le maximum de la crue est atteint à Montargis dans la nuit du mardi 31 mai au mercredi 1^{er} juin. La crue se propage sur le tronçon Loing aval, renforcée par les apports des affluents qui connaissent également des crues exceptionnelles : Vernisson, Bezonde, Fusain, Cléry, Lunain... Le maximum de la crue du Loing atteint la station d'Episy le jeudi 2 juin, avant de rejoindre la Seine.

Parallèlement, des crues de moindre ampleur se forment également à l'amont des tronçons de l'Yonne et de ses affluents le 31 mai. Sur l'aval, la crue atteint des niveaux légèrement supérieurs à ceux de la crue de mai 2013. Les temps de propagation jusqu'à la confluence avec la Seine, plus longs sur l'Yonne que sur le Loing (du fait des dimensions des bassins versants), permettent d'éviter le phénomène de concomitance des crues du Loing et de l'Yonne. Le maximum de la crue de l'Yonne atteint la station de Pont-sur-Yonne (proche de la confluence avec la Seine) le 5 juin. La crue de l'Yonne qui succède au Loing, aura pour effet de ralentir la décrue de la Seine.

Sur la Seine moyenne, l'onde de crue principale est issue de la crue du Loing. Le jeudi 2 juin, alors que les niveaux des cours d'eau étaient déjà élevés, de nouvelles précipitations affectent les affluents franciliens : de nouvelles crues se forment alors sur ces rivières, atteignant dans plusieurs cas des niveaux jamais enregistrés (Almont, Essonne, Orge, Yerres...). Ces apports des affluents renforcent la crue de la Seine. Elle se propage sur le tronçon, jusqu'à la confluence avec la Marne à Paris, dans la journée du vendredi 3 juin.

Sur la Marne, ce sont les crues des affluents (Surmelin, Petit Morin et Grand Morin) qui vont former la crue sur la partie francilienne. Alors que les débits sont déjà élevés sur la Marne (sans pour autant être exceptionnels), les pluies du 2 juin vont légèrement réactiver la crue : le maximum est enregistré à Gournay-sur-Marne dans la soirée du 3 juin.

À Paris, le maximum est observé dans la nuit du 3 au 4 juin, avec un niveau proche de celui de la crue de 1982. En l'absence de crue significative sur l'Oise, la crue de la Seine se propage ensuite avec un niveau plus faible qu'en 1982 en aval de la confluence Seine - Oise.

1.3.2 - Une crue atypique

Les principales caractéristiques de cette crue sont tout à fait inhabituelles :

- La saison à laquelle survient cette crue est très tardive en comparaison de la plupart des crues que connaît le bassin Seine-Normandie.
- Du fait de la répartition des précipitations, le bassin du Loing et les petits affluents franciliens sont les principaux contributeurs à la crue de la Seine observée à Paris. Le Loing a apporté un débit comparable à celui de l'Yonne, alors qu'on est habituellement, pour des crues de ce type sur un rapport de 2 à 5 en faveur de l'Yonne. Le phénomène observé en juin est à ce titre inédit depuis le début du XX^{ème} siècle.
- Pour cette même raison, l'onde de crue s'est formée géographiquement très près de l'Île-de-France. Il en résulte une atteinte plus rapide du maximum en comparaison de la plupart des crues connues. Le temps de réaction constaté à Paris est de 4 à 5 jours au lieu des 7 à 10 jours habituels lorsque la crue se forme à l'amont du bassin versant.

1.3.3 - Caractérisation des événements

Le calcul des périodes de retour des crues de mai et juin 2016 va être réalisé dans les prochains mois, au fur et à mesure de la validation des débits.

Sur plusieurs secteurs où des hauteurs remarquables ont été atteintes, un travail d'analyse reste à mener pour déterminer si des facteurs ont pu contribuer à une surélévation de la ligne d'eau : ouvrages, confluences, végétation et embâcles.

Dans plusieurs cas, les modifications de courbes de tarage effectuées suite aux mesures réalisées pendant la crue de juin sont susceptibles de se répercuter sur le calcul de la chronique de débits associée à la station. Les statistiques conduisant à l'estimation des périodes de retour s'en verront donc modifiées.

On peut cependant donner dès à présent des ordres de grandeur afin de qualifier les phénomènes selon les différents secteurs :

Sur l'ensemble du bassin versant du Loing, les crues dépassent en hauteur celles de 1910. On peut donc estimer que la période de retour des inondations sur ce secteur est au moins centennale. La période de retour précise n'a pas encore été estimée à ce jour, les débits étant toujours en cours d'analyse.

L'influence de la crue du Loing se fait ressentir sur le niveau de la Seine jusqu'à Montereau.

On a également affaire à des crues exceptionnelles sur les affluents franciliens de la Seine moyenne et de la Marne, notamment l'Essonne, le ru d'Ancoeur (ou Almont), l'Yerres, l'Yvette, la Mauldre, le Petit Morin et le Grand Morin. Sur plusieurs de ces cours d'eau, les niveaux maximaux connus aux stations de mesure ont été dépassés.

Sur la Seine, en aval de la confluence avec le Loing, et jusqu'à la confluence avec l'Oise, la période de retour de la crue est légèrement supérieure à 20 ans. En aval de la confluence avec l'Oise, et en l'absence de crue de cette dernière, la période de retour ne dépasse guère 10 ans.

Sur la Marne en Ile-de-France, le débit enregistré correspond à une période de retour de l'ordre de 5 ans.

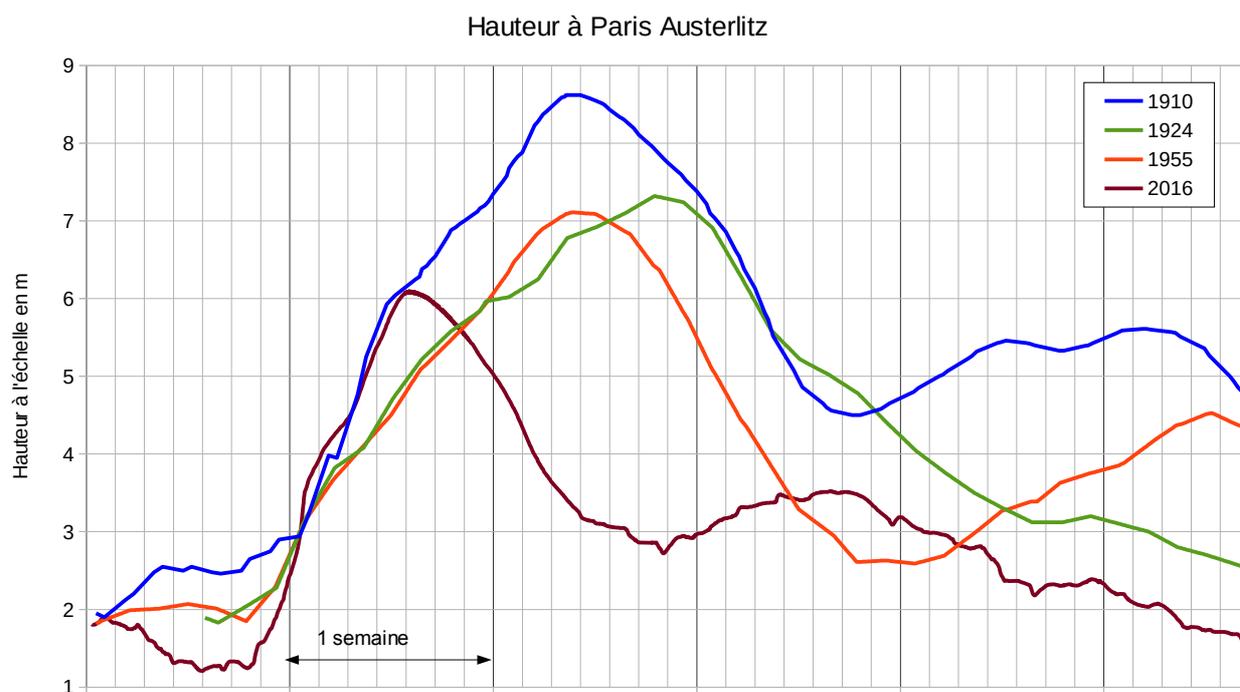
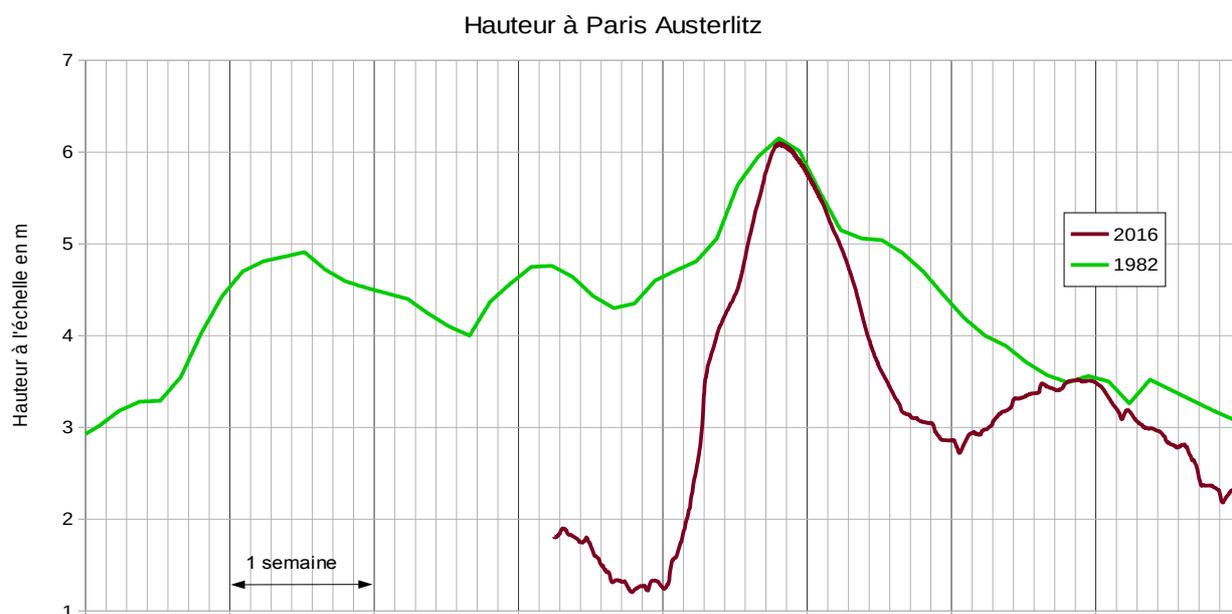
Toutefois les secteurs proches de la confluence avec la Seine, aussi bien sur la Marne que sur l'Oise, ont connu des débordements d'occurrence vicennale puisque sous influence directe du niveau de la Seine.

Sur le bassin de l'Yonne, malgré plusieurs événements conséquents mais localisés de ruissellement lié aux pluies intenses, les cours d'eau n'ont pas connu de crue majeure. Sur l'Yonne aval, la période de retour est de l'ordre de 5 à 10 ans.

1.3.4 - Comparaison avec des crues passées à Paris

Au niveau de la station Paris-Austerlitz, la comparaison avec les événements historiques marquants permet de rapprocher cette crue :

- de la crue de janvier 1982 pour ce qui est du maximum atteint,
- de la crue de janvier 1910 pour ce qui est de la dynamique de montée rapide jusqu'à 6 m (de l'ordre de 0,8 à 0,9 m par jour).



1.4 - La vigilance crue

1.4.1 - Principes de la vigilance crues

La vigilance crues est consultable par tous, grand public comme gestionnaires de crise, avec le même niveau d'information sur www.vigicrues.gouv.fr

Son objectif est d'informer le public sur le niveau de risque de crues survenant ou susceptibles de survenir sur les cours d'eau principaux surveillés par l'État pendant les 24 heures à venir.

La vigilance crues est actualisée tous les jours à 10h et 16h et autant que nécessaire en cas de crue.

Quatre niveaux de couleurs permettent de mesurer le niveau de risque :

Vert Pas de vigilance particulière requise.

Jaune Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.

Orange Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.

Rouge Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.

La vigilance crues est intégrée dans la vigilance météo. Le département concerné par une vigilance crues sur un tronçon de cours d'eau apparaît ainsi sur la carte de vigilance météorologique nationale dans le niveau de vigilance maximal entre :

- la vigilance météo attribuée au département en lien avec les conditions climatiques,
- la vigilance crues attribuée aux tronçons de cours d'eau surveillés traversant le département.

Les retours du public et des collectivités suite à la crue démontrent une certaine méconnaissance de la vigilance crues et du principe de vigilance intégrée.

En effet, la différence entre la vigilance crues et la vigilance météo n'est pas toujours comprise, et le niveau orange crues, pourtant synonyme de crues importantes susceptibles d'avoir un impact significatif, n'est pas perçu comme tel, malgré les commentaires accompagnant toujours cette vigilance. La mobilisation du public et des organisations locales de gestion de crise s'en retrouve parfois dégradée. Seul le niveau rouge semble apparaître suffisamment inquiétant pour déclencher chez certains une prise en compte appropriée de l'événement. En revanche, certaines communes bâtissent leur plan d'actions sur d'autres critères que la seule couleur de vigilance, en particulier le suivi des niveaux aux échelles de référence.

► Un travail de communication sur la vigilance crues est donc à poursuivre aussi bien au niveau local que national. En parallèle, une réflexion nationale sur une meilleure harmonisation entre les niveaux de vigilance météo et crues est certainement à engager.

1.4.2 - Chronologie de la vigilance

La mise en vigilance des tronçons surveillés a eu lieu selon la chronologie ci-dessous.

	Jour	Heure	Armançon	Serein	Yonne amont	Yonne aval	Loing amont – Ouanne	Loing aval	Seine Bassée Francilienne	Seine moyenne	Marne aval	Seine Paris	Oise aval francilienne	Boucles de Seine
sam.	28/05/16	10:00												
		16:00												
dim.	29/05/16	10:00		j										
		16:00		j			j							
lun.	30/05/16	10:00		j			j	j						
		16:00	j	j	j	j	j	j		j	j	j		
		19:25	j	j	j	j	o	o		j	j	j		
mar.	31/05/16	10:00	j	j	j	j	o	o		j	j	j		
		12:00	j	j	j	j	r	o		j	j	j		
		16:00	j	j	j	j	r	o		j	j	j		j
mer.	01/06/16	08:00	j	j	j	j	r	r		j	j	j		j
		10:00	j	j	j	j	r	r		j	j	j		j
		16:00	j	j	j	j	r	r		j	j	j		j
jeu.	02/06/16	06:00	j	j	j	j	r	r		o	j	j		j
		10:00	j	j	j	j	o	r		o	j	j		j
		16:00	j	j	j	j	o	r		o	j	o		j
ven.	03/06/16	10:00	j	j	j	j	o	o		o	j	o	j	j
		16:00	j	j	j	j	o	o		o	j	o	j	j
sam.	04/06/16	06:00	j	j	j	j	j	o		o	j	o	j	j
		10:00	j	j	j	j	j	o		o	j	o	j	o
		16:00	j	j	j	j	j	o		o	j	o	j	o
dim.	05/06/16	10:00	j			j		o		o	j	o	j	o
		16:00	j			j		o		o	j	o	j	o
lun.	06/06/16	10:00						o		o	j	o	j	j
		16:00						j		o	j	o		j
mar.	07/06/16	10:00						j		o	j	j		j
		16:00						j		o	j	j		j
mer.	08/06/16	10:00	j	j				j		j		j		j
		16:00	j	j				j		j		j		j
jeu.	09/06/16	10:00	j	j						j		j		j
		16:00	j	j						j		j		j
ven.	10/06/16	10:00	j	j								j		
		16:00	j	j								j		
sam.	11/06/16	10:00										j		
		16:00												
dim.	12/06/16	10:00												

Samedi 28 et dimanche 29 mai

Dès le samedi 28 mai, des réactions hydrologiques importantes sont constatées sur le bassin du Serein suite à des pluies intenses localisées, d'où un passage en vigilance jaune du tronçon le dimanche 29 à 10h.

Les pluies des 28-29 mai provoquent une montée régulière des niveaux du Loing et de l'Ouanne, entraînant le passage en vigilance jaune du tronçon Loing amont – Ouanne le dimanche 29 à 16h.

Lundi 30 mai

Au cours de la journée du lundi, les niveaux sont en hausse sur presque tous les tronçons et des pluies importantes sont prévues par Météo France sur l'ensemble du bassin de la Seine pour les 30 et 31. C'est pourquoi 7 tronçons supplémentaires passent en vigilance jaune. Cette vigilance concerne tout le bassin de l'Yonne et du Loing ainsi que Seine moyenne, Marne aval et Seine Paris.

Sur la Marne aval, la montée des eaux est liée aux réactions des affluents franciliens de la Marne, notamment le Petit et le Grand Morin.

Sur le bassin du Loing, la montée rapide et conséquente du Loing et de ses affluents en amont du réseau surveillé au cours de l'après-midi conduit à passer en vigilance orange les deux tronçons Loing amont – Ouanne et Loing aval dans la soirée (19h25).

Mardi 31 mai

En fin de nuit, les niveaux historiques de 1982 puis 1910 sont dépassés sur le Loing amont (Montbouy) et l'Ouanne (Château-Renard). La montée est extrêmement rapide aussi bien sur le Loing que sur l'Ouanne (environ 15 cm par heure en milieu de nuit à Montbouy et Château-Renard).

A 6h, la vigilance rouge pour le tronçon Loing amont-Ouanne est proposée par le SPC au SCHAPI. Après plusieurs échanges SCHAPI-COGIC et SPC-RDI, le passage en rouge est effectué à 12h.

Des informations concernant la rupture d'une digue du canal de Briare, dont une partie s'est déversée dans le Loing en amont de la confluence Loing-Ouanne, nous sont communiquées par le RDI. L'impact éventuel de cette rupture sur la crue du Loing n'est pas connu à ce jour, mais reste probablement limité.

Le maximum à Montargis sera atteint dans la soirée, 30 cm environ au-dessus du niveau de 1910.

Le tronçon Loing aval est maintenu en vigilance orange le 31 mai. Il est fait état, dès le bulletin de 10 h, d'une crue à venir supérieure à celle de 1982 et comparable à la crue de 1910.

Le passage en vigilance rouge sur ce tronçon est fortement pressenti pour le lendemain matin et les RDI en sont informés dans la soirée.

Le tronçon Boucles de Seine passe à son tour en vigilance jaune.

Mercredi 1^{er} juin

Le tronçon Loing aval est placé à son tour effectivement en vigilance rouge à 8h. Le maximum sera atteint au cours de la nuit du 1^{er} au 2 à Nemours et le 2 matin à Episy.

Sur l'amont du tronçon Seine moyenne, la hausse du niveau de la Seine s'accélère au cours de la journée en raison de l'arrivée de l'onde de crue du Loing.

Le niveau est anormalement élevé à Melun, en raison d'une surcote liée au barrage de navigation de Vives-Eaux, situé quelques kilomètres en aval. Cette surcote est due à l'effet cumulé du batardeau de protection du chantier de construction du nouveau barrage et de la présence de l'ancien barrage dont un tiers n'est plus manœuvrable et maintenu en position haute.

Le passage en vigilance orange du tronçon Seine moyenne est envisagé par le SPC dès le mercredi soir en raison de la hauteur à Melun. Les trois autres stations de référence du tronçon sont encore sous le niveau de vigilance orange.

De nombreux échanges entre le SPC et le RDI 77 ont lieu le mercredi soir puis dans la nuit du mercredi au jeudi. Il en ressort que la situation particulière à Melun ne nécessite pas un passage en vigilance de l'ensemble du tronçon. Des débordements sont bien constatés mais concernent principalement un affluent passant en centre ville (ru d'Almont). Il est donc décidé d'attendre le 2 matin pour effectuer un éventuel changement de vigilance.

Jeudi 2 juin

Les prévisions, toujours à la hausse, confirment que le niveau de la Seine va continuer à augmenter et approcher le niveau de vigilance orange entre le 2 et le 3 juin sur l'ensemble du tronçon.

De plus, de nouvelles pluies sont attendues sur toute l'Île-de-France au cours de la journée, entraînant un risque de réactivation des affluents franciliens.

En fin de nuit, le SPC contacte le COD 91 pour l'informer d'un passage en vigilance orange dans la journée. Le RDI confirme alors que des débordements ont déjà lieu dans le département (notamment vers Corbeil-Essonnes), justifiant pleinement le passage en vigilance orange.

Le passage en vigilance orange du tronçon Seine moyenne est donc effectué, après accord du SCHAPI, au bulletin de 6h.

La décrue confirmée à l'amont du bassin du Loing permet un retour en orange du tronçon Loing amont - Ouanne à 10h.

A 16h, le tronçon Seine Paris, qui subit une forte hausse sous l'effet cumulé des crues de la Marne et de la Seine, est à son tour placé en vigilance orange.

Vendredi 3 juin

En raison de la montée du niveau de la Seine, le niveau de l'Oise dans la partie proche de la confluence est également à la hausse, entraînant le passage en vigilance jaune du tronçon Oise aval francilienne.

Plusieurs actualisations du bulletin sont réalisées pour informer sur la valeur erronée de la station de Paris-Austerlitz. Des mesures palliatives sont mises en place (lecture de l'échelle par un observateur et installation d'une station de secours) et la valeur correcte est de nouveau disponible sur Vigicrues en début d'après-midi.

La crue est à son niveau maximum sur le tronçon Seine moyenne (à Melun tôt le matin et à Alfortville en fin de soirée).

Samedi 4 juin

Le maximum est atteint sur le tronçon Seine à Paris (dans la nuit du 3 au 4 à Paris et en milieu de journée à Chatou).

Le tronçon Boucles de Seine passe en vigilance orange à 10h.

Dimanche 5 et lundi 6 juin

L'ensemble du bassin de l'Yonne repasse progressivement en vigilance verte, de même que le tronçon Loing amont – Ouanne.

La vigilance orange reste d'actualité sur la Seine moyenne, en raison de l'arrivée tardive de la crue de l'Essonne, et sur la Seine à Paris.

La vigilance orange est en revanche levée le 6 à 10h sur le tronçon Boucles de Seine, finalement moins impacté que les tronçons amont en raison des apports relativement modérés de l'Oise.

Mardi 7 au samedi 11 juin

Retour en vigilance jaune du tronçon Seine à Paris le 7 et Seine moyenne le 8, après le passage de la crue de l'Essonne.

Un nouvel épisode pluvieux sur l'amont du bassin de l'Yonne entraîne le passage en vigilance jaune des tronçons Armançon et Serein du 8 au 10 juin.

Le samedi 11 juin, tous les tronçons sont en vigilance verte.

1.4.3 - Bilan de la vigilance

Rappelons que l'objectif de la vigilance crue est de fournir, sur les tronçons surveillés, le niveau de vigilance correspondant aux événements hydrologiques prévus pour les prochaines 24 heures.

Le bilan de l'événement est le suivant :

Les 11 passages en vigilance jaune du 29 au 3 juin ont été effectués avec des préavis de 24 heures.

Sur les 5 passages en vigilance orange :

- 3 ont été effectués avec des préavis de 6 à 24 heures : Loing amont – Ouanne, Loing aval et Seine Paris ;
- 1 passage a été délibérément retardé par le SPC, en raison de la situation particulière à Melun, dont l'évolution a été suivie de près avec le RDI 77. Il s'agit du tronçon Seine moyenne;
- 1 tronçon a été placé en vigilance orange, mais les enjeux semblent finalement avoir été moins impactés que sur les tronçons précédents. Il s'agit du tronçon Boucles de Seine. Le retour d'expérience mené par les départements concernés (78 et 27) et les observations faites pendant la crue permettront de juger de la pertinence de ce passage en orange.

Sur les 2 passages en vigilance rouge :

- Le passage en rouge du tronçon Loing amont – Ouanne n'a été que faiblement anticipé à Montargis en raison de la montée très rapide au cours de la nuit, plus conséquente que ce qui était envisagé la veille au soir, au moment du passage en orange.
- Le passage en rouge du tronçon Loing aval était anticipé avec un préavis de quelques heures.

Les échanges entre le SPC et le SCHAPI pour les changements de vigilance ont été productifs et efficaces.

Au total, 61 bulletins ont été émis entre le 29 mai et le 11 juin.

La crue a fait apparaître la difficulté de la décision du passage en vigilance rouge, au regard à la fois de l'ampleur de l'événement et des enjeux menacés à l'échelle du tronçon. Le caractère exceptionnel de la vigilance rouge ne permet pas de définir des critères absolus pour son activation. Par ailleurs, dans ce type de situation, le préavis risque de rester limité à quelques heures compte tenu des incertitudes qui caractériseront encore longtemps ces événements. L'objectif reste cependant de viser l'anticipation et non pas le simple constat.

Le cœur du processus de décision est le dialogue qui s'établit entre le SPC et le SCHAPI, qui valide *in fine* le passage en vigilance rouge. Une réflexion devrait être menée pour voir comment structurer/sécuriser ce dialogue et améliorer le processus de décision. Au final, l'objectif est de gagner en efficacité pour améliorer l'action des Services Interministériels de Défense et de Protection Civile, avec l'appui du Référent Départemental Inondations.

1.4.4 - Crues de référence

L'annexe 2 présente, aux différentes échelles de référence, le positionnement de ces différents niveaux de vigilance par rapport aux crues de référence connues.

Ces tableaux sont issus du règlement de surveillance, de révision et de transmission de l'information sur les crues (RIC) du service de prévision des crues Seine moyenne – Yonne – Loing, disponible sur le site Vigicrues et sur le site internet de la DRIEE.

Ils sont susceptibles d'évoluer suite au retour d'expérience de la crue.

La référence à la crue de mai-juin a été ajoutée sur l'ensemble de ces tableaux.

Pendant la crue, quelques différences ont pu apparaître entre les niveaux et débits des crues de référence :

- présentés dans ces tableaux,
- indiqués sur les graphiques de Vigicrues,
- disponibles dans les documents de travail des différents gestionnaires de crise.

► Un travail de synthèse sur les crues historiques est en cours de réalisation sur l'ensemble des stations du territoire du SPC.

Il a été réalisé sur les stations de référence et intégré dans les tableaux présentés en annexe 2. Il va ensuite être généralisé d'ici la fin de l'année 2016, à toutes les stations du territoire du SPC.

Cette synthèse sera diffusée à l'ensemble des gestionnaires de crise et mise en ligne sur le site internet de la DRIEE.

2 - La gestion de l'épisode au niveau du pôle hydrologie et prévision des crues

2.1 - Le Service de Prévision des Crues

2.1.1 - Organisation pendant la crue

L'équipe de prévisionnistes est composée, en théorie, de 12 agents du pôle Hydrologie et prévision des Crues de la DRIEE. Une astreinte est organisée toute l'année, 7j/7 et 24h/24. De mai à novembre, deux agents sont d'astreinte chaque semaine. De novembre à mai, l'équipe d'astreinte est renforcée par un troisième agent.

Dès le 30 mai, les 10 prévisionnistes présents (un agent étant en congés, un poste étant vacant) ont été placés en astreinte et ce jusqu'au 8 juin.

Un planning permettant d'assurer un roulement 24h/24 avec repos récupérateurs a été mis en place. Au moins deux prévisionnistes étaient présents au SPC toutes les nuits du 30 mai au 6 juin.

L'adjointe du chef de l'unité hydrologie et réseau de mesures, qui est également prévisionniste au SPC, s'est entièrement consacrée à la gestion des équipes de jaugeages sur le terrain, à la prise en compte des jaugeages réalisés, et à la modification ou l'extrapolation en direct des courbes de tarage **afin de fournir des données les plus fiables possible au SPC tout au long de la crue**. Ce rôle s'est révélé indispensable pendant la crue (dont certains niveaux n'avaient jamais été observés) mais a mobilisé entièrement un des 10 prévisionnistes présents.

Le nombre de sollicitations de la part des services de l'État (SCHAPI, RDI, SIDPC, zone de défense de Paris, zone de défense Ouest) mais aussi des syndicats de rivière et de la ville de Paris a été très important avec un fort investissement du SPC pour répondre dans les délais aux demandes.

Entre le 31 mai et le 3 juin, le nombre quotidien d'appels répertoriés dans la main courante du SPC varie de 65 à 110.

Les relations avec le cabinet, l'administration centrale et la presse ont été gérées par le chef de service et le chef de pôle ainsi que par la direction et le service communication de la DRIEE.

Les sollicitations, en général par courriel, associées aux principaux ouvrages de stockage (Grands lacs de Seine, VNF) pour des dérogations ou précisions sur les ouvrages ont également requis un temps d'analyse non négligeable (majoritairement effectué par le chef de pôle et son adjointe).

2.1.2 - Pistes d'amélioration

La crue de mai-juin 2016 est de loin l'événement le plus important auquel ait été confronté le SPC depuis sa création en 2006.

Depuis 2006, la vigilance orange crues n'avait été passée que sur les tronçons Serein et Armançon en mai 2013, et sur l'Yonne amont en décembre 2010 et février 2013.

La vigilance orange crues n'avait jamais été passée sur un tronçon francilien ni sur le Loing.

Le constat qui a été fait par l'ensemble des prévisionnistes conduit à envisager trois pistes d'amélioration dans l'organisation de l'astreinte :

Réorganisation des rôles au sein de l'équipe

Afin de gérer au mieux le nombre important de sollicitations téléphoniques, une organisation partageant clairement les rôles entre prévisionnistes doit être envisagée en cas de crue majeure :

En journée :

- Production de prévisions et rédaction du bulletin d'un côté (2 à 3 prévisionnistes selon le nombre de tronçons concernés),
- Appels téléphoniques de l'autre (1 à 2 prévisionnistes selon les sollicitations).
- Pilotage et suivi des agents intervenant sur le terrain (hydrométrie et maintenance), intégration des données de jaugeage : 1 prévisionniste de l'unité Hydrométrie et réseaux de mesure.

De nuit (présence de nuit prévue à partir du niveau orange) :

- 2 à 3 agents nécessaires selon l'importance la situation.

Pendant la crue de juin 2016, le SCHAPI a demandé au SPC SMYL de produire des bulletins actualisés à 6h. Cette production supplémentaire, qui répond à un besoin des services de gestion de crise et des médias, a vocation à être généralisée à l'ensemble du réseau à partir du niveau orange de vigilance crues.

Le dimensionnement de l'équipe de nuit, qui sera en charge de cette actualisation, et le

rythme des rotations devront donc être adaptés à cette nouvelle production, dans un contexte de tensions sur les effectifs.

De plus, des productions météorologiques en dehors des heures nominales pourront alors être nécessaires aux prévisionnistes du SPC, ce qui nécessitera un échange avec Météo-France au niveau national.

Réorganisation de l'espace

Le partage des rôles évoqué ci-dessus implique également un partage de l'espace.

En effet, la réunion de tous les prévisionnistes dans une même pièce, comme c'est le cas actuellement, présente des avantages certains par rapport au partage des informations, notamment l'actualisation des prévisions, les retours des équipes d'hydrométrie sur le terrain, et les informations remontant des différents interlocuteurs du SPC en préfecture et en DDT.

Cependant, toujours en raison des sollicitations téléphoniques nombreuses, les perturbations sonores au sein d'un espace unique nuisent à la concentration des équipes.

C'est pourquoi il est envisagé d'utiliser une seconde pièce pour gérer les appels téléphoniques pendant la journée. Dans la configuration actuelle des locaux de la DRIEE, un bureau situé dans le même couloir que le Central de Prévision des Crues sera réquisitionné dès le début de la crue.

A plus long terme, un déménagement de la DRIEE étant prévu à horizon 2020 dans des locaux neufs, il sera demandé que le Central de prévision soit configuré de manière à partager l'espace en deux parties séparées par une cloison vitrée.

Cette nouvelle configuration aura également l'avantage de permettre à des visiteurs extérieurs (cabinet, médias) d'effectuer une visite du SPC tout en garantissant la tranquillité et la concentration des équipes.

Extension de l'équipe des prévisionnistes

Aujourd'hui, seuls des agents du pôle hydrologie et prévision des crues sont prévisionnistes au SPC SMYL. Cela représente en théorie 12 agents, mais en pratique moins pour des raisons de vacances de poste ou de congés.

Ce choix, qui est celui pratiqué par de nombreux SPC, a plusieurs avantages :

- la spécialisation des agents qui travaillent toute l'année sur le thème de la prévision des crues, et qui ont donc une bonne connaissance de l'hydrologie du territoire, des stations de mesure, des outils de supervision et de prévision ainsi que des procédures ;
- la fréquence des astreintes (environ 15 semaines par an) qui permet à l'ensemble des prévisionnistes d'être confrontés à des épisodes de crue d'ampleur variable.

Il a cependant pour inconvénient de reposer sur des ressources limitées, notamment lors de périodes particulièrement critiques de vacances scolaires ou de jours fériés.

Ce dimensionnement de l'équipe est également limitant pour organiser une astreinte 24h/24

dans les conditions définies ci-dessus (4 à 6 prévisionnistes en journée, et 2 à 3 la nuit) sur une durée de plusieurs semaines.

► Une réflexion est engagée au sein du SPC, et plus généralement au sein du réseau de la prévision des crues (via une enquête auprès de tous les SPC initiée en septembre par le SPC Rhin-Sarre) sur l'intégration d'agents provenant d'autres pôles de la DRIEE au sein de l'équipe des prévisionnistes.

2.1.3 - Le réseau de mesures

L'unité hydrométrie de la DRIEE gère 85 stations pour les besoins de la prévision des crues, l'hydrométrie générale et le suivi des étiages. Parmi elles, on dénombre :

- 68 stations publiées sur vigicrues,
- 25 stations de référence pour la prévision des crues,
- 54 stations apportant une information de débit, soit par courbe de tarage soit directement avec des sondes de mesure de vitesse d'écoulement.

Toute l'unité hydrométrie a été mobilisée durant l'événement pour assurer la maintenance des stations prioritaires et réaliser des jaugeages indispensables pour la validation des débits observés (cf. 2.3).

Le réseau de mesures utilisé par le SPC SMYL (dont la gestion est partagée entre la DRIEE Île-de-France, la DREAL Bourgogne et la DREAL Centre) souffrait déjà en début d'événement de deux dysfonctionnements majeurs :

- l'absence de données à Creil : la station a été arrêtée le 22 mars 2016 par la DRIEE pour des conditions de sécurité et d'hygiène insuffisante. La station avait été vandalisée à plusieurs reprises, du matériel avait récemment été volé et les réseaux électriques et de télécommunication étaient détériorés sans possibilité de réparation (les agents EDF ayant exercé leur droit de retrait, au regard des conditions particulièrement dégradées d'intervention sur la station).

Bien que l'Oise n'ait pas connu une crue extrême comme d'autres bassins de la Seine, l'absence de données à cette station a été préjudiciable aux SPC Oise-Aisne et SMYL pendant la crue.

► La DRIEE va mener, en collaboration avec le SPC Oise-Aisne, une étude des différentes solutions envisageables, à savoir : maintien de la station à son emplacement, déplacement en rive gauche, déplacement en amont ou aval. Cette étude devra prendre en compte les besoins des utilisateurs et les aspects financiers (importants sur ce type de station), santé-sécurité et hydrologiques.

- le fonctionnement en mode dégradé de la station de Paris [Austerlitz] : depuis décembre 2015, la mesure de vitesses ne s'effectuait plus qu'avec une seule paire de sondes (grâce à une réparation de fortune), au lieu de trois en temps normal. La DRIEE avait effectué des mesures pour localiser la rupture des câbles et fait réaliser des contrôles subaquatiques. Pour poursuivre il était nécessaire de faire inspecter, par une entreprise agréée par la RATP, les câbles traversant le viaduc d'Austerlitz. Une telle

intervention nécessite un plan particulier de sécurité (PPS) élaboré par l'exploitant de la ligne. Malgré une sollicitation en mars 2016 et plusieurs relances, le PPS n'avait été validé que le 23 août. L'inspection a eu lieu durant la nuit du 11 au 12 septembre et a permis d'identifier la cause de la panne et d'établir une reconnexion provisoire. La reconnexion définitive était prévue mi-octobre, au moment de la rédaction ce REX.

Par ailleurs, durant la crue, 15 stations ont présenté des dysfonctionnements majeurs, ayant occasionné une absence de données, ou des données aberrantes :

- Alfortville (Seine) – station de référence, station débitmétrique

La collecte de la station débitmétrique était rendue difficile par une fragilité de la ligne téléphonique depuis le 31 mai. Une station provisoire n'enregistrant que la hauteur a été installée le 2 juin. Le SPC a donc pu bénéficier de la hauteur mais était privé de débit sur la Seine, juste à l'amont de la confluence avec la Marne et en amont de Paris. L'ensemble des données ont pu être récupérées par la suite, car elles étaient néanmoins enregistrées par la centrale d'acquisition.

► La centrale d'acquisition et le système de collecte seront modernisés pour assurer une redondance des modes de communication.

- Aulnay (Mauldre)

La collecte de la station a été en échec à partir du 30 mai. La station n'a été réparée que le 15 juin compte tenu des autres priorités. Les données de la station n'étaient plus diffusées sur Vigicrues pendant l'événement mais ont pu être récupérées et publiées sur la banque hydro.

- Blandy (Almont)

Le modem de la station était en panne depuis le 26 mai. Faute d'effectifs disponibles, il n'a pu être réparé que le 8 juin. La crue n'a donc pu être suivie sur vigicrues mais l'ensemble des données de la crue ont pu être récupérées.

- La Chapelle (Aveyron)

Le réseau téléphonique a été coupé entre le 1^{er} et le 2 juin, alors que la décrue l'Aveyron était amorcée. La communication a été rétablie par l'opérateur, sans intervention de la DRIEE. Les données ont pu être récupérées par la suite.

- Charny (Ouanne)

Un des deux capteurs, une sonde piézométrique, a été emporté par un encombre le 31 mai. Le SPC disposait tout de même des données du second capteur. Il s'est avéré par la suite que celui-ci donnait une valeur très différente de la cote lue à l'échelle, différence de l'ordre de 10 cm, constat effectué par le maire de la commune et l'observateur du SPC. Cette différence est due aux perturbations hydrauliques créées par le pont et le support de l'échelle.

► L'échelle et la sonde seront déplacées dans une zone moins perturbée. La sonde pourra être considérée comme capteur principal en grande crue.

- Condé-Sainte-Libiaire (confluence Marne et Grand Morin) – station de référence

L'unique capteur, un radar, donnait des mesures aberrantes en raison des embâcles qui s'accumulaient en dessous. Une équipe s'est rendue sur place pour tenter de nettoyer la zone de mesure, mais sans succès. Des informations ont également été fournies par la commune.

► Un second capteur, avec un fonctionnement différent, sera installé.

- Corbeil-Essonnes (Seine) – station de référence

La collecte des données a plusieurs fois été perturbée. Des équipes de la DRIEE se rendaient immédiatement sur place pour remettre le système en marche, n'occasionnant que de courtes interruptions, et aucune perte de données. De plus, ils ont constaté un décalage entre les données du capteur et la cote lue à l'échelle.

► De nouveaux capteurs seront installés à proximité de l'échelle, et le système de collecte sera renforcé.

- Courlon (Yonne)

Le modem de la station s'est mis en défaut. Cela a empêché la collecte et la diffusion des données pendant la crue, et a également provoqué l'épuisement de la batterie, bien qu'étant secourue par des panneaux solaires. Il en résulte une perte de données sur quelques jours, mais uniquement sur la décrue.

- Courtomer (Yerres)

Le radar, unique capteur de la DRIEE sur cette station, a été noyé entre le 31 mai et le 4 juin. Le capteur du SYAGE qui partage la station a également été endommagé. Le pic de crue n'a donc pas pu être mesuré.

► Un second capteur DRIEE, avec un fonctionnement différent, sera installé.

- Mareil (Guyonne)

La cabine a été noyée, le 31 mai en pleine montée, au point d'observer la disjonction du système d'alimentation. Le pic de crue n'a donc pas pu être mesuré.

► À défaut de placer la cabine hors d'eau, les équipements électriques à l'intérieur du coffret devront être remontés.

- Montargis (Loing) – station de référence

La ligne téléphonique a été coupée, le 31 mai en pleine montée de crue, juste après le passage en rouge du tronçon. Une équipe a été envoyée pour installer un modem GSM de secours mais n'a pu intervenir car l'accès à la station était inondé. La ligne a été remise en service par l'opérateur le 3 juin. Entre temps des données observées étaient

transmises au SPC. Quelques semaines après la crue, le SPC a de nouveau rencontré des difficultés à collecter la station de Montargis. L'équipe dépêchée sur site a constaté que les connexions de la ligne téléphonique dans la cabine avaient été détériorées durant son immersion.

► Les équipements électriques ont été relevés et le cheminement de la ligne téléphonique a été modifié pour que l'ensemble soit situé bien au-dessus du niveau atteint par la crue. Une plate-forme sera installée pour sécuriser l'accès à la cabine en hautes eaux.

- Montbouy (Loing) – future station de référence

La ligne téléphonique a connu le même problème que celle de La Chapelle-sur-Aveyron. Devant la crainte de nouvelles pluies annoncées, une équipe a été envoyée le 2 juin installer un modem GSM, n'occasionnant qu'une courte interruption. Les données fournies par l'observateur ont été très utiles.

- Pannes (Bezonde)

Cet affluent rive gauche du Loing au niveau de l'agglomération de Montargis a connu une crue tout à fait exceptionnelle. Malheureusement, pendant la crue, le radar installé sur le pont et la station ont été noyés et la mesure a été indisponible du 31 mai au 6 juin.

► La DREAL Centre qui est le gestionnaire de cette station a prévu de surélever la station et d'installer un second capteur (sonde).

- Paris [Austerlitz] (Seine)- station de référence, station débitmétrique

Le site de Paris est équipé de deux stations : une station permettant de collecter uniquement la hauteur d'eau et une station débitmétrique qui fonctionnait en mode dégradé (cf. ci-avant). La mesure de hauteur se base sur trois capteurs, de technologies différentes, situés dans un puits de mesures relié à la Seine par une galerie. Ce puits avait été installé lors de l'automatisation de l'enregistrement des hauteurs et permettait d'atténuer le batillage. Depuis, même si l'évolution des technologies ne l'impose plus, les nouveaux capteurs avaient été installés dans le puits pour des questions d'entretien et de stabilisation de la mesure. Aucun dysfonctionnement n'a été constaté lors des dernières crues importantes, notamment en 1955 et 1982.

À partir de la nuit du 2 au 3 juin, et probablement du fait de l'envasement rapide de la galerie d'amenée au puits de mesure, le niveau dans ce dernier ne suivait plus celui de la Seine, et les trois capteurs mesuraient la même cote. Ce dysfonctionnement du puits a entraîné pendant 18 heures un écart de mesure allant jusqu'à 30 cm. Une station de mesure provisoire a été installée le 3 juin sur le quai haut pour continuer de suivre la crue. La sous-estimation de la hauteur s'est répercutée sur le calcul du débit et a contribué à brouiller les prévisions réalisées entre le 2 juin au soir et le 3 matin.

► Le puits et la galerie ont été inspectés par des plongeurs. Les opérations de désenvasement sont en cours de finalisation.

► Deux capteurs de technologies différentes ont été installés, en dehors du puits, sur

le quai au droit de la station. L'échelle limnimétrique a été déplacée pour améliorer sa lecture. Un projet est en cours, visant à installer un radar et une caméra sur le pont d'Austerlitz au droit de l'échelle.

- Saint-Fargeau-Ponthierry [Sainte-Assise] (Seine) – station débitmétrique

Un embâcle est venu perturber la mesure de vitesse d'une des deux cordes de mesures. Le débit calculé était alors sous-estimé. Une équipe a tenté de retirer l'embâcle mais le courant rendait l'intervention trop complexe et trop dangereuse.

► La mise en place d'un dispositif de protection sera étudiée.

D'autres stations ont connu des dysfonctionnements, mais sans perte de données :

- Châlette (Loing) – future station de référence

La passerelle sur laquelle sont fixés les capteurs et l'échelle, a accumulé beaucoup d'embâcles à l'amont. Une différence de cote importante a été observée entre le capteur fixé à l'amont et celui fixé à l'aval à côté de l'échelle. Ce dernier avait été installé suite à la crue de mai 2015, durant laquelle la cote mesurée par le capteur amont différait de la valeur lue sur l'échelle. Le capteur aval a été considéré comme principal – publié sur vigicrues – durant la crue. Le niveau d'eau a dépassé le socle de la cabine, déjà très imposant, pour dépasser le niveau atteint en 1910, et l'a légèrement inondée. Les équipements électriques n'ont pas été touchés.

- Château-Renard (Ouanne) – station de référence

Une différence de niveau a été observée entre les deux capteurs : un radar fixé sur la face amont du pont, le capteur principal et une sonde piézométrique fixée sur une des piles. Les relevés de l'observateur reçus après la crue ont permis de confirmer le bon comportement du radar durant la crue.

- Couilly (Grand Morin) et Morsang (Orge) – stations débitmétriques

Le réseau d'alimentation de courant continu a été coupé obligeant des changements fréquents de batteries utilisées en secours. Aucune perte de données n'est à signaler.

- Villebon (Yvette) et Jouarre [Vanry] (Petit Morin)

Les radars de ces deux stations ont été submergés. Les capteurs étant doublés par des sondes, le SPC a tout de même pu suivre l'intégralité de la crue.

Au-delà de ces cas particuliers, plusieurs échelles limnimétriques ont été submergées ou se sont retrouvées difficiles d'accès.

► Elles seront prolongées et dans certains cas un déport sera installé. Plusieurs équipements (cabines et radars) également seront surélevés au-delà des nouvelles plus hautes eaux connues.

Plus généralement, le réseau hydrométrique de l'unité hydrométrie Île-de-France est continuellement modernisé. Suite à la crue, les différentes priorités ont été revues et intègrent désormais des objectifs de correction des dysfonctionnements présentés ci-avant et de prévention de nouveaux problèmes sur les autres stations du réseau. Le programme complet des travaux est présenté en annexe 3. La priorisation des actions se base sur l'importance des stations pour les tâches de prévision de crues. Les stations stratégiques pour le suivi des crues sur les bassins du réseau non surveillé, dont les dysfonctionnements ont pu être préjudiciable localement pour la gestion de crise, sont également considérées.

Une réunion organisée par le SPC s'est tenue le 9 septembre avec les unités hydrométrie oeuvrant sur le territoire du SPC SMYL, à savoir Centre, Bourgogne et Ile-de-France. Cette réunion a permis de partager les retours d'expérience de la crue – la DREAL Centre ayant connu un événement exceptionnel sur le bassin de la Loire. Plusieurs actions de sécurisation du réseau ont été décidées :

- la DREAL Centre double le capteur de la station de Pannes et surélève les équipements d'acquisition et de collecte,
- la DREAL Centre et la DRIEE mettent en place la collecte de la station de Courtempierre sur le Fusain par le concentrateur de la DRIEE. Le concentrateur de la DREAL Centre n'est pas compatible au type de station débitmétrique utilisé pour la station, contrairement à celui de la DRIEE – la technologie utilisée à Courtempierre est la même que celle utilisées sur les stations débitmétriques de la DRIEE. Cela permettra de diffuser en temps réel, sur Vigicrues, les données de hauteur et de débit sur le Fusain,
- le SPC SMYL établit une liste des stations prioritaires pour la prévision des crues sur le réseau géré par la DREAL Bourgogne. La DREAL mènera pas la suite les actions nécessaires à la sécurisation de la mesure.

► Pour tous les problèmes, fréquents, liés aux réseaux télécom et électrique, il sera nécessaire de faire le point avec les opérateurs concernés et de mener les opérations de sécurisation nécessaires. Des systèmes redondants seront mis en place sur les stations sensibles.

Les retours favorables de la DREAL Centre sur la collecte des stations par radio, et plus généralement des unités hydrométrie utilisant cette technologie, conduisent la DRIEE et la DREAL Bourgogne à envisager d'y recourir pour sécuriser la collecte des stations.

► Une étude d'opportunité et de faisabilité sur l'installation d'un réseau radio pour collecter des stations hydrométriques du territoire du SPC SMYL sera menée en 2017. Les investissements et les travaux nécessaires sont tels que ce projet, s'il s'avère opportun et faisable, ne pourra être mené qu'à long terme.

Il est enfin important de rappeler l'importance de disposer d'un réseau d'observateurs

pouvant aller lire régulièrement les échelles et transmettre les informations au SPC. Ce réseau existe sur l'amont des bassins du Loing et de l'Yonne. Une extension sur d'autres secteurs du territoire du SPC est à étudier.

2.2 - L'hydrologie en temps réel

Pour des événements aussi extrêmes et peu fréquents, il est très difficile de fournir en temps réel une donnée de débit fiable. En effet, soit on ne dispose d'aucune mesure comparable, car la crue atteint des niveaux jamais observés, soit les conditions d'écoulement ont fortement évolué depuis les dernières crues similaires, rendant inutilisables tels quels les jaugeages et les courbes de tarages réalisés durant celles-ci. De plus, certaines hauteurs pouvaient ne pas correspondre aux hauteurs réellement observées (cf. 2.2).

Tout cela a rendu indispensable la réalisation de nombreux jaugeages (mesures de débit). Au total, 80 mesures ont été réalisées entre le 30 mai et le 3 juin. Le choix a été fait de privilégier plusieurs jaugeages sur une même station stratégique, pour valider les mesures, plutôt que de disposer de jaugeages uniques sur un plus grand nombre de stations. Sur les 55 stations apportant une information de débits, 34 ont été jaugées lors de cette crue (22 à plusieurs reprises). Le site de Bouray-sur-Juine, géré par le SIARCE, a également été jaugé à deux reprises pour que le syndicat puisse affiner ses prévisions à l'aval et améliorer l'analyse des stations de la DRIEE sur l'Essonne. Certains secteurs, qui plus est, d'accès difficile, n'ont donc pas pu être jaugés (Mauldre, amont du bassin de l'Orge, amont du bassin de Loing, petits cours d'eau du sud de la Seine-et-Marne). Des données récoltées après la crue (vidéos ou laisses de crue) pourront permettre d'estimer des débits sur les secteurs non jaugés, voire de confirmer des débits sur des secteurs jaugés.

Ces jaugeages ont permis de revoir en temps réel les courbes de tarages de 8 stations : La Chapelle, Montbouy, Gy-les-Nonains, Pannes, Châlette, Episy sur le bassin du Loing, Guigneville (La Mothe) sur l'Essonne, Pommeuse sur le Grand Morin et ainsi fiabiliser les prévisions basées sur ces valeurs de débit.

Pour les stations où des jaugeages n'ont pas pu être réalisés, les courbes de tarage ont simplement été prolongées, d'où une forte incertitude sur les débits.

Un premier travail de critique des données a débuté, fin juin, pour valider provisoirement les débits de la crue. Il a permis de publier des hauteurs et débits à la mi-juillet sur l'ensemble des stations gérées par la DRIEE.

► Ajustement des courbes de tarage, reprise de données et calculs d'incertitude

Par la suite, les jaugeages, les données des sites et les chroniques de données de hauteur seront ré-analysées plus finement pour valider les hydrogrammes de la crue de 2016, mais également les débits des crues précédentes. Cela conduira à revoir certains ajustements de débits de crues passées.

Ce travail pourra nécessiter des campagnes de mesures topographiques (notamment pour tracer les sections de mesures souvent modifiées par les crues et niveler des laisses de crues qui permettront de valider les limnigrammes enregistrés) et des modélisations

hydrauliques. Le recours à l'outil Baratin¹, récemment développé par l'IRSTEA et dont l'usage avait été entamé, sera systématisé pour analyser et améliorer le tracé des courbes de tarages et quantifier les incertitudes associées aux débits bancarisés.

Les courbes de tarage seront extrapolées jusqu'aux débits centennaux, de manière à limiter les absences de débits calculés dues au dépassement de la borne supérieure de la courbe.

► **Capitalisation des connaissances sur les stations**

Le travail entamé début 2016 pour l'élaboration de fiches descriptives des stations sera finalisé en 2017 et complété par l'intégration des hauteurs caractéristiques des sites (débordement, limite de fiabilité de la courbe de tarage, inondation de la cabine...). La base de connaissance ainsi constituée permettra de capitaliser les informations, mieux les transmettre et tracer les choix effectués. La recherche de sections de jaugeage en grande crue sera également nécessaire.

► **Relations hauteur – débit de secours sur les stations débitométriques**

Les stations sous l'influence des ouvrages de navigation, sur lesquelles la connaissance du débit n'est accessible actuellement que grâce à des stations débitométriques, se verront dotées autant que possible de relations hauteur-débit en hautes eaux (une fois l'influence des ouvrages négligeable). Malgré une part d'incertitude, jugée acceptable, ces relations hauteur-débit pourront servir de secours aux prévisionnistes en cas de défaillance de la mesure automatique.

2.3 - L'organisation des équipes d'hydrométrie et de maintenance

Conditions de circulation

Les difficultés habituelles de circulation en région parisienne sont exacerbées en période de crue, du fait de la fermeture précoce des voies sur berge d'une part, et des difficultés induites sur le réseau ferré d'Île-de-France. Les déplacements liés aux missions d'hydrométrie et de maintenance ont été fortement gênés par des conditions de circulation dégradées.

Plusieurs pistes d'action sont envisageables :

- une meilleure identification des véhicules de terrain ;
- une meilleure organisation des équipes leur permettant une autonomie de plusieurs jours en termes de matériel, qui réduira les temps d'intervention et la durée des trajets.

Effectifs limités

Les effectifs des équipes d'hydrométrie et de maintenance d'Île-de-France, malgré une situation favorable (absence de congés ou d'arrêt maladie) se sont révélés juste suffisants (10 agents effectivement mobilisables) pour l'intensité et la durée de l'épisode, somme toute assez court.

¹ BaRatin (BAYesian RATINg curve) : méthode d'estimation des courbes de tarage et des incertitudes associées à l'aide d'un formalisme bayésien

Afin de renforcer les équipes et donc de garantir des conditions de sécurité suffisantes aux agents (avec un temps de repos minimum), il est envisagé d'associer opportunément aux mesures des agents non-hydromètres de la DRIEE (en binôme avec un hydromètre expérimenté) ou d'autres unités hydrométriques de France. Ces possibilités de renfort devront être confrontées :

- aux disponibilités des personnes vis-à-vis de leurs tâches habituelles (c'est en particulier bien évidemment le cas pour les agents des autres unités hydrométriques, potentiellement mobilisés sur leur territoire habituel) ;
- à leur formation en termes de sécurité d'une part, et en termes de protocole de mesure d'autre part (pour les agents de la DRIEE non-hydromètres).

Les connaissances des conditions d'écoulement propres à chaque site, nécessaires pour la réalisation d'une mesure de qualité dans de bonnes conditions de sécurité, sont telles que l'intervention d'équipes complètes d'hydromètres extérieurs au bassin de la Seine, n'est pas envisageable sans une parfaite documentation des sites de mesure, encore à finaliser, et pose des difficultés en termes de sécurité au travail.

Si l'hypothèse d'un soutien par des partenaires techniques hors des services de la DRIEE ou du réseau de l'hydrométrie nationale a pu être évoquée, elle se heurte à des problématiques importantes de cohérence et de responsabilité.

Au-delà de l'événement, la pérennité d'une équipe complète et compétente, dans une zone géographique peu attractive pour ces métiers, devra être recherchée par un élargissement du recrutement, se heurtant souvent à des contraintes administratives de gestion d'effectifs (compteurs, règles de gestion, etc.).

2.4 - Les prévisions

Dans ce chapitre, sont présentés :

- les outils de prévision utilisés au SPC SMYL,
- les prévisions produites sur les tronçons Loing amont-Ouanne, Loing aval, Seine moyenne, Seine à Paris et Boucles de Seine
- les pistes d'action à mener.

2.4.1 - Les outils de prévision du SPC

Trois principaux types d'outils sont utilisés au SPC pour élaborer les prévisions :

- Les modèles hydrologiques GRP,
- Le modèle hydraulique Cassandre,
- Les outils et relations empiriques.

Le modèle hydrologique GRP

Le modèle de prévision GRP est un modèle hydrologique conçu pour la prévision des débits en période de crue. Il est développé et maintenu par l'IRSTEA. C'est un outil couramment utilisé parmi les services de prévision des crues.

La base GR du SPC SMYL contient 67 bassins. Le calage des modèles a été effectué sur la période 1994 – 2014, qui comprend notamment les crues généralisées de 2001 et les crues de 2013 sur le Serein et l'Armançon.

Les modèles GRP sont systématiquement utilisés en prenant en compte 3 scénarios de pluie prévue par météo France : minimum, moyen et maximum.

Ces modèles GR ont principalement 3 utilisations :

- une utilisation qualitative, pour déterminer s'il y a lieu de passer un tronçon en vigilance. Les modèles GR sont alors utilisés en tant qu'outil d'aide à la décision pour le franchissement de seuil de vigilance,
- une utilisation quantitative, en entrée du modèle hydraulique Cassandra,
- une utilisation quantitative pour la production de prévisions. Ce dernier usage est encore peu ancré au SPC SMYL, en raison de fortes incertitudes associées aux prévisions de ce modèle. L'estimation d'incertitudes sur les prévisions des modèles GRP a fait l'objet d'un stage au premier semestre 2016. Les incertitudes peuvent désormais être chiffrées en vue d'une prochaine utilisation opérationnelle.

Les fiches et abaques de vigilance et de prévision

Les fiches et abaques sont des outils relativement simples et synthétiques, basés sur l'analyse d'un large panel de crues passées.

En parallèle des modèles GR, ce sont des outils très utilisés pour la détermination du franchissement des seuils de vigilance. Ils permettent également d'effectuer des prévisions chiffrées basées sur les observations effectuées aux stations amont.

Le modèle hydraulique Cassandra

Ce modèle hydraulique couvrant la quasi-totalité du réseau surveillé par le SPC a été construit entre 2006 et 2008.

Il s'agit d'un modèle hydraulique à une dimension MIKE 11, construit avec un profil en travers tous les 2 km environ (variable selon les secteurs). Les barrages de navigation sont représentés par une consigne théorique. Les crues de calage et validation utilisées lors de sa conception sont celles de janvier 1982, d'avril 1998, mars 1999, décembre 1999, mars 2001, janvier 2003, mars 2006.

Ce modèle permet d'effectuer un recalage temps réel aux stations de mesure sélectionnées par assimilation du débit observé jusqu'à l'instant de prévision et propagation de l'erreur au-delà de l'instant de prévision.

Les apports intermédiaires non instrumentés sont reconstitués par des modèles hydrologiques internes à l'outil (module NAM de Mike 11).

Les apports jaugés sont intégrés et les débits d'entrée sont prolongés au-delà de l'instant de prévision par les modèles GRP disponibles.

2.4.2 - Les difficultés rencontrées

Le SPC a rencontré des difficultés à faire des prévisions chiffrées sur le bassin du Loing pour plusieurs raisons :

- La persistance sur plusieurs jours de la pluviométrie qui a continué à alimenter la crue alors même qu'on atteignait déjà des niveaux records,
- L'indisponibilité de certaines données en raison de pannes sur des capteurs ou sur le réseau de télécommunications (cf. §2.2). Les dysfonctionnements rencontrés sur les stations de Pannes (Bezonde), Saint-Fargeau-Ponthierry [Ste-Assise] (Seine), Alfortville (Seine), Paris (Seine), Condé-sainte-Libiaire (Marne) et Courtomer (Yerres) ont été à ce titre les plus pénalisants pour l'élaboration des prévisions sur le réseau surveillé.
- La sortie de la gamme de validité des relations hauteur-débit (courbes de tarage) aux stations qui ne permettait plus d'estimer les débits de manière fiable, alors que la connaissance des débits est indispensable pour établir des prévisions (cf. §2.3). C'est sur les stations du bassin du Loing que ce phénomène a été le plus impactant pour l'établissement des prévisions aussi bien sur le Loing que sur la Seine.
- La sortie de la gamme de validité d'outils de prévision (abaques et formules) basés sur des événements passés alors qu'on atteignait des niveaux encore jamais observés sur le bassin du Loing,
- Les difficultés à utiliser le modèle de propagation, nécessitant des données de débit en entrée alors que beaucoup d'apports en débit n'étaient plus connus ou très incertains,
- Les conditions d'écoulement atypiques en raison de la saison dans certaines parties de lit majeur rendant inapplicables les coefficients calés sur les grandes crues (hiver ou début de printemps).

Pour toutes ces raisons, les prévisions ont été revues au fur et à mesure de l'événement et de l'intervention des équipes pour réaliser toutes les actions nécessaires (dépannages, jaugeages, révision des relations hauteur-débit).

2.4.3 - Les prévisions météorologiques

Les prévisions hydrologiques du SPC sont réalisées sur la base des observations de hauteurs et débits aux stations de mesure hydrométriques mais également à partir des observations et prévisions météorologiques fournies par Météo-France.

Les bulletins précipitation fournis deux fois par jour par Météo-France couvrent la période J, J+1, J+2. Elles sont fournies sous la forme d'intervalles min/max de cumuls journaliers : par exemple 15/30 mm ou 20/40 mm. Ils sont accompagnés d'un commentaire décrivant plus précisément la situation et qualifiant les éventuelles sources d'incertitudes liées à ces prévisions.

A partir du samedi 28 mai, les bulletins de précipitations couvrant la période du 28 au 30 mai

nous informent de l'arrivée d'une active perturbation pluvieuse qui doit toucher le bassin du Loing et l'Ile-de-France les 29 et 30 mai.

Les cumuls annoncés pour ces deux jours sont importants puisque Météo France prévoit alors des cumuls sur 48 h compris en moyenne entre 30 et 60 mm sur la Seine moyenne et les Morins, et entre 20 et 50 mm sur le bassin du Loing.

La localisation précise des pluies et la valeur des cumuls sont encore incertains à ce stade en raison de la nature du phénomène.

Il est cependant déjà évident, étant donné ces cumuls, qu'une réaction hydrologique potentiellement importante et peu habituelle à cette saison, va se produire dès le début de la semaine.

Le dimanche 29 mai, les prévisions de pluie pour le 30 mai sont légèrement revues à la hausse sur le bassin du Loing et l'Ile-de-France. Météo France annonce également que les pluies vont perdurer le 31. La localisation et la valeur des forts cumuls restent incertaines.

Enfin, le lundi 30 mai, les prévisions pour la journée du 30 sur le bassin du Loing qui étaient de 15/30 mm la veille sont réévaluées à 40/60 mm, suivies de 30/50 mm pour le 31. Sur les autres zones, les cumuls prévus sont également revus à la hausse, atteignant partout 30/50 à 40/60 mm sur l'Ile-de-France pour la seule journée du 30, et des cumuls légèrement inférieurs le lendemain.

On se trouve alors face à un événement météorologique annoncé d'une ampleur exceptionnelle.

Dans l'ensemble, les prévisions publiées dans ce bulletin du 30 mai vont se révéler exactes, les cumuls moyens observés par la suite sur les bassins versants les 30 et 31 étant bien dans l'intervalle alors prévu par Météo France. Localement, des cumuls plus importants seront observés lors d'événements particulièrement intenses.

Une relative accalmie est observée, comme prévu, le 1^{er} juin. Toutefois, dès le 31, de nouvelles pluies sont annoncées pour le 2 juin, avec des cumuls prévus variant de 7/15 mm à 10/20 mm sur les zones déjà touchées. Les cumuls seront légèrement réajustés le 1^{er} puis le 2 matin. Là encore, les observations viendront confirmer la pertinence générale de ces prévisions.

2.4.4 - Prévisions publiées dans Vigicrues

Les prévisions publiées par le SPC dans Vigicrues pendant l'événement, sont représentées sur les graphiques suivants.

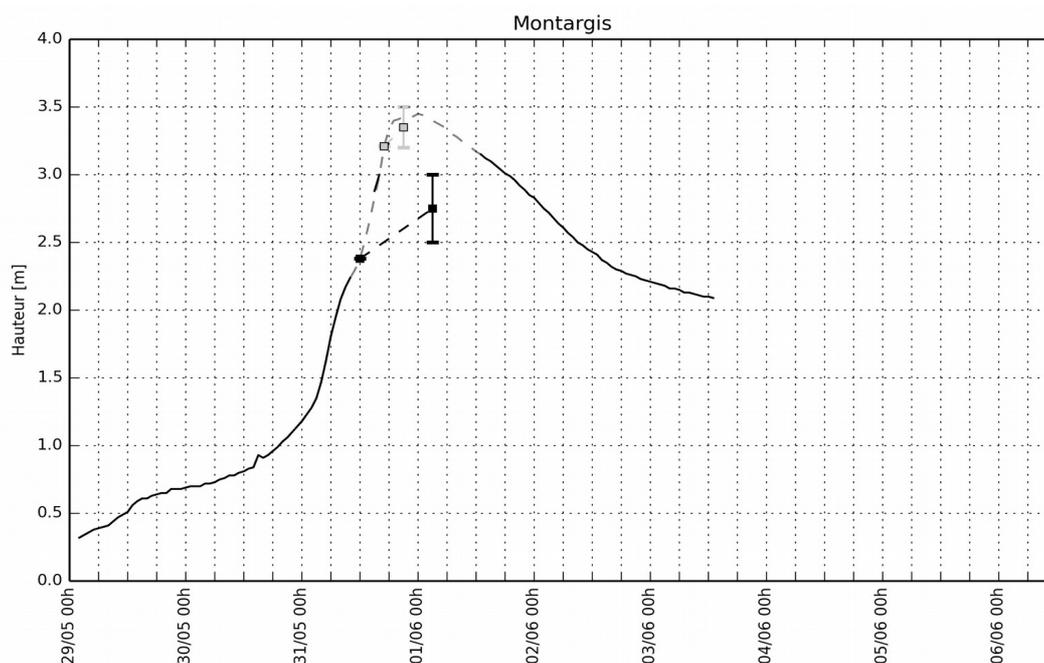
Chaque prévision est représentée :

- par un point sur la courbe correspondant à l'instant de la prévision,
- un intervalle de la même couleur, correspondant à la prévision réalisée à une échéance donnée.

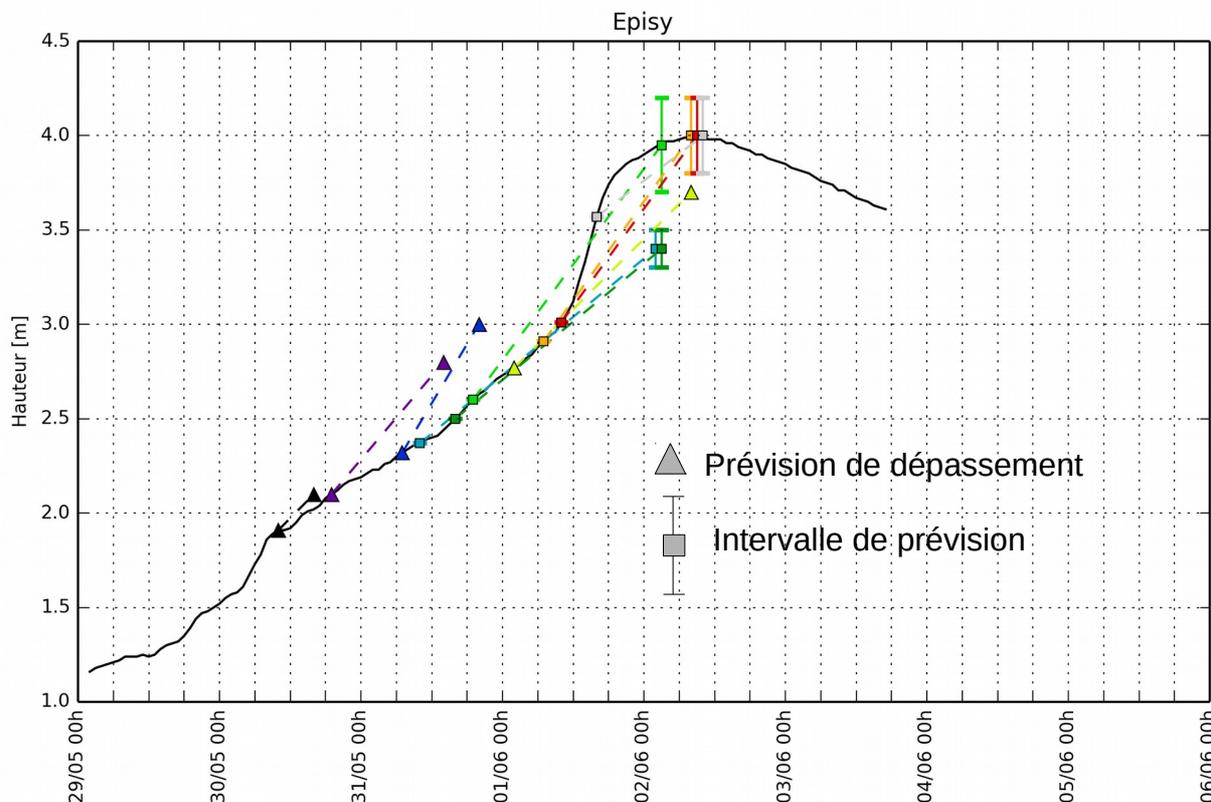
Prévisions sur le bassin du Loing

L'exemple suivant illustre le cas de Montargis, avec une première prévision le 30/05 à 12h donnant un maximum compris entre 2,5 à 3 m le lendemain, puis une prévision actualisée à 16h revoyant cette prévision à la hausse (3,2 – 3,5 m pour la nuit).

La partie de la courbe en pointillés représente la plage de temps pendant laquelle la donnée était indisponible.



A Episy (Loing aval), on prévoit le 30 et le 31 matin de dépasser 2,8 m puis 3 m de façon un peu anticipée (une douzaine d'heures trop tôt).



A partir du 31 mai 18h, une prévision du maximum autour de 4 m pour le 2 juin matin est publiée sur Vigicrues.

Prévisions sur la Seine moyenne

Les prévisions sur la Seine moyenne sont réalisées avec différents outils de prévision :

- Le modèle numérique de propagation, couplé à des modèles hydrologiques pour les principaux apports. Celui-ci propage les débits depuis l'amont des bassins du Loing, de l'Yonne, de la Seine et de la Marne. Une des difficultés d'utilisation lors de cette crue était la très forte incertitude sur les débits du Loing et sur les apports intermédiaires franciliens, très sous-estimés dans un premier temps dans la modélisation, avant d'être réajustés suite aux jaugeages réalisés.
- Des abaques reliant débits prévus et hauteurs aux stations de référence. Les mêmes doutes sur les hauteurs et débits observés ont été rencontrés et ont rendu difficile l'application directe de certains de ces outils.

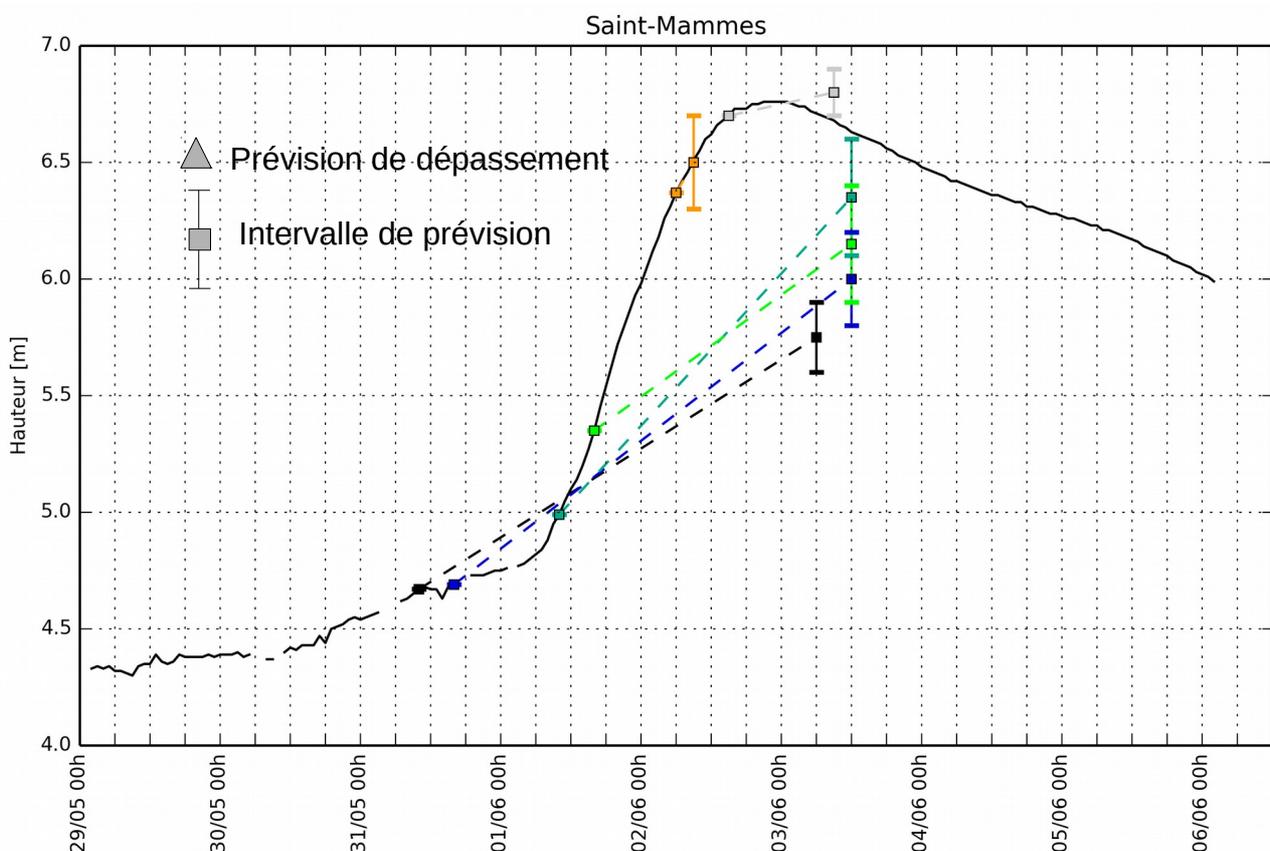
Des précisions, station par station, sont données par la suite.

En raison de la crue du Loing inédite par son ampleur, les relations hauteur-débit aussi bien à Chalette qu'à Episy, n'étaient plus disponibles à partir du 31 mai.

Une forte incertitude existait donc sur le débit en cours de propagation sur le Loing.

Des jaugeages réalisés à Chalette le 1^{er} juin midi (autour de 350 m³/s), puis à Episy le 2 juin matin (autour de 450 m³/s), ont permis d'estimer plus précisément les débits se propageant sur le Loing vers la Seine moyenne.

Avant ces jaugeages, on constate une sous-estimation des débits du Loing et donc du débit global sur la Seine, notamment à la confluence, à Saint-Mammès dont la prévision est progressivement revue à la hausse comme en atteste le graphique suivant.



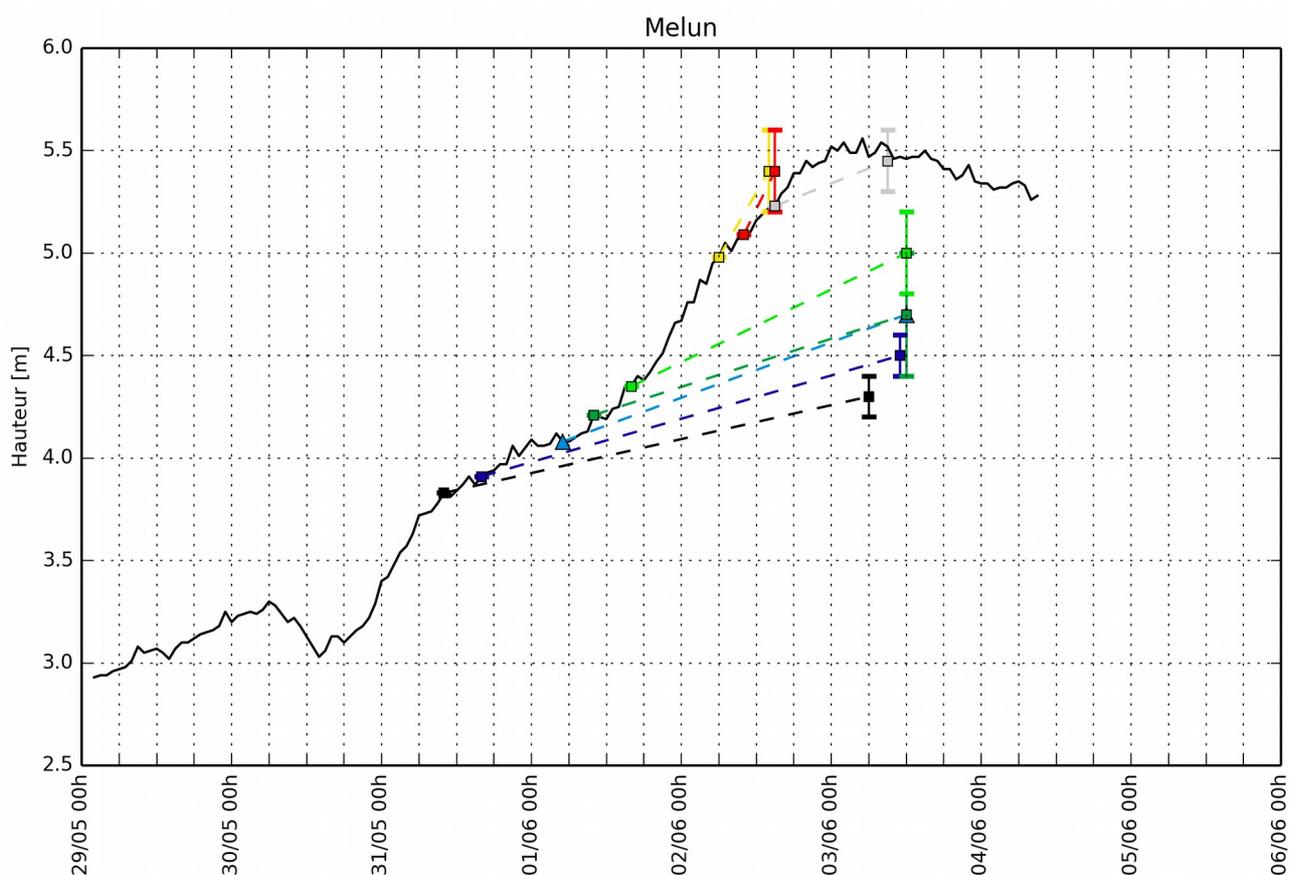
Les affluents du tronçon, notamment l'Almont, l'Ecole, l'Essonne, l'Orge, l'Yvette, l'Yerres ont fortement contribué à renforcer le débit de la Seine. Sur les bassins de l'Orge et de l'Yerres, des problèmes liés à des dysfonctionnements ou aux difficultés d'extrapoler la relation hauteur-débit ont également été rencontrés (cf. 2.2 et 2.3).

Il est également à noter les incertitudes concernant le débit de la Seine moyenne pendant la crue en raison :

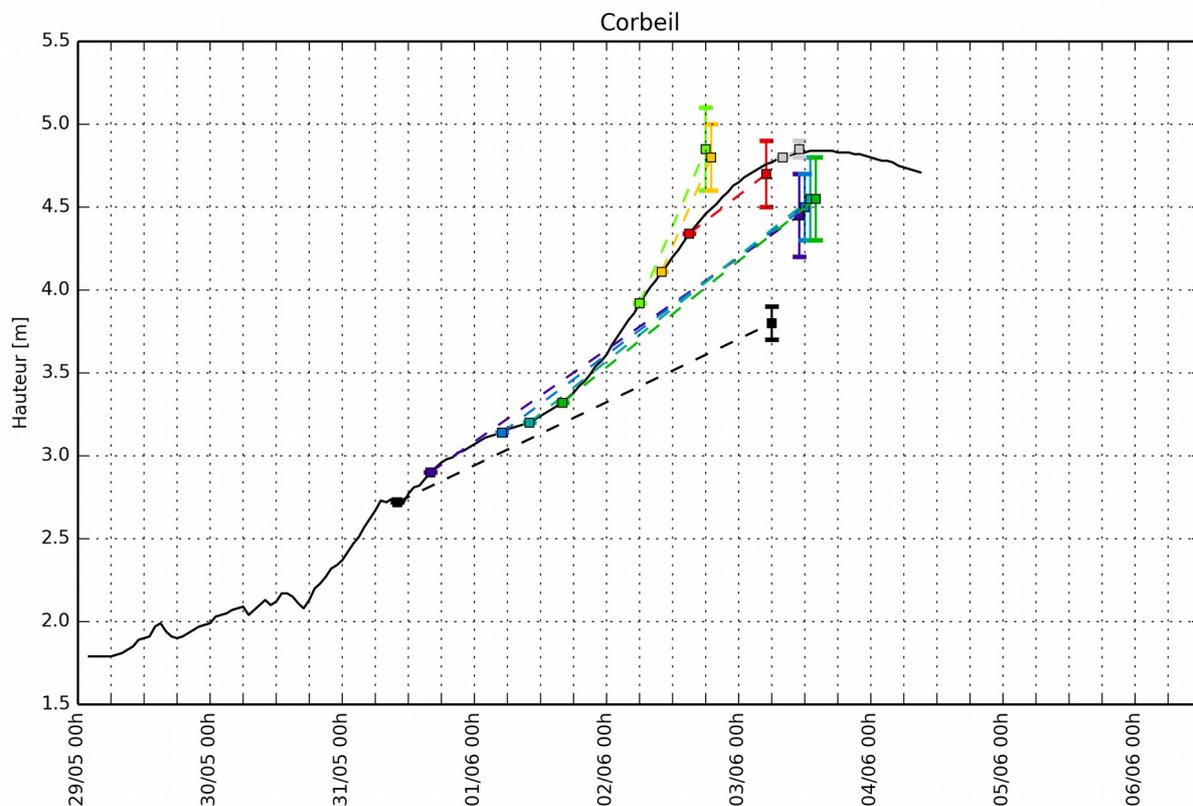
- d'un dysfonctionnement de la station de Sainte-Assise à partir du 2 juin qui a conduit à une sous-estimation du débit,

- des problèmes du réseau de télécommunication avec la station d'Alfortville, non collectable pendant une grande partie de la crue.

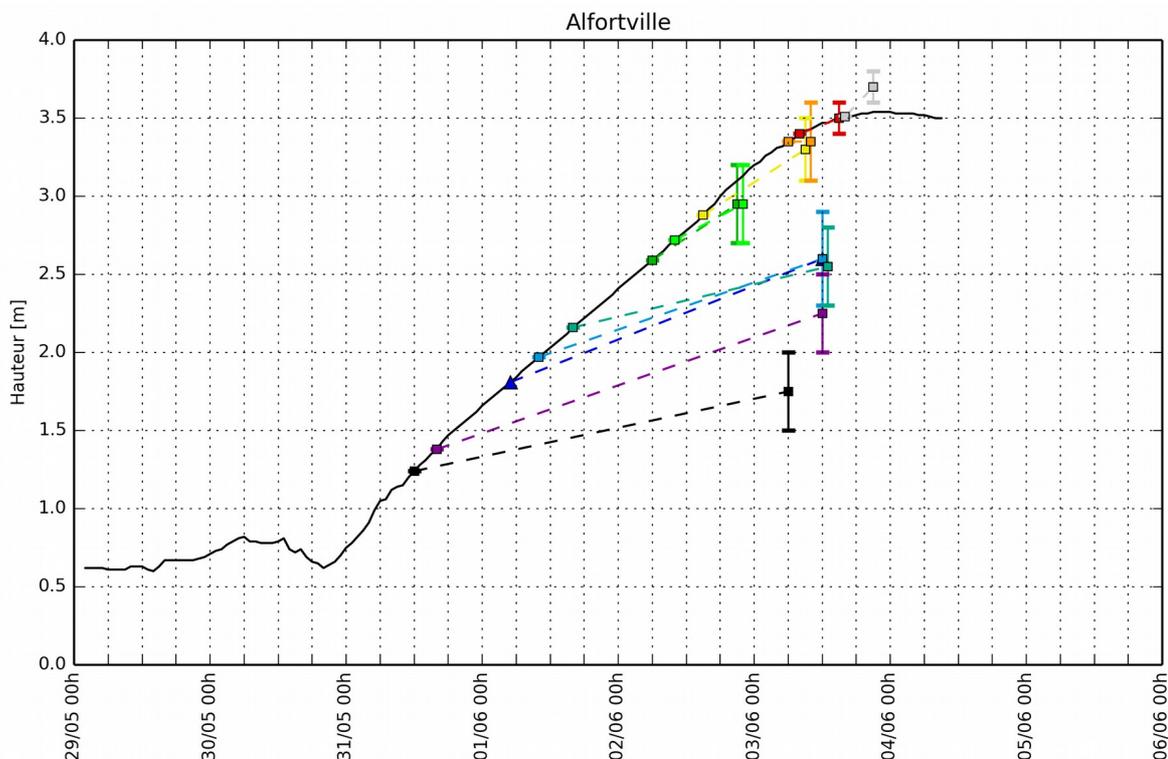
A Melun, une difficulté supplémentaire était liée aux travaux en cours sur le barrage de Vives-Eaux, situé quelques kilomètres en aval, avec la présence à la fois du batardeau du chantier du nouveau barrage et de l'ancien barrage fermé sur un tiers de sa longueur. Ces ouvrages ont généré, pendant la crue, une perte de charge anormalement élevée dans la Seine, estimée à 80 cm environ en amont immédiat du barrage et de 40 à 50 cm environ à Melun.



A Corbeil également, le niveau est d'abord sous-estimé jusqu'au 1^{er} juin, puis estimé plus justement à partir du 2 juin, bien qu'avec un temps de propagation trop court de quelques heures.



Enfin à Alfortville, c'est également à partir du 2 juin, suite au jaugeage du Loing à Episy, que les prévisions sont revues à la hausse.



Prévisions sur la Seine à Paris

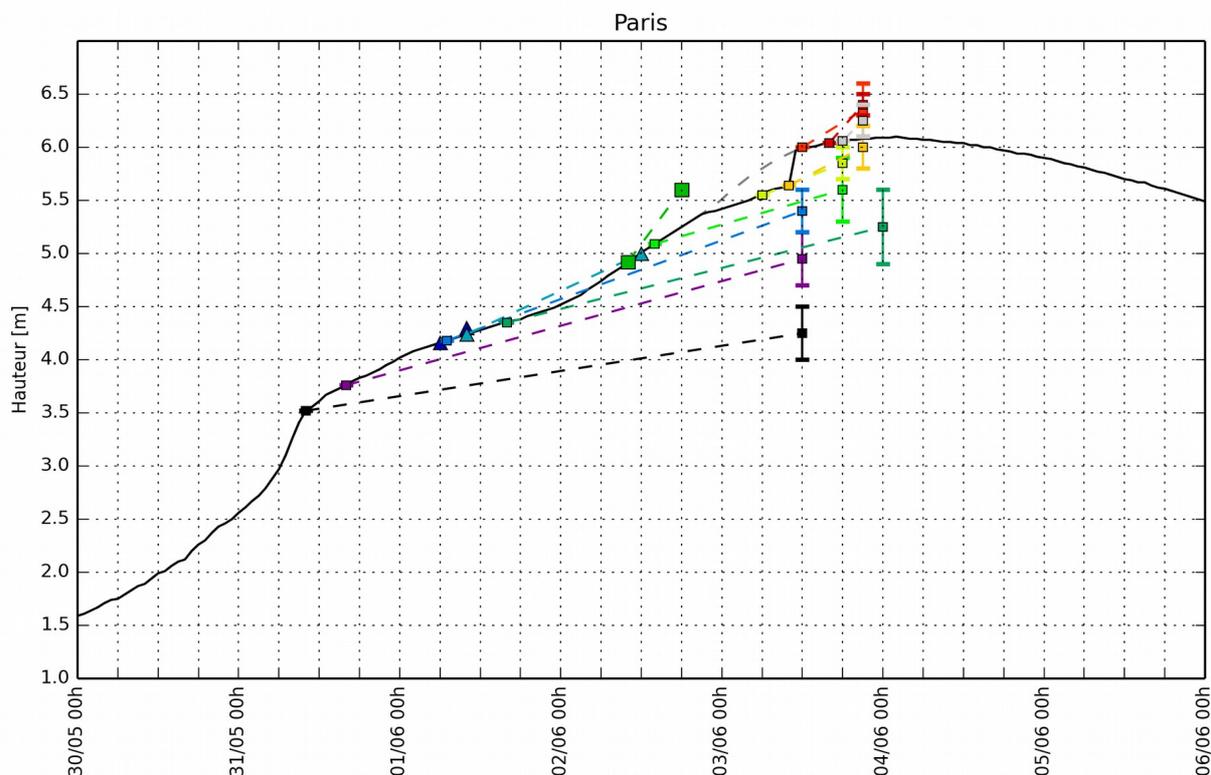
- **Paris**

En ce qui concerne la prévision à Paris, les difficultés rencontrées sont les mêmes que sur la Seine moyenne jusqu'au 1er juin, avec une sous-estimation des prévisions.

Rétrospectivement, même si le maximum de la crue à Paris était attendu dans un délai de 72 heures, il était trop tôt, le 31 mai, pour réaliser une prévision à cette échéance alors que les réactions étaient encore en cours sur l'amont du Loing, avec des débits toujours à la hausse en amont de Montargis.

Le délai usuel de 72 heures à Paris, lié à la situation classique d'une crue de l'Yonne, de la Marne et de la Seine, n'était pas réaliste dans le cas de cette crue, dont le maximum a été atteint beaucoup plus rapidement, car formée à l'aval du bassin versant.

Le graphique suivant présente les hauteurs à Paris fournies par le capteur défectueux (en trait plein) et la mesure corrigée (en pointillés).



Le 2 juin, les prévisions sont revues à la hausse mais restent sous les 6 m. Le tronçon est placé en vigilance orange.

A partir du 3 juin, d'autres incertitudes s'ajoutent en lien avec la propagation de la crue de la Marne :

En effet, le 2 juin, de nouvelles pluies conséquentes touchent le bassin de la Marne, on constate entre le 2 juin midi et le 3 juin matin une augmentation de 100 m³/s à la Ferté-sous-Jouarre, liée aux réactions des affluents (notamment le Surmelin). Le débit repart également à la hausse sur le Petit et le Grand Morin.

La prévision de débit est donc à la hausse sur la Marne pour la journée du 3 juin. L'incertitude vient de la difficulté à quantifier l'atténuation par laminage de l'onde de crue en cours de propagation et de la qualité de la mesure à Condé-St-Libiaire.

Il est alors décidé de considérer, pour la journée du 3 juin, une incertitude de l'ordre de :

- 50 m³/s sur la variation de débit attendue sur la Seine, incertitude principalement liée aux apports des affluents, notamment Yerres et Orge qui ont également été arrosés la veille,
- 100 m³/s sur l'augmentation de débit possible sur la Marne suite à la réaction observée sur la Marne moyenne due aux pluies locales.

Cette incertitude de 150 m³/s en débit correspond à Paris, dans cette gamme de hauteur, à une incertitude de 50 cm.

Le 3 juin, le dysfonctionnement du capteur d'Austerlitz depuis la veille au soir est constaté dans la matinée. La hauteur à l'échelle est de 6 m environ à 11h et non pas 5,7 m comme indiqué par la station.

Cela conduit dans un premier temps à rehausser la prévision en conservant le même intervalle d'incertitude.

Un arbitrage, consistant à communiquer sur la partie supérieure de l'intervalle d'incertitude estimé a alors été fait au niveau politique, motivé par le fait que les prévisions de la veille avaient été dépassées.

Ce n'est que dans l'après-midi que l'hypothèse la plus haute sera définitivement écartée et que la prévision sera revue légèrement à la baisse.

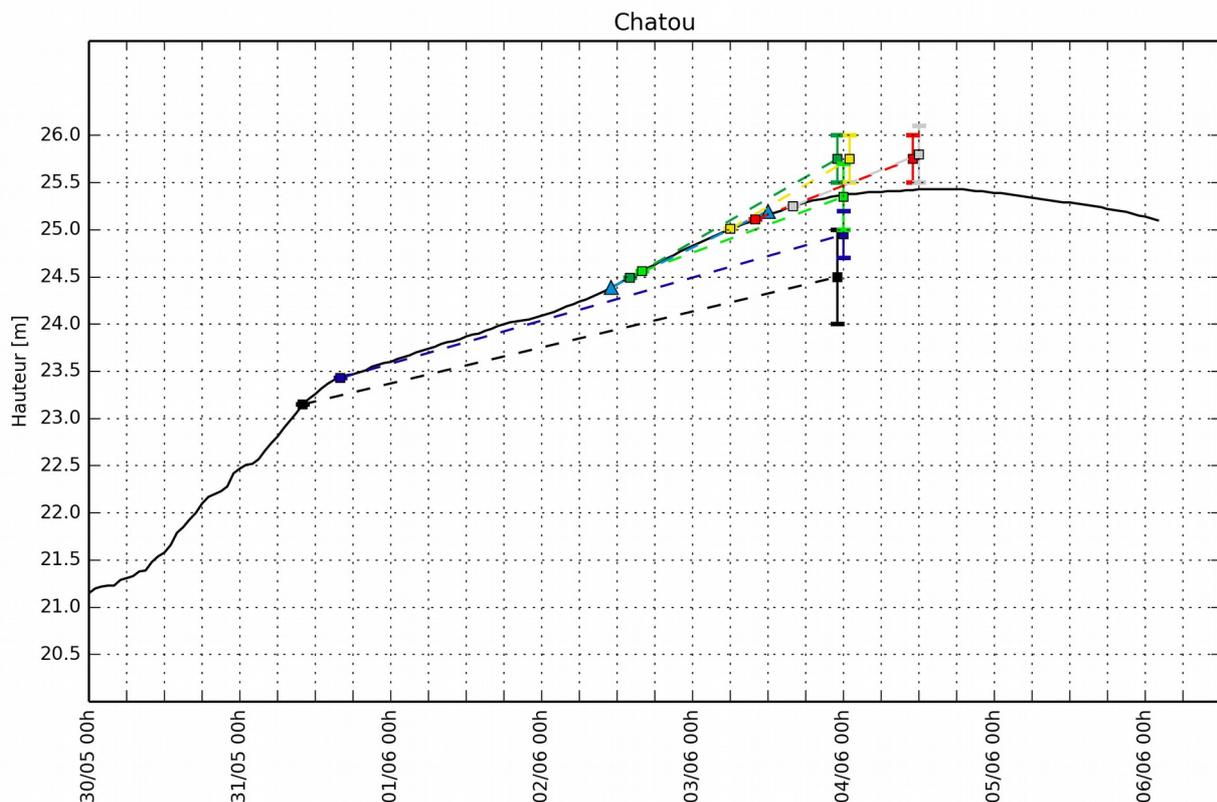
- **Chatou**

En l'absence d'apports significatifs entre Paris et Chatou, la prévision à Chatou est directement déduite de la prévision à Paris.

La relation entre hauteur à Paris et hauteur à Chatou est basée sur une relation empirique issue de l'étude des crues passées. On constate que sur la crue de juin 2016, la hauteur à Chatou est anormalement basse par rapport à la relation usuelle entre ces deux stations.

A titre de comparaison, lors de la crue de 1982, on avait observé 6,15 m à Paris et 25,75 m à Chatou, alors qu'on a, en 2016, 6,10 m à Paris et seulement 25,40 m à Chatou.

Ceci explique pourquoi la prévision à Chatou a pu être surestimée en 2016, y compris le 3 juin. Le fait qu'on se trouve ici dans le cas d'un débit relativement faible sur l'Oise, contribue certainement à ce phénomène. Il faudra rechercher si des modifications du lit de la Seine ont pu aussi, depuis 1982, modifier les conditions d'écoulement dans ce secteur et expliquer ce changement.

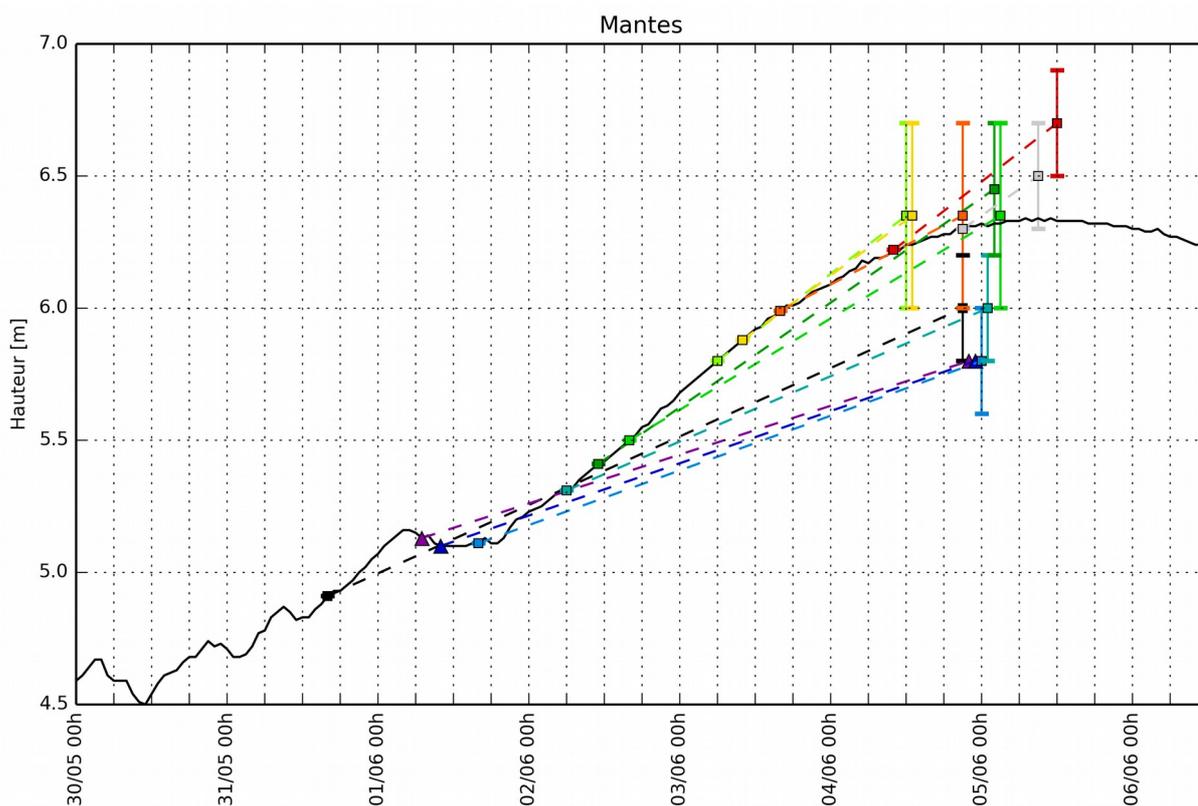


Prévisions sur les Boucles de Seine

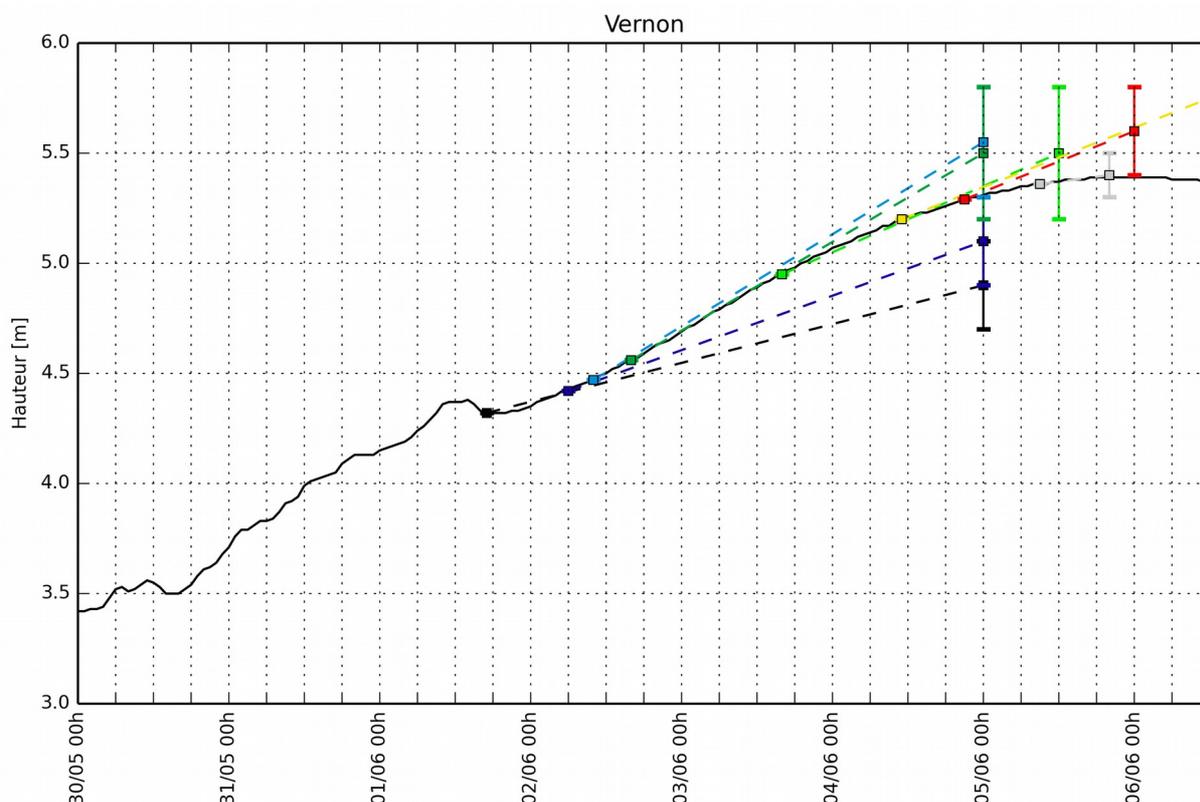
Pour terminer, sont fournies les prévisions sur le tronçon Boucles de Seine, en aval de la confluence Seine-Oise.

A Mantes, on constate la même sous-estimation que pour les tronçons amont jusqu'au 2 juin, suivie d'un réajustement encadrant mieux le maximum de crue (à l'exception de la prévision en rouge du 4 matin, revue ensuite à la baisse).

Une crue très modeste de l'Oise était en cours sur la même période mais les phénomènes n'ont finalement pas été concomitants, la crue de l'Oise étant passée après celle de la Seine.



La situation est très semblable à Vernon. A noter que l'écrêtement provoqué par la propagation de l'onde de crue a été plus important que prévu. A partir du 2 juin, on est donc finalement resté proche de la limite inférieure des prévisions.



2.4.5 - Actions à mener

L'analyse des difficultés rencontrées pour établir des prévisions lors de cette crue atypique conduit à poursuivre ou envisager les mesures suivantes :

Sur la disponibilité et la fiabilité des mesures :

- ▶ Fiabiliser les stations (capteurs et moyens de transmission) pour sécuriser la fourniture de données (cf. 2.2),
- ▶ Prolonger les courbes de tarage (relations hauteur-débit) de toutes les stations au-delà de la crue centennale par les méthodes d'extrapolation disponibles (notamment la modélisation en l'absence de jaugeages fiables).

Sur les outils de prévision :

- ▶ Améliorer la prise en compte des apports intermédiaires dans le modèle hydraulique de propagation,
- ▶ Tester les modèles hydrologiques et hydrauliques en conditions parfaites (avec des données d'entrée re-travaillées et validées après la crue) afin de juger de leurs performances, et de comparer plusieurs types de paramétrages notamment en ce qui concerne l'assimilation de données.
- ▶ Mieux quantifier les incertitudes associées aux prévisions en prenant davantage en compte l'incertitude liée aux mesures de débit, en plus des incertitudes liées aux modèles et aux pluies.
- ▶ Automatiser un outil fonctionnant en mode dégradé (en l'absence d'une ou plusieurs données d'entrée) qui prendrait le relais des modèles en cas d'indisponibilité d'une partie des mesures. Un modèle simplifié par accroissement de débit est envisagé sur le réseau surveillé en Île-de-France.

Sur la communication autour des prévisions

En Île-de-France, et en particulier à Paris, la pression est très forte pour fournir des prévisions précises, à plusieurs jours quelle que soit la situation hydrologique.

Cela est possible lorsqu'il s'agit d'une crue formée sur l'amont du bassin et se propageant selon une dynamique « classique », à l'origine, jusqu'alors, des crues majeures connues de la Seine : propagation de la crue de l'Yonne suivie des ondes de crue de la Marne et de la Seine.

Sur une crue atypique formée, ou substantiellement renforcée sur la partie aval du bassin versant, comme celle que nous avons connue en juin, et où les temps de réaction sont donc beaucoup plus courts, le retour d'expérience montre qu'il faut :

- soit limiter les échéances de prévision, d'autant plus si la situation météorologique reste instable.
- soit publier des prévisions allant jusqu'à 72 heures mais avec une incertitude intégrant tous les paramètres (mesures, météo, modèles) et donc potentiellement importante.

Cela nécessitera de communiquer sur ces problématiques avec les différents interlocuteurs du SPC, afin de trouver avec eux la meilleure façon de prendre en compte les incertitudes inhérentes aux prévisions hydrologiques.

Ce travail, déjà initié dans le cadre de la préparation à la prochaine parution sur Vigicrues de prévisions graphiques, sera à prolonger au cours des prochaines sessions de formation organisées par le SPC.

L'ensemble du programme de travail du SPC résultant du retour d'expérience de la crue est présenté en **annexe 4**.

2.5 - Les liens avec la mission de Référent Départemental Inondations

Sur le territoire du SPC, la mission RDI est assurée :

- Par les DDT dans les départements de grande couronne d'Île-de-France et en dehors de l'Île-de-France,
- Par la DRIEE pour Paris et la proche couronne. Elle est déclinée en deux niveaux : le pôle interdépartemental de prévention des risques naturels (PIRIN) qui travaille tout au long de l'année sur l'aléa et la connaissance des enjeux, et les chefs d'UT qui interviennent en COD avec l'appui du PIRIN.

2.5.1 - Préparation à la gestion de crise

Le SPC intervient tout au long de l'année auprès des RDI et des SIDPC selon plusieurs axes décrits ci-après. Ce travail de fond, entamé depuis plusieurs années, a permis une communication et une collaboration efficaces pendant toute la durée de l'événement.

La réunion annuelle SPC-SIDPC-RDI du territoire du SPC

Organisée traditionnellement fin septembre ou début octobre, elle permet d'abord au SPC d'informer les participants sur les événements hydrologiques marquants de l'année passée, l'actualité des projets du réseau SPC-SCHAPI et leur impact, les projets conduits conjointement par le SPC et la mission RDI.

En seconde partie de journée, la parole est donnée aux agents de la mission RDI qui souhaitent présenter un projet en cours, faire part d'une expérience particulière intéressant l'ensemble des participants, ou échanger sur des problématiques communes.

Le pôle risques et aménagement de la DRIEE dont dépend le service de contrôle de la sécurité des ouvrages hydrauliques, participe également à la réunion, ainsi que le service Risques de la DREAL Bourgogne – Franche Comté.

Les formations spécifiques sur les crues.

Le SPC propose chaque année à l'ensemble des SIDPC et DDT du territoire des formations ciblées sur les thèmes suivants :

- Principes de la vigilance crues (Vigicrues, vigilance intégrée),
- Fonctionnement hydrologique du bassin de la Seine, adapté selon l'origine géographique des participants, avec notamment la présentation du bassin versant et l'analyse de crues caractéristiques ainsi que les particularités liées aux ouvrages (barrages réservoirs, barrages de navigation),
- Organisation et fonctionnement opérationnel du SPC : présentation du réseau de mesures, notions d'hydrométrie, indications sur les données météo disponibles, les outils et modèles utilisés pour la prévision et les incertitudes,
- Cartographies d'inondation : présentation des différentes cartographies existantes : Plus Hautes Eaux Connues (PHEC), Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI), Directive Inondations (DI), scénarios régionaux (pour l'IdF) et Zones Inondées

Potentielles / Zones Iso Classes Hauteur (ZIP/ZICH), avec la méthodologie et les limites associées à chacune.

Le public ciblé est varié : agents participant directement à la mission RDI en DDT/DRIEE, agents des SIDPC, cadres de permanence en DDT, agents du SGZDS (notamment en préparation de l'exercice Sequana de mars 2016).

► Les enseignements tirés de la crue de mai-juin 2016 viendront enrichir les futures sessions de formation sur les volet fonctionnement hydrologique, hydrométrie et incertitudes.

Production de la cartographie des Zones Inondées Potentielles

En Île-de-France, sur l'Oise, la Marne et la Seine (hors Bassée), 10 scénarii de zones inondées potentielles, sous forme de couches SIG ZIP/ZICH au format national, ont été réalisés par le SPC et mis à disposition des SIDPC et RDI en juillet 2015.

Ces cartographies avaient pu être utilisées lors de l'exercice Sequana.

Sur le Loing en Seine-et-Marne, 4 scénarii de ZIP/ZICH avaient été produits et transmis à la DDT en novembre 2015.

Sur le Loing dans le Loiret, des ZIP sur 3 scénarii avaient été réalisées par le SPC à l'été 2015 et étaient en cours de validation par la DDT du Loiret auprès des maires des communes concernées.

Sur le bassin de l'Yonne, des études hydrauliques menées dans le cadre des études PPR par la DDT de l'Yonne avec l'appui du SPC, devraient conduire, en 2016, à la production de plusieurs ZIP sur l'Yonne et le Serein. Des projets dans le cadre du PAPI sont également en cours sur l'Armançon.

En Île-de-France, les ZIP ont été présentées, en septembre 2015, aux gestionnaires de réseaux, qui ont pu les acquérir et les prendre en compte dans leurs études de planification. Elles seront prochainement mises à disposition des collectivités qui en font la demande dès lors qu'une réunion de présentation aura été organisée dans le département en lien avec la préfecture et le RDI (ce qui a déjà eu lieu en 2016 dans le Val-de-Marne et les Hauts-de-Seine).

► La capitalisation d'informations sur les inondations pendant et après la crue va permettre d'améliorer la cartographie des ZIP sur le bassin du Loing et en Île-de-France. Ce point sera développé dans le paragraphe 2.6.4.

Projet de révision des zones de transition

Ce projet, engagé début 2016, concerne les 5 tronçons franciliens Seine moyenne, Seine à Paris, Marne aval, Oise aval et Boucles de Seine.

Dans ce cadre, le SPRN a demandé aux RDI des huit départements concernés de reconsidérer la pertinence des zones de transition entre les différents niveaux de vigilance à la lumière des cartes de ZIP réalisées par le SPC.

Le travail a consisté à croiser les ZIP avec un certain nombre d'enjeux considérés comme les plus pertinents afin de quantifier l'évolution des dommages en fonction de l'ampleur de la crue.

La synthèse doit être réalisée ensuite par le SPC et pourrait conduire, après concertation, à la modification des zones de transition, voire au redécoupage de tronçons.

Plusieurs départements avaient débuté ou même terminé cette analyse au moment de la crue, ce qui leur a permis d'aborder l'événement avec sans doute une meilleure connaissance des impacts des inondations sur leur territoire.

- ▶ Le retour d'expérience mené par chaque département permettra de compléter cette analyse, notamment pour la définition de la zone de transition jaune-orange sur la Seine.
- ▶ La méthodologie sera ensuite élargie à l'ensemble du territoire du SPC au fur et à mesure de la production des ZIP.

2.5.2 - Échanges SPC-RDI pendant la crue

Le SPC a communiqué par téléphone avec les RDI ou les SIDPC de chacun des départements concernés selon le protocole établi pour le déclenchement de la vigilance ou le passage en vigilance supérieure.

Des appels ont été passés, plusieurs fois par jour, du SPC aux RDI au fur et à mesure de l'évolution de la situation.

Les agents RDI, présents en COD, ont également pu joindre les agents du SPC autant que de besoin aussi bien de jour que de nuit.

Du point de vue à la fois du SPC et de nos interlocuteurs de la mission RDI, la communication s'est bien déroulée entre services de l'État pour la gestion de cette crise.

L'exercice Sequana de mars 2016 avait notamment permis de nouer des contacts dans chaque département et de préparer au mieux les échanges d'informations pendant la crue.

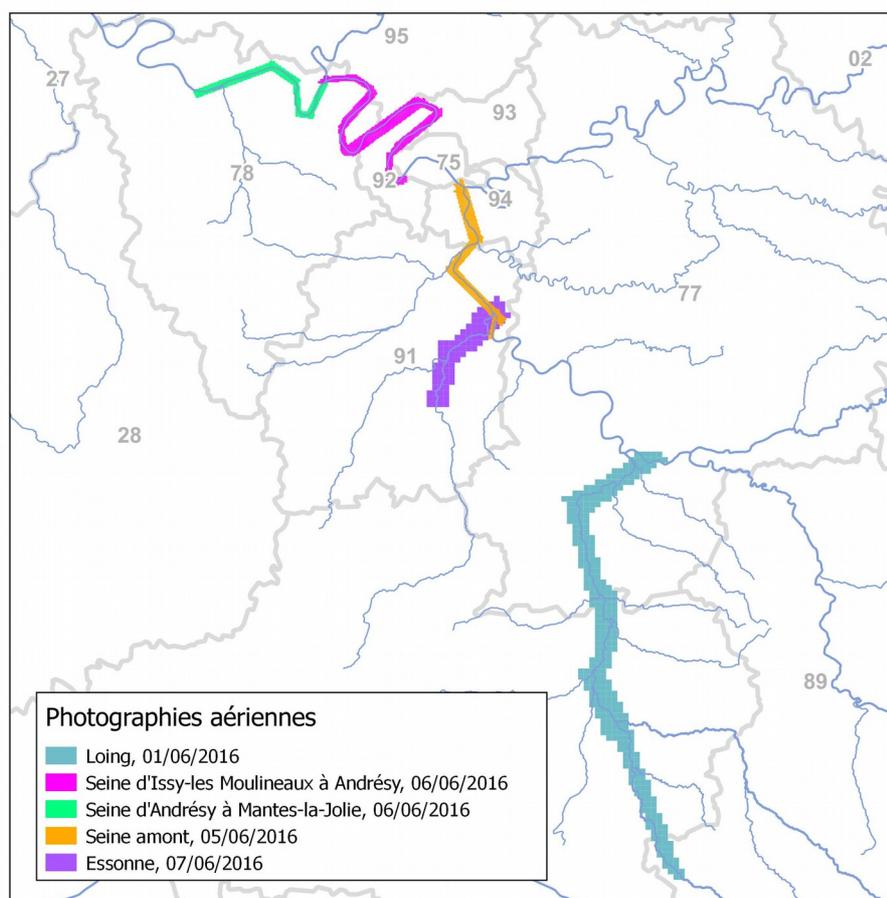
Les RDI franciliens, qui avaient déjà manipulé les ZIP pendant l'exercice Sequana, ont fait usage de ces données de façon autonome. Seules les ZIP d'Episy ont dû être renvoyées par le SPC à la DDT 77 qui ne les avait pas dans sa base de données.

2.6 - Les acquisitions de données spatialisées

A l'occasion de cette crue, un certain nombre de données permettant d'améliorer la connaissance des inondations ont pu être acquises.

2.6.1 - Photographies aériennes

Dans le cadre de la convention entre la DGPR et l'IGN, le SPC et le SCHAPI ont demandé que plusieurs zones soient couvertes par des photographies aériennes verticales.



Les mauvaises conditions météorologiques n'ont pas toujours permis de faire ces survols au moment du pic de crue, en particulier sur la Seine où elles ont été prises 2 jours après le pic de crue.

Sur le Loing, les photos ont été prises à peu près au moment du maximum à Nemours, le 1^{er} juin et donc à la décrue sur le Loing amont.

Cependant, même prises à la décrue, ces photos, associées aux autres données acquises lors de la crue, seront très utiles pour reconstituer l'emprise des inondations.

2.6.2 - Laisses de crue

L'organisation au sein de la DRIEE a dû être menée en toute urgence par les prévisionnistes du SPC pendant le week-end des 4 et 5 juin :

- constitution et répartition géographiques des équipes,
- édition d'atlas avec Scan 25 et ZIP la plus proche de l'événement,
- édition de fiches de relevés,
- édition d'un guide méthodologique de 2 pages expliquant le principe des relevés de laisses de crue à destination d'agents n'ayant jamais pratiqué cette tâche,
- achat de matériel complémentaire (mètres, bombes de peinture) étant donné le nombre important d'équipes constituées.

Ce travail préparatoire accéléré a permis de relever au cours de la semaine suivante environ 300 laisses de crue sur le Loing, l'Ouanne, la Seine, la Marne et la Mauldre.

Ont participé aux relevés organisés par le SPC :

- les agents volontaires de la DRIEE, issus des services Prévention des Risques et des Nuisances, PIRIN, Police de l'Eau, Eau et Sous-Sols, Délégation de Bassin Seine-Normandie,
- le Cerema,
- le réseau SPC-SCHAPI avec notamment l'intervention d'agents de la DREAL Normandie, du SCHAPI, du SPC SAMA et du SPC GAD.

Les secteurs concernés par cette campagne étaient :

- La Seine de Saint-Mammès à Vernon,
- La Marne dans le secteur de Condé et dans le secteur proche de la confluence avec la Seine,
- Le Loing et l'Ouanne sur le réseau surveillé (45 et 77),
- Une partie du linéaire de la Mauldre,
- Quelques sites le long du Grand Morin.

Une campagne de nivellement est en cours à l'automne 2016 sur ces secteurs. Le Loing et l'Ouanne, ainsi qu'une partie de la Seine moyenne ont fait l'objet de mesures en septembre et octobre. Le reste du linéaire (Seine moyenne, Seine à Paris et Boucles de Seine) sera traité fin 2016.

Les agents des DDT 45, 77 et 78 ainsi que plusieurs syndicats de rivières et collectivités ont également procédé à des relevés de laisses de crue.

Des marchés seront à prévoir par ces structures pour faire intervenir des géomètres.

► Pour la suite, il faudra définir tous les documents de base utiles pour des relevés de ce type (atlas, fiches) et les préparer en amont. Ce travail était déjà en cours au moment de la crue et faisait justement l'objet d'un stage.

Le retour d'expérience mené lors de l'exploitation des laisses relevées pendant la crue va permettre d'optimiser la méthodologie avant de la généraliser à tout le territoire du SPC.

Des formations régulières des agents de la DRIEE et des DDT sont également à prévoir pour préparer au mieux ces campagnes.

2.6.3 - Témoignages

Une adresse mail a été créée à l'occasion de la crue et largement diffusée :

driee-if.temoignage-crue@developpement-durable.gouv.fr

De nombreuses photos et vidéos, y compris des survols par drone ou hélicoptère, ont été transmises au SPC.

Ces témoignages sont intégrés directement pour compléter le recensement des laisses de crue s'ils le permettent (photo prise au maximum de la crue permettant un repérage précis d'un point pouvant être nivelé). Ils peuvent également servir, dans un second temps, lors de la réalisation des cartes, pour valider l'inondabilité d'un secteur.

2.6.4 - La valorisation de ces données

Les données recueillies permettront en premier lieu d'enrichir la connaissance et la mémoire des inondations. Les laisses de crue seront versées dans la base de données nationale des repères de crue.

Sur le réseau surveillé, l'ensemble des données recueillies sur la Seine, le Loing et l'Ouanne permettra de reconstituer l'enveloppe de l'inondation de mai-juin 2016 et de la comparer ainsi aux cartographies existantes (PPRI, ZIP, PHEC...).

Le SPC va ainsi produire, pour le second trimestre 2017, les enveloppes des inondations de mai-juin 2016 sur le Loing et la Seine. Le travail sera basé sur la reconstitution d'une ligne d'eau sur la base des laisses de crues recensées, et d'un croisement avec le Modèle Numérique de Terrain Lidar du RGE Alti de l'IGN disponible sur ces secteurs. Les photographies aériennes et les témoignages recueillis permettront de valider l'enveloppe issue de ce croisement.

Enfin, sur les grands cours d'eau franciliens, les données recueillies seront très utiles pour le calage du modèle régional en cours de développement dans le cadre du PAPI Seine dans le cadre d'une collaboration Seine Grands Lacs – DRIEE.

Ce nouveau modèle 2D va en effet permettre, à échéance 2018-2019, d'actualiser la cartographie des ZIP/ZICH sur tous les grands cours d'eau d'Ile-de-France. Il intégrera les enseignements de cette crue dans la phase de calage.

Sur le réseau non surveillé, les témoignages et les laisses de crue recueillis par les DDT et les collectivités pourront être exploités pour produire la cartographie de la crue. Selon les secteurs, cette cartographie pourra être utilisée pour des besoins spécifiques : Plans d'Action pour la Prévention des Inondations, Plan de Prévention des Risques d'Inondation, Directive Inondations, etc.

Il est important de souligner la nécessité d'acquérir, sur les secteurs qui en sont dépourvus, le MNT Lidar de l'IGN, nécessaire à la réalisation de la cartographie et des études qui peuvent en découler.

ANNEXES

ANNEXE 1

Hydrologie de la crue

Cette annexe présente l'ensemble des données relatives aux hauteurs d'eau et aux débits de la crue sous forme de graphiques ainsi qu'une analyse des réactions observées sur chacun des secteurs.

Les débits présentés sont ceux qui ont été reconstitués après la crue et mis à disposition du public sur la banque Hydro (<http://www.hydro.eaufrance.fr>). Sur un certain nombre de stations, le travail d'analyse et de validation nécessite des approfondissements et les débits sont donc susceptibles d'être revus dans les mois qui viennent.

C'est surtout le cas du bassin du Loing, où les débits sont susceptibles d'être revus à la suite des études engagées.

Sur la Seine, les débits étant moins exceptionnels, ils ne devraient pas subir de modifications conséquentes par rapport à ce qui est présenté ici.

Figurent également sur les graphiques les déclenchements des vigilances sur les tronçons correspondants.

Le bassin du Loing

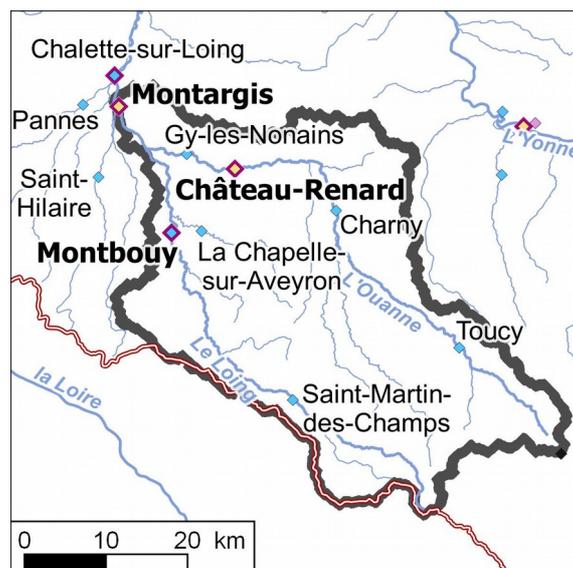
Les précipitations exceptionnelles sur ce bassin ont conduit à des crues qui dépassent celles de 1910, que ce soit sur le Loing ou sur l'Ouanne.

Sur l'Ouanne et le Loing amont :

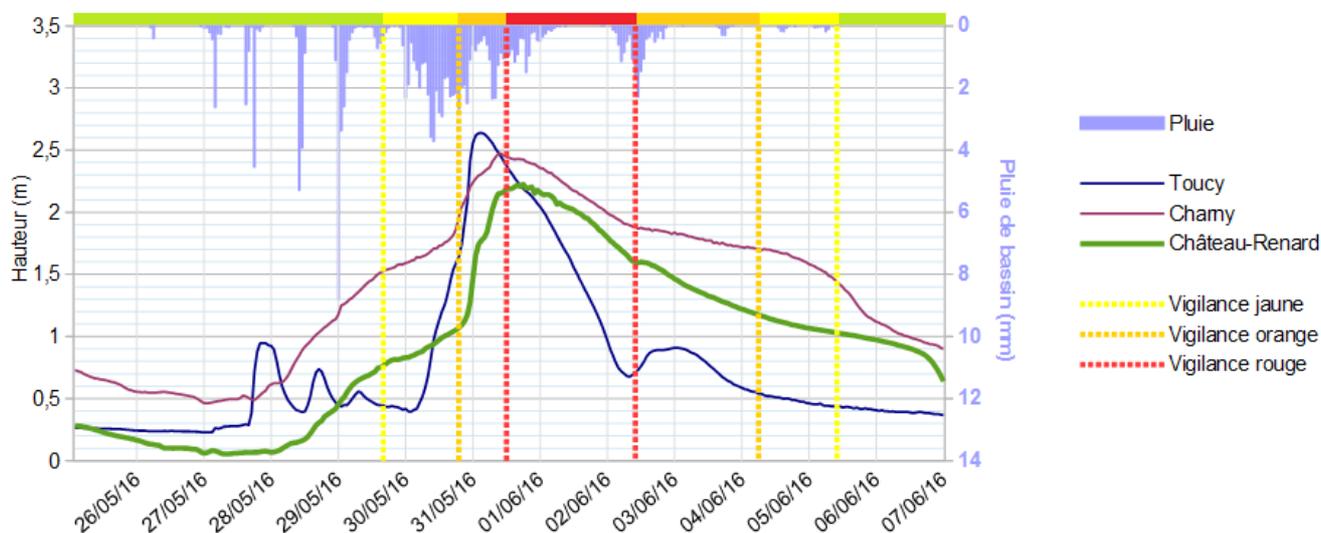
Sur le limnigramme de l'Ouanne, on constate la simultanéité des réactions : **toutes les pointes sont observées en l'espace d'une demi-journée**, alors qu'il existe d'habitude un temps de propagation de l'ordre de 24h à 48h entre Toucy et Château-Renard.

La propagation des ondes de crues venant de l'amont du bassin se fait surtout sentir à la décrue, qui est ainsi très ralentie.

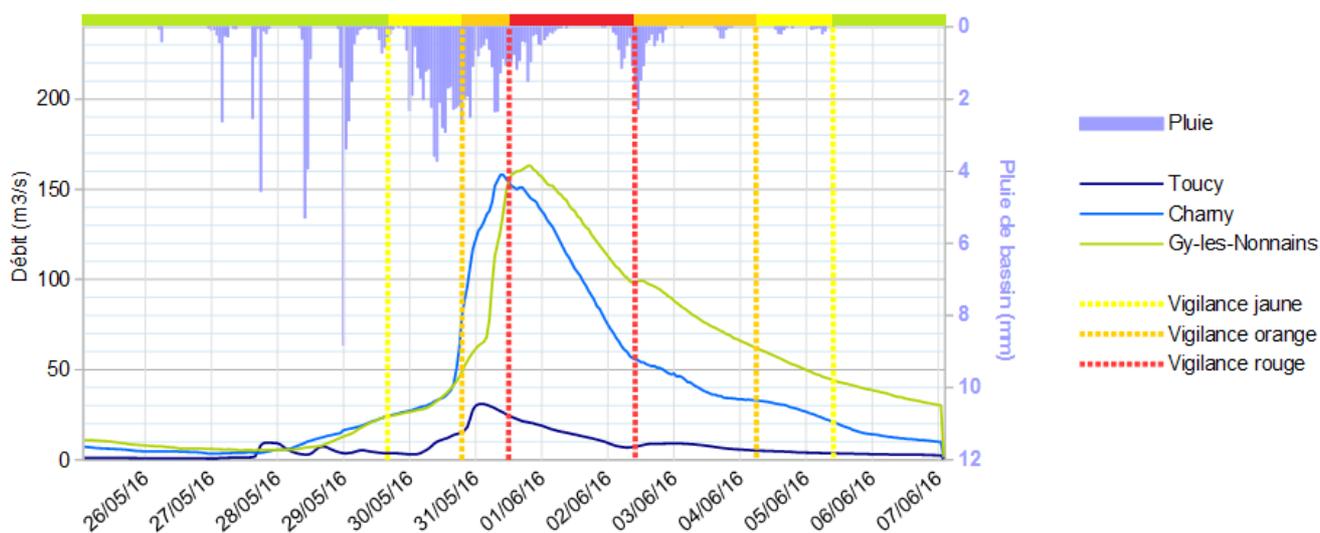
Les crues de l'Ouanne et du Loing amont lors de cet épisode correspondent donc à une réaction directe du bassin versant intermédiaire aux pluies, ce qui réduit considérablement les capacités d'anticipation.



Hauteurs aux stations : Ouanne



Débits aux stations : Ouanne



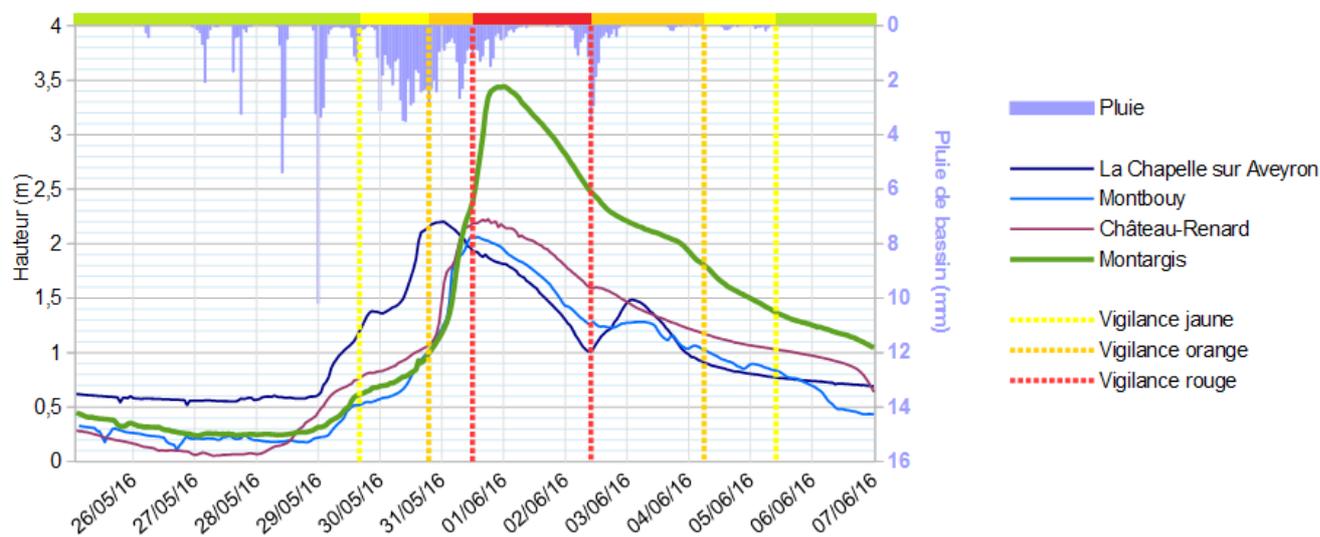
A Montargis, une première hausse s’amorce le 30/05 en fin de journée : elle correspond probablement aux réactions directes dans ce secteur, ainsi qu’à l’arrivée de la crue de l’Aveyron (affluent du Loing, à l’aval de Montbouy).

Les réactions à Montbouy (Loing) et Château-Renard (Ouanne) sont simultanées (maximums observés le 31 mai en milieu de journée). Arrivées à la confluence Loing-Ouanne, les deux crues s’ajoutent, accentuant ainsi la hausse ressentie ensuite à Montargis.

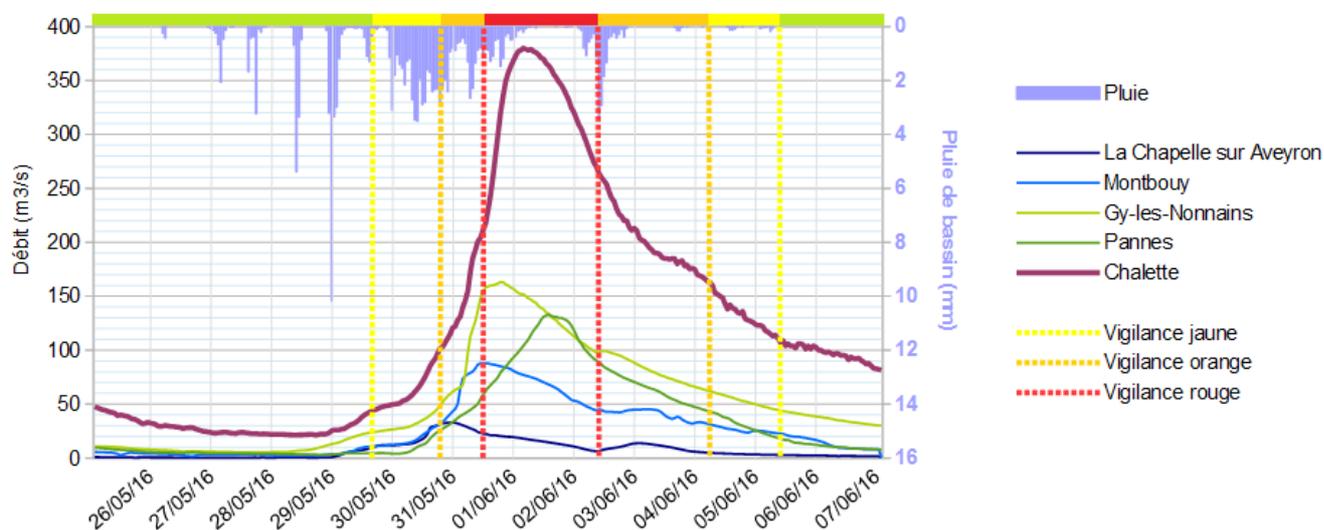
A Montargis, la hauteur d’eau a augmenté de près de 2,50 m en 24 heures. Le maximum de la crue est enregistré le 31 mai à 22h : 3,45 m (en 1910, la pointe de crue avait atteint 3,16 m).

La rupture d'une digue du canal de Briare le 31 mai n'est pas à l'origine d'un phénomène perceptible sur les limnigrammes.

Hauteurs aux stations : confluence Loing-Ouanne



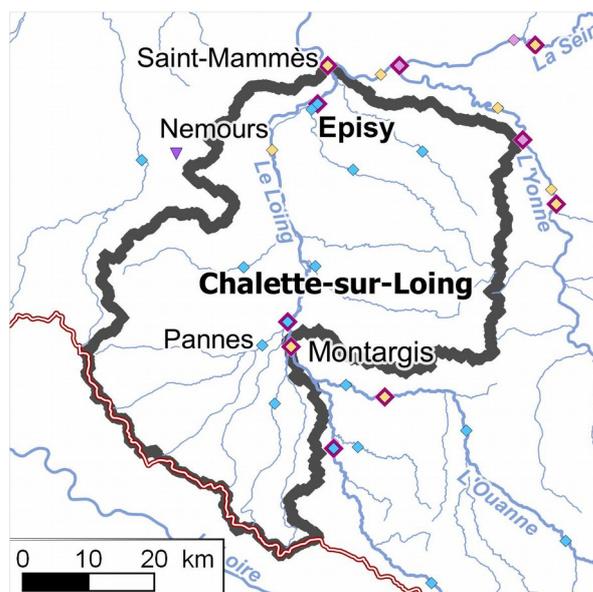
Débits aux stations : confluence Loing-Ouanne



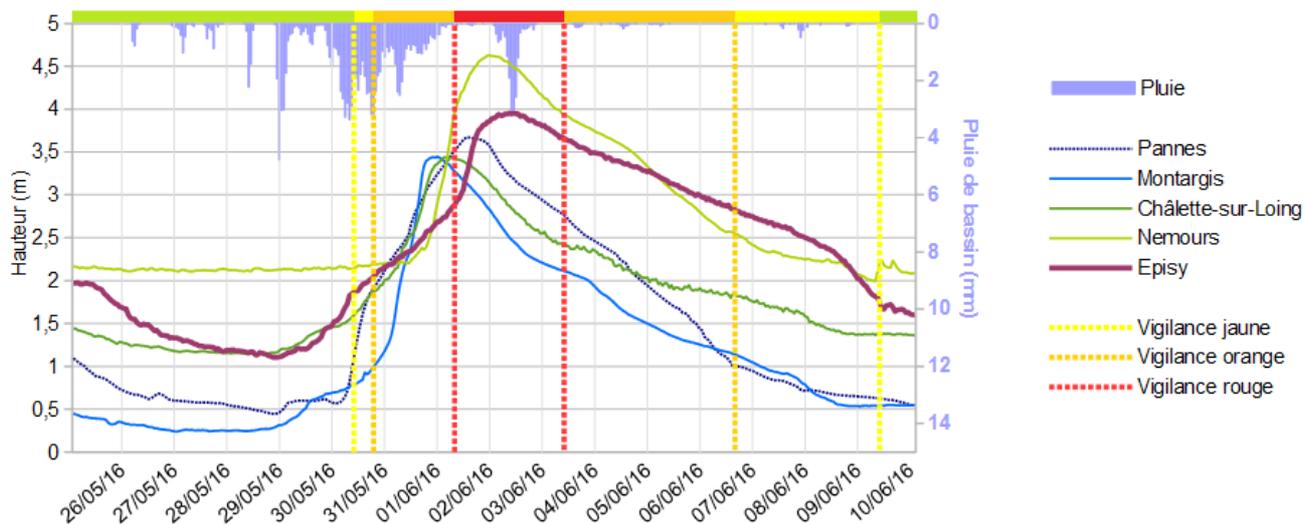
Loing aval :

Les affluents du Loing aval (Bezonde, Huillard, Cléry...) ont également fortement et rapidement réagi aux précipitations.

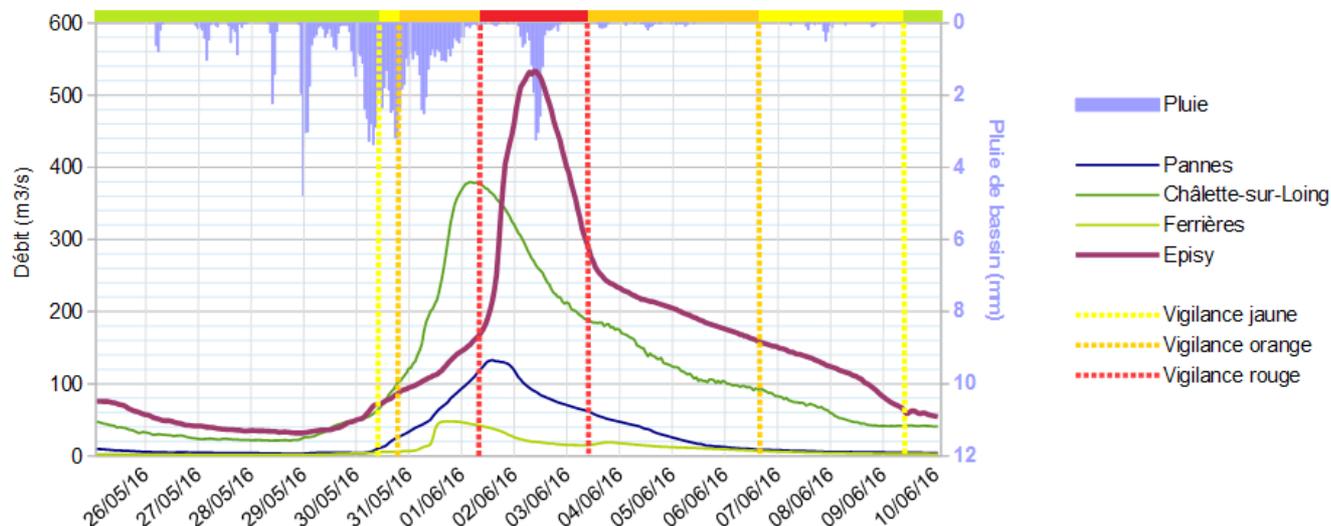
Ces crues se répercutent sur le Loing, où elles amorcent la hausse des niveaux, avant l'arrivée de l'onde de crue principale issue de la confluence Loing – Ouanne.



Hauteurs aux stations : Loing aval



Débits aux stations : Loing aval



La station de Pannes (Bezonde) est représentative des apports exceptionnels des affluents rive gauche du Loing dans le secteur de Montargis. **La station ayant été submergée pendant la crue, il s'agit ici d'une reconstitution basée sur la hauteur maximale constatée et une forme de crue caractéristique à cette station** (DREAL Centre).

Le maximum de la crue s'est propagé de Montargis à Episy, en un peu plus de 24 heures, tout en étant renforcé par les apports des affluents.

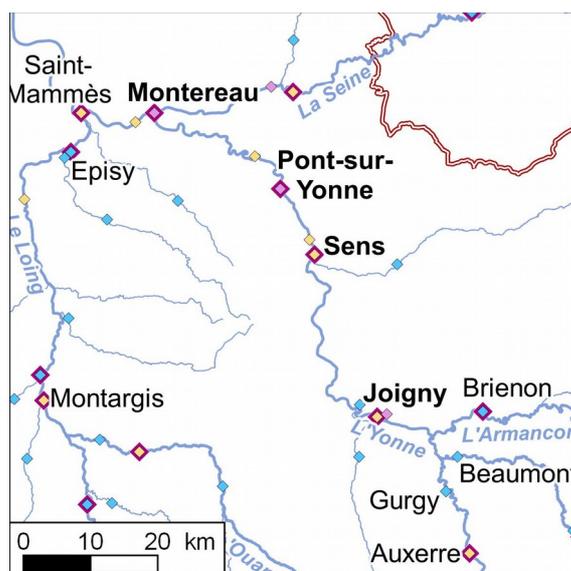
Sur l'ensemble du linéaire du Loing, les interactions entre le Loing et les canaux de Briare, d'Orléans et du Loing ont été importantes et ont eu un impact sur la dynamique de la crue. Ce fonctionnement complexe sera étudié dans le cadre de l'analyse des inondations sur le bassin du Loing.

L'Yonne

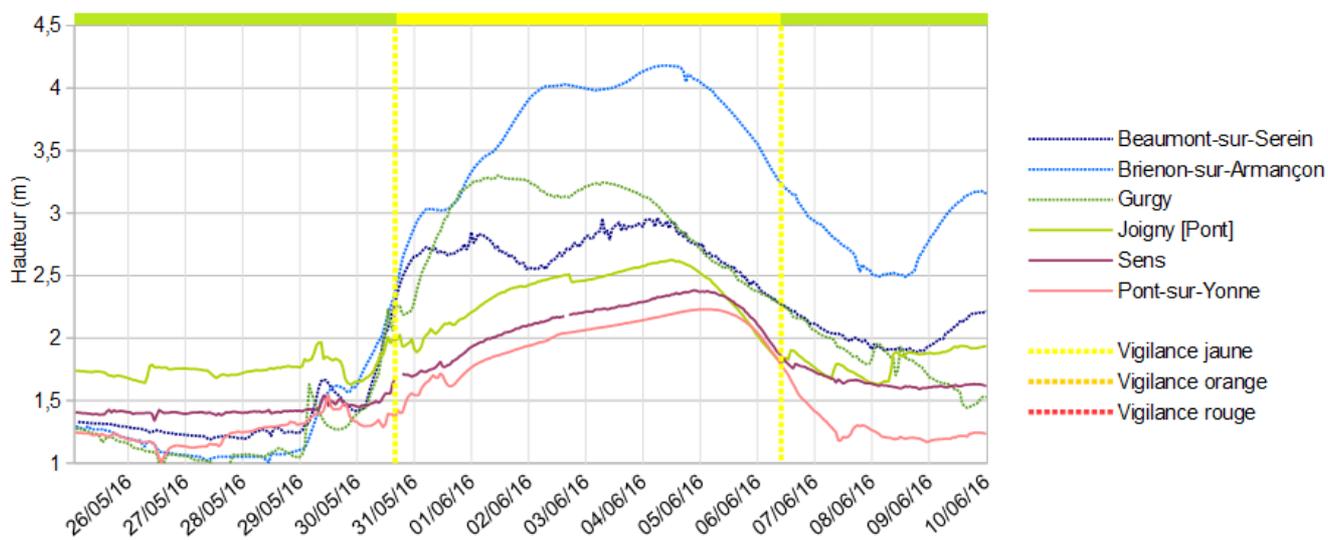
Le bassin de l'Yonne a été globalement moins touché par les précipitations que le bassin du Loing, bien que les cumuls aient pu être localement très importants.

Les crues observées sur l'Yonne, le Serein et l'Armançon lors de cet épisode ont été conséquentes sans pour autant être exceptionnelles (sauf pour le bassin de l'Armançe).

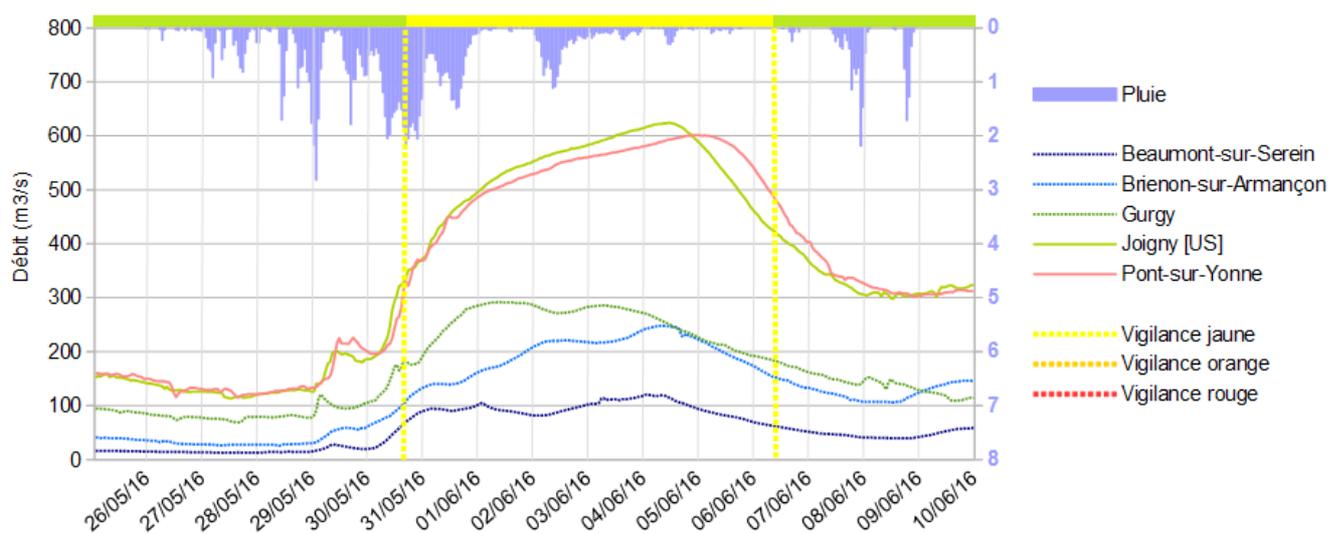
Comme pour le Loing, les précipitations particulièrement intenses sur la partie aval du bassin entraînent une réaction directe des cours d'eau (montées rapides de l'Armançon à Briennon et du Serein à Beaumont le 30 mai). La propagation des ondes de crue de l'amont a ensuite maintenu des niveaux élevés, jusqu'à atteindre le maximum de la crue à Joigny le 4 juin, et à Pont-sur-Yonne dans la nuit du 4 au 5 juin.



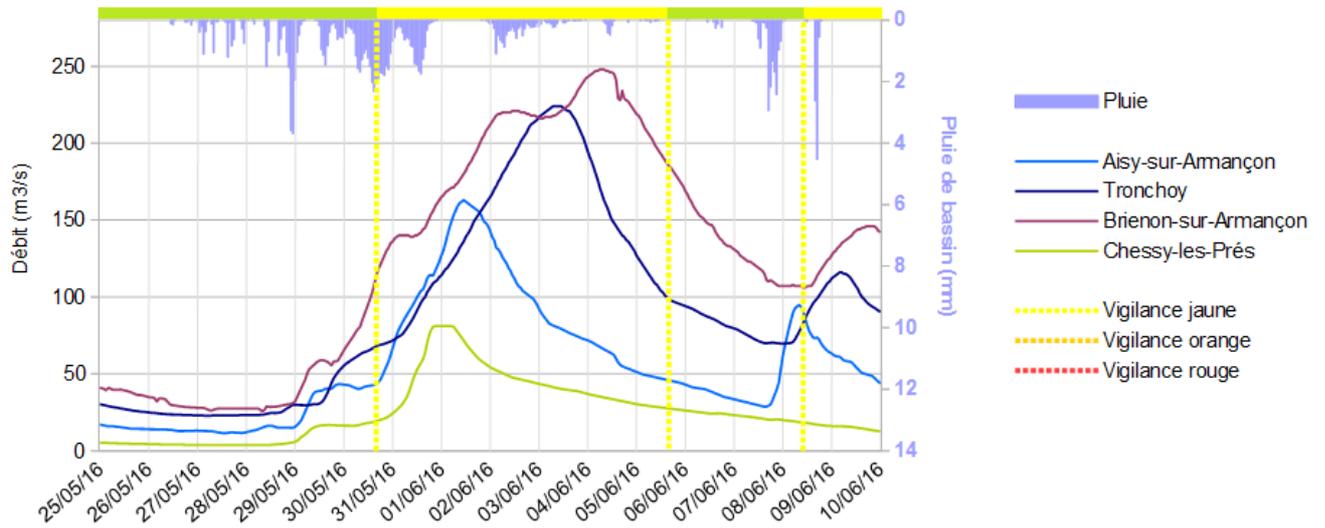
Hauteurs aux stations : Yonne



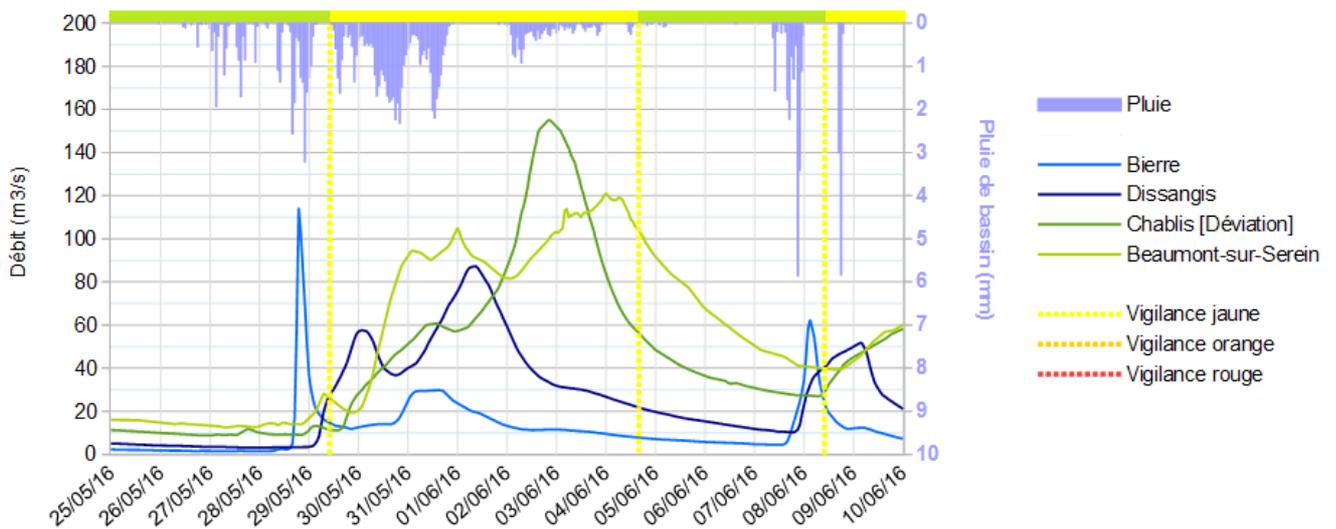
Débits aux stations : bassin de l'Yonne



Débites aux stations : Armançon



Débites aux stations : Serein



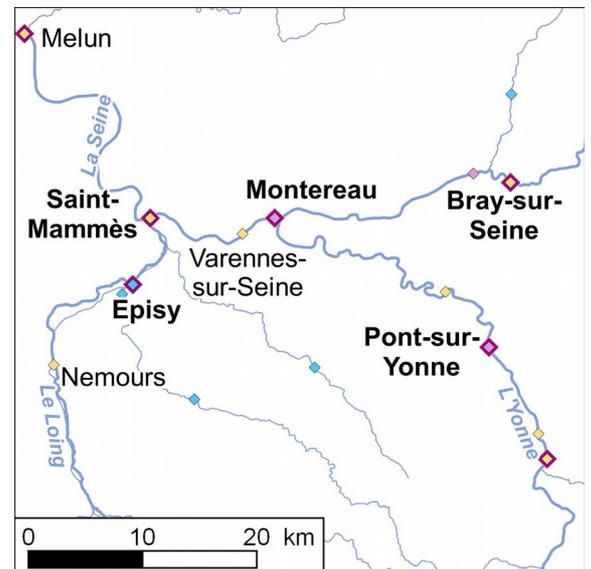
La Seine moyenne

Confluences

La confluence de l'Yonne puis du Loing avec la Seine forme une confluence triple.

Lors de l'épisode de début juin 2016, la pointe de crue du Loing est arrivée à la confluence le 2 juin, bien avant le maximum de l'Yonne (5 juin), limitant ainsi le phénomène de concomitance.

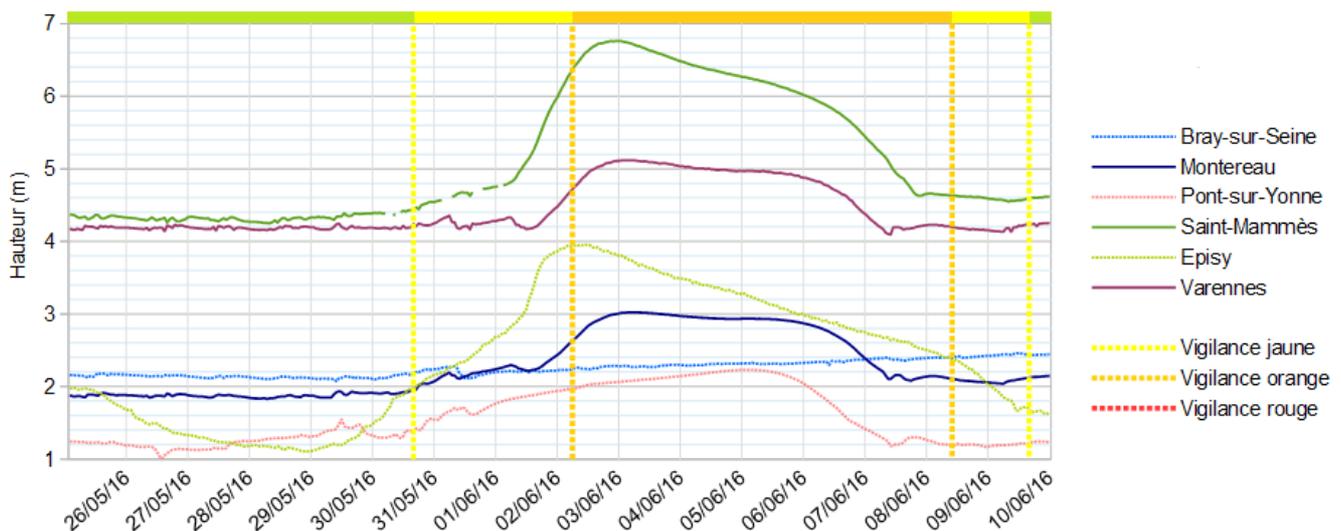
Sur la Seine, la crue du Loing apparaît de façon très visible à Saint-Mammès (la station est située sur la Seine, juste à l'amont de la confluence avec le Loing). Mais les niveaux sont tels que les hauteurs sont influencées jusqu'à la station de Montereau bien que Montereau soit situé à une quinzaine de kilomètres en amont de la confluence avec le Loing.



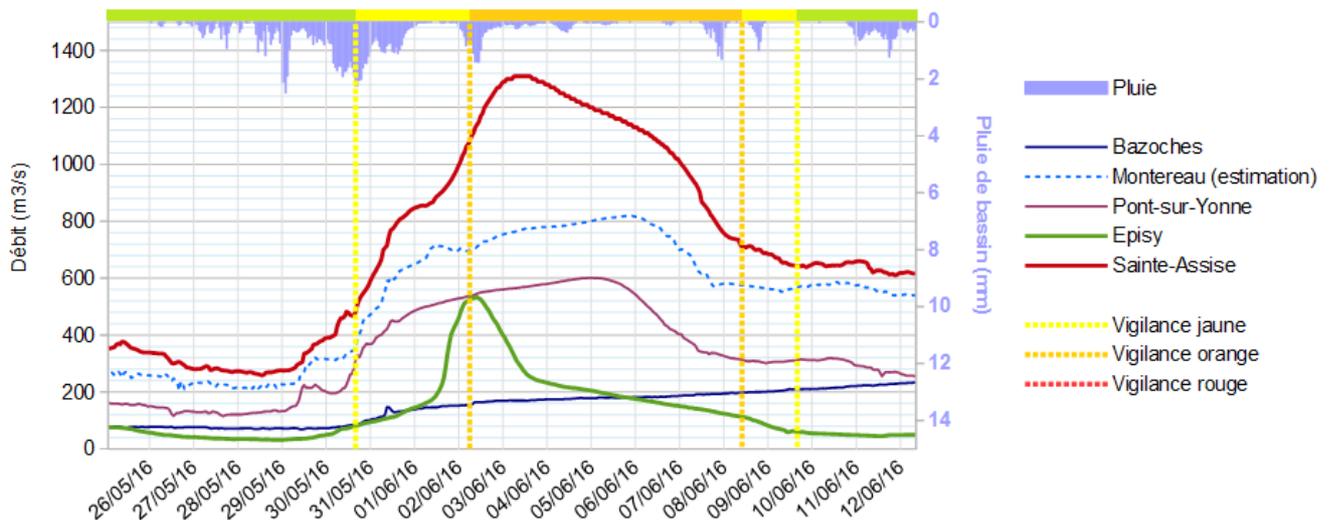
La crue de l'Yonne n'arrive dans le secteur de la confluence qu'à partir du 5 juin. Les hauteurs sur la Seine sont encore fortement influencées par les niveaux toujours élevés du Loing (bien qu'il soit à la décrue). Sur les limnigrammes de la Seine, la crue de l'Yonne correspond donc à un ralentissement de la décrue.

À noter, également, que les débits de l'Yonne et de la Seine en amont de la confluence avec le Loing étaient largement inférieurs à ceux de 1910. Ainsi, bien que la crue du Loing ait été similaire (en termes de hauteurs maximales) à celle de 1910, arrivée à la confluence, l'onde de crue de la Seine atteignait plutôt des hauteurs maximales proches de celles de 1982.

Hauteurs aux stations : confluence Seine-Yonne-Loing



Débits aux stations : confluence Seine-Yonne-Loing

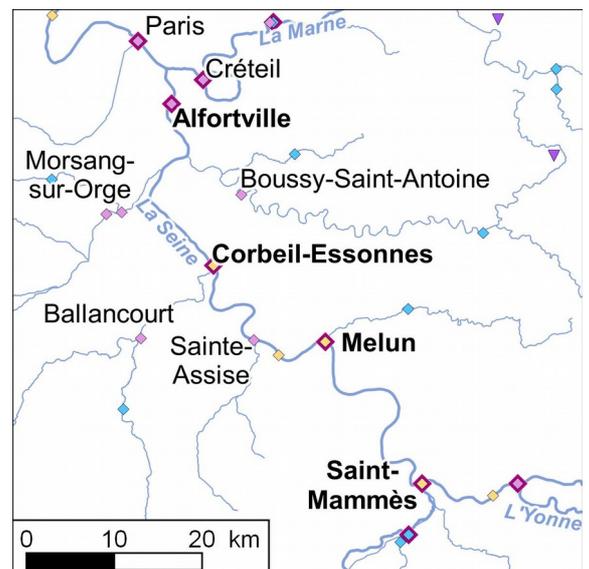


Propagation sur la Seine moyenne

Sur la Seine moyenne, le maximum a été observé à Saint-Mammès le 2 juin à 22 heures. La crue s'est propagée sur le tronçon le 3 juin, jusqu'à atteindre Alfortville le 3 juin à 23h30, puis Paris une heure plus tard.

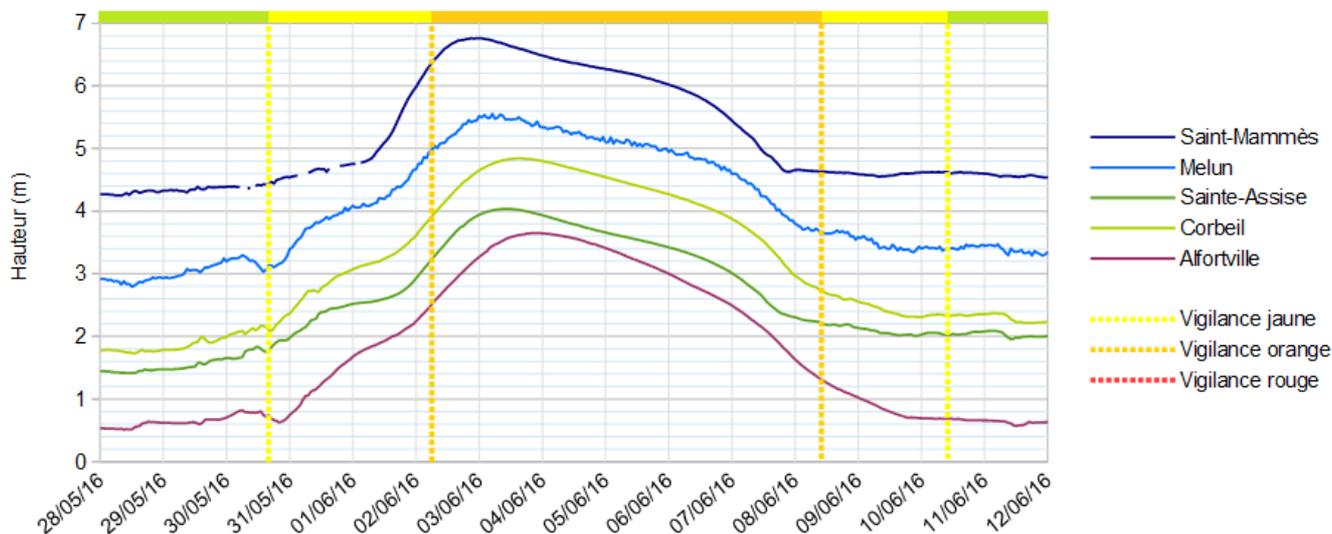
Tous les affluents de ce secteur ont très fortement réagi aux précipitations : l'Yerres, l'Essonne, l'Almont (appelé également ru d'Ancoeur ou ru d'Ancoeuil selon les secteurs), l'École, l'Orge – Yvette, etc. Dans plusieurs cas, cette crue a dépassé les plus hautes eaux connues.

Les débits très importants de ces affluents ont donc alimenté la crue de la Seine.

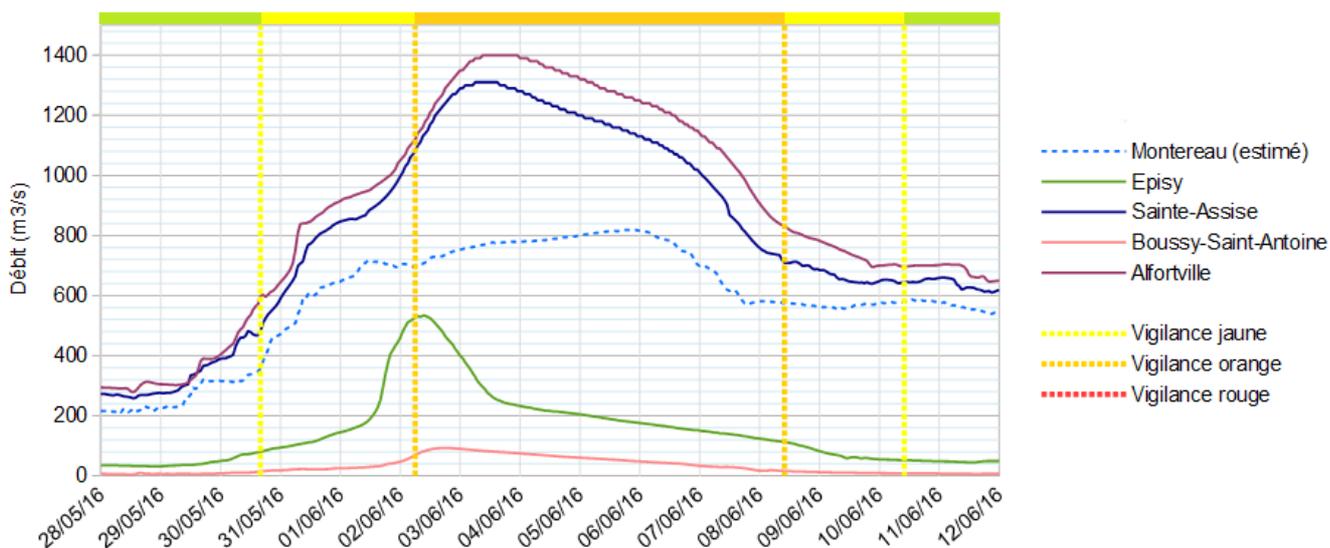


Les affluents franciliens de la Seine ne font pas partie du réseau surveillé par l'État. Plusieurs sont cependant suivis par la DRIEE qui dispose de plusieurs stations de mesure notamment sur les bassins versants de l'Essonne, du ru d'Ancoeuil, de l'Orge et de l'Yerres et qui met ces données à disposition sur Vigicruces.

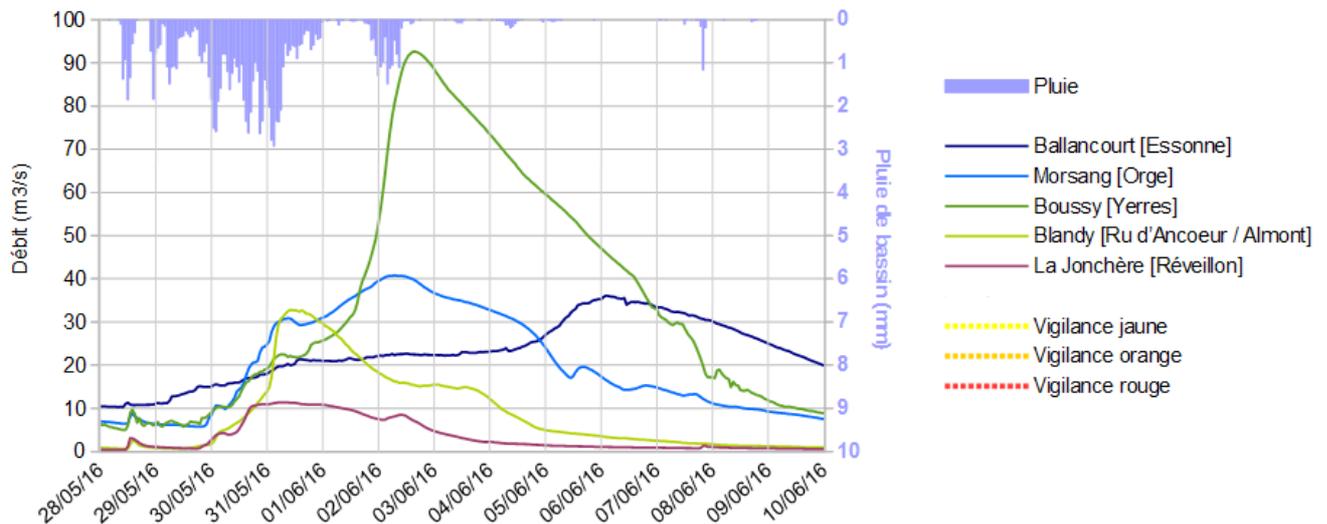
Hauteurs aux stations : Seine moyenne



Débits aux stations : Seine moyenne

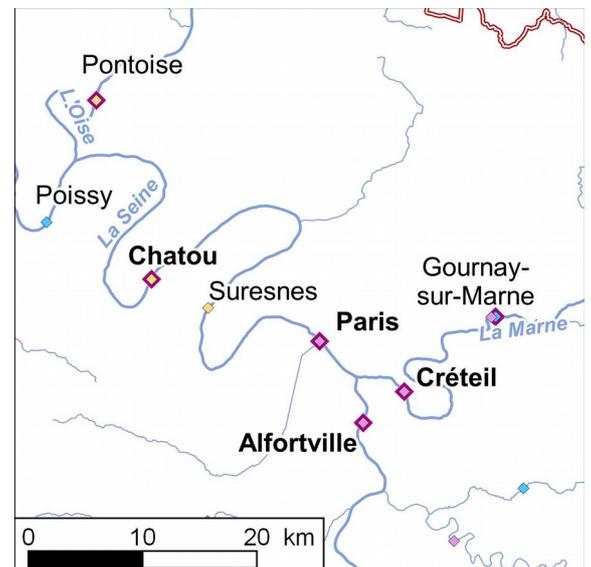


Débits aux stations : Affluents de la Seine moyenne



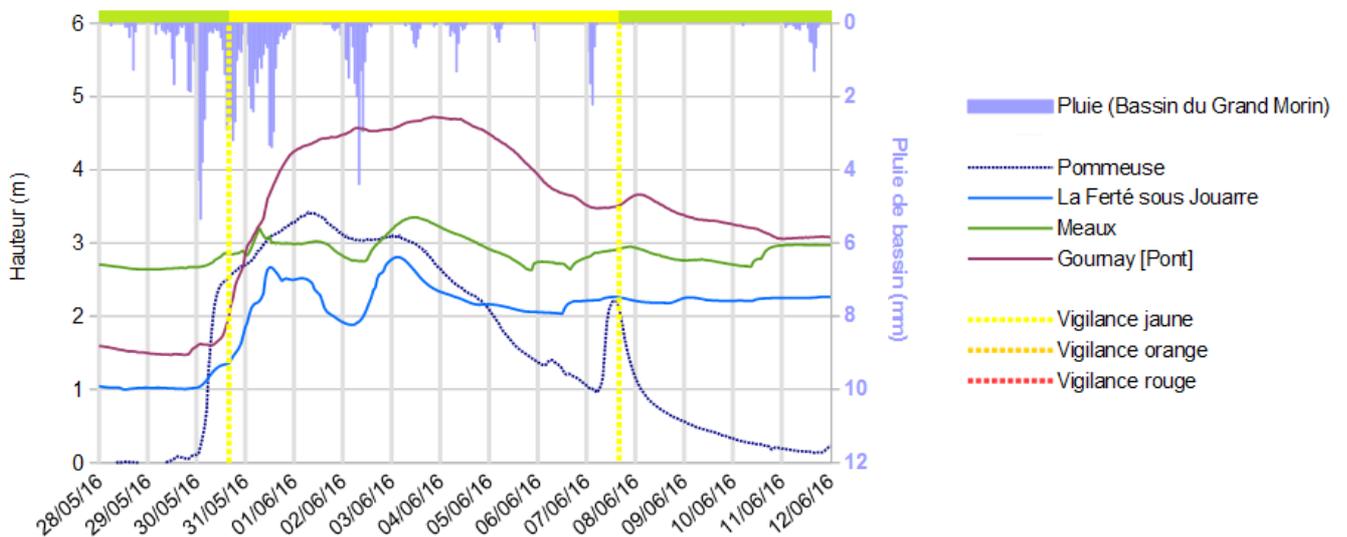
La Marne

Sur la Marne, la crue provient essentiellement des crues exceptionnelles qu'ont connu le Petit Morin et le Grand Morin lors de l'épisode. La crue de la Marne amont, quant à elle, était d'assez faible ampleur, et son maximum n'a atteint l'Île-de-France qu'à partir du 14 juin. Les débits sur la Marne francilienne, issus de la combinaison des faibles débits de la Marne amont et des très forts débits des affluents, étaient donc importants, sans pour autant être exceptionnels. À proximité de la confluence avec la Seine, ce sont les niveaux de la Seine qui contrôlent les hauteurs de la Marne lors de cette crue : c'est pour cette raison que les limnigrammes de Paris et Créteil sont similaires.

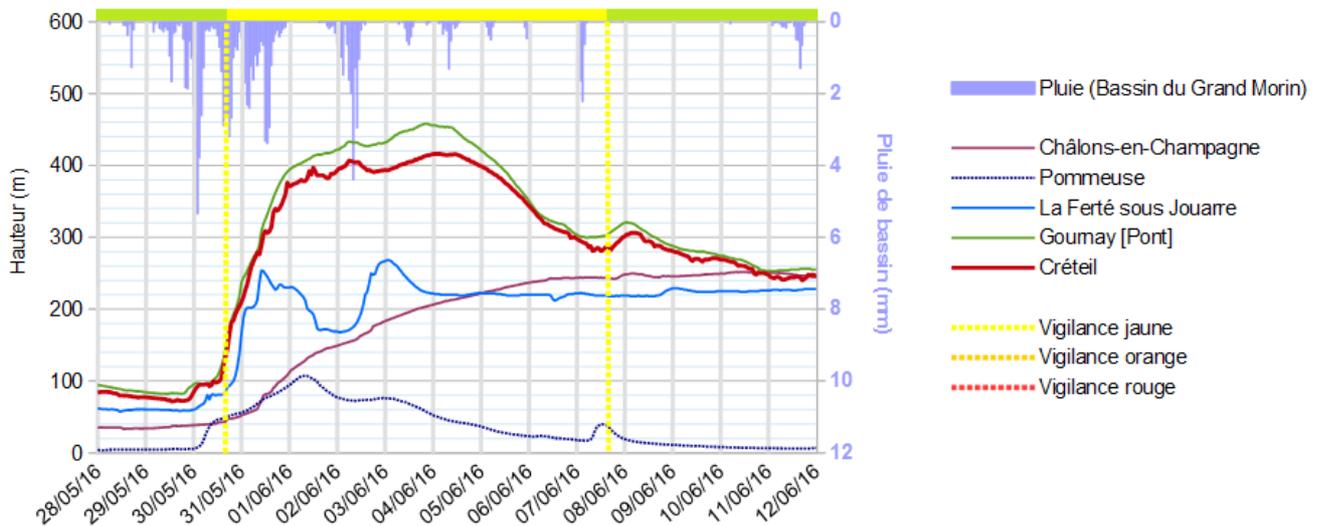


On constate une forte hausse du niveau suite aux pluies du 2 juin qui réactivent les affluents (Surmelin, Petit Morin et Grand Morin). Entre le 2 juin midi et le 3 juin matin, le niveau augmente de 90 cm à la Ferté et de 60 cm à Meaux. En raison de l'atténuation de l'onde de crue qui se propage en débordant légèrement dans le lit majeur et de la légère baisse du débit du Grand Morin, la variation ne sera finalement que d'une quinzaine de centimètres à Gournay.

Hauteurs aux stations : Marne aval



Débits aux stations : Marne aval

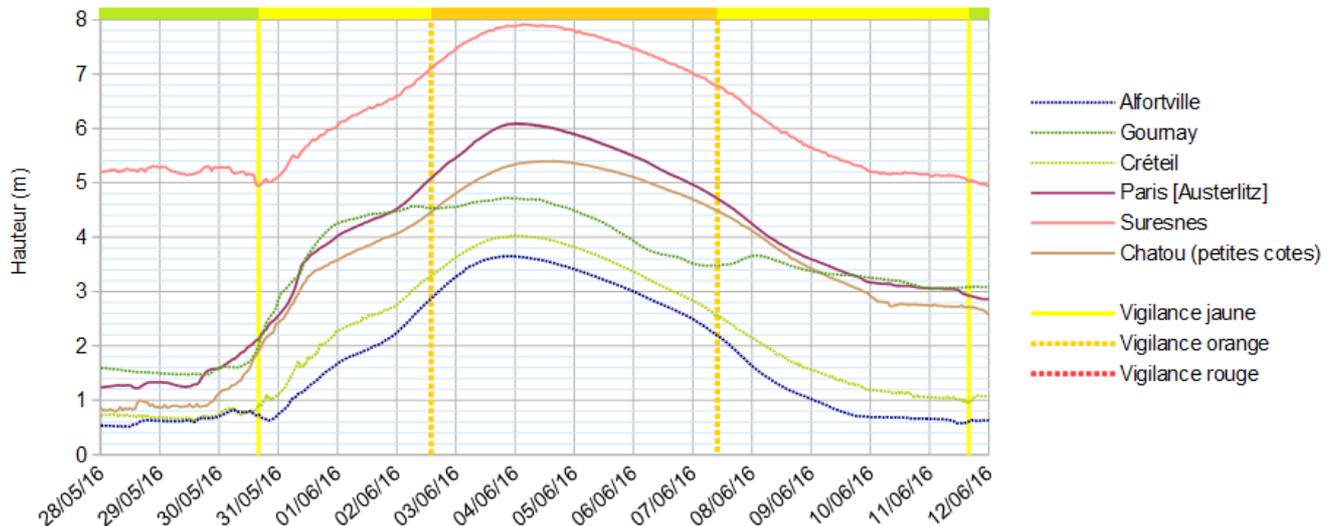


La Seine à Paris

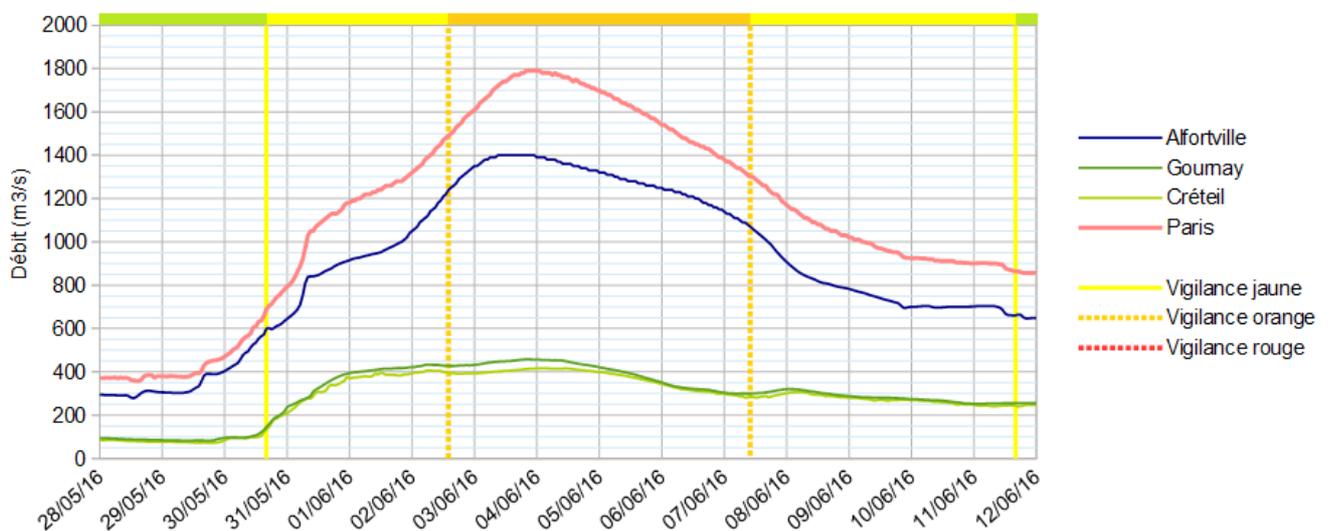
À Paris, la pointe de crue est atteinte dans la nuit du 3 au 4 juin, avec une hauteur maximale de 6,10 m à la station de Paris – Austerlitz (soit 5 cm de moins que lors de la crue de 1982, dont l'occurrence est environ vingtennale).

Après Paris, le maximum de la crue a atteint la station de Chatou dans la journée du 4 juin.

Hauteurs aux stations : Seine Paris



Débits aux stations : Seine Paris



Les boucles de Seine et l'Oise

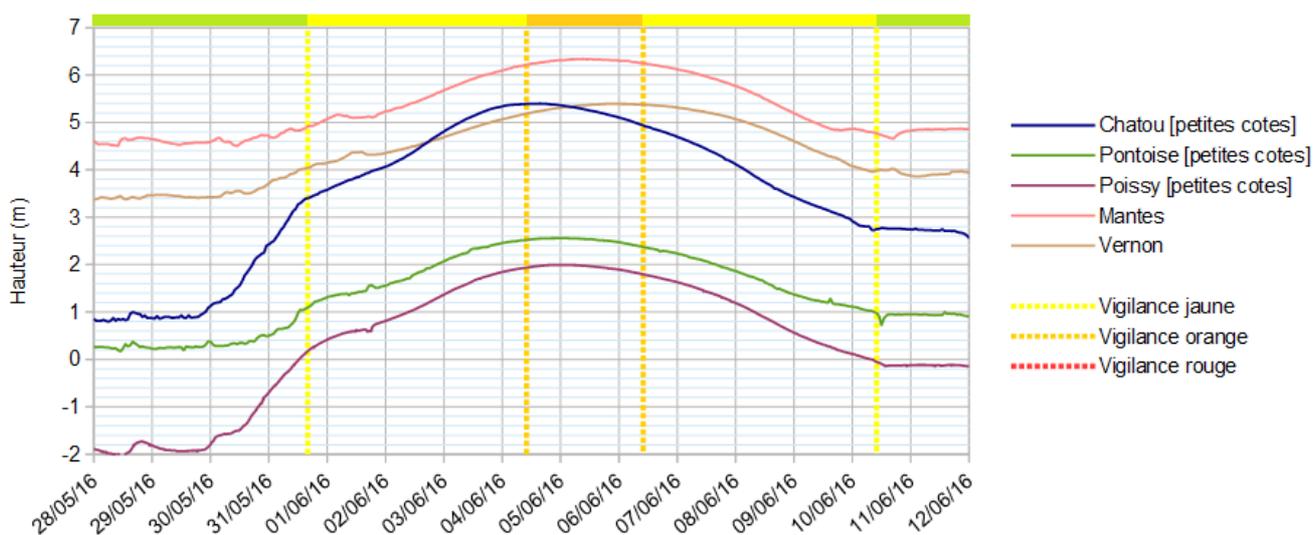
De même que pour la Marne, la crue de l'Oise était d'assez faible ampleur. La crue ressentie à Pontoise correspond essentiellement à la crue de la Seine qui influence le niveau de l'Oise dans le secteur de la confluence.

Sur l'aval du tronçon Boucles de Seine, les hauteurs maximales sont restées inférieures à celles atteintes lors de la crue de mars 2001. L'onde de crue se propage sur l'aval de la

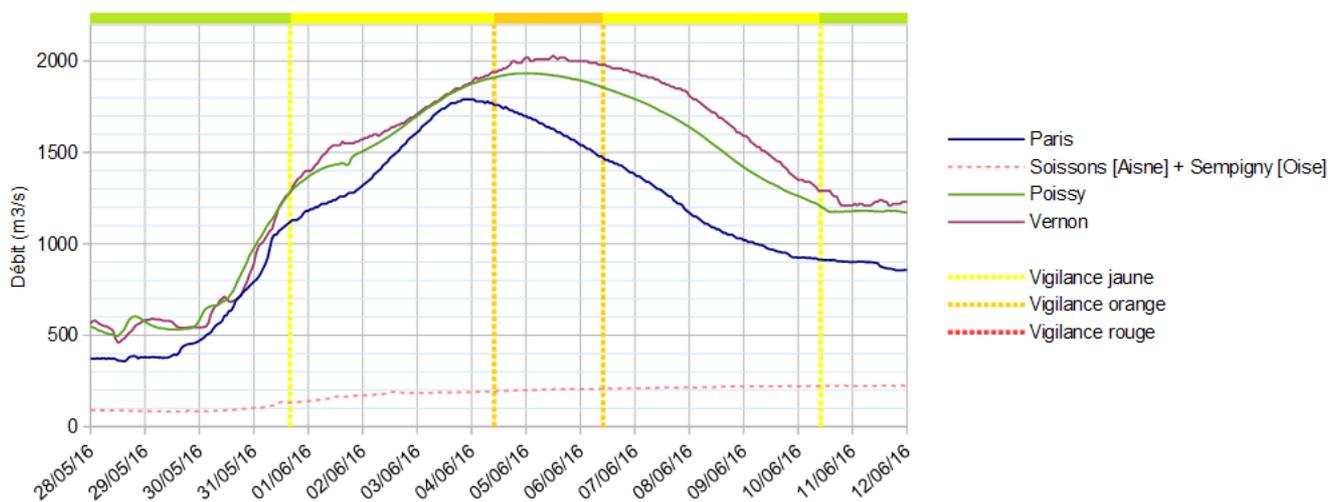
Seine, et le maximum est atteint dans la journée du 5 juin à Mantes avec 6,34 m, et à Vernon le 5 juin à 19h, avec 5,39 m.

À noter la crue exceptionnelle de la Mauldre et des affluents rive gauche de la Seine.

Hauteurs aux stations : Boucles de Seine et Oise



Débits aux stations : Boucles de Seine et Oise



Annexe 2 : Critères de définition des couleurs de la vigilance « crues »

Tronçon Yonne Amont
Tronçon Serein
Tronçon Armançon
Tronçon Yonne Aval
Tronçon Bassée Francilienne
Tronçon Loing amont-Ouagne
Tronçon Loing aval
Tronçon Seine-moyenne
Tronçon Marne Aval
Tronçon Seine Paris
Tronçon Oise Aval Francilienne
Tronçon Boucles de la Seine

Ces échelles de vigilance sont celles en vigueur au moment de la rédaction du présent document. Elles sont susceptibles d'évoluer suite au retour d'expérience.

Elles permettent de comparer, sur les différents secteurs, l'ampleur de la crue de juin 2016 par rapport aux autres crues de référence.

TRONCON DE VIGILANCE – YONNE AMONT

RIVIERE : YONNE			CLAMECY		AUXERRE	
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.		20 janvier 1910	2,60 m	21 janvier 1910	3,80 m
			14 mars 2001	2,02 m	15 mars 2001	2,80 m
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.		24 décembre 2010	1,99 m	17 janvier 1955	2,60 m
			18 décembre 1982 17 janvier 2004	1,60 m 1,55 m		
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.		2 février 2013	1,43 m	25 décembre 2010	2,22 m
			1 ^{er} juin 2016	1,41 m	19 décembre 1982	2,20 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise				3 février 2013 2 juin 2016	2,00 m

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – SEREIN

RIVIERE: SEREIN			DISSANGIS		CHABLIS CENTRE	
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.		20 janvier 1910*	4,00 m	21 janvier 1910	2,89 m
			27 avril 1998	3,63 m		
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.		4 mai 2013	3,49 m	28 avril 1998	2,39 m
					5 mai 2013	2,36 m
					15 mars 2001	2,35 m
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.		14 mars 2001	3,22 m		
			24 décembre 2010	3,01 m	25 décembre 2010	2,07 m
			1er juin 2016	2,92 m	2 juin 2016	1,85 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise		Janvier 1982	2,90 m		

*données issues de la corrélation Isle-sur-Serein/Dissangis

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – ARMANCON

RIVIERE: ARMANCON			AISY-SUR-ARMANCON		TRONCHOY		BRIENON			
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur		
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.		20 janvier 1910*	3,65 m						
					5 mai 2013	2,80 m				
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.		27 avril 1998	2,62 m	28 avril 1998	2,77 m	16 mars 2001	4,49 m		
			4 mai 2013	2,45 m			6 mai 2013	4,47 m		
							29 avril 1998	4,46 m		
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.		14 mars 2001	2,39 m	15 mars 2001	2,68 m				
					5 mai 2015	2,59 m				
			4 mai 2015	2,15 m			3 juin 2016	2,49 m	6 mai 2015	4,18 m
			17 janvier 2004	1,98 m			25 décembre 2010	2,42 m	4 juin 2016	4,13 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise		24 décembre 2010	1,96 m			25 décembre 2010	4,13 m		
			1 ^{er} juin 2016	1,93 m			18 janvier 2004	2,27 m	19 janvier 2004	3,77 m
							5 février 2013			

* Données de l'ancienne station, non reportées sur la nouvelle échelle

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – YONNE AVAL

RIVIERE: YONNE			JOIGNY PONT		SENS		PONT-SUR-YONNE	
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.		22 janvier 1910	4,06 m	22 janvier 1910	4,44 m		
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.		17 janvier 1955	3,44 m	17 janvier 1955	3,52 m		
			16 mars 2001	3,22 m	17 mars 2001	3,38 m		
			12 janvier 1982 30 avril 1998	3,00 m 2,90 m				
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.		6 mai 2013	2,71 m				
			4 juin 2016	2,63 m	12 janvier 1982	3,03 m	5 juin 2016	2,23 m
			6 mai 2015	2,58 m	4 juin 2016	2,38 m		
			25 décembre 2010	2,50 m				
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise				7 mai 2013 6 mai 2015	2,24 m 2,14 m	7 mai 2013 7 mai 2015	2,05 m 2,02 m

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – BASSEE FRANCILIENNE

RIVIERE : SEINE			BRAY SUR SEINE	
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.		21 janvier 1955	4,43 m
			25 janvier 1910	4,42 m
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.		2 janvier 1924	4,29 m
			17 janvier 1982	3,94 m
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.		2 avril 1988	3,12 m
			15 mai 2013	3,07 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise		31 décembre 2010	2,85 m
			18 novembre 2013	2,82 m

*donnée approximative issue de la crue de mars 2001 valeur relevée à la station de Bazoches

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières :
Montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – LOING AMONT-OUANNE

RIVIERES: LOING ET OUANNE			MONTBOUY(*)		CHATEAU-RENARD		MONTARGIS	
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.		31 mai 2016	2,06 m	31 mai 2016	2,23 m	31 mai 2016	3,44 m
			20 janvier 1910	1,85 m	20 janvier 1910 31 mars 1978 10 janvier 1982	2,15 m 2,10 m	20 janvier 1910	3,16 m
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.		9 janvier 1982	1,57 m	31 mars 1978	1,98 m	10 janvier 1982	2,68 m
							31 mars 1978	2,42 m
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.		3 mai 2015 2 février 2013	1,27 m 1,26 m	3 février 2013	1,52 m	12 janvier 1955	2,15 m
							15 mars 2001	1,42 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise						15 mars 2001	1,84 m
							3 février 2013	1,82 m
							4 mai 2015	1,76 m
			14 août 2014	0,91 m	13 avril 2013	1,06 m		

(*) Les références des crues à l'échelle de Montbouy sont celles correspondant à l'échelle historique. L'échelle du SPC, qui n'était pas calée au même niveau, va être modifiée fin 2016 afin de correspondre exactement à l'échelle historique et éviter ainsi les confusions.

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – LOING AVAL

RIVIERE: LOING		CHALETTE-SUR-LOING		EPISY-SUR-LOING	
Vigilance	Définition et conséquences attendues	Crués historiques	Hauteur	Crués historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.	1 ^{er} juin 2016	3,44 m	2 juin 2016	3,99 m
		20 janvier 1910	2,73 m	11 janvier 1982	3,68 m
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.	10 janvier 1982	2,51 m	11 avril 1983	3,47 m
		21 mars 1995	2,35 m	21 février 1977	3,02 m
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.			21 mars 1995	2,86 m
		4 mai 2015	2,25 m	5 mai 2015	2,81 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise	3 février 2013	2,13 m	5 février 2013	2,66 m
				12 novembre 2013	2,61 m
				14 avril 2013	2,32 m

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – SEINE MOYENNE

RIVIERE: SEINE		MONTEREAU		SAINT-MAMMES		MELUN		CORBEIL		ALFORTVILLE	
Vigilance	Définition et conséquences attendues	Crues historiques	Hauteur								
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.	26 janvier 1910	5,28 m	26 janvier 1910	7,96 m			26 janvier 1910	6,15 m		
		21 janvier 1955	4,42 m	21 janvier 1955	7,40 m	26 janvier 1910	6,40 m	21 janvier 1955	5,56 m		
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.	13 janvier 1982	3,73 m	13 janvier 1982	6,83 m	21 janvier 1955	5,34 m	13 janvier 1982	5,18 m	14 janvier 1982	5,11 m
				2 juin 2016	6,77 m					3 juin 2016	4,84 m
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.	18 mars 2001	3,10 m	18 mars 2001	5,94 m	19 mars 2001	4,38 m	19 mars 2001	3,91 m		
		3 juin 2016	3,02 m	27 décembre 2010	5,18 m	27 décembre 2010	3,92 m	27 décembre 2010	3,21 m	24 mars 2001	2,67 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise			6 mai 2015	5,17 m	6 mai 2015	3,91 m			28 décembre 2010	1,41 m
								6 mai 2015	3,07 m		

(*) Le niveau à Melun en juin 2016 est dû à la surcote générée par les travaux au barrage de Vive-Eaux

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – MARNE AVAL

RIVIERE: SEINE		MEAUX		CONDE-SAINT-LIBIAIRE		CHALIFERT		GOURNAY		CRETEIL	
Vigilance	Définition et conséquences attendues	Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.	26 janvier 1910	6,20 m			27 janvier 1910	5,26 m	27 janvier 1910	6,99 m		
		22 janvier 1955	5,73 m			23 janvier 1955	5,18 m	24 janvier 1955	6,78 m		
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.	19 avril 1983	5,07 m			20 avril 1983	4,45 m			3 juin 2016	4,02 m
				30 mars 2001	2,21 m	31 mars 2001	3,95 m	30 décembre 1999	3,93 m		
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.	30 mars 2001	4,29 m			3 juin 2016	3,21 m	31 mars 2001	5,29 m	12 février 2013	2,14 m
		29 décembre 1999	4,15 m	3 juin 2016	1,63 m	7 janvier 2011	3,16 m	3 juin 2016	4,73 m	28 décembre 2010	2,06 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise	31 décembre 2010	3,57 m					8 janvier 2011	4,63 m		

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – SEINE PARIS

RIVIERE: SEINE			PARIS-AUSTERLITZ		CHATOU	
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur
ROUGE	<p>Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.</p>		27 février 1658	8,96 m	30 janvier 1910	27,40 m
			28 janvier 1910	8,62 m	24 janvier 1955	26,69 m
			23 janvier 1955	7,12 m		
ORANGE	<p>Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.</p>		14 janvier 1982	6,15 m	14 janvier 1982	25,75 m
			3 juin 2016	6,10 m	4 juin 2016	25,40 m
					25 mars 2001	25,15 m
JAUNE	<p>Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.</p>		24 mars 2001	5,21 m		
			9 février 2013	3,91 m	11 février 2013	23,61 m
			6 mai 2015	3,49 m		
VERT	<p>Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise</p>					

L'échelle de Chatou est graduée dans le système de nivellement orthométrique.

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – OISE AVAL FRANCILIENNE

RIVIERE: OISE			ISLE-ADAM		PONTOISE	
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.		8 janvier 1926	26,15 m		
			5 février 1995	25,98 m	31 janvier 1910	24,62 m
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.		31 mars 2001	25,83 m		
			30 décembre 1993	25,69 m	10 janvier 1926	24,51 m
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.		27 janvier 1910	25,31 m	5 février 1995	24,05 m
					1er avril 2001	23,95 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise		9 janvier 2003	25,02 m		
			2 janvier 2000	24,78 m	31 décembre 1993	23,58 m
			14 janvier 2011	24,47 m	9 janvier 2003	23,40 m
					4 juin 2016	22,56 m
					15 janvier 2011	2,49 m

Les échelles de l'Isle-Adam et Pontoise sont graduées dans le système de nivellement orthométrique.

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

TRONCON DE VIGILANCE – BOUCLES DE LA SEINE

RIVIERE: SEINE			MANTES		VERNON	
Vigilance	Définition et conséquences attendues		Crues historiques	Hauteur	Crues historiques	Hauteur
ROUGE	Niveau 4 : ROUGE Risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.		31 janvier 1910	8,13 m	1er février 1910	7,11 m
			25 janvier 1955	7,51 m	26 janvier 1955	6,57 m
ORANGE	Niveau 3 : ORANGE Risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.		5 mars 1970	7,05 m	6 mars 1970	6,09 m
			16 janvier 1982	6,85 m	16 janvier 1982	5,91 m
JAUNE	Niveau 2 : JAUNE Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.		26 mars 2001	6,71 m	27 mars 2001	5,77 m
			2 janvier 2000	6,34 m	2 janvier 2000	5,43 m
VERT	Niveau 1 : VERT Pas de vigilance particulière requise		5 juin 2016	6,34 m	5 juin 2016	5,39 m
			11 février 2013	5,25 m	11 février 2013	4,43 m
			15 janvier 2011	5,05 m	15 janvier 2011	4,28 m

Avertissement : le choix de la couleur tiendra également compte de circonstances particulières : montée particulièrement rapide, événement inhabituel pour la saison ou activité saisonnière sensible.

Annexe 3 : Programme de travaux de modernisation du réseau de mesures

Type	Station	Actions de modernisation	Priorité
LIMNI	La Seine à Bray-sur-Seine	Prolongement échelle au-dessus de 1955 (deux éléments)	2
LIMNI	La Voulzie à Jutigny	Démontage du puits de mesure Nouvelle cabine Doublement capteur Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2017)
DEBIT	L'Yonne à Joigny - Station ultrason	Prolongement échelle au-dessus de 1910 (un élément) Sécurisation mesure : nouvelle centrale d'acquisition Ajout d'une grille LNS – GSM récupérant en radio les données de Joigny pont + les ressorties 4-20mA de l'UF de h et Q + ressortie 4-20mA d'une des hauteurs de Pont vers l'UF	1 (2017)
LIMNI	L'Yonne à Joigny - Pont	Prolongement échelle au-dessus de 1910 (un élément) Doublement capteur (sonde) Modification de la grille pour transfert des données par radio sur Joigny US	1 (2017)
LIMNI	Le Tholon à Senan	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément)	2
DEBIT	L'Yonne à Pont-sur-Yonne - Station ultrason	Sécurisation mesure : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2017)
LIMNI	La Seine à Montereau-Fault-Yonne	Retrait de la sonde « libre » dans le puits. Partage des hauteurs permettant de doubler la collecte de chaque station.	3
LIMNI	La Seine à Saint-Mammès	Remonter le radar	3
LIMNI	Le Loing à Saint-Martin-des-Champs - Le Moulin de la Prairie	Doublement capteur	3
LIMNI	Le Loing à Montbouy	Recalage échelle (rajout d'un élément négatif) Doublement capteur Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2017)
LIMNI	L'Aveyron à la Chapelle-sur-Aveyron	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Doublement capteur	2
LIMNI	L'Ouanne à Charny	Déplacement échelle et sonde sur la culée du pont Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2017)
LIMNI	Le Loing à Montargis - Pont de Tivoli	Sécurisation communication et alimentation : modifications dans la cabine, nouvelle centrale d'acquisition Sécurisation de l'accès à la cabine en hautes eaux	1 (2016)
LIMNI	Le Loing à Châlette-sur-Loing [Gué de Lancy]	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Sécuriser l'accès à la station (garde-corps)	1 (2017)
LIMNI	La Cléry à Ferrières-en-Gâtinais - Les Collumeaux	Doublement capteur	2

Type	Station	Actions de modernisation	Priorité
LIMNI	Le Loing à Nemours	Doublement capteur Remise en état de l'échelle	1 (2016)
LIMNI	Le Lunain à Paley	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément)	3
LIMNI	Le Lunain à Épisy	Doublement capteur Nouveau panneau solaire Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	2
LIMNI	Le Loing à Épisy	Sécurisation communication et alimentation Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2017)
LIMNI	L'Orvanne à Diant [Lavoir de Cornoy]	Doublement capteur	3
LIMNI	Le ru d'Ancoeur à Blandy	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Doublement capteur	3
LIMNI	La Seine à Melun	Sécurisation mesure et comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2016)
LIMNI	La Seine à Corbeil-Essonnes	Prolongement échelle au-dessus de 1910 (quatre éléments) Doublement capteur à l'échelle Sécurisation mesure : nouvelle centrale d'acquisition	1(2017)
LIMNI	L'Essonne à Guigneville-sur-Essonne - La Mothe	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Nouveau local en dur (vandalismes) Installation d'un débitmètre Doppler	1 (2016)
LIMNI	La Rémarde à Saint-Cyr-sous-Dourdan	Sécurisation mesure : nouvelle centrale d'acquisition	1(2017)
LIMNI	L'Orge à Épinay-sur-Orge - Le Breuil	Remplacement centrale UF par centrale LNS	1(2017)
LIMNI	L'Yvette à Villebon-sur-Yvette	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (deux éléments) Remonter le radar	2
LIMNI	L'Orge à Morsang-sur-Orge	Remplacement centrale UF par centrale LNS et sécurisation du partage de données Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Sécurisation alimentation : déplacement du compteur (ERDF)	1(2017)
LIMNI	L'Yerres à Courtomer - Paradis	Remonter le radar Doublement capteur (bulleur) Sécurisation mesure : nouvelle centrale d'acquisition Rajout d'un coffret de protection autour de la grille	1(2017)
LIMNI	L'Yerres à Boussy-Saint-Antoine - Station ultrason	Sécurisation mesure : nouvelle centrale d'acquisition	1(2017)
LIMNI	Le Reveillon à Férolles-Attilly - La Jonchère	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Doublement capteur Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition Réaménagement du local Nouvelle porte	2
DEBIT	La Seine à Alfortville - Station ultrason	Sécurisation mesure : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2017)

Type	Station	Actions de modernisation	Priorité
LIMNI	Le Surmelin à Saint-Eugène	Doublement capteur	2
LIMNI	Le Petit Morin à Jouarre – Vanry	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Remonter le radar	2
LIMNI	La Théroouanne à Congis-sur-Théroouanne - Gué à Tresmes	Prolongement échelle au-dessus de 1978 (un élément) Doublement capteur	3
LIMNI	La Marne à Meaux	Prolongement échelle au-dessus de 1910 (deux éléments) Doublement capteur	2
LIMNI	Le Grand Morin à Meilleray	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément)	2
LIMNI	L'Aubetin à Pommeuse - Le Poncet	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Doublement capteur	2
LIMNI	Le Grand Morin à Condé-Sainte-Libiaire	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Doublement capteur à l'échelle Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1(2017)
LIMNI	La Marne à Chalifert	Prolongement échelle au-dessus de 1910 (un élément)	2
LIMNI	La Seine à Paris - Austerlitz	Doublement capteurs en rivière	1(2016)
DEBIT	La Seine à Paris - Austerlitz - Station ultrason	Déplacement échelle Doublement capteurs en rivière Réparation des câbles US, endommagés depuis fin 2015 Installation d'un radar et d'une caméra sur le pont d'Austerlitz	réalisé réalisé en cours 1 (2017)
DEBIT	L'Oise à Creil - Station ultrason	Remise en service de la station	1 (2017)
LIMNI	L'Ysieux à Luzarches - Bertinval	Doublement capteur	3
LIMNI	L'Oise à l'Isle-Adam - Barrage (amont)	Déplacement cabine et capteurs hors périmètre VNF	2
LIMNI	L'Oise à Pontoise - Barrage (aval)	Déplacement cabine et capteurs hors périmètre VNF Doublement capteur	2
LIMNI	La Guyonne à Mareil-le-Guyon	Remonter le niveau des équipements électroniques Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Doublement capteur	3
LIMNI	Le ruisseau du Lieutel à Neauphle-le-Vieux	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Doublement capteur	3
LIMNI	La Mauldre à Beynes - Mairie	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément) Remplacement centrale UF par centrale LNS	2
LIMNI	Le ru de Gally à Thiverval-Grignon - Les Quatre Pignons	Doublement capteur	3
LIMNI	La Mauldre à Aulnay-sur-Mauldre - Centre ville	Prolongement échelle au-dessus de 2016 (un élément)	2
LIMNI	La Seine à Limay [Mantes]	Doublement capteur	1 (2017)

Type	Station	Actions de modernisation	Priorité
DEBIT	La Seine à Vernon - Station ultrason	Doublement capteur Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2017)
PLUVI O	Cerneux	Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2016)
PLUVI O	Crécy-la-Chapelle	Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2016)
PLUVI O	Egreville		1 (2017)
PLUVI O	Montdauphin	Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2016)
PLUVI O	Nesles-la-Vallée	Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2017)
PLUVI O	Rumont	Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2016)
PLUVI O	Saint-Cyr-sur-Morin	Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2016)
PLUVI O	Touquin	Déplacement station Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2016)
PLUVI O	Vendrest	Sécurisation comm' : nouvelle centrale d'acquisition	1 (2016)

ANNEXE 4

Programme de travail du Service de Prédiction des crues Seine moyenne-Yonne-Loing en lien avec le retour d'expérience de la crue de mai-juin 2016 2016-2018

1) Actions internes au SPC

	Action	Origine de l'action	Echéance	Pilote
1.1 Organisation				
1.1	<p>Réflexion sur le renforcement de l'équipe de prévisionnistes hors du pôle hydrologie et prévision des crues, en lien avec la démarche nationale en cours.</p> <p>Réflexion sur le dimensionnement de l'équipe, le contenu des tâches allouées aux prévisionnistes externes, la formation associée, le type de profils des agents concernés, les modalités de mise en œuvre au sein de la DRIEE (disponibilité des agents, astreintes).</p>	Retour d'expérience	Fin 2016	UPCI DRIEE
1.2 Outils de prévision du SPC				
1.2.1	<p>Mise en place de la nouvelle version du modèle hydraulique de prévision du SPC.</p> <p>Cette nouvelle version permettra :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de réduire les temps de calcul, • de multiplier le nombre de scénarios (selon les prévisions météo et le paramétrage), • de re-jouer des scénarios de crues passées. 	En cours depuis 1 ^{er} trimestre 2016	1 ^{er} trimestre 2017	UPCI
1.2.2	<p>Mise en place opérationnelle de la nouvelle version du modèle GRP (3.3)</p> <p>Cette nouvelle version, disponible depuis avril 2016 permet d'optimiser la mise à jour des bases de données et par conséquent, de réduire les temps de calcul.</p>	Prévue en 2016	Fin 2016	UPCI

1.2.3	<p>Re-jeu de la crue de mai-juin 2016 sur les outils du SPC. Les outils concernés par ce re-jeu sont les modèles hydrologiques (GRP) et le modèle hydraulique (Cassandra).</p> <p>Sur la base d'un jeu de données (pluies, hauteurs, débits) <u>validé par l'unité Hydrométrie</u>, la crue de mai-juin sera simulée selon plusieurs hypothèses :</p> <ul style="list-style-type: none"> • pluies futures parfaites, prévisions de pluies min/moy/max (GRP et Cassandra), • différents paramétrages de l'assimilation de données (Cassandra). • 	Retour d'expérience	Fin 2016	UPCI
1.2.4	<p>Enseignements liés au re-jeu</p> <p>L'analyse des résultats obtenus pourra conduire :</p> <ul style="list-style-type: none"> • à une modification du paramétrage des modèles, qui devra être testée et validée sur un panel de crues représentatives. • à un choix des différents scénarios à utiliser en crue pour élaborer la prévision publiée. <p>Elle contribuera d'autre part au travail en cours d'estimation des incertitudes de prévisions liées aux outils (action ci-dessous).</p>	Retour d'expérience dans la continuité du processus d'amélioration continue des outils	3ème trimestre 2017	UPCI
1.2.5	<p>Estimation des incertitudes</p> <p>Le travail déjà avancé sur les abaques et une partie des modèles GRP depuis 2015 est à prolonger :</p> <ul style="list-style-type: none"> • sur d'autres modèles GRP, • sur le modèle Cassandra, • sur les formules de propagation <p>L'estimation de l'incertitude globale intégrera progressivement et in fine :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'incertitude liée aux outils (ci-dessus), • l'incertitude sur la prévision de pluie, • l'incertitude liée à la courbe de tarage de la station. 	En cours depuis 2015	4 ^e trimestre 2017 2018	UPCI

1.2.6	<p>Mise en place des outils nationaux de supervision et de production de prévisions assorties d'incertitude.</p> <p>Le SPC SMYL a développé, depuis 2006, ses propres outils de supervision. Depuis 2014, le SCHAPI pilote le développement d'outils nationaux qui viendront, à terme, remplacer les outils du SPC. Le SPC SMYL participe aux tests du superviseur national, en lien avec le SCHAPI, depuis 2014.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déploiement opérationnel du superviseur national dont la version 2 a été installée en test en mai 2016 au SPC. • Installation et test du logiciel EAO, outil graphique d'expertise et de validation des prévisions, dans la chaîne opérationnelle du SPC. 	En cours depuis 2014	Fin 2016 3 ^e trimestre 2017	UPCI et USIPC
1.2.7	<p>Développement d'un modèle simplifié pouvant fonctionner en mode dégradé sur les tronçons franciliens.</p> <p>Le modèle hydraulique Cassandre, qui couvre l'ensemble du réseau surveillé est l'outil le plus adapté à la prévision des crues en aval de la confluence Seine – Yonne – Loing. Cependant, son fonctionnement est altéré en cas d'indisponibilité de données, notamment sur les secteurs les plus en amont en entrée de modèle.</p> <p>Il est donc prévu de développer un modèle d'emprise plus réduite, fonctionnant avec un nombre plus limité de données d'entrée, sur la base du principe simplifié de transferts d'accroissements de débits d'amont en aval. Cet outil sera utilisé en complément du modèle hydraulique (autres éléments d'appréciation de la situation et secours).</p>	Retour d'expérience	3 ^e trimestre 2017	UPCI

2) Actions en lien avec les unités d'hydrométrie

Action		Origine de l'action	Echéance	Pilote
2.1	Formalisation des modalités d'échange entre le SPC SMYL et les UH Île-de-France, Bourgogne et Centre pendant une crue concernant : <ul style="list-style-type: none"> • les information sur les jaugeages effectués et les opérations de maintenance, • la mise à jour des courbes de tarage. 	Retour d'expérience	Octobre 2016	UPCI
2.2	Établissement d'une liste de stations prioritaires sur le territoire du SPC nécessitant, de la part des UH, des travaux de sécurisation (capteur et/ou transmission)	Retour d'expérience	Novembre 2016	UPCI
2.3	Établissement d'une liste de stations prioritaires sur le territoire du SPC nécessitant, de la part des UH, des études d'extrapolation des courbes de tarage	Retour d'expérience	Novembre 2016	UPCI

3) Actions à mener dans le cadre de la connaissance des inondations

Action		Origine de l'action	Echéance	Pilote
Laisses de crue				
3.1	Capitalisation des laisses de crue sur le réseau surveillé. <ul style="list-style-type: none"> • Nivellement des laisses de crue relevées par la DRIEE, les DDT et le Cerema suite à la crue sur le Loing, la Seine et la Marne aval (secteur proche de la confluence avec la Seine). • Versement dans la Base nationale des repères de crue. 	Retour d'expérience	Décembre 2016 Décembre 2016	UPCI
3.2	Capitalisation des données sur l'ensemble du territoire du SPC et versement dans la base nationale des repères de crue.	Retour d'expérience	2017 (vacation)	UPCI

Cartographie				
3.3	<p>Établissement de la cartographie de la zone inondée lors de la crue sur la Seine, le Loing et la Marne aval.</p> <p>Travail réalisé sur la base d'une ligne d'eau reconstituée avec les laisses de crue et croisée avec le MNT. La validation est effectuée sur la base des photographies aériennes de l'IGN et des témoignages photo et video recueillis et de l'avis des RDI.</p>	Retour d'expérience	2 ^e trimestre 2017	UPCI
3.4	<p>Production de ZIP/ZICH</p> <p>Établissement de ZIP/ZICH selon le scénario mai-juin 2016 sur le Loing et l'Ouanne, versement dans VIGInond</p> <p>Comparaison de la cartographie de la crue de mai-juin avec les ZIP les plus proches sur la Seine et la Marne aval.</p>	Retour d'expérience	2 ^e trimestre 2017 3 ^e trimestre 2017	UPCI

4) Actions en lien avec les Référents Départementaux Inondation

	Action	Origine de l'action	Echéance	Pilote
4.1	<p>Poursuite de l'analyse avec les RDI des zones de transition en vue de leur actualisation sur l'Île-de-France</p> <p>Les croisements Aléas/Enjeux ont été menés sur la base des scénarios de ZIP. Les enseignements de la crue seront intégrés dans l'analyse. Une synthèse des propositions d'actualisation des zones de transition, et éventuellement de mise à jour des tronçons, sera faite par le SPC.</p>	1 ^{er} trimestre 2016	3 ^e trimestre 2017	UPCI
4.2	<p>Révision du programme de formation en intégrant les enseignements du REX sur l'hydrologie, l'hydrométrie en crue et les incertitudes.</p>	Retour d'expérience	Fin 2016	UPCI

5) Actions en lien avec le public

	Action	Origine de l'action	Echéance	Pilote
5.1	Ajout de stations disponibles sur Vigicrues Les stations de Courtempierre sur le Fusain et Diant sur l'Orvanne, tous deux affluents du Loing, seront ajoutées sur Vigicrues.	Retour d'expérience	Fin 2016	SCHAPI
5.2	Publication sur la base nationale des repères de crue de tous les relevés effectués pendant la crue cf. action 3.2	Retour d'expérience	2017 (vacation)	UPCI
5.3	Production et publication sur le site internet de la DRIEE d'une synthèse des crues marquantes sur l'ensemble du territoire du SPC avec les maximums associés en hauteur et débit.	Retour d'expérience	Fin 2016	UPCI

**Direction régionale et interdépartementale
de l'environnement et de l'énergie
d'Île-de-France**

10 rue Crillon
75194 Paris cedex 04
Tél : + 33 01 71 28 45 00

