



**Syndicat Mixte Interdépartemental
de la Vallée de la Lèze**

Dispositifs de surveillance et d'alerte de crue sur le bassin de la Lèze

PAPI d'intention, action 2.1

Rapport : Phase 2
Pertinence et faisabilité de systèmes
locaux de prévision



Version 0

Janvier 2021

1 INTRODUCTION

L'analyse menée dans l'étape précédente a montré que l'anticipation des inondations sur le bassin pour les secteurs à enjeux, doit être regardée selon les différents types d'événements hydrométéorologiques générateurs et selon les cours d'eau concernés en sectorisant le territoire. Elle a en outre mis en évidence qu'il fallait séparer techniquement l'anticipation des inondations de plaine consécutives aux crues débordantes de la Lèze (et du Latou) et celle des secteurs concernés par les crues des petits affluents de coteaux.

Il s'agit ici, dans un premier temps, de présenter différentes options structurées et pertinentes (répondant aux suggestions et besoins exprimés par les différents acteurs du bassin) pour améliorer l'anticipation des inondations sur le bassin de la Lèze dans ces deux composantes et dans un second temps d'affiner celles-ci et en produisant une analyse d'efficacité comparée de ces différentes options.

Avant toute chose, il est important de rappeler que la problématique de l'anticipation des inondations est à la fois globale et locale à l'échelle du bassin de la Lèze. Si les crues généralisées de la Lèze font suite à des pluies intenses qui affectent une grande partie du bassin pendant plusieurs heures voire plusieurs jours, des événements orageux très intenses, susceptibles de générer des inondations de la Lèze et/ou du Latou peuvent n'affecter qu'une partie du bassin comme on l'a vu lors des événements de Juin 2007 et de Juillet 2018.

En outre les inondations générées par des petits affluents de coteaux peuvent survenir sur des événements orageux très intenses mais très localisés avec des débits d'apports qui restent bien en deçà des débits de débordement de la Lèze.

Pour évaluer les dispositifs qui permettraient d'améliorer l'anticipation des inondations tant localement que globalement, dans ces différentes situations météorologiques, il faut passer en revue les différentes solutions envisageables par secteur et par type d'aléa et vérifier qu'elles permettent effectivement un gain d'efficacité par rapport à des alternatives plus simples ou plus sophistiquées.

C'est la démarche que nous avons adoptée en essayant d'être le plus exhaustif et didactique possible en expliquant les avantages et inconvénients des différentes options envisageables afin d'éclairer les choix qui seront faits.

2 LA DÉMARCHE GÉNÉRALE

Les événements généralisés (crues océaniques- Pyrénéennes) engendrant des inondations de la Lèze en aval de Pailhès, sont dans l'état actuel des choses, ceux pour lesquels les systèmes actuels d'anticipation sont les mieux adaptés. Les prévisions de précipitation par Météo France à 12h, 24h ou plus sont qualitativement fiables et les avertissements aux pluies intenses (AP) que les prévisionnistes transmettent au SPC permettent à ces derniers d'anticiper le changement du niveau de vigilance aux crues et l'activation en routine des modèles hydrologiques opérationnels sur le bassin. Dans ce cas de figure, les prévisionnistes du SPC sont « sur le pont » et anticipent de façon fiable les réactions hydrologiques du cours d'eau.

Les événements orageux (convectifs) en revanche posent beaucoup plus de problèmes.

Sur ce point, l'état des lieux effectué a montré que les systèmes actuels proposés par l'État aux communes, notamment le service APIC - Vigicrues-Flash n'étaient pas (encore) utilisés de façon optimale par toutes les communes du bassin, d'autant que Vigicrues-Flash est encore très récent (2018) et en voie d'amélioration continue. Par ailleurs, l'évolution qualitative très significative de la prévision des crues sur la Lèze, résultant de nouveaux moyens techniques mis en œuvre par le SPC est très récente (2020) et n'a pu être « jugée sur pièces » encore par les riverains. Enfin, les avancées techniques et scientifiques en matière de prévision météorologique de très court terme (prévision immédiate) ouvrent de nouvelles perspectives, de même que l'émergence de nouveaux acteurs privés investissant le champ de la mesure hydrométéorologique et de l'anticipation des inondations avec des technologies et des pratiques commerciales disruptives en la matière.

Si la prévision à 24h et bien entendu 12h et 6h du risque d'occurrence de ces événements est désormais fiable à l'échelle des unités territoriales sub-départementales (bassins Lèze-Arize par exemple) la localisation précise des cellules précipitantes et leur trajectoire ne peuvent être anticipées que peu de temps à l'avance (30mn à 2h) par un traitement automatique des images radar météorologiques voire par un prévisionniste aguerris. Des méthodes relativement récentes de prévision immédiates (PI) par fusion des images radar et des prévisions par modélisation méso échelle (Arome PI à Météo France) existent mais leurs résultats ne sont diffusés qu'aux intervenants de la sécurité civile (SPC, SDIS et préfectures) en cas de vigilance orange.

Les améliorations éventuelles à apporter aux systèmes existants doivent donc permettre de façon cohérente et optimale, tout à la fois de mieux anticiper les événements engendrant des crues dommageables de la Lèze en fond de vallée, mais aussi d'anticiper l'impact des événements orageux intenses susceptibles de générer des inondations dommageables en pieds de coteaux par les petits affluents et pour les événements extrêmes engendrer des crues débordantes brèves mais violentes de la Lèze sur une partie de son cours.

Les options envisagées pour améliorer les choses en matière d'anticipation des inondations s'inscrivent selon quatre axes ou thèmes que nous qualifierons d'horizontaux :

- l'optimisation de **l'usage des services existants** de vigilance proposés par l'État pour les communes
- **la densification des observations** : rajouter des éléments d'observation ou de mesures hydrométéorologiques sur le bassin pour réduire les secteurs à information lacunaire
- **L'organisation générale à mettre en place** pour optimiser les systèmes additionnels et aider les prises de décision des élus pour la gestion de l'alerte. Doit-on faire appel à des ressources externes ou bien s'organiser en interne de façon collaborative ...
- **La diffusion de l'alerte** : il s'agit de renforcer les méthodes et moyens d'alerte aux populations concernées (dont les non résidents).

Le quatrième thème sort du domaine de cette étude, mais il est important d'en tenir compte implicitement dans l'analyse en raison de son couplage évident avec les autres thèmes, notamment la question organisationnelle, et surtout parce qu'un système d'alerte efficace permet de gagner aussi du temps d'anticipation au niveau des personnes ciblées.

Il ne fait aucun doute que l'amélioration d'ensemble des systèmes actuels devra s'effectuer sur chacun de ces axes. Différentes options graduées peuvent être examinées dans chacun d'eux, qui peuvent éventuellement interférer avec celles des axes voisins. La combinaison de ces options conduit à plusieurs scénarios d'amélioration envisageables entre lesquels il faudra choisir sur la base d'une analyse coûts-efficacité.

Pour éclairer les choix à faire entre les différents scénarios d'amélioration, nous proposons dans les chapitres suivants des éléments de réponses argumentés pour une liste de questions qui se posent encore à ce stade.

Les questions à se poser sont les suivantes :

- A quel type d'aléa doit-on faire face de façon précise avec quels risques et selon les secteurs du bassin ?
- Quels sont les secteurs géographiques où les systèmes existants doivent éventuellement être renforcés et y a-t-il des points particuliers prioritaires suivant les types d'aléa ?
- Quels sont les atouts et faiblesses éventuelles des systèmes et solutions existants actuels par type d'aléa ?
- Quelles solutions types, cohérentes entre-elles, peuvent être considérées pour ces renforcements en tenant compte des dernières avancées technologiques en la matière ?
- Quels sont les avantages et inconvénients de tel type de solution par rapport à telle autre suivant le secteur et suivant le type d'aléa y compris en matière de coûts ?
- Quelle organisation d'ensemble permet de gérer en cohérence les différentes options envisageables en matière d'anticipation des événements mais aussi en fonction de la diffusion des alertes ?

3 LES DIFFÉRENTS TYPES D'ALÉAS À ANTICIPER

L'analyse menée dans l'étape précédente montre que l'anticipation des inondations sur le bassin pour les secteurs à enjeux, doit être regardée selon les différents types d'événements et selon les cours d'eau concernés en sectorisant le territoire.

On distinguera l'anticipation des inondations de plaine consécutives aux crues débordantes de la Lèze (et du Latou) et celle des secteurs concernés par les crues des petits affluents de coteaux.

De façon générale en ce qui concerne les risques d'inondation et leur anticipation :

- On considère que trois types d'événements à distinguer sont susceptibles de générer des inondations de plaine ou de pied de coteaux pour les petits affluents
- On identifie différentes catégories d'affluents de la Lèze : les cours d'eau avec enjeux et ceux sans enjeux et, parmi les premiers, ceux avec un temps de réponse aux pluies intenses très court (< 1h) et ceux avec un temps de réponse plus long, > 1h. Pour les autres, la réponse à apporter tient aux décisions à venir en matière d'urbanisme et d'aménagement.
- On a distingué cinq secteurs différenciés sur le bassin de la Lèze en matière d'anticipation des inondations. Le Plantaurel est spécifique ainsi que le secteur aval. Le secteur dit des confluences (Latou - Canalès) apparaît comme un secteur à information lacunaire ce qui a un impact sur l'anticipation des inondations à Lézat dans certains cas, de même que le secteur du Plantaurel

3.1 Les types d'événements générateurs

1. Les crues généralisées de l'ensemble du bassin de la Lèze (type 2000 ou 1977) sont issues de pluies intenses affectant la majorité du bassin pendant 12 h et plus de façon plus ou moins homogène. Les inondations de la Lèze s'étendent alors à toute la plaine en aval du Plantaurel avec des débits grossissant d'amont en aval. Les affluents de coteaux peuvent générer des inondations locales qui restent modérées en dehors de la zone inondable par la Lèze.
2. Les crues localisées de la Lèze correspondent à des pluies très intenses généralement orageuses avec une ou plusieurs grosses cellules précipitantes affectant une partie du bassin (amont ou intermédiaire) pendant quelques heures (crues de 2007 ou 2018). La crue est rapide et courte et les débordements de la Lèze restent contenus au secteur affecté et au secteur immédiatement aval et en se résorbant rapidement par ressuyage à l'arrière de la pointe de crue. Les affluents de coteaux sur le secteur concerné génèrent également des inondations locales sévères qui peuvent se conjuguer avec celles de la Lèze.
3. Les crues des petits affluents induites par des orages violents de taille et durée limitée (moins de 1 heure) engendrant des inondations sévères mais très localisées sans que la Lèze ne réagisse outre mesure.

La différence entre les événements de type 2 et 3 tient principalement à la taille, à la circulation et à l'intensité des précipitations spécifiques des cellules de pluie dans des conditions orageuses.

3.1.1 Approche phénoménologique

Les événements de type 1

Les crues généralisées de la Lèze susceptibles de générer des dommages dans les zones inondables de la rivière présentent des débits croissants plus ou moins en proportion du bassin drainé en amont. En conséquence, les débits correspondants le long des stations du cours d'eau ont une fréquence de dépassement ($1/T$ années) qui en principe, dans ce type d'événement, va en diminuant¹ de l'amont vers l'aval. Seules les fortes crues, de faible probabilité d'occurrence (1/30 ans ou plus) à partir de Lézat engendrent des dommages importants sur la partie aval du bassin.

Les événements de type 3

Les conditions orageuses produisant des événements très précipitants localisés, sont relativement fréquentes et de typologie variable. Ils sont favorisés par l'humidité préalable du sol qui vient réalimenter les cellules qui éclosent et disparaissent de façon rapide sur le territoire en suivant une circulation générale commune plus ou moins rapide. Ces événements orageux adviennent préférentiellement du milieu du printemps à la fin juillet mais peuvent se prolonger plus tard dans la saison. Des cellules distinctes peuvent affecter plusieurs points du bassin de façon séparée et parfois récurrente. L'extension des cellules est de quelques km^2 (5 à 20) et il peut arriver que des pluies très intenses mais courtes (10-15mn) se concentrent sur 2 ou 3 km^2 . Les cumuls en 15mn pour les événements les plus intenses, peuvent atteindre voire dépasser 40 ou 45 mm (ou l/m^2).

Les événements de type 2

Les événements de ce type correspondent à des événements convectifs orageux de grande extension où les cellules individuelles s'agglomèrent pendant plusieurs dizaines de minutes et parfois jusqu'à plusieurs heures en formant, dans les situations les plus critiques, une « supercellule » ou un système convectif méso-échelle (MCS). Ces structures peuvent être très étendues (5000 km^2 ou plus) mais leur partie la plus active en termes de précipitations peut se concentrer sur des secteurs restreints (de l'ordre de 50 à 100 km^2).

Sur le bassin de la Lèze ces événements semblent se produire typiquement dans un double flux d'Ouest et de Sud lorsqu'une dépression orageuse d'origine cantabrique, traversant la Gascogne d'Ouest en Est, se voit renforcée par un flux transpyrénéen chargé d'humidité depuis la mer des Baléares. Il n'y a donc pas a priori, dans ces cas là, d'effet orographique aggravant comme cela s'observe sur le pourtour méditerranéen. La saison d'occurrence la plus fréquente de ce type d'événement semble se situer de la mi-mai à fin juillet voire au delà. Les événements de fin mai 2007 et de Juillet 2018 peuvent (avec quelques bémols pour 2018) être qualifiés ainsi.

En 2007 le secteur touché était le haut de la vallée (Pailhès - Le Fossat) ; en 2018 c'était le secteur médian où convergent le Latou et le Canalès. Rien n'empêche a priori que ce type d'événement ne se reproduise en frappant ailleurs (Bassin du Latou amont et rive droite Artigat-Fossat ou secteur de Lézat-Lagardelle ...).

La fréquence d'occurrence de ce type d'événement particulier est extrêmement difficile à quantifier pour le bassin de la Lèze. De façon très empirique², la périodicité d'occurrence des événements de type 2 touchant une partie du bassin pourrait être de l'ordre de 10 ans ; les précipitations les plus intenses affecteraient typiquement le quart ou le tiers du bassin pendant 2 ou 3 heures. Les

¹ On parle bien de la fréquence d'occurrence du débit de pointe. La période de retour du débit de crue à l'inverse va croissant de l'amont vers l'aval.

² Il n'y a pas de données suffisantes pour établir des statistiques fiables sur ce sujet, qui seraient remises en cause de toute façon du fait du changement climatique en cours. Ce pourrait donc aussi bien être 10 ans que 15 ou 20 ans.

quantités cumulées en 3 heures peuvent dépasser localement³ 100l/m² comme en 2007 et 2018 où de telles valeurs furent mesurées au Fossat (2007) et à St Ybars (2018) ; les débits maximum convergeant alors vers la Lèze peuvent quant à eux atteindre voire dépasser 1,5m³/s par km² pour la partie du bassin affectée par le cœur de l'événement (cf. figure 3). La zone touchée au sein du bassin est a priori aléatoire.

Un scénario catastrophe sur ce type d'événement serait que le bassin soit frappé par deux « supercellules » successives à quelques heures d'intervalles, la première sur l'amont du bassin et la seconde sur l'aval. Dans ce cas, les débits produits par chacun des événements s'additionneraient dans la Lèze et les débits résultants entrant dans la zone aval pourraient dépasser ponctuellement les débits de pointe des crues extrêmes de type 1⁴.

3.1.2 Pluviométrie statistique appliquée à la Lèze

L'intensité et la durée des averses sont liées aux tailles des cellules et à leur vitesse de circulation.

L'analyse des données climatologiques par les hydro-météorologues a permis de montrer que les précipitations extrêmes s'ajustaient sur des lois (de Montana) telles que les intensités moyennes de ces pluies extrêmes en un point diminuent rapidement avec la durée : Il n'est pas rare d'observer une pluie de 50mm en 30mn (probabilité de 1/20 ans) en un point donné du bassin alors qu'une pluie de 100mm en 1h au même point a une probabilité de 1/250 ans environ.

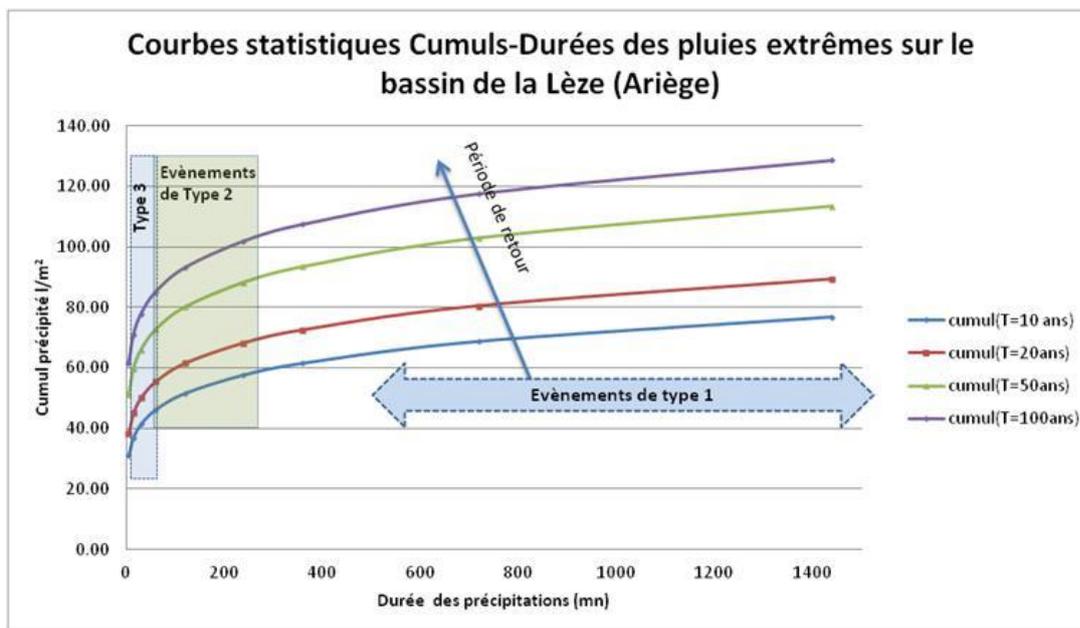


Figure 1 : Courbes statistiques cumuls-durée des précipitations intenses pour la Lèze (pour exemple)

³ La valeur de 100mm de précipitation en 3 heures est une valeur centennale pour un point donné du bassin de la Lèze ariégeoise en aval du Plantaurel. Toutefois, à l'échelle du bassin, la probabilité annuelle d'observer des pluies centennales en 3 heures dans un groupe de 10 sites distants de 10km par exemple, est très supérieure à 1/100 (et donc plus fréquente).

⁴ Il n'est pas sûr toutefois que les dommages sur le secteur aval soient aussi importants que pour un événement de type 1 car ce sont les volumes cumulés déversés dans la plaine plus que le débit de pointe qui sont responsables de ceux-ci.

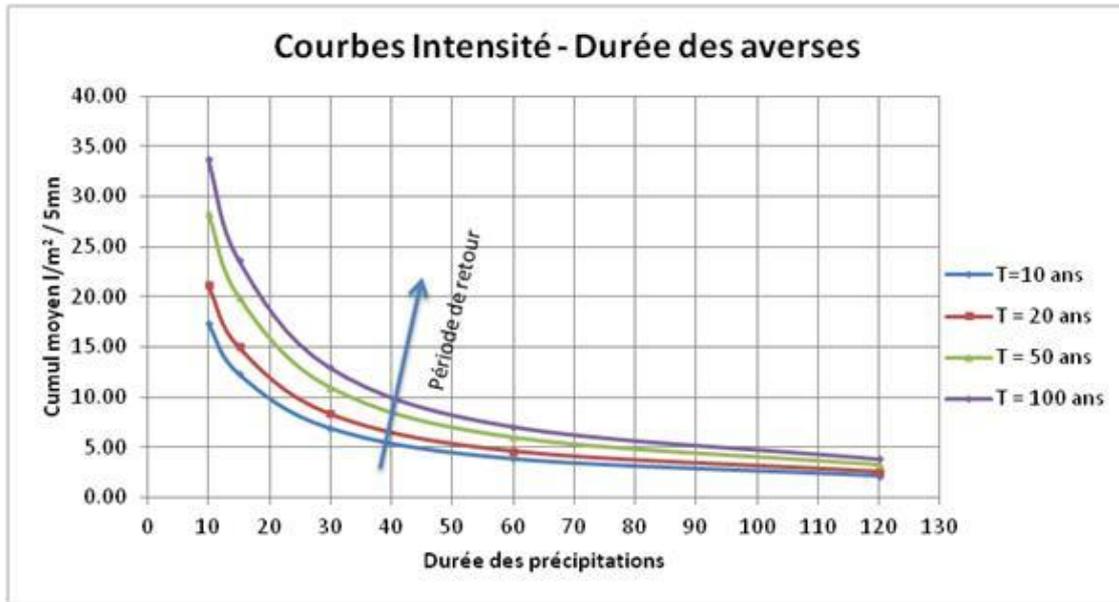


Figure 2 Courbes intensité-durée des averses selon les fréquences d'occurrence (zone Lèze-Arize pour exemple)

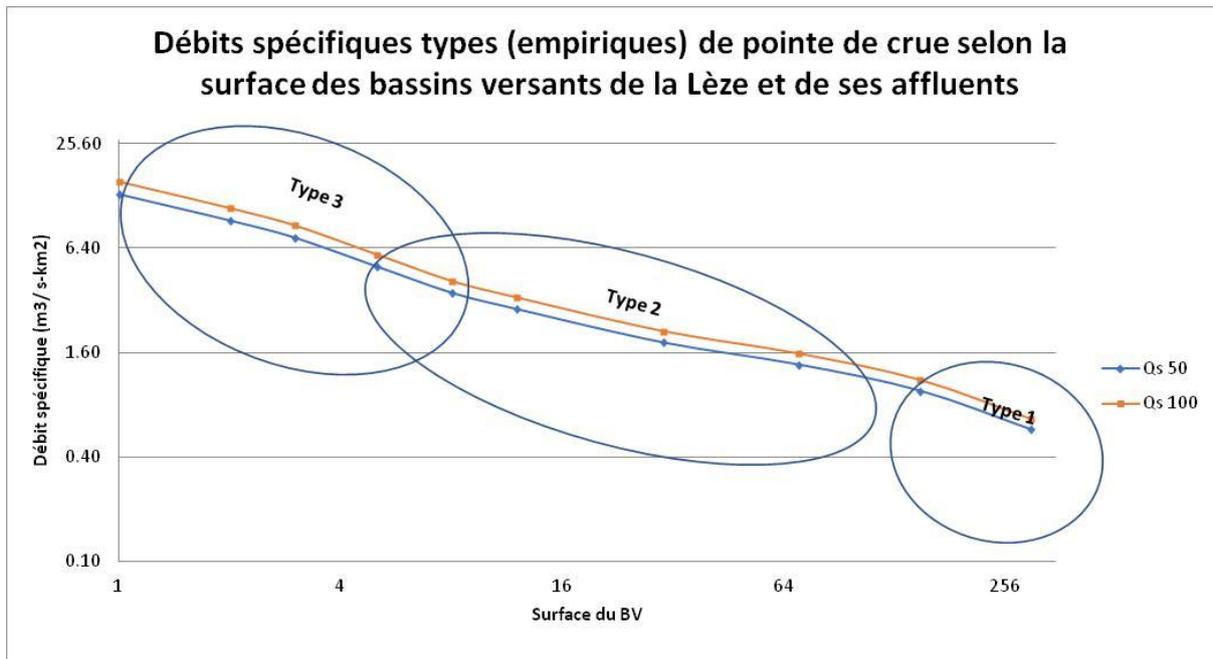


Figure 3 : Cette figure vise à illustrer que les débits spécifiques de pointe des crues varient à l'inverse de la taille des BV, ce qui est une règle générale de l'hydrologie : A condition de pluie et de ruissellement similaire, les petits bassins versants avec des temps de concentration courts (< 1h) ont des réponses en débit proportionnellement beaucoup plus importantes que les bassins plus étendus.. Attention : les valeurs présentées ici ne sont que des ordres de grandeurs et doivent pas être utilisées pour des calculs d'aménagements : Elles ont été calculées avec des hypothèses très simplifiées pour le bassin de la Lèze, avec des valeurs de pente et de temps de concentration moyens pour les bassins de moins de 30 km². Au dessus de 60km² on a retenu des valeurs ciqantennale et centennale cohérentes avec les données historiques aux stations du SPC.

Statistiquement, l'intensité moyenne des événements pluvieux extrêmes (d'une probabilité donnée) diminue à la fois en fonction de la durée des averses et de la surface considérée. Plus prosaïquement, cela exprime le fait que les pluies orageuses les plus intenses sont le plus souvent de courte durée et touchent des surfaces relativement limitées avec des intensités hétérogènes. C'est donc sur des petites surfaces et donc des petits bassins versants à réponse courte que l'on observe les débits au km² (débit spécifique de pointe de crue) les plus importants relativement à leur surface. Ainsi, les débits spécifiques de pointe centennaux de bassins pentus de petite taille et de forte pente peuvent être très importants (10m³/s/km² pour le Jacquart par exemple) alors qu'ils seront inférieurs à 1m³/s / km² pour la Lèze à Lézat⁵.

Rajoutons enfin que si la probabilité annuelle qu'un petit bassin spécifique du bassin de la Lèze soit touché par une pluie très intense est relativement faible (1/10 pour la pluie décennale relative à son temps de concentration), le nombre de petits bassins étant très important, la probabilité qu'un de ces bassins soit touché annuellement par une pluie très intense est en revanche très élevée.

Lors des événements de type 2 (plus rares que ceux de type 3 mais d'extension plus grande) les surfaces affectées par les pluies intenses sont plus importantes et les précipitations un peu plus homogènes sur des surfaces de quelques km². Néanmoins au sein des grosses cellules précipitantes, il peut s'observer des zones paroxystiques avec des intensités plus importantes qu'ailleurs.

Aussi, en matière d'aléa de crues sur les petits bassins un recouvrement statistique s'opère sur les deux types d'événement (Type 3 et 2) capables de produire localement des intensités similaires. En revanche, on considère ici (pour le bassin de la Lèze) qu'il existe une distinction à faire avec les événements de crues généralisées (Type 1) et qu'il n'y a pas réellement de recouvrement sur les aléas produits.

⁵ Les calculs de débit issus des précipitations extrêmes par des méthodes classiques de l'hydrologie (méthodes rationnelles ou SCP ou autre..) appliquent a) un coefficient de ruissellement aux pluies, sur b) une durée d'averse correspondant au temps de réaction estimé des bassins versants associés à c) une fonction de réponse du bassin peu ou prou triangulaire. Ces techniques assez simples permettent de calculer des débits spécifiques de pointe de crue (m³/s / km²) pour différents types de bassins versants similaires.

3.2 Aléas de débordement de la Lèze suivant le type d'événement.

On analyse dans ce paragraphe l'aléa inondation généré par la Lèze et le Latou aval, sans tenir compte des inondations dues aux petits affluents en dehors de la zone inondable de la Lèze elle-même. Bien entendu, lorsque les niveaux de la Lèze dépassent celui des digues ou berges des cours d'eau, les affluents en crue dont les débits d'apport ne peuvent plus être absorbés par le lit de la Lèze vont déborder dans la zone inondable de la Lèze et contribuer à l'aléa premier.

- **Un événement de type 1** (crue généralisée pour un événement pluvieux de type pyrénéen) génère typiquement un débit qui va croissant de l'amont vers l'aval avec - selon les éléments exposés plus haut - des débits spécifiques globaux de pointe de crue qui vont eux même en décroissant de $1\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ à $0,6\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ au fur et à mesure que la taille du bassin augmente. Les systèmes de prévision actuels sont assurément très fiables pour les événements de ce type.
- **Les événements de type 3** très intenses mais de faibles extensions vont impacter localement quelques petits BV (moins de 10 km^2) avec de forts débits spécifiques sur ces petits affluents pouvant générer des dommages locaux. Néanmoins, les débits cumulés déversés dans la Lèze seront en règle générale inférieurs à $40\text{ m}^3/\text{s}$ et donc bien en deçà des niveaux de débordement du cours d'eau en aval du Plantaurel. Par conséquent on considère que les événements de type 3 ne sont pas un sujet en matière de débordements de la Lèze.
- **Un événement de type 2** en revanche peut toucher différentes parties du bassin ce qui produira des effets différents en matière de répartition longitudinale des débits de pointe. C'est ce point qui nous interroge le plus quant à la fiabilité des moyens de prévision actuels et c'est pourquoi nous le développons ci-dessous.

Pour ces événements de type 2, on peut imaginer, entre autres, 4 scénarios différents illustrés par la carte ci-après, suivant les secteurs du bassin où ils sont susceptibles de survenir :

- Une grosse cellule centrée sur le Plantaurel qui déverse ses pluies en amont de Pailhès
- Une grosse cellule centrée sur le Fossat dont les pluies s'abattent entre Pailhès et Ste Suzanne en affectant en partie le bassin du Latou et du Canalès (Type Mai 2007)
- Une grosse cellule centrée sur la partie médiane du bassin (type Juillet 2018)
- Une grosse cellule centrée sur la partie basse du bassin (St Sulpice) affectant le bassin entre Lézat et Lagardelle

Notez bien que la fréquence de dépassement d'un événement extrême de type 2 sur le bassin (d'ordre cinquantennal ou plus en pluviométrie au point paroxystique), étant estimé de façon empirique à 1/10 ans environ, chacun des scénarios ci-dessus a une probabilité d'occurrence très inférieure (disons pour simplifier 1/50 pour chacun d'eux).

Schématiquement, les crues violentes qui sont générées sur tous les petits BV du secteur concerné par ces événements, font réagir la Lèze très brutalement avec de forts débits de pointe, jusqu'à générer un refus des apports latéraux qui ne peuvent plus atteindre la Lèze et concourent aux inondations de la plaine. Ces débits sont ensuite laminés en se propageant vers l'aval où les apports restent limités et les zones inondées sont ressuyées vers la Lèze dont le niveau baisse rapidement.

Pour illustrer les choses, en se basant sur les débits spécifiques types fournis plus haut, les débits de pointe de crue susceptibles d'être produits par ces différents types d'événement pourraient correspondre à ceux de la figure ci-dessous.

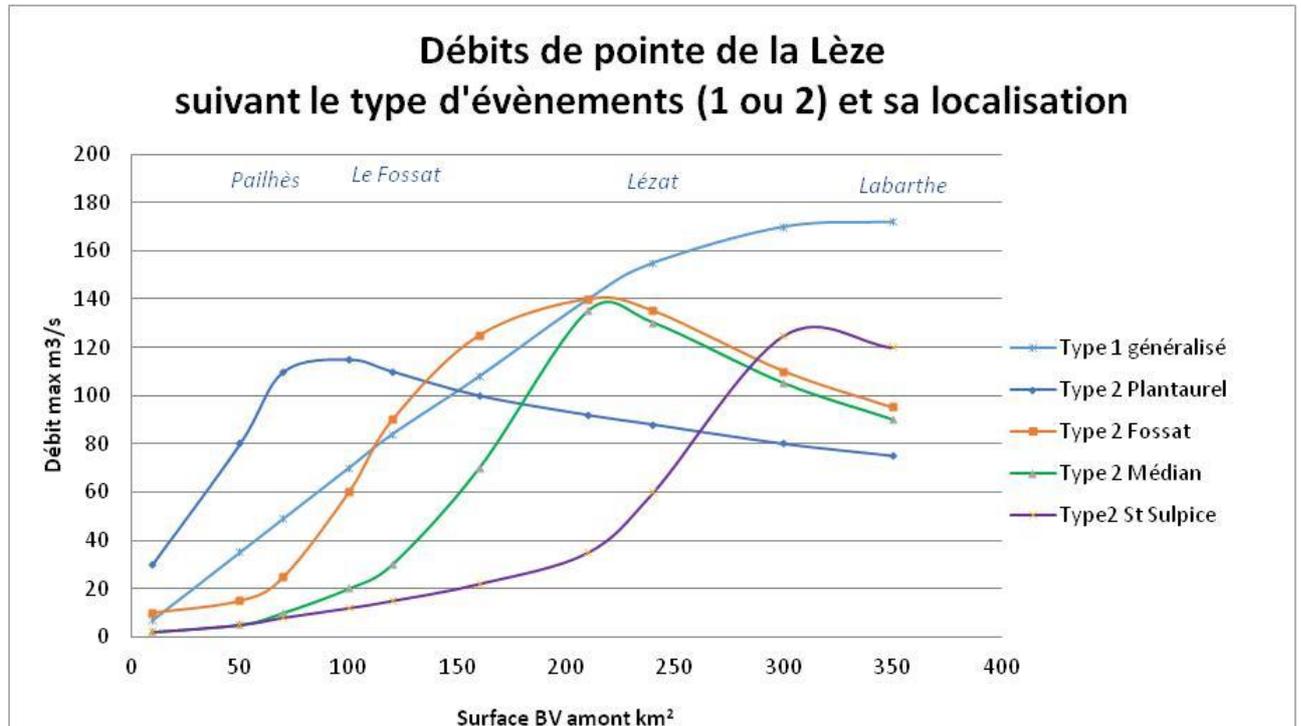


Figure 4 : Exemples de débits de pointes de crues virtuels le long de la Lèze selon différents événements types tous d'ordre centennal dans leur catégorie. Outre le débit de pointe, la durée de la crue joue un rôle prépondérant sur les dommages induits. Dans le cas des crues très fortes (période de retour > 50 ans) de type 1, les débordements remplissent le fond de vallée et participent à l'écoulement général de la crue. De ce fait, le débit de pointe continue à croître d'amont vers l'aval et les volumes d'eau atteignant le secteur aval du bassin s'accumulent dans toute la plaine inondable avant de rejoindre l'Ariège. Les événements de courte durée (de type 2) produisent des volumes d'inondation bien moindres qui restent localisés et écrètent la pointe de crue lorsqu'elle se propage vers l'aval.

Ces graphes illustrent la possibilité très réelle que les événements de type 2 sont susceptibles de produire, jusqu'à Lézat, des débits plus importants que les crues généralisées les plus importantes⁶.

Ils soulignent en outre la possibilité qu'un événement de pluies très intenses de type 2 centré en aval de la station de Lézat sur Lèze (par exemple sur St Sulpice) peut engendrer une crue sur le tronçon aval qui sera difficile à anticiper à Lagardelle et Labarthe-sur-Lèze à partir des seules données de la station de Lézat. Ils montrent également pourquoi la crue de 2018 (événement sur la partie médiane) a mal été anticipée à Lézat, sans prévision ni station complémentaire estimant ou mesurant les apports intermédiaires.

Ceci étant, en raisonnant en volume et non plus en débit, une crue de type 2 à l'aval de Lézat n'est guère susceptible de produire des volumes d'eau suffisants pour que la plaine inondable de la Lèze en aval de Saint-Sulpice se remplisse puis participe uniformément aux écoulements jusqu'à s'épandre dans le secteur aval, comme pour les crues de type 1.

En effet, les ordres de grandeurs ne sont pas les mêmes : la surface inondable de la zone aval sur Labarthe et le Vernet est de l'ordre de 10km² (sans compter la partie sur Lagardelle), ce qui représente pour une hauteur moyenne d'inondation de 40 cm, l'équivalent de 4 Mm³ qui s'épandent sur le secteur à une vitesse très lente. Pour atteindre de tels volumes, alimentés par les débits de débordement amont, il faudrait a minima des débits de 160m³/s à Lagardelle (dont 75m³/s s'écoulant dans la plaine) pendant près de 15h (ce qui a dû se passer en Juin 2000). Cela correspond peu ou prou (sur la base d'un hydrogramme synthétique) à des volumes globaux de crues de plus de

⁶ L'évènement de Mai 2007 du moins sur le premier abat, est centré entre le Fossat et le Plantaurel. Il est donc dans sa forme, intermédiaire entre le scénario Plantaurel et le scénario Fossat ci-dessus.

15 Mm³ écoulés sur 48h⁷, soit des lames d'eau ruisselées jusqu'à la Lèze dépassant 40l/m² en moyenne sur l'ensemble du bassin pendant l'événement, ce qui est une valeur exceptionnelle (*la lame d'eau ruisselée, correspondant à la pluie efficace, n'est qu'une partie de la lame d'eau précipitée*).

Or, un événement de type 2 à l'aval de Lézat ne concernerait que 1/4 du bassin (soit 70km²) pendant 2 ou 3 heures. Même si les coefficients de ruissellement pour des pluies très intenses sont élevés (jusqu'à 40% en valeur moyenne), les lames d'eau ruisselées seront plutôt de l'ordre de 4 voire 5M m³ dont 1/3 environ débordera dans la plaine et ses surfaces de rétention en amont de Lagardelle et sera ressuyé vers la Lèze en queue de crue avant d'avoir cheminé suffisamment vers l'aval pour menacer réellement Labarthe. Néanmoins, dans ce cas de figure, les débordements importants entre Lézat et Lagardelle ne pourraient pas être anticipés finement à partir des seules données des stations actuelles.

De cette analyse il ressort que deux stations limnimétriques complémentaires se justifient d'ores et déjà sur le bassin :

- Une station à St Ybars à l'aval immédiat de la confluence Latou (et Canalès) pour mesurer et anticiper mieux qu'aujourd'hui les apports de ces deux affluents lors d'évènements de type 2 sur le secteur médian en amont du secteur à enjeux forts de Lézat (et St Sulpice)
- Une station à Beaumont sur Lèze pour anticiper, pour le secteur St-Sulpice-Lagardelle, des crues générées par des événements de type 2 centrées en aval de Lézat sur Lèze. Cette station additionnelle nous semble moins importante que la précédente ; Elle aurait toutefois l'avantage de pallier en partie les défauts allégués de la station de Labarthe qui ne mesure pas les débits de la Lèze qui défluent vers l'Ariège en amont de la commune.

Une station additionnelle sur le Latou pourrait éventuellement se justifier pour anticiper un peu plus encore qu'avec la station de St Ybars, des débits issus d'un événement de type 2 qui affecterait ce bassin en amont de Lézat. Ceci étant, une telle station est plus questionnable du fait de l'existence de Vigicrues-Flash et parce que d'autres alternatives existent. L'opportunité d'une observation spécifique pour le Latou ainsi que pour d'autres cours d'eau secondaires est examinée plus loin

⁷ Le volume de la crue de Juin 2000 écoulé sur la Lèze a été estimé dans la littérature à 18M m³.

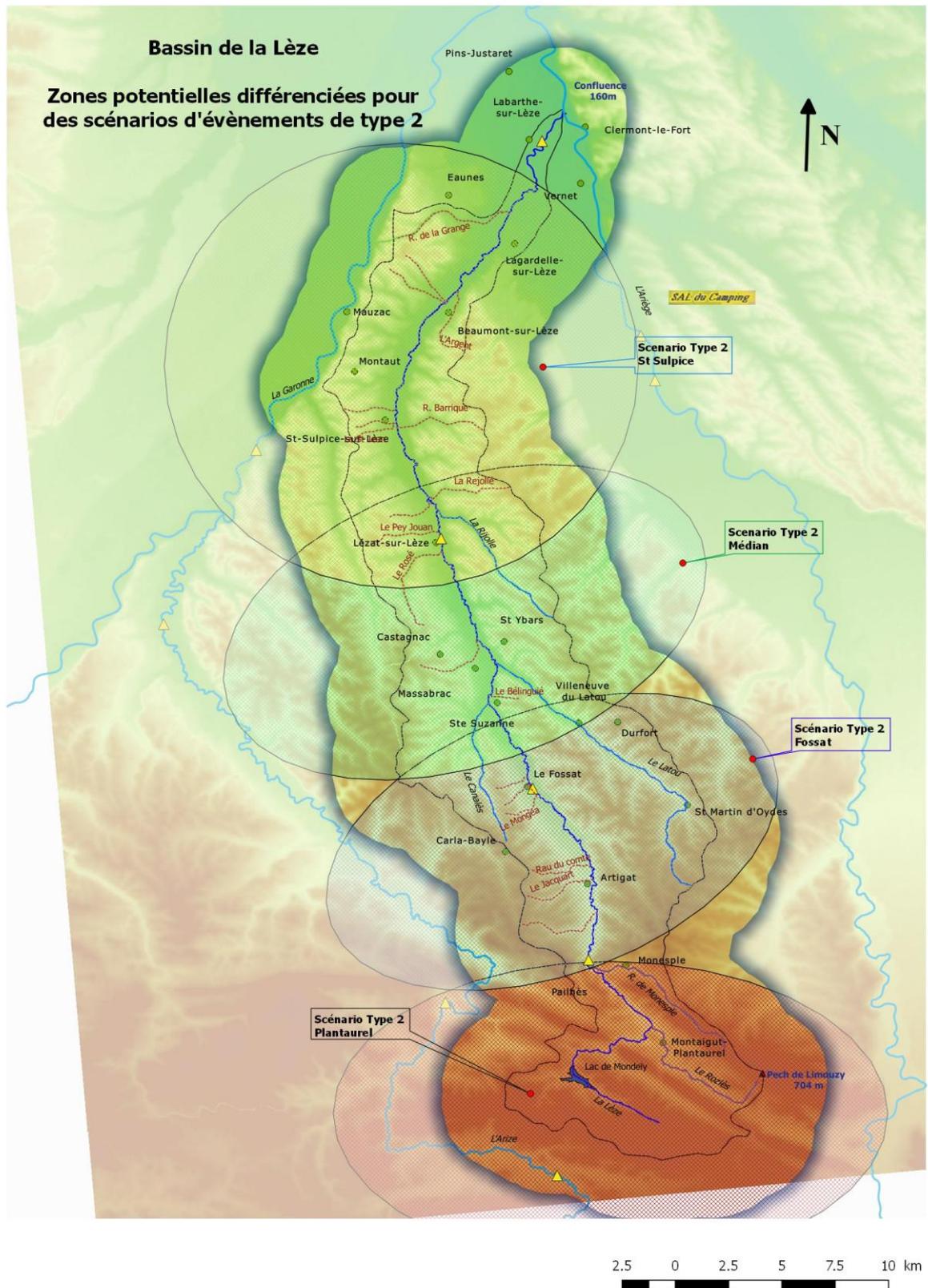


Figure 5 : Localisation des événements de type 2 de l'analyse associée à la figure 4

3.3 Aléa et risques associés aux petits cours d'eau affluents de la Lèze

3.3.1 Généralités

Le Plantaurel se comporte différemment du reste du bassin d'un point de vue hydrologique principalement pour des raisons topographiques.

En effet, le Plantaurel présente une structure hydrographique spécifique avec des cours d'eau - dont la Lèze - s'écoulant dans des combes parallèles et des traversées en cluses. Du fait de leur forme allongée, les temps de concentration des affluents et notamment le Roziès et le Monesple sont relativement longs mais, en raison de la structure du relief, le bassin peut réagir assez vite à de fortes averses (2 à 3 heures suivant les zones concernées). Toutefois, il y a peu d'enjeux menacés par des crues dans le Plantaurel et très localisés (Roziès, Monesple et Lèze à Pailhès).

En aval du Plantaurel, le bassin de la Lèze se caractérise par un réseau hydrographique en forme d'arête de poisson, de Pailhès à Lagardelle sur Lèze.

Le réseau primaire en aval du verrou de Pailhès correspond à la Lèze elle-même à laquelle on rajoutera ses deux affluents principaux que sont le Canalès et le Latou qui confluent à 2 km de distance et sont susceptibles de faire grossir la Lèze de façon très significative. Tous les autres cours d'eau affluents du réseau primaire présentent des surfaces de moins de 10km² et sont inclus dans la catégorie des ruisseaux de coteaux.

3.3.2 Les petits cours d'eau à enjeux

Les événements de type 1 ne génèrent pas en règle générale de crues violentes ou dommageables sur ces ruisseaux du fait d'une distribution plus homogène des pluies et d'une intensité bien moindre que lors des événements orageux.

Ce sont ces événements orageux de type 2 ou 3 qui génèrent les crues localisées « de bas de coteaux » susceptibles de produire des dommages.

Une analyse des affluents de moins de 10km² de surface, montre qu'ils présentent, en première approche, des temps de concentration et surtout des temps de réponse de crues pour des averses intenses allant de 20 minutes à 1h30' au maximum⁸. Parmi eux une petite moitié seulement sont concernés par des enjeux potentiellement menacés par des crues de ces ruisseaux.

Le tableau ci après liste l'ensemble des affluents avec des enjeux avec leurs caractéristiques hydrologiques, listés par secteur d'appartenance (secteurs identifiés lors de la première étape) d'amont vers l'aval.

Les secteurs B et D identifiés dans la partie précédente de l'étude, soit les secteurs Artigat-Fossat (zone juste en aval du verrou de Pailhès) et Lézat-Beaumont, se distinguent du reste du bassin pour le nombre de ruisseaux à problèmes qui s'y trouvent.

⁸ Le temps de réponse d'un BV correspond au décalage entre le barycentre des pluies d'une averse courte et intense et le pic de crue à l'exutoire. Il est plus court que le temps de concentration du BV qui correspond quant à lui au temps de transit d'une particule d'eau depuis le point le plus éloigné du bassin jusqu'à l'exutoire. Le rapport est de l'ordre de 0,6 en général (démonstrable avec une approche fractale). Par ailleurs, une pluie constante débutant à T₀, de durée supérieure au temps de concentration T_c, va saturer le bassin et produire un débit maximal à T₀ + T_c. Par conséquent les averses constantes de durée supérieure au temps de concentration d'un bassin ne produisent pas des débits supérieurs à des averses plus courtes et plus intenses (plus fréquentes en termes de probabilité).

Pour tous ces cours d'eau on peut estimer en première approche qu'une pluie d'ordre minima décennale en cumul, sur une durée correspondant au temps de réponse propre au cours d'eau considéré, est susceptible de produire des dommages aux enjeux associés⁹.

Pour une bonne partie d'entre eux ($Tr < 30mn$), on notera que le délai d'anticipation sur la base des pluies mesurées avec un pas de temps de 15mn ne laissera que quelques minutes pour alerter puis mener des actions éventuelles de protection des biens ou personnes

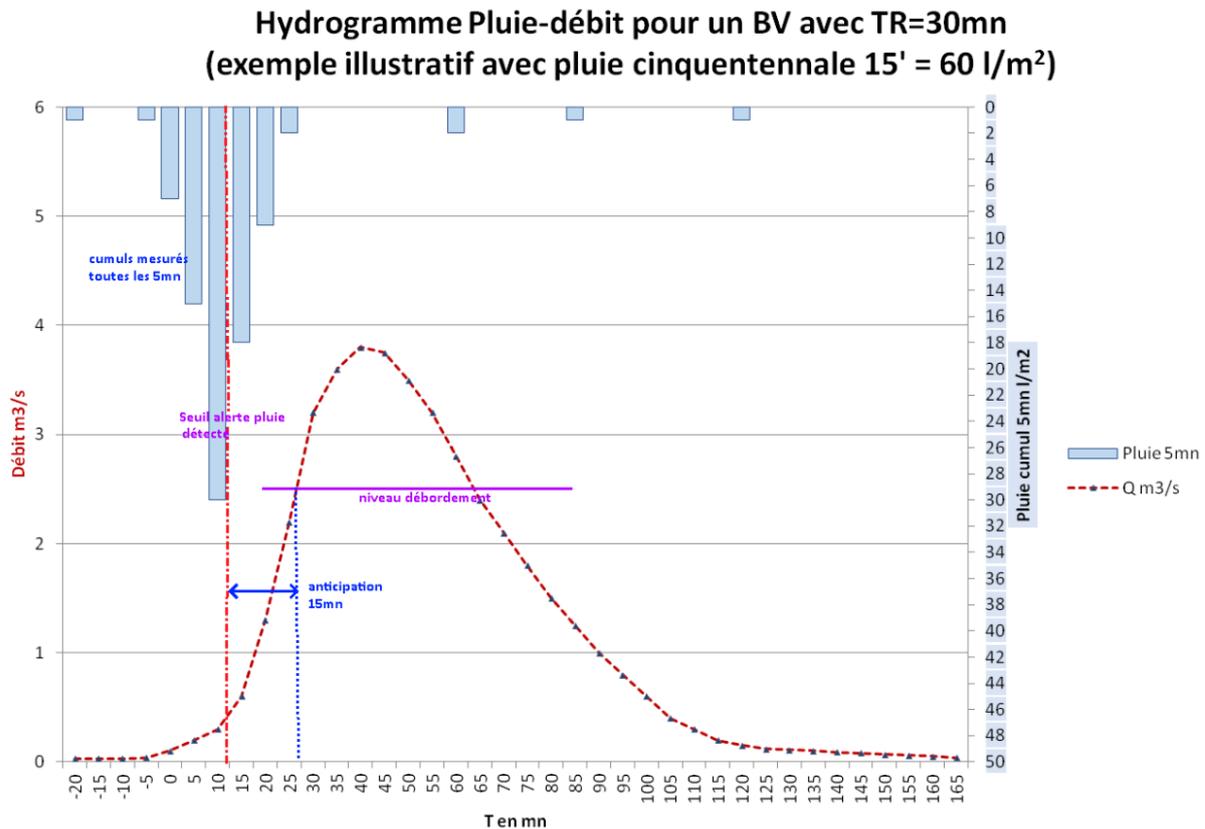


Figure 6 : Pour les petits bassins très réactifs ($Tr = 30mn$) tels que le Mongéa ou le Jacquart le délai entre l'observation du franchissement d'un cumul de pluie décennale (sur 15mn) et le début du débordement dommageable est très court et laisse peu de temps à une action de prévention rapide. Ici la pluie est mesurée toutes les 5 mn, ce qui n'est pas le cas de tous les pluviomètres dont les cumuls sont produits souvent avec un pas de temps de 15mn

Dans le Plantaurel, le principal cours d'eau avec enjeux, avec un temps de réponse de plus de 1h est le Roziès à Montaigut-Plantaurel. Le Monesple quant à lui présente peu d'enjeux inondables avérés sur son cours ce qui reste à confirmer.

En aval du Plantaurel, les ruisseaux de coteaux affluents de la Lèze stricto sensu avec des enjeux sur leurs sones d'aléa propres et présentant des temps de réaction $> 1h$ sont au nombre de 3 :

- Le Rozé à Lézat
- Le Barrique à St Sulpice
- Le ruisseau de la Grange à Eaunes et Lagardelle.

Nota : Le ruisseau de Hautmont (10km², temps de réponse $> 2h$) qui rejoint l'Ayguière à sa confluence avec l'Ariège est considéré de façon indépendante.

⁹ Une étude spécifique pour chacun d'eux pourrait définir plus précisément le seuil de précipitation (selon les conditions d'humidité initiale) susceptible de déclencher une alerte spécifique individuelle.

Pertinence et faisabilité de systèmes locaux de prévision sur le bassin de la Lèze

Sect.	Cours d'eau	Exutoire	Enjeux	surf - km2	long km	penste	TC (h)	TR mn
A	Le Roziès	Montaigut-Plantaurel	4 Logements APAJH en bord de ruisseau (face à la Mairie)	15.00	9.50	4.2%	2.12	85
A	R. de Monesple	Pailhès	1-2 habitations à la confluence Lèze et à Monesple (1 grosse ferme)	9.00	8.60	3.9%	1.79	70
A	Lèze amont	Pailhès	Quelques habitations à Pailhes en aval du village	70	15	2.5%	5.34	192
B	Ru de Ruquet	Pailhès	Pas d'enjeux menacé	3.90	3.30	2.4%	1.26	45
B	Le Jacquart	Artigat	Traverse le village. Aménagements réalisés pour crues fréquentes	3.20	2.70	2.5%	1.08	39
B	R. du comte	Artigat	7 Habitations quartiers Soula et Comte	1.10	1.90	2.6%	0.66	24
B	Le Mongea (Carol)	Le Fossat	10+ habitations quartier Mongéa	1.20	1.80	3.6%	0.57	20
B	R.de Bugat (Versaille)	Le Fossat	3+ habitations + Piscine	1.00	1.60	4.0%	0.49	18
B	R. de Bousquet	Le Fossat	Entreprise pâtisserie industrielle (passage en dalot souterrain)	0.60	1.40	4.1%	0.39	14
C	Le Bélingué	Ste-Suzanne	Quartier Bélingué (6+ habitations)	0.50	1.30	5.3%	0.31	11
C	le Bouyet	Castagnac	1 habitation (Payroulé)	2.10	2.90	2.2%	1.02	37
D	Le Pey Jouan	Lézat-sur-Lèze	6h quartier Riverette	1.90	2.40	2.1%	0.95	34
D	R. de Fumet	Lézat-sur-Lèze	ZI Lachet	1.40	2.50	3.0%	0.73	26
D	Le Rozé	Lézat-sur-Lèze	traversée village enjeux multiples (6 ou 7 habitations)	8.10	4.20	1.2%	2.46	89
D	La Rejollé	Lézat-sur-Lèze	2 habitations (qu. Boumby)	3.50	4.00	2.5%	1.27	46
D	R. Barrique	St Sulpice	RD Lèze. Enjeux forts zone activité et habitat	7.20	4.50	2.5%	1.68	60
D	Le Regou	St Sulpice	traverse le village	0.80	1.80	4.0%	0.47	17
D	Le St Jean	St Sulpice	traverse le village	0.85	2.00	4.0%	0.50	18
D	R. de Sabatouse	Montaut	habitations riveraines Montaut et St Sulpice	1.20	2.50	3.8%	0.62	22
D	L'Argent	Beaumont-sur-Lèze	Quelques habitations (Mestrebernat)	2.90	3.80	2.5%	1.17	42
D	l'Escloupère (Hernet)	Beaumont-sur-Lèze	2-3 Habitations secteur Vignolles	2.33	3.50	3.3%	0.92	33
D	Le Riquetou	Beaumont-sur-Lèze	2-3 Habitations secteur Bessane-Quatre coins	1.40	3.60	3.3%	0.79	28
E	R. de la Grange	Lagardelle	enjeux Eaunes (Mandarin)	6.90	6.50	2.0%	2.09	75
E	R de Haumont	Pins-Justaret	Nombreux enjeux sur le parcours depuis Eaunes	10.00	11.00	1.1%	3.74	134

Tableau 1 : Liste des bassins versants des affluents de la Lèze avec enjeux associés

4 ATOUS ET FAIBLESSES DES SYSTÈMES EXISTANTS ACTUELS SUIVANT LE TYPE D'ALÉA ET SA LOCALISATION

L'ensemble des systèmes existants sur le bassin a été revu lors de l'étape précédente. L'analyse générale qui en a été faite mérite à ce stade des précisions complémentaires, en relation avec l'analyse des événements hydrométéorologiques à anticiper et des améliorations possibles à apporter en matière d'anticipation.

4.1 Vigilance pluies-inondation et orages de Météo France

Ce dispositif basé sur les prévisions à diverses échéances de Météo France **est fondamental** quelles que soient les options d'améliorations qui pourraient être retenues dans le futur. Selon les analyses a posteriori menées par Météo-France, il ressort que les événements de pluies intenses (qu'ils soient de type 1, 2 ou 3 pour le bassin de la Lèze) sont bien anticipés à l'échelle départementale dans plus de 90% des cas à une échéance de 6h, si on prend en compte les alertes aux orages en plus des alertes pluies et inondations. L'imagerie radar permet en outre d'anticiper la circulation des cellules une fois formée et dans une moindre mesure l'intensité des précipitations à venir mais la localisation et l'intensité des pluies à venir est toutefois peu fiable à plus de 1 heure d'échéance. Ce point a été analysé dans l'étape 1 et il n'est pas nécessaire de revenir dessus.

Soulignons ici que, en cas de vigilance orange ou rouge concernant les aléas « pluie-inondation » et « orages », le bulletin régional de suivi de Météo France fournit désormais (depuis 2020) un lien vers la carte de lame d'eau radar (actualisée toutes les 5mn). Un outil de consultation associé permet en outre de visualiser sur chaque pixel souhaité les cumuls 1h, 3h,6h, 12h et 24h.

D'un point de vue organisationnel toutes les communes devraient se mettre en pré-alerte (ou Vigilance renforcée) dès que Météo France émet une alerte départementale de niveau orange ou rouge « orages » ou « pluies-inondations ». En cas de vigilance jaune, a minima une consultation des prévisions météorologiques détaillée pour les 24h à venir s'impose au niveau du bassin.

4.2 Le service APIC

Le service APIC de Météo France, qui est gratuit, s'appuie sur les données de pluie observées à partir des images radar nationales préalablement mosaïquées.

Les critères de déclenchement de l'alerte sont fondés sur un calcul de dépassement de seuils de cumul (10 ans et 50 ans) effectués sur les 9 pixels (9km²) à plus fort cumul au sein de la commune sur des durées variant de 1h à 24h recalculés tous les 1/4 heures.

Ce dispositif d'avertissement est donc intéressant et relativement fiable pour les petits bassins dont le temps de réaction pour des pluies intenses dépasse 1 heure et dont la taille est de l'ordre de 10 km² qui recouvre une bonne part d'une commune ou de sa voisine.

En revanche le service APIC est faillible pour les tout petits bassins de moins de 1h de temps de réaction (et donc ici très inférieurs à 9km²), lorsque l'épisode pluvieux est de courte durée mais très intense. En effet, dans ce cas, l'avertissement APIC peut être émis postérieurement à la réaction hydrologique du bassin voire pas être émis du tout.

En outre, l'avertissement APIC pluies intenses ou très intenses ne précise pas la durée de référence du seuil dépassé (1h, 2h, 3h, ...24h) ce qui ne permet pas de prendre une décision éclairée sans autre information. Un avertissement APIC doit donc inciter à s'informer au plus vite (sur les images radar

de Météo France notamment) de la situation pluvieuse des dernières heures et de la situation à venir.

En synthèse :

- En cas d'événements de type 1 (spatialement et temporellement plus régulier que les autres et plus prévisible) et en ce qui concerne spécifiquement le bassin de la Lèze, le dépassement du seuil de cumul sur plus de 12h à l'échelle des communes n'a pas réellement d'intérêt, dans la mesure où les inondations susceptibles de se produire ne concerneront que le réseau hydrographique primaire et qu'elles auront déjà été anticipées par une alerte pluie inondation départementale ainsi que par le Système Vigicrues.
- Pour les événements de type 2 on peut estimer que le système APIC est fiable et globalement utile car la dimension des cellules précipitantes est supérieure en général à la taille des communes et la durée globale des précipitations engendrant les forts cumuls qui produisent les inondations du réseau primaire et secondaire du bassin dépasse généralement 1 heure. Toutefois pour les tout-petits bassins à réponse très rapide l'alerte APIC n'est pas bien adaptée pour anticiper des mesures préventives car elle risque fort d'être émise trop tardivement pour avertir la population¹⁰.
- Pour les événements orageux de type 3, l'utilité d'APIC reste élevée mais sa fiabilité pour anticiper des mesures préventives est nettement moindre que pour les deux autres types. Les cellules précipitantes sont généralement de taille infra communale, et donc susceptibles d'affecter ou non un petit bassin à enjeux de quelques km² au sein d'un territoire communal ; les avertissements APIC peuvent alors, dans des cas particuliers s'avérer sous évalués ou trop généraux. Par exemple une pluie vingtennale de durée inférieure à 20mn ne touchant que 5km² de la commune risque d'échapper au dispositif¹¹ ou alors (et surtout) du fait du seuil calculé sur des cumuls de 1 heure (réactualisés tous les 1/4 d'heures), les avertissements seront émis après que les ruisseaux concernés auront réagi et trop tard pour avoir un effet préventif sur le terrain.

APIC est donc un outil utile en l'absence d'alternative, mais qui n'est pas suffisant dans un certain nombre de cas du moins pour mener des actions préventives. Au-delà des événements de type 2, on peut considérer que APIC est efficace la plupart du temps, pour anticiper, lors des très gros orages, les crues de ruisseaux (avec enjeux) dont les bassins ont un temps de réponse qui dépasse 1h. Pour les tout-petits bassins des ruisseaux affluents de la Lèze, le système est faillible et surtout l'alerte n'est pas assez précoce pour réagir.

4.3 Le service Vigicrues-Flash

De par sa conception et son mode de fonctionnement automatique, amélioré fin 2020, nous estimons que Vigicrues-Flash, pour les deux bassins où il est effectif, soit la Lèze amont (depuis Pailhès jusqu'au au Fossat) et le Latou (à Villeneuve et St-Ybars), est particulièrement utile et fiable en matière d'anticipation d'inondation pour tous les événements de type 1, 2 ou même 3. On regrettera simplement qu'il ne soit pas mis en œuvre actuellement pour le Canalès. Ce pourrait d'ailleurs être une des actions du prochain PAPI complet : faire la demande auprès du SCHAPI d'intégrer le Canalès dans le dispositif Vigicrues-Flash.

¹⁰ En revanche, le système prévient les autorités que les précipitations risquent d'avoir provoqué des dommages quelque part et de prévoir des actions curatives...

¹¹ Une analyse du système APIC a été menée en 2011 relativement aux arrêtés catnat des communes indiquant (à l'époque et sur la première version du système) un taux de détection de l'ordre de 66% avec quelques avertissements erronés dus à des artefacts (faux échos notamment) sur l'image radar (Forum radar hydrométéorologique Nov. 2011, communication de P Brovelli ; diapo. N°8)

Vigicrues-Flash est donc un **élément fondamental** à exploiter au mieux dans une stratégie d'anticipation améliorée future.

4.4 Vigicrues et les stations du SPC

De l'avis des prévisionnistes du SPC, les systèmes actuels existants sont suffisants pour anticiper correctement les crues généralisées de la Lèze -de type 1- pour le tronçon dont ils ont la responsabilité (du Fossat à Labarthe sur Lèze). En revanche, ils considèrent eux-mêmes qu'ils sont moins bien armés pour la prévision des crues engendrées par les événements brutaux sur le bassin intermédiaire tels ceux de Juillet 2018 voire de Juin 2007 (événements de type 2) car la vitesse de formation des grosses cellules orageuses peut surprendre les prévisionnistes du SPC qui saisissent les données de modélisation. Enfin, les événements orageux locaux (de type 3) susceptibles de générer des inondations de pied de coteaux mais n'engendrant pas de crues notables de la Lèze sortent de leurs champs d'activité.

Si le SPC est effectivement surpris pour différentes raisons - d'ordre organisationnel - par la rapidité de formation de cellules orageuses ultra précipitantes et étendues, il est possible que le bulletin de vigilance ou bien la prévision aux stations de référence soient émis trop tard pour permettre une diffusion adéquate de l'Alerte (*ce qui n'est pas le cas pour Vigicrues-Flash qui fonctionne automatiquement*).

Outre les prévisions de hauteur (et de débit) aux stations de Lézat et du Fossat et les bulletins de vigilance associés éclairant la situation, Vigicrues donne accès en temps quasi réel aux données des 4 stations limnimétriques du Bassin. *On notera que 3 des stations du SPC sur la Lèze sont munies de pluviomètres temps réel dont les données ne sont pas diffusées (ce qui est un sujet à examiner et pourrait faire l'objet d'une demande au SPC dans le cadre du PAPI complet).*

L'analyse produite plus haut montre que, sans prévision hydrologique, les données des stations actuelles ne suffisent pas à anticiper les débits de la Lèze à l'aval des secteurs touchés par des pluies intenses notamment lors des événements brutaux de type 2 analysés plus haut.

Le rajout de stations d'observation sur la Lèze par les collectivités - comme on l'a suggéré plus haut - en des endroits stratégiques (à St Ybars et éventuellement à Beaumont-sur-Lèze), en complément des stations existantes du SPC est une réponse possible à cette incertitude.

5 SECTORISATION DES BESOINS D'ANTICIPATION COMPLÉMENTAIRES À L'EXISTANT

Lors de l'étape précédente de l'étude, 5 secteurs (notés A, B, C, D et E) ont été identifiés relativement à la question de l'anticipation des inondations. A la lumière des paragraphes précédents les besoins d'anticipation sont réévalués ci après.

5.1 Secteur A : Le Plantaurel jusqu'au village de Pailhès

5.1.1 La Lèze

Les enjeux sur la Lèze sont à Pailhès et sont concernés par des crues fortes issues de précipitations très intenses sur des durées relativement courtes (entre 2 et 6 heures) et donc **de type 2** frappant le Plantaurel.

Le temps de réponse global de la Lèze à Pailhès pour ces événements est de 3 heures environ. La commune de Pailhès est équipée d'une station du SPC. Un observateur de la Mairie est affecté au suivi des mesures de la station en cas de défaillance. Pailhès bénéficie en outre de Vigicrues-Flash qui produit des avertissements de débits forts ou très forts sur la base de calculs théoriques effectués toutes les 15mn à partir des lames d'eau radar. La Mairie a mis en place un tocsin pour prévenir les quelques habitations menacées.

Vu le faible niveau d'enjeux sur la commune, on peut juger que l'anticipation d'une crue sur la Lèze de l'ordre de 2 à 3 heures est correcte à Pailhès dans l'état actuel des choses, sans que l'on puisse toutefois prévoir si la crue dépassera effectivement les seuils de danger.

Une observation des pluies améliorée en plus de la mesure de la station à Pailhès suffirait à mieux qualifier l'évolution à venir d'un événement en cours.

Éventuellement, **un suivi de la situation au barrage de Mondely** (caméra et/ou capteur de pression dans la retenue fournissant le niveau du Lac)¹² pourrait informer de la capacité d'écrêtement potentiel de la retenue voire et surtout de l'intensité des pluies en cours sur le haut bassin.

- Pour ce qui est de l'écrêtement : dans tous les cas de figure, a minima, le lac a un effet de laminage qu'il soit plein ou pas¹³ et son niveau initial n'a que peu d'influence sur le niveau de la pointe de crue à Pailhès.

- Pour ce qui est du ruissellement des pluies, le lac pourrait être vu comme un « super pluviomètre » positionné sur le haut du bassin : l'évolution de la cote du lac en temps réel fournit indirectement le volume ruisselé dans le lac (variation du volume $-\Delta H \times \text{Surface}$ - moins débit sortant intégré sur un pas de temps ΔT).

In fine, du fait de la faible taille du bassin versant du lac et de sa position très en amont sur le bassin, l'utilité d'un tel suivi nous paraît plus « politique » que technique.

¹² Pour rappel le SMAHVL dispose d'un tel capteur avec des données télétransmises.

¹³ On a vu dans le rapport précédent que le lac absorbait en quasi-totalité la partie de crue sur 20% du bassin amont du Plantaurel avec un niveau de 30 cm sous la crête du seuil de déversement pour un événement de moins de 6 heures de type 2 plus que centennal. En outre, s'il est plein en début d'événement, le débit de pointe en sortie sera réduit de 50% ou plus relativement au débit entrant avec un effet retardateur de plus de 3 heures sur la crue sortante. Bref, qu'il soit plein ou pas, le lac lamine de façon presque équivalente la pointe de crue à Pailhès générée par un événement d'ordre centennal de type 2 de quelques heures sur le Plantaurel. La connaissance du niveau de remplissage du Lac est donc secondaire pour la crue à Pailhès.

5.1.2 Les ruisseaux affluents

Les enjeux sur le ruisseau du Monesple ne concernent qu'un bâtiment agricole à Bénas. A priori, un suivi spécifique du Monesple nous semble superflu pour ce simple enjeu. Un avertissement APIC sur la commune de Monesple et de Montaigut Monsérat permettrait sans aucun doute de prévenir le ou les résidents concernés.

Le Roziès à Montaigut-Plantaurel mérite peut être un suivi particulier. Son temps de réaction est de l'ordre de 1h30' et les enjeux possiblement inondables (logements de l'APAJH) sont situés juste en face de la Mairie.

A minima les avertissements APIC sur les communes de Cazaux et Loubens en plus de Montaigut-Plantaurel (qui sont les trois communes traversées par le Roziès) permettent d'anticiper de façon efficace une action préventive de sécurisation des biens et personnes très rapide. Le niveau du Roziès au droit des enjeux peut en outre être apprécié directement sans danger par un observateur.

On peut éventuellement imaginer, par sécurité, l'installation d'un système d'avertissement local automatisé sur dépassement de seuils sur la passerelle dans le village.

5.2 Secteur B : Pailhès aval, Artigat et Le Fossat

5.2.1 La Lèze

L'analyse menée en phase 1 montre que ce secteur bénéficie d'une bonne anticipation des crues de la Lèze de type 1 ou 2 et **qu'il n'y a pas vraiment lieu d'améliorer les systèmes existants en la matière** même si l'anticipation des pluies en amont du Fossat pourrait être intéressant dans certaines circonstances.

5.2.2 Les ruisseaux affluents

Les ruisseaux à enjeux entre Pailhès et Le Fossat

- A Artigat : Le Jacquart, principalement et secondairement le ruisseau du Comte
- Au Fossat : Le Mongea (Carol), le ruisseau de Bugat (Versaille) et celui de Bousquet

Ces différents ruisseaux ont des temps de réponse extrêmement courts - entre 15mn et 40mn - ce qui laisse peu de place à une autre alternative que la **prévision immédiate par radar des pluies** à Artigat ou au Fossat.

Le Jacquart à Artigat pourrait éventuellement faire l'objet d'une anticipation sur des pluies observées par pluviomètre (à défaut d'une solution radar professionnelle).

5.3 Secteur C : le secteur dit des confluences (Latou - Canalès)

Ce secteur a été jugé comme lacunaire du fait de la méconnaissance des apports venant des deux affluents majeurs du secteur lors d'événements de type 2 frappant les bassins de ces affluents et des petits bassins en aval de la station du Fossat.

5.3.1 La Lèze

Vigicrues-Flash fournit désormais des avertissements de crues sur le Latou, mais pas sur le Canalès. Au vu des enjeux présents à Lézat sur Lèze, il semble opportun d'améliorer les choses.

L'option première serait de mesurer le niveau de la Lèze immédiatement en aval des confluences à St Ybars ce qui a l'avantage d'intégrer les autres apports des petits affluents de la Lèze en aval de la station du Fossat.

Une option complémentaire serait de mesurer ou a minima observer (station limnimétrique ou observateur) le Latou à Villeneuve sur Latou

5.3.2 Les ruisseaux affluents

Les ruisseaux à enjeux du secteur

- A Ste Suzanne : Le Bélinguié
- A Castagnac : Le Bouyet
- A Carla Bayle : le Canalès amont (BV de 5km²) qui présente un point d'enjeu (2 habitations + bâtiment agricole localisés au hameau Canalès)

Ces ruisseaux (aux points d'enjeu) ont des temps de réponse extrêmement courts - entre 15mn et 25mn - ce qui ne laisse ici encore que peu de place à une autre alternative que la **prévision immédiate** par radar des pluies sur ce secteur pour une alerte éventuelle ciblée sur les points d'enjeu pour les événements très intenses de type 3 notamment.

5.4 Secteur D : Lézat - Lagardelle

Pour ce secteur, où s'inscrit la zone urbanisée de Lagardelle (mais pas son espace rural aval) la prévisibilité des crues a été jugée comme correcte ; néanmoins, dans certaines situations, Vigicrues peut s'avérer faillible comme nous l'avons analysé plus haut. En outre, de nombreux petits affluents à problème en cas d'orages violents sont présents.

5.4.1 La Lèze

La station de Lézat est depuis 2020 une station de prévision de Vigicrues. Toutefois, dans l'état actuel des choses, le secteur peut être sujet d'inondations mal prévues par le SPC pour des événements de type 2 qui surviendraient sur le secteur des confluences (ce pourquoi nous avons préconisé plus haut une station complémentaire à St Ybars) mais aussi pour un événement centré en aval de St Ybars (par exemple sur St Sulpice). Ce dernier type d'événement en particulier pourrait surprendre les riverains de la Lèze de St Sulpice à Lagardelle, car le débit de pointe de la Lèze à la station de Lézat s'afficherait bien en deçà des seuils de débordement (cf figure 4) alors que le débit de débordement pourrait être largement dépassé plus en aval.

Il semble donc judicieux de positionner une station limnimétrique complémentaire dans ce secteur, en aval de St-Sulpice. Le site qui nous paraît a priori le mieux adapté se situe à Beaumont sur Lèze, ce qui aurait en outre l'avantage de fournir une mesure alternative à la station plus aval de Labarthe sur Lèze avant les diffuences de débit qui interviennent à partir de Lagardelle lors des crues les plus fortes.

La comparaison des données entre les stations de Lézat et de Beaumont (si elle est actée), en cas d'événement violent de type 2 sur ce tronçon, permettrait d'identifier la forte augmentation de débit entre l'amont et l'aval du tronçon, ce qui serait un signal d'alerte pour la commune de St Sulpice (et bien sûr pour Beaumont et Lagardelle) sur un risque d'inondation en cours.

5.4.2 Les ruisseaux affluents

Les ruisseaux des collines présentant des enjeux multiples sont nombreux sur ce secteur.

Parmi eux, 3 ruisseaux ont des temps de réponse dépassant 1h (vus précédemment) :

- Le Rozé à Lézat,
- Le Barrique à St Sulpice,
- Le ruisseau de la Grange à Eaunes et Lagardelle.¹⁴

Les autres ruisseaux ont des temps de réponse très courts :

- A Lézat : Le Pey Jouan et le R. de Fumet dans le bourg, la Rejollé (Boumby) en secteur agricole rive droite.
- A St Sulpice : Le Regou , le St Jean dans le village et le R.de Sabatouse suivant la limite avec Montaut sont connus pour engendrer des problèmes lors des orages.
- A Montaut (éventuellement) le R Lissandre
- A Beaumont sur Lèze : L'Argent sur le flanc Est du village et en rive gauche de la Lèze l'Escloupère (ou le Hernet)

Pour les plus petits ruisseaux, la seule façon d'anticiper les éventuels débordements pour une alerte auprès des habitants est de faire appel à de la prévision immédiate avec des images radar.

Pour les trois ruisseaux plus importants, une solution limnimétrique (contacteurs ou autre) pourrait être considérée pour confirmer une alerte pluviométrique basée soit sur des données radar (dont APIC) soit sur des pluviomètres judicieusement placés et à haute fréquence de recueil.

Dans les deux cas, les avertissements APIC actuels sont faillibles et vraisemblablement trop tardifs notamment pour les événements de type 3.

5.5 Secteur E : Secteur aval

Le secteur aval du bassin de la Lèze bénéficie de la meilleure anticipation des crues du cours d'eau dans l'état actuel des choses. De plus, les crues de coteaux ne le concernent pas, sauf à intégrer le ruisseau du Hautmont vu plus haut qui court d'Eaunes à Pins-Justaret.

5.5.1 La Lèze

Du fait des débordements de la Lèze et des diffuences des écoulements qui se produisent en aval du village de Lagardelle pour des débits dépassant environ 90m³/s, la station hydrométrique de Labarthe sur Lèze dont les données sont fournies par Vigicrues, ne mesure qu'une partie du débit global de la crue. Sans connaissance de la situation amont, il est donc complexe de connaître la situation réelle en matière d'inondation sur la seule foi des données de cette station. En général, la donnée et les prévisions du SPC à la station de Lézat permettent de bien anticiper la situation hydrologique dans le secteur aval lorsque la formation des crues se fait principalement en amont de Lézat. Toutefois en cas de précipitations extrêmement intenses et mal prévues (de type 2) dont le paroxysme se situerait en aval de Lézat - *la taille du bassin versant croissant de plus de 70km²* - la Lèze pourrait inonder en partie le secteur aval (Lagardelle principalement) sans que ce soit le cas à Lézat. C'est une des raisons qui peuvent justifier une station complémentaire à Beaumont sur Lèze.

¹⁴ On rappelle ici que, du fait de la topographie de la plaine, la commune de Lagardelle est à cheval sur ce secteur D et le suivant. La limite aval du présent secteur D correspond à celle de la zone urbanisée de Lagardelle (la clinique). Le ruisseau de la Grange est donc bien dans ce secteur.

5.5.2 Les ruisseaux affluents de coteaux

Nous considérons après analyse que les petits tributaires de coteau du bassin de l'Ayguière ne peuvent engendrer d'inondations autres que très localisées dans des zones agricoles lors des événements de type 2 ou 3 en amont de Labarthe sur Lèze (*en revanche, on sait que l'Ayguière peut capter des écoulements de plaine venant des débordements de la Lèze lors des fortes crues de celle-ci*).

Pour le ruisseau du Hautmont - hors bassin - une solution limnimétrique (contacteurs ou autre) pourrait se justifier pour confirmer une alerte pluviométrique sur la commune d'Éaunes basée soit sur des données radar (dont APIC) soit sur des pluviomètres judicieusement placés et à haute fréquence de recueil.

6 SOLUTIONS TECHNIQUES D'ANTICIPATION COMPLÉMENTAIRES ENVISAGEABLES

Pour les situations hydrométéorologiques où les systèmes actuels de vigilance et d'alerte sont faillibles ou incomplets, un renforcement des moyens d'observation est une première réponse pour l'aide à la décision des élus d'alerter les riverains et de déclencher les plans communaux de sauvegarde.

6.1 L'Observation des cours d'eau

Une anticipation basée sur des dépassements de niveaux des cours d'eau peut être faite avec des limnimètres ou avec des systèmes plus basiques.

6.1.1 Des limnimètres additionnels

L'intérêt d'un limnimètre dans un cours d'eau dans la problématique considérée, est la mesure en continu et automatique du niveau de crue. Plusieurs solutions existent dont le choix dépend de la configuration des lieux. Le plus simple et éventuellement le moins coûteux (mais pas le plus fiable) consiste à installer un « radar » ou un échosondeur sur le tablier d'un pont - à condition que le système soit hors d'eau en crue - lorsque le cours d'eau est suffisamment large et le lit dégagé pour ce faire. D'autres solutions existent comme des piézomètres ou capteurs de pression immergés etc.

Des caméras intelligentes (à vision ou éclairage nocturne) sont proposées depuis quelques années qui analysent des images du cours d'eau. Elles donnent un autre type d'information (environnement du site, dynamique et état de l'inondation), suivant leur positionnement et la présence ou pas d'éléments de repérage du niveau d'eau (échelle limnimétrique ou équivalent) dans le cours d'eau¹⁵. Elles nécessitent un éclairage ou une vision nocturne. Elles s'installent en hauteur sur un poteau ou un tablier de pont avec éventuellement un bras de déport.

Nous avons vu et justifié plus haut que, pour la Lèze, il pouvait être judicieux d'ajouter deux limnimètres à des endroits stratégiques (St Ybars et Beaumont sur Lèze).

6.1.2 Des contacteurs dans les cours d'eau

Les systèmes à contacteurs électromécaniques sont utiles dans les systèmes d'avertissement locaux. Ils déclenchent des alertes (avec une sirène locale et éventuellement un signal vers un système de diffusion d'alertes SMS) lorsqu'un puis deux niveaux d'eau sont dépassés. Ces systèmes se sont largement diffusés depuis une quinzaine d'années notamment dans les campings en bord de cours d'eau pour lesquels la réglementation l'imposait. Le système en place à Artigat fonctionne ainsi. L'avantage principal d'un tel système, outre son coût modéré, est sa robustesse, sa simplicité de fonctionnement et son autonomie.

En alternative, des limnimètres intelligents, capables de déclencher des alertes programmables sur des dépassements de niveaux prédéfinis, sont également disponibles chez différents fournisseurs à des coûts (désormais) guère plus élevés que les précédents. Fondamentalement ils permettent donc de faire la même chose (alerte sur seuils) mais de façon paramétrable, tout en offrant des mesures de niveau en continu (télétransmises et/ou stockées sur place). Leur électronique et leur utilisation est plus complexe, mais ces limnimètres sont désormais pratiquement aussi robustes et autonomes que les systèmes à contacteurs.

¹⁵ Ces caméras intelligentes peuvent désormais dans des conditions adéquates lire des niveaux d'eau voire mesurer la vitesse moyenne de surface pour en déduire des débits d'écoulement.

Les contacteurs ou limnimètres pour des alertes locales ne sont envisageables ou utiles que sous certaines conditions :

- Un cours d'eau dont la configuration permet une telle installation sur un site proche du secteur à alerter : le cours d'eau doit donc disposer d'un site dégagé et adapté à l'installation d'un tel système.
- Le bassin versant du cours d'eau doit avoir un temps de réponse suffisamment long lors des pluies intenses pour permettre une action de sécurisation des enjeux (déplacements de voitures, mises en place de batardeaux à l'entrée des bâtiments, activation d'un système spécifique de réduction d'aléa, etc.) avant les débordements dommageables. Les ruisseaux du Jacquart ou du Mongéa (par exemple) ne répondent pas à ce critère car leur temps de réponse lors des averses intenses sont trop courts pour permettre de réagir de façon efficace.

Enfin, pour les bassins concernés, si un suivi de la pluviométrie locale est mis en place en parallèle, de tels systèmes viennent en réalité confirmer (ou infirmer) que le cours d'eau risque de déborder dans les minutes qui viennent.

6.1.3 Sites potentiels

Plusieurs cours d'eau à enjeux (identifiés plus haut) ou indirects peuvent être candidats pour de tels systèmes. Nous proposons ci après pour ces cours d'eau des sites potentiels avec une analyse d'utilité directe (alerte locale) et indirecte (amélioration de l'anticipation à l'aval du site).

Le Roziès à Montaignut-Plantaurel

- Un tel système serait simple à installer (sur la passerelle du village ou en amont sur le pont de la D219)
- Son utilité directe est jugée moyenne : le risque est modéré, l'enjeu est juste en face de la Mairie.
- Son utilité indirecte (pour l'aval) est intéressante mais reste limitée du fait de l'existence de Vigicrués-Flash et du limnimètre SPC de Pailhès. En outre, la hauteur d'eau mesurée ne donne pas d'indication précise sur les débits car elle est tributaire du fonctionnement de la vanne mobile en place sous la passerelle qui se couche normalement lors des forts débits.
- Alternative : Un observateur sur site ferait aussi bien l'affaire en cas d'alerte pluies intenses (APIC ou autre) sur la commune ou sur les deux communes amont : un tel observateur est supposé être à pied d'œuvre même de nuit ou le WE, par un stade précédent de pré-alerte. Cela suppose que le PCS de Montaignut (ou a minima un plan d'anticipation formalisé communal) soit créé et maintenu à jour (cf. axe 3 du PAPI).

Le Latou à Villeneuve du Latou

- Site : Un tel système serait simple à installer sous le pont doté d'une échelle limnimétrique, jouxtant l'école et la Mairie. Une caméra serait intéressante.
- Son utilité directe est jugée moyenne : Le risque d'inondation à ce site est modéré du fait de la bonne capacité hydraulique du lit mineur ; la Mairie est à quelques dizaines de mètres et un observateur sur site en cas d'alerte (APIC ou surtout ici Vigicrués-flash) ferait aussi l'affaire pour gérer le risque local.
- Son utilité indirecte est à considérer dans la mesure où ce serait un limnimètre a minima enregistreur et qu'il n'y a pas (encore) de station sur la Lèze à St-Ybars (suggéré par ailleurs) : On n'a pas de données hydrologiques sur le Latou, et cela pourrait contribuer à une meilleure anticipation du débit à Lézat même avec une station additionnelle positionnée à St Ybars.
- Alternative : Avec les alertes Vigicrués-Flash sur le Latou pour les communes aval, un observateur communal (il y a une échelle) qui transmettrait les hauteurs à l'échelle (tous les 1/4h par exemple) aux communes en aval pourrait suffire. Une caméra sur site serait intéressante aussi.

Le Ruisseau de Barrique à St-Sulpice

- Site : Un tel système serait relativement simple à installer au chemin de Marty¹⁶ ou sur la petite route de Lézat.
- Son utilité directe est jugée moyenne : Les enjeux économiques relatifs aux entreprises du secteur sont importants en plus des 4 ou 5 habitations concernées. Une caméra chemin Marty activée sur un contacteur dans le ruisseau rendrait éventuellement un service amélioré. Toutefois le temps de réponse du ruisseau (1h) est en limite d'efficacité du dispositif pour une action préventive locale des intéressés. Sans autre aménagement local (à étudier) pour réduire le risque, ou retarder l'inondation, ce système risque de ne pas être réellement efficace.
- Son utilité indirecte est faible.
- Alternative : Alerte pluies intenses sur le bassin du Barrigue sur dépassement de seuil de pluviométrie (suivi radar et/ou pluviomètre à St Sulpice).

Le Rozé à Lézat

- Site : Un tel système serait relativement simple à installer (pont du chemin de Ferrus et Monicart ou celui de l'avenue des Pyrénées)
- Son utilité directe est jugée douteuse : Les enjeux menacés sont relativement limités (potentiellement 5 ou 6 habitations) et la réalité du risque reste à prouver ; une alerte basée sur les précipitations serait plus efficace d'autant que d'autres cours d'eau de la commune sont à risques.
- Son utilité indirecte (accroissement du débit de la Lèze) est faible.
- Alternative : Alerte pluies intenses sur le bassin du Rozé sur dépassement de seuil de pluviométrie (suivi radar et/ou pluviomètre à Lézat)

Le ruisseau de la Grange à Eaunes

- Site : Un tel système serait relativement simple à installer (pont de la station d'épuration ou pont du bd de la Lèze)
- Son utilité directe est à considérer : Les enjeux potentiellement menacés sont importants (Habitations de Cantoperdic et ZA du Mandarin avec de nombreux véhicules stationnés), mais la quantification du risque effectif doit être étudiée.
- Son utilité indirecte (pour la Lèze aval) est faible.
- Alternative : Alerte pluies intenses sur Eaunes sur dépassement de seuils pluviométriques (suivi radar et/ou pluviomètre à Eaunes).

Le Hautmont à Eaunes/ Muret en amont de Villate

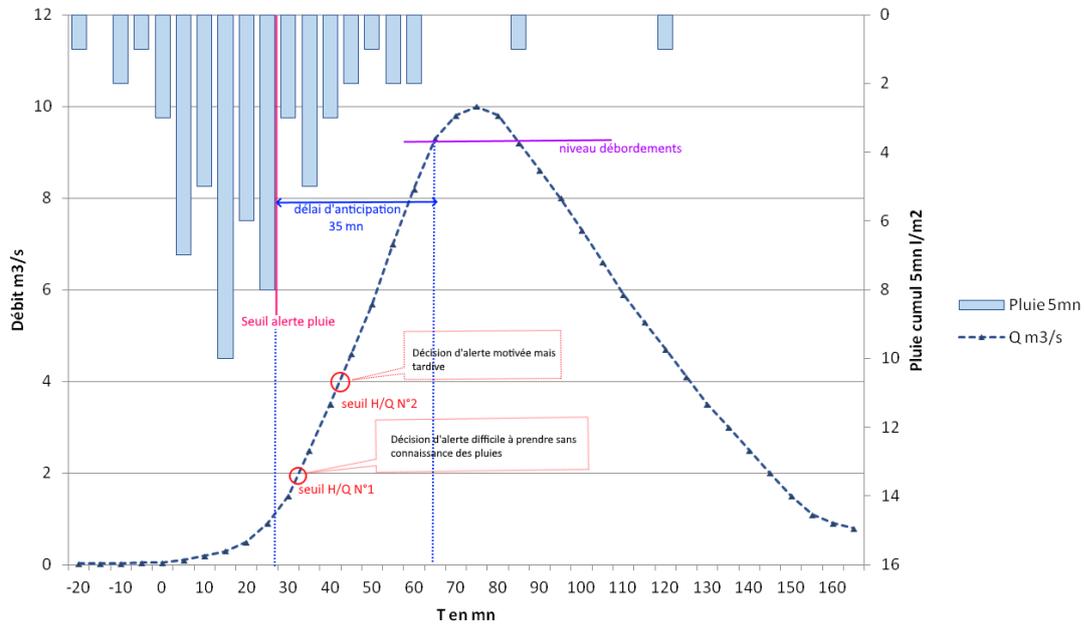
- Site : Un tel système serait +/- simple à installer vers le pont du chemin du Champ de Barlet (chemin de la Combe) à Eaunes / Muret
- Son utilité directe est à considérer en fonction du degré d'aléa réel qui nécessite une étude : les enjeux menacés à l'aval sont nombreux à Villate et Pins-Justaret.
- Son utilité indirecte est moyenne (ce cours d'eau semble mal connu).
- Alternative : a) Alerte pluies intenses sur Eaunes sur dépassement de seuils pluviométriques (suivi radar et/ou pluviomètre à Eaunes). b) Observateur au site

Pour les autres bassins, au temps de réaction plus courts, une alerte sur niveau limnimétrique ne sera pas efficace et on doit se tourner vers une solution par seul suivi pluviométrique. Les deux graphiques ci-dessous illustrent cela : une alerte de dépassement de seuil pluviométrique précèdera dans tous les cas une alerte sur dépassement de niveau a minima inquiétant. Ceci étant, sans

¹⁶ Une visite de terrain montre que en l'absence de crues de la Lèze, le pont du chemin de Marty est probablement un des points de débordement principaux du ruisseau, juste en amont de la Zone d'activité, ce qui entraîne l'inondation par le chemin de Marty puis de la RD622 de l'établissement « piscine Venus » puis des établissements Rouzès.

anticipation des pluies à venir (ce que peut fournir l'imagerie radar) l'incertitude sur le bien fondé d'une alerte inondation sur tous les petits bassins, basée sur de simples dépassements de cumuls de pluie, lors d'événement orageux de courte durée reste importante.

Hydrogramme Pluie-débit pour un BV avec TR=60mn (exemple illustratif avec pluie décennale 1h)



Hydrogramme Pluie-débit pour un BV avec TR=60mn (exemple illustratif avec pluie cinquanteennale 1h)

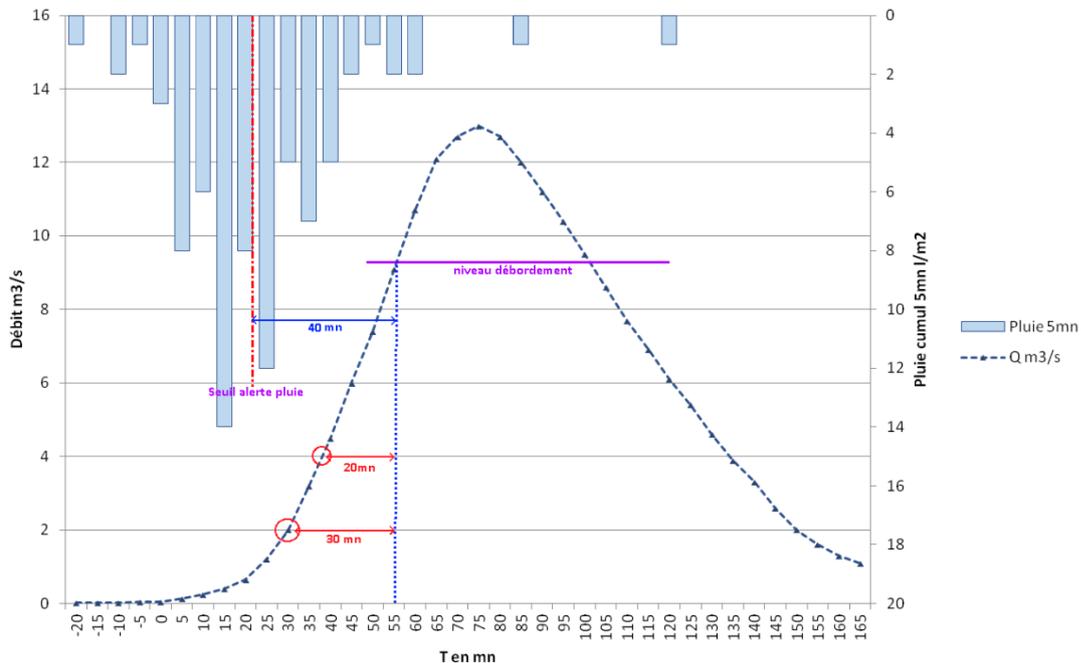


Figure 7 a,b,c : Illustration de la problématique d'alerte pour des pluies décennale et cinquanteennale sur des petits bassins versants. Sur la figure le BV type, de 7 km² environ, a un temps de concentration de 1h45 et un temps de réponse de l'ordre de 1h. Le déclenchement de l'alerte avec des dispositifs pluviométriques ou limnimétriques sur dépassement de seuils, intervient dans tous les cas avant la fin de l'épisode pluvieux sans que l'on sache si le cours d'eau va ou ne va pas déborder car on ne connaît pas encore les cumuls à venir à défaut de prévision immédiate (anticipation sur les pluies). Le délai d'avertissement avant débordement est meilleur avec la pluviométrie qu'avec un limnimètre avec une incertitude équivalente qui est forte si on n'utilise qu'un des deux dispositifs. Idéalement, sur cet exemple, un double dispositif (pluie - limnimètre) permettrait de valider le débordement à venir avec 20mn d'anticipation environ sur l'événement qu'il soit cinquanteennal ou décennal.

6.2 L'observation des précipitations

Les analyses précédentes montrent que la problématique d'anticipation des inondations, dans un dispositif d'alerte amélioré sur le bassin de la Lèze, par une connaissance précise des pluies en temps réel ou peu différé, concerne principalement les épisodes pluvieux intenses et convectifs (Type 3 ou Type 2). Pour un service d'alerte plus fiable qu'APIC, il faut mesurer les précipitations locales à haute fréquence. En excluant les observations satellitaires, encore peu précises en la matière à ce jour, les deux solutions de mesure des précipitations standards, sont les pluviomètres et les données des radars météorologiques.

6.2.1 Des stations pluviométriques

Un pluviomètre peut mesurer la pluie d'un collecteur en temps quasi réel (cumul toutes les 6mn ou toutes les 15mn). Il existe trois technologies principales parfois couplées :

- les systèmes à augets basculants (un double auget de faible contenance bascule quand l'un des deux est plein d'eau et on compte les basculements) privilégiés par les services de l'Etat et Météo France
- les systèmes à pesée (on pèse en continu un récipient qui se vide quand il est plein).
- les disdromètres (qui mesurent les impacts de pluie et/ou de grêle sur une surface adaptée)

Chacun des systèmes a ses avantages et inconvénients pour ce qui est de la qualité de la mesure. En outre, les pluviomètres nécessitent un entretien régulier pour rester opérationnels. Enfin, il est bien établi que les pluviomètres sous-estiment très sensiblement (jusqu'à 50%) les précipitations en cas de vent moyen ou fort (ce qui est fréquent dans le cas de phénomènes convectifs).

La variabilité spatiale des précipitations lors des épisodes orageux convectifs notamment de type 3 est telle¹⁷ qu'une estimation spatialisée des précipitations par interpolation des données de pluviomètres ponctuels est peu fiable, sauf à adopter un maillage d'ordre kilométrique (soit un pluviomètre par km²) ce qui est difficilement envisageable à l'échelle d'un bassin versant de plus de 350km². Par ailleurs, les pluviomètres ne sont pas exempts de problèmes de fonctionnement entachant les mesures (ex : débris aéroportés ou grêlons bouchant l'orifice de fond du réceptacle).

Des opérateurs proposent des stations pluviométriques à bas coût (< 1000 €), parfois en leasing, qui transmettent leurs données vers des serveurs déportés d'où on peut les consulter au sein d'une communauté d'utilisateurs de l'opérateur. Ces solutions qui se répandent dans les milieux agricoles utilisent en général des solutions de transmission radio à bas débit avec des protocoles IoT (Internet des objets) LoRa-Wan ou Sigfox. Il est important de savoir que ces transmissions sont limitées en nombre de messages (1 par 15mn pour SigFox) et peuvent manquer de fiabilité en matière de réception (le protocole de base ne prévoit pas l'acquiescement des messages transmis). Les solutions basées sur le GSM ou la 4G, plus fiables, sont plus coûteuses. Certains fournisseurs offrent en complément des solutions d'alerte locale par signal radio avec des boîtiers personnels déportés chez les riverains.

6.2.2 Les images radar

Les données radar de Météo France fournissent une vision spatiale immédiate de la répartition des pluies et de leur intensité avec une résolution de 1 km².

¹⁷ La corrélation des mesures de couples de pluviomètres distants de 1km est inférieure à 70% sur des durées de moins de 1h pour les événements convectifs, ce qui est peu ou prou équivalent à une incertitude de 30%.

Le radar balaye l'atmosphère en trois dimensions avec une période de 5mn. Il émet un signal électromagnétique modulé dont il reçoit l'écho réfléchi par les hydrométéores avec le décalage induit par le temps d'aller retour. L'intensité de l'écho dépend au premier ordre de la distance et de la taille des cibles, ce qui permet de produire une mesure de densité des hydrométéores et donc de l'intensité des précipitations en un lieu donné. Depuis plus de 50 ans les algorithmes de traitement et la technologie évoluent et permettent d'obtenir des estimations de pluie de plus en plus fiables même si différents problèmes de mesure subsistent. L'intégration temporelle des données radar fournit les cumuls de pluie sur différentes durées sur cette même résolution de 1 km².

Un autre avantage majeur des images radar est l'anticipation qu'elles fournissent sur l'occurrence des averses : Par simple analyse visuelle du défilement des zones pluvieuses sur les images de la dernière heure, on peut anticiper l'occurrence et l'intensité des pluies dans les 10 à 15mn suivantes. Avec des outils sophistiqués de traitement, il est possible d'anticiper l'occurrence et dans une moindre mesure l'intensité, des précipitations avec une échéance d'une heure voire plus selon les conditions météorologiques.

La mesure pluviométrique calculée par le radar, dont la qualité s'est constamment améliorée depuis les débuts du réseau, reste toutefois entachée d'incertitudes ; on observerait encore aujourd'hui $\pm 25\%$ d'écarts fréquents¹⁸ voire plus dans certaines circonstances, entre les données radar et celles des pluviomètres, en un point donné sur des cumuls de moins de 1h. Météo France qui a réduit son réseau de pluviomètres temps réel, utilise désormais des radars à double polarisation plus performants que la génération précédente pour discriminer et quantifier les hydrométéores solides (grêle, neige) qui génèrent des problèmes d'estimation des lames d'eau. Enfin, les données de lames d'eau radar calculées sont corrigées par Météo France sur la base des écarts observés sur les 10 dernières heures avec les pluviomètres (peu dense) de son réseau temps réel.

Le SCHAPI produit d'ailleurs lui-même pour son usage interne et celui des SPC une lame d'eau radar « recalibrée » en temps peu différé par les données des pluviomètres des DREAL et de Météo France (lame d'eau Antilope calculée toutes les 15mn depuis 2020) qui est utilisée en routine dans le cadre du service Vigicrues-Flash ainsi que, optionnellement, dans les modèles mis en œuvre dans Vigicrues notamment sur la Lèze.

Le taux d'indisponibilité des données des radars météorologiques est inférieur à 5% pour un radar donné en moyenne ce qui n'est pas négligeable. Sur le bassin de la Lèze, néanmoins, on a un certain recouvrement du radar de Toulouse avec celui de Montclar en Aveyron et celui d'Opoul dans les Pyrénées orientales qui permettent de bénéficier du produit dégradé mosaïqué en cas de panne du radar de Toulouse.

Des prestataires privés fournissent à des prix accessibles des plateformes d'exploitation des images radar avec ou sans fusion des données de pluviomètres, avec des algorithmes intégrés de prévision immédiate. En outre ces plateformes offrent différentes fonctionnalités d'alerte sur dépassement de seuils paramétrables beaucoup plus fins que celles d'APIC, dont des modélisations hydrologiques de bassins ciblés en option.

6.3 Éléments de choix entre Radar et pluviomètres

Pour observer les pluies, les radars (recalibrés ou non) et les pluviomètres ont chacun des avantages et des inconvénients. En matière d'anticipation et de vision globale sur la répartition des pluies l'avantage opérationnel penche nettement pour les radars y compris et surtout pour des applications de calcul hydrologique (comme Vigicrues et Vigicrues-Flash). L'accès aux données radar dans le cadre

¹⁸ Il est toutefois difficile de savoir si l'écart observé qui est aléatoire en +/- résulte de biais sur le calcul radar ou bien de la variabilité de la pluie au sein d'un pixel de 1km² pendant 5mn. On ne mesure pas la même chose en réalité. Source sur les analyses de biais : http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr/index.php/B.04_-_Estimation_d'une_pluie_de_bassin_par_observation_RADAR

d'une exploitation dédiée sophistiquée **intégrant la prévision immédiate** est toutefois payant et relativement coûteux.

En synthèse, d'un point de vue technique :

- Il est évident que l'imagerie radar est un outil très précieux pour anticiper et visualiser les cellules précipitantes. Rappelons que APIC et Vigicrues-flash ainsi que les prévisions de Vigicrues pour la Lèze s'appuient exclusivement (ou presque) sur les lames d'eau radar calculées en entrée de leurs modèles. Les sociétés de service telles que Predict Services s'appuient également sur ces données radar avec prévision immédiate pour alerter ses abonnés en cas d'événement hydrométéorologique intense.
- En cas de vigilance orange ou rouge concernant les aléas « pluie-inondation » et « orages » le bulletin régional de suivi de Météo France fournit gratuitement un lien vers la carte de lame d'eau radar (actualisée toutes les 5mn). Un outil de consultation basique permet de visualiser sur chaque pixel les cumuls 1h, 3h, 6h, 12h et 24h.
- Indépendamment de la vigilance institutionnelle, des outils en ligne non professionnels associés aux images radar (disponibles sur plusieurs sites gratuits) permettent aussi de visualiser en temps réel l'intensité des précipitations en zoomant sur un territoire, et en temps peu différé (15mn) les cumuls de lame d'eau sur les dernières 1h à 72h avec possibilité de sonder les pixels (1km²) des images.
- Des solutions professionnelles payantes (par abonnements annuels dont le coût est de l'ordre de 1€ /an par habitant) permettent l'acquisition des données de lame d'eau radar au pas de temps de 5mn avec des suivis localisés et des alertes automatiques par le biais des sondes virtuelles prédéfinies fonctionnant comme des pluviomètres (ce qui revient à disposer d'autant de pluviomètres virtuels que l'on veut). Pour certains des prestataires, une calibration continue des données radar avec des pluviomètres locaux est envisageable mais avec un surcoût important. Ces outils intègrent également 1h à 2h de « prévision immédiate » ainsi que, en option, des modélisations hydrologiques réalisées sur des BVs déclenchant des alertes.
- Un réseau de pluviomètres, sur le bassin de la Lèze où il n'y a pas de problème de qualité de données radar, ne peut pas rendre un service équivalent aux images radar. En revanche, des pluviomètres peuvent enrichir les estimations de pluie locales du radar, du fait des incertitudes qui peuvent exister sur la lame d'eau radar dans certaines circonstances.
- Des pluviomètres judicieusement placés près de petits bassins à risque pourraient aussi être une réponse à la question du déclenchement d'alerte sur des valeurs de cumul de lame d'eau spécifiques à des petits bassins (pour des durées de moins de 1h) avec des seuils assez simples à établir de façon empirique.
- Les pluviomètres sont exigeants en matière d'installation de maintenance et de transmission des données. Par ailleurs, les solutions à faibles coûts proposées par des opérateurs spécialisés s'appuient en général sur des solutions de transmission à bas débit de type LoRa ou Sigfox qui sont limitées en nombre de messages (1 par 15mn pour SigFox) et peuvent manquer de fiabilité. Celles basées sur du GSM ou de la 4G sont forcément plus coûteuses.
- On notera en outre que les 3 stations hydrométriques amont du SPC (Pailhès, le Fossat, Lézat) sont équipées de pluviomètres à augets dont les données ne sont pas diffusées. L'accès à ces données acquises par le SPC avec un pas de temps de 6mn permettrait de réduire le nombre d'appareils nécessaires si on s'orientait vers le choix de mettre en place un réseau de pluviomètres visant les petits bassins les plus à risque.

Les options envisageables pour le suivi des pluies et élaborer des alertes pluies intenses plus ciblées que celles d'APIC sont l'option pluviomètres ou l'option radar.

6.3.1 L'Option pluviomètres

Il s'agit de se doter de pluviomètres à installer judicieusement sur les communes à enjeux « petits bassins » où les avertissements APIC peuvent ne pas être assez réactifs ou fiables. Le fait de se doter de pluviomètres ne dispense pas d'un suivi de l'imagerie radar sur les sites d'accès gratuits (Météo France ou autre).

Les communes où des alarmes pluviométriques plus réactives qu'APIC nous semblent éventuellement intéressantes, du fait de la présence de petits bassins à enjeux, sont :

1. **Artigat (enjeux forts)**
2. **Le Fossat (enjeux forts / pluviomètre SPC existant)**
3. **Lézat-sur-Lèze (enjeux forts / pluviomètre SPC existant)**
4. **Saint-Sulpice sur Lèze (Enjeux forts)**
5. **Beaumont-sur-Lèze (Enjeux moyens multiples)**
6. **Éaunes (pour ruisseaux de la Grange et du Haumont avec forts enjeux)**

Et éventuellement (moins d'enjeux) en complément de couverture

7. Pailhès (peu d'enjeux mais pluviomètre SPC existant)
8. Carla Bayle (enjeux moyens sur le Canalès amont)
9. Montaut (enjeux faibles)

Des alertes automatiques ou supervisées peuvent être associées aux pluviomètres jugés les plus utiles en la matière. Ceci étant, comme nous l'avons déjà vu, il ne sera pas possible d'être assez réactif sur les pluies pour les plus petits ruisseaux. De plus, nous l'avons vu, l'incertitude des mesures pour un bassin par essence surfacique avec des pluviomètres ponctuels est élevée. En outre, le recueil des données à fréquence rapide qui se justifierait pour les petits bassins, nécessite des investissements plus coûteux (dont éventuellement des abonnements téléphoniques) que les solutions bon marché disponibles mais qui collectent les données au mieux toutes les 15mn.

En cela, la possibilité de pouvoir bénéficier des données du SPC sur les trois pluviomètres déjà installés sur le bassin serait un bénéfice certain.

6.3.2 Option Radar avec Prévision immédiate

Plutôt que d'installer et maintenir un réseau de pluviomètres (ou d'en déléguer la gestion), on s'appuie dans cette option sur un service d'imagerie radar avec prévision immédiate consultable à distance ou déporté sur un site d'exploitation au niveau du bassin. Le service permet de configurer autant de pluviomètres virtuels que nécessaire avec un pas de temps de calcul des cumuls 15mn/ 30mn / 45mn / 1h etc. qui peut être effectué toute les 5mn. On peut également définir des alertes de toute sorte sur des bassins versants sur la base de lames d'eau cumulées. En outre, les alertes peuvent être déclenchées en fonction des pluies à venir telles que prévues par l'algorithme d'anticipation des cellules (prévision immédiate).

C'est la solution qui à notre avis, répondrait à pratiquement tous les besoins sur le bassin de la Lèze (en complément des limnimètres additionnels suggérés plus haut) pour ce qui est des risques associés aux petits bassins ainsi que pour le secteur amont du Plantaurel. L'abonnement à de tels systèmes est annuel et relativement coûteux, de l'ordre de 25k€ / an sur l'ensemble du bassin de la Lèze. Elle nécessite en outre une organisation spécifique à mettre en place.

7 LA QUESTION ORGANISATIONNELLE

L'organisation actuelle est communale : Chaque commune gère de façon autonome la question de l'anticipation et de l'alerte pluies-inondations. Une seule collaboration intercommunale est formalisée et effective entre les communes d'Artigat et du Fossat. Ceci étant, il existe, bien entendu, des échanges informels entre les communes lors des événements majeurs.

Il semble nécessaire d'ores et déjà d'améliorer les choses en matière de collaboration intercommunale pour la transmission et le partage d'information amont-aval même sans augmentation des systèmes déjà existants.

7.1 Incidence organisationnelle des différentes solutions

En ce qui concerne les crues de la Lèze même, le rajout de 2 ou 3 limnimètres dans la Lèze (et/ou le Latou) en complément des limnimètres du SPC, avec les possibilités actuelles, n'aurait pas d'incidence forte sur le choix organisationnel. La lecture du niveau de la Lèze et de son évolution par un limnimètre ou une caméra ne nécessite pas de compétence particulière pour celui qui le consulte via un site en ligne.

Le rajout de pluviomètres gérés localement, nous semble plus complexe a priori en matière de lecture des données et de prise de décision sur dépassement de seuil. A notre avis, un dépassement de seuil pluviométrique doit être accompagné (ou précédé) d'une évaluation de la situation météo sur des images radar disponibles en ligne. Cela suppose des compétences qui ne sont pas toujours disponibles dans les communes ce qui implique quelques formations préalables.

L'usage des contacteurs d'alerte (ou de limnimètres intelligents) peut et devrait être géré en local (sauf pour le ruisseau du Hautmont qui est d'usage trans-communal). Une alternative à ces dispositifs est de disposer d'observateurs (ou de veilleurs¹⁹) positionnés sur place qui transmettent l'information d'alerte sur dépassements de niveaux à l'organisation ad hoc mise en place localement et/ou directement aux riverains.

D'un point de vue organisationnel choisir une option privilégiant l'instrumentation en pluviomètres et/ou limnimètres-contacteurs ou l'abonnement aux données Radar et prévision immédiate avec logiciel d'exploitation n'est pas neutre :

- Si le choix est fait d'une solution basée sur l'imagerie radar, il semble évident qu'une structure d'exploitation intercommunale du logiciel radar sera nécessaire, structure qui se chargerait de transmettre les alarmes anticipatrices aux communes et l'appui ad hoc aux élus, à la manière des DOS préfectoraux et avec des moyens adaptés de communication.
- Si l'appareillage d'alerte précoce sur les petits bassins versants est géré et suivi par des ressources locales, éventuellement avec un appui technique d'une structure intercommunale telle que le SMIVAL (configuration, études et formation), l'organisation de l'alerte précoce peut éventuellement rester au niveau communal.
- On peut également imaginer que l'appareillage d'alerte précoce soit cogéré au niveau du bassin et que les données des pluviomètres sont partagées en temps réel par une structure intercommunale qui peut également jouer le rôle d'appui technique.

¹⁹ Les associations de « veilleurs de crues » fédérés sur les réseaux sociaux existent et se multiplient sur le territoire national.

7.2 Options organisationnelles

On a donc au final deux options en matière organisationnelle :

1. Option 1 : On conserve l'autonomie des communes en matière de gestion technico-financière de l'anticipation des inondations tout en améliorant les collaborations intercommunales pour la transmission d'information, en formalisant un réseau d'acteurs clefs. Cette option est compatible avec le rajout de pluviomètres et de limnimètres ou contacteurs d'alertes locales. Elle nécessite des formations de personnels municipaux ou d'élus pour la gestion et l'entretien des dispositifs d'alarme précoce et leur bon usage.
2. Option 2 : On confie à une équipe intercommunale (sous l'égide du SMIVAL ou autre organe) la gestion technique (et financière) des moyens d'alertes précoces. L'équipe est en charge de la coordination du recueil d'information pluvio-limnimétrique. Elle fournit son expertise aux élus en matière de décision d'alerte. Cette option est compatible avec les différents choix techniques envisagés. Elle est a priori nécessaire si l'option d'anticipation s'appuie sur une plateforme d'imagerie radar avec prévision immédiate. Une telle structure doit être pensée de façon à ce qu'elle puisse être activée H24 toute l'année avec 2 personnes en astreinte a minima.

Les deux options ci-dessus doivent être harmonisées avec le ou les choix qui seront faits en matière d'alerte aux populations (le 4eme axe d'amélioration).

Nota bene : faire appel à un service externe tel que Prédicit Services qui utilise les images radar et la prévision immédiate pour alerter les communes abonnées est en quelque sorte équivalent à la deuxième option (mais avec un service qui sera sûrement moins ciblé sur les points d'enjeux) si l'interlocuteur de Prédicit est une structure intercommunale de bassin.

8 SYNTHÈSE

Le bassin de la Lèze est aujourd'hui couvert par deux systèmes principaux que sont Vigicrues et Vigicrues-Flash qui permettent d'anticiper de façon convenable les crues et les inondations de la Lèze de Pailhès à Labarthe sur Lèze pour les événements hydrométéorologiques les plus classiques. En outre, du fait d'une bonne couverture du bassin par le radar météorologique de Toulouse, toutes les communes du bassin sont éligibles au service APIC dont l'usage par les communes pourrait être amélioré globalement.

Toutefois, nous avons mis en évidence qu'il existait des failles dans ces systèmes de vigilance et d'avertissement proposés par les services de l'État, notamment lors des événements orageux très intenses et de courte durée, que nous avons classés en deux catégories distinctes suivant l'extension et la durée de ces événements.

Ces événements orageux intenses de plus ou moins grande extension peuvent générer des inondations localisées en bordure des ruisseaux issus des coteaux encadrant la vallée de la Lèze avec des dommages potentiels plus ou moins important selon les enjeux situés dans ces secteurs inondables. En outre les événements intenses les plus étendus peuvent dans certaines circonstances engendrer des crues de la Lèze brutales engendrant des inondations dans la plaine qui prennent de court les services de prévision.

Pour faire face à ces inondations inopinées, mais néanmoins prévisibles dans une certaine mesure, un certain nombre de solutions potentielles ont émergé de l'analyse et ont été évaluées.

Au final, se dégagent trois scénarios (ou trois options) pour améliorer l'alerte aux inondations pour les trois types d'événement identifiés.

1. **scénario 1** : La première option consisterait à s'appuyer sur l'existant et les possibilités actuelles d'information météorologiques gratuites (images radar notamment) en optimisant les usages des systèmes actuels et en mettant en place une organisation territoriale renforcée avec des observateurs ou des veilleurs de crue désignés ou volontaires à l'échelle communale, notamment pour les petits bassins réactifs des communes. Nous préconisons en outre l'ajout de 2 stations complémentaires sur la Lèze à Saint Ybars et à Beaumont sur Lèze pour combler des manques potentiels d'anticipation lors des crues brutales du cours d'eau.
2. **scénario 2** : La deuxième option viendrait compléter l'option précédente avec plusieurs systèmes d'alerte précoce basés sur des pluviomètres disposés judicieusement dans les communes où il y a des enjeux importants associés aux petits bassins versants des coteaux. Toutefois, cette solution ne serait éventuellement efficace que pour quelques uns des petits bassins à enjeux avec des délais d'anticipation d'alerte qui ne seraient que de deux ou trois dizaines de minutes au mieux. Ces dispositifs nous semblent en outre assez peu fiables et relativement complexes à exploiter de façon efficiente. Leur efficacité serait renforcée toutefois par une veille active sur la situation météorologique fournie par les images radar disponibles en temps réel sur différents sites spécialisés.
3. **scénario 3** : La troisième option qui nous semble la plus efficiente est une alternative à la deuxième option. Elle est aussi la plus coûteuse et entraîne des contraintes d'ordre organisationnel. Il s'agirait de mettre en place au niveau du bassin, une solution complète d'anticipation des pluies intenses et des inondations locales par l'acquisition (ou la location) d'une plateforme standard d'exploitation des images radar intégrant des prévisions immédiates sur les pluies à venir dans les prochaines minutes. Ce type de solution est aujourd'hui disponible auprès de plusieurs acteurs privés.

Rappelons ici que, pour un coût un peu plus élevé que la troisième option, et en conservant le premier scénario il est également possible de s'abonner à des services spécialisés professionnels (tels que ceux de Prédic Services) qui se chargent de surveiller le bassin et d'avertir les élus des communes ou leurs intervenants délégués, du risque de pluies intenses et d'inondation d'une façon plus agile que les services de l'État.

A ces trois options de base, nous avons envisagé, étudié et hiérarchisé en fonction de leur efficacité potentielle, des systèmes locaux complémentaires tels que des contacteurs d'alerte similaires à celui qui est mis en œuvre pour le camping d'Artigat, et ceci pour 5 petits cours d'eau à enjeux dont la taille pourrait sembler suffisante pour cela. Ces systèmes seraient une alternative aux observateurs locaux ou « veilleurs de crues » qui sont préconisés dans la première option. Leur utilité serait de confirmer rapidement le risque d'inondation qui est anticipé par les mesures de pluies intenses via le radar ou des pluviomètres.

Le tableau des pages suivantes récapitule ces différentes options et solutions existantes et additionnelles avec leurs avantages et inconvénients. Un avis sur l'efficacité de chacune des options y est attribué (0 ou + à ++++).

Ces différentes options sur lesquelles il importera désormais de se prononcer, impliquent une révision organisationnelle plus ou moins importante des méthodes actuelles d'anticipation des inondations par les communes qui ont été exposées.

Pertinence et faisabilité de systèmes locaux de prévision sur le bassin de la Lèze

Scenarios d'équipement		Crues BV	Crues Lèze	description	Avantages / atouts	Inconvénients/contraintes	Coûts	Commentaire
Optimiser les services existants								
tous	Alertes pluies-inondation et orages Météo France	++++	++++	bulletins en ligne avec Alertes transmises aux préfectures et dispatchés vers les élus si niveau orange et/ou rouge.	Fiabilité excellente (95% à 6h) au niveau départemental en y intégrant les orages. Prévisions 7 jours des alertes depuis 2020. Depuis récemment donne accès aux données pluviométriques Radar en cas de vigilance orange ou rouge	Niveau orange parfois banalisé par les élus. Sous-estimation des pluies à 24 h dans quelques cas récents (corrigé à 6h)	gratuit	Le premier outil fondamental pour la mise en vigilance des élus. Ne pas banaliser les alertes orange pour les orages sur le département. Doit inciter à lire le bulletin associé sur le site de Météo France et si possible examiner les prévisions météo détaillées et mettre en place une veille active.
tous	APIC	+++	+	Avertissements pluies intenses pour les communes - message vocal, SMS et courriel. La pluie intense est détectée toutes les 15mn sur des cumuls de 1h a minima	Calcul mis à jour toutes les 15mn. Toutes les communes du bassin sont éligibles. Jusqu'à 10 communes environnantes. EPCI éligibles aux abonnements en 2021. Très utile selon nous dans le Plantaurel (Roziès, Monesple) et pour les BVs issus de Eaunes (R de la Grange et du Hautmont) où les bassins ont la bonne taille pour APIC.	Service basé sur les images radar qui n'intègre pas la prévision immédiate. Pas d'anticipation possible donc pour les bassins dont le temps de réponse est inférieur à 45mn. Avertissement global qui n'est pas à l'échelle sub-communale. Fiabilité moyenne pour les petits bassins à cheval sur plusieurs communes	gratuit	Nécessaire mais pas suffisant pour les orages - permet éventuellement d'anticiper des crues sur des bassins de plus de 10km2 non suivi par Vigicrues-Flash avec un abonnement pour les communes voisines bien choisies. Peut manquer par construction une averse très localisée sur un petit bassin sub-communal. Peut également générer des alertes pour des averses sur des secteurs sans enjeux. Se tourner vers les sites en ligne pour analyser les images radar des précipitations. Moins utile si option Abonnement Radar
tous	Vigicrues-Flash	+	++++	Avertissements de forts débits (2 niveaux) sur bassins de petites tailles (> 30km2) par communes depuis 2018 (et EPCI dès 2021) couplé avec APIC	calcul effectué tous les 1/4 heures à partir de 2021 lors des fortes pluies sur la base des données radar. Comble un gros manque au niveau national.	Uniquement sur bassins éligibles relativement importants - Avertissements sur Lèze amont et Latou seulement (pas le Canalès). Fournit des niveaux qualitatifs de niveau de crue (forte, très forte) difficile à relier à des débits effectifs.	gratuit	Peu utilisé encore et donc à faire adopter par les communes concernées ; Un gros progrès qui améliore l'anticipation. Une action politique pour que le bassin du Canalès intègre le système serait la bienvenue.
1 & 2	Sites météo alternatifs	+++	++	sites de Meteo60 ou Infoclimat ou MeteoX ...	Images radar / satellite et modèles de prévision en ligne plus accessibles et faciles d'utilisation que chez Météo France ou l'accès est limité. Modèles de Météo France Arome, Arpège et modèles alternatifs similaires. Outils d'analyse des cumuls.	Sites associatifs gérés par des bénévoles. Pérennité possiblement sujette à caution (mais avec plus de 15 ans d'existence). Demande une certaine habitude et une compréhension a minima basique de la météo.	gratuit (donations possibles)	Très complémentaires aux alertes Météo France. Proches du niveau des plateformes dont disposent les autorités.
tous	Vigicrues	+	++++	Bulletins de Vigilance à 24h et données aux stations	Bénéficiaire des prévisions à jour du SPC ; données hauteur-débits en temps réel aux stations. Prévisions au Fossat et à Lézat à partir de 2021 avec modèles hydrologiques forcés par les lames d'eau radar.	Réactivité parfois déficiente pour des événements brutaux de type 2 ; Ne fournit pas les données des pluviomètres. Apports Latou Canalès mal anticipés jusqu'ici.	gratuit	Amélioration constante des prévisions par les SPC notamment sur la Lèze ; Il est possible que depuis 2020 les orages localisés de type juillet 2018 soient mieux pris en compte dans la prévision des crues.
tous	SAL d'Artigat	0	+++	Système de capteur à deux contacts destiné à alerter le camping municipal et qui a été étendu ensuite aux deux communes d'Artigat et du Fossat. Existence réglementaire.	Efficace ; a été relié à un système d'émission d'alertes communal par SMS-Emails géré par le Fossat. Permet aussi une réaction en cas de rupture de barrage.	Toujours réglementaire mais en doublon avec APIC + Vigicrues-Flash + station SPC de Pailhès sur le tronçon Lèze amont ; nécessite une maintenance technique.	coûts divers relativement modérés	Conserver. Le secteur Artigat-Fossat est bien outillé en matière d'anticipation des inondations. Le système d'alerte du Fossat pour la Lèze pourrait être étendu à Sainte Suzanne.

Pertinence et faisabilité de systèmes locaux de prévision sur le bassin de la Lèze

Scenarios		Crues BV	Crues Lèze	description	Avantages / atouts	Inconvénients /contraintes	Coûts	Commentaire
Densifier les observations								
1	observateurs aux échelles clef	++	++	Disposer d'observateurs aux points clef des cours d'eau lors des crues (échelles aux ponts) selon une organisation intercommunale adéquate préétablie	Pallie le manque de stations ou bien sécurise la mesure pour les stations existantes.	Peut être dangereux sur certains sites lors des crues très fortes. Dépend du réseau GSM pour la transmission (ou talkie-walkies), de l'organisation et de la préparation ; kit avec lampes torches nécessaires;	Gratuit / Alternative : 3 à 5000 €/ site pour caméras vision nocturne (si la commune est déjà équipée d'un système)	Les sites sécurisés pour des observateurs communaux en fonction des niveaux de crue devraient être recensés. Nécessite une saisie en ligne centralisée des données au niveau du bassin; Alternative : caméra vidéo à vision nocturne ou stations additionnelles.
2	pluviomètres additionnels	++	+	Disposer de pluviomètres répartis judicieusement dans les communes avec petits bassins à enjeux avec émission d'alarme sur dépassement de seuils (calculs intégrés ou déportés).	Complète et remplace APIC qui est faillible sur les petits bassins. Sans autre dispositif permet les alertes les plus précoces sur les bassins. Permet de valider/ compléter les données radar si on en dispose.	Incertitude élevée des mesures car ponctuelle. Pour les tout-petits bassins l'anticipation gagnée pour l'alerte ne sera que de quelques minutes. Les solutions les moins chères ne permettent pas une collecte de données assez rapide.	1500€ à 3000€ la station connectée en ligne (par exemple)	Une solution pour gestion locale qui est moins coûteuse qu'une solution plus globale mais qui nécessite des compétences techniques de base en hydrométéorologie. Le suivi en parallèle des données radar de pluie nous semble nécessaire.
3	Service Radar avec logiciel d'analyse et prévision immédiate	++++	+++	Disposer d'outils professionnels d'exploitation des données radar avec différentes options d'alerte hydrométéorologiques sur des bassins ou purement pluviométriques.	Supprime la question des pluviomètres et la problématique Canalès ; Intègre une heure de prévision immédiate +/- fiable ; permet d'anticiper tout type d'événement tant sur la Lèze que sur les petits bassins affluents.	Il n'y a qu'un ou deux prestataires possibles. Les logiciels nécessitent des formations et une équipe spécialisée avec des contraintes. Les images radar ne sont pas recalibrées par des pluviomètres. Impose une organisation de bassin avec des utilisateurs experts très formés.	25000€/ an d'abonnement pour logiciel et images radar Météo France.	Une solution globale qui répond à elle seule aux problématiques posées sur les petits bassins y compris en matière de prévision immédiate à 1 heure.
tous	limnimètre Lèze St Ybars (D626a)	+	++++	installation d'une station sur la Lèze à St Ybars (Pont D626a)	facile à mettre en place ; intéressant pour anticiper les crues à Lézat . Intègre les apports Canalès- Latou	Investissement / Maintenance / transfert et stockage des données. Une localisation trop aval réduit l'anticipation à Lézat	7 000€ d'investissement a minima + maintenance site (solutions abonnements à investiguer)	Site sans jaugeage mais courbe d'estimation du débit en crue possible par modélisation simple du site.
tous	limnimètre Lèze Beaumont sur Lèze	+	+++	installation d'une station sur la Lèze à Beaumont sur Lèze	facile à mettre en place ; intéressant pour anticiper les crues en aval de Lézat de St Sulpice à Lagardelle en cas d'événement de type 2. Pallierait en outre les défauts de la station de Labarthe en partie contournée lors des fortes crues.	Investissement / Maintenance / transfert et stockage des données. Une localisation trop aval réduirait l'anticipation à St Sulpice	7 000€ d'investissement a minima + maintenance site (solutions abonnements à investiguer)	Site sans jaugeage mais courbe d'estimation du débit en crue possible par une modélisation simple. C'est le signal de montée rapide à Beaumont divergeant de celui de Lézat qui alerte St Sulpice en cas d'événement de type 2 en aval de Lézat
tous additionnel	suivi du niveau de la retenue de Mondely	0	+	La variation du niveau du lac en temps réel informe sur l'intensité des pluies sur le bassin très amont de la Lèze ainsi que sur sa capacité de rétention	indicateur précoce des pluies intenses dans le Plantaurel ; informe sur la capacité d'écrêtement du barrage sur 25% de surface en amont de Pailhès - Déjà mesuré et transmis (SMAHVL) - mettrait fin à certaines polémiques	Ne concerne que 13km2 de bassin très en amont ; utilité limitée (principalement pour Pailhès)	cf. SMAHVL pour transfert des données.	Intéressant si coût de mise à disposition très faible - à mettre en balance avec APIC – Vigicrues Flash ; remplace éventuellement un pluviomètre. Une camera ferait aussi bien l'affaire et répondrait à l'enjeu politique pour couper court à certaines polémiques post crues.
tous additionnel	limnimètre Latou à Villeneuve	+	++	installation d'une station sur le Latou à Villeneuve ou St Ybars (St Sernin)	facile à mettre en place à Villeneuve (plus compliqué à St Sernin) ; pourrait être intéressant pour anticiper les crues à Lézat dans certaines situations	Investissement / Maintenance / transfert et stockage des données. N'intègre pas le Canalès. Une localisation trop amont peut faire sous estimer les apports	7 000€ d'investissement a minima + maintenance site (solutions abonnements a investiguer)	Pas de jaugeage, mais une courbe d'estimation du débit en crue est possible car le site est adapté. Alternative : camera vidéo vers l'échelle - A mettre en balance avec observateur et Vigicrues flash
tous additionnel	Contacteurs d'avertissement (ou limnimètres intelligents) les plus utiles	++	0	Positionner des systèmes d'alarme locaux sur 2 cours d'eau adaptés pour cela en des sites choisis (Roziès et Hautmont)	Permet de confirmer ou infirmer les alertes pluviométriques (APIC, Radar ou pluviomètres). Intéressant, éventuellement, selon nous surtout pour le Roziès et le Hautmont.	Réagit plus tard que les alertes pluviométriques. Pas forcément beaucoup plus fiables en matière de fausse alerte. Double les coûts si pluviomètres associés dans la commune. Vandalisme possible.	3 à 7000 € d'investissement selon solution choisie (solutions abonnements a investiguer si limnimètres intelligents)	A mettre en balance avec observateurs ou « veilleurs de crue »
tous additionnel	Contacteurs d'avertissement (ou limnimètres intelligents) les moins utiles	+	0	Positionner des systèmes d'alarme locaux sur 3 cours d'eau en plus des 2 précédents en des sites choisis (Rosé, Barrique, Grange)	Permet de confirmer ou infirmer les alertes pluviométriques (APIC, Radar ou pluviomètres).	En plus des inconvénients déjà cités pour les 2 cours d'eau précédents, les délais de réaction de ces trois cours d'eau sont très courts et l'efficacité est amoindrie.	3 à 7000 € d'investissement selon solution choisie (solutions abonnements à investiguer)	Alerte purement pluviométrique (radar ou pluviomètre) à considérer (ou observateur)

Pertinence et faisabilité de systèmes locaux de prévision sur le bassin de la Lèze

Scenarios		Crues BV	Crues Lèze	description	Avantages / atouts	Inconvénients /contraintes	Coûts	Commentaire
Organisation d'ensemble								
Compatible 1 & 2	<i>Autonomie des communes avec un appui préparatoire et technique du bassin pour des systèmes d'alertes locaux</i>	++	++	<i>Support technique et organisationnel de préparation aux crises, l'achat des équipements additionnels et formations à leur usage</i>	Peu de changements car c'est peu ou prou la configuration actuelle avec des supports techniques additionnels	Nécessite des formations techniques pointues de responsables dans les équipes municipales. Difficile à trouver dans les petites communes sans collaboration intercommunale	Par commune suivant décision d'équipement	Choix politique et budgétaire. Statu quo amélioré par quelques instruments additionnels. Voir la compatibilité organisationnelle avec les systèmes d'alerte aux population pressentis de l'axe 3 du PAPI d'intention.
Compatible 2 & 3	<i>Organisation Intercommunale au niveau du bassin (SMIVAL ou équivalent) d'un service d'alerte et d'aide à la décision aux communes (ressources bassin)</i>	+++	+++	<i>Prise en charge technique et organisationnelle d'équipement et de logiciels par une équipe dédiée intercommunale (SMIVAL ou équivalent).</i>	Mise en place d'un groupe d'expertise crues au niveau du bassin avec astreintes et outils d'analyse. Permet une gestion cohérente avec les systèmes d'alerte aux populations.	Impose un nombre important de personnes (au moins 6) qui soient compétentes pour analyser finement la situation hydrométéorologique. Activation possible jour et nuit et durant vacances ;	Coût des astreintes + achats des outils de collecte et d'analyse des données et éventuellement des abonnements adéquats	Idem. Difficile à monter sans collaboration avec d'autres intercommunalités proches soumises aux mêmes problèmes.
1 additionnel	<i>Appui externe d'alerte aux communes par une société de service sur budget intercommunal</i>	++	+++	Alternative au groupe d'experts bassin : Une équipe d'experts en contact direct avec les élus ou responsables de bassin.	Réactivité assurée même pour les événements orageux. Bénéficient d'outils très sophistiqués de prévision. Plus d'agilité que l'organisation pyramidale étatique.	Coût relativement élevé de l'abonnement pour l'ensemble du bassin. Connaissance terrain plus lointaine. Pourraient être débordés en cas de crise majeurs sur plusieurs bassins abonnés au même service.	entre 30 000 et 40 000€ / an a priori d'abonnement pour toutes les communes du bassin.	Certainement la solution la plus simple politiquement et techniquement.