Syndicat Mixte Interdépartemental de la Vallée de la Lèze

DOCUMENT DE REFERENCES HYDROLOGIQUES

Crues majeures, dispositif de vigilance actuel et présentation de l'outil de références locales

Septembre 2013

Rédacteur : DELOTTIER HUGO

Relecteur : BREINIG THOMAS

Rapport réalisé dans le cadre du stage de MASTER 2ème année « Georessources » option « Ressources en eaux » de l'ENSEGID

SMIVAL

Place de l'Hôtel de Ville
31410 SAINT SULPICE SUR LEZE
tél : 05 61 87 38 49 ou 05 61 87 24 11
fax : 05 61 87 24 11
smival@wanadoo.fr – wwww.smival.fr

Sommaire

1. Le bassin versant de la Lèze 4
   1.1. Physiographie et hydrologie 4
   1.2. Géologie et hydrogéologie 4
   1.3. Climat 5
   1.4. Occupation du sol 5
2. Les crues sur la Lèze 7
   2.1. Origines 7
   2.2. Retours d'expériences sur les crues majeures 8
      2.2.1. Crue du 23 juin 1875 8
      2.2.2. Crue du 2 février 1952 8
      2.2.3. Crue du 19 mai 1977 9
      2.2.4. Crue du 10 et 11 juin 2000 11
      2.2.5. Crue du 26 mai 2007 17
      2.2.6. Coup d'eau du 19 janvier 2013 19
      2.2.7. Coup d'eau du 31 mai 2013 22
   2.3. Elements de références 30
      2.3.1. Les débits de pointe 30
      2.3.2. Les débits de plein bord ; références locales et temps de transfert 31
3. Dispositif de vigilance actuel 33
   3.1. Les stations 33
      3.1.1. Utilisation d'une courbe de tarage 33
      3.1.2. Station de Pailhès 34
      3.1.3. Station à Le Fossat 36
      3.1.4. Station à Lézat-sur-Lèze 38
      3.1.5. Station à Labarthe-sur-Lèze 40
   3.2. Les sites internet 42
      3.2.1. Information météorologique 42
      3.2.2. Information hydrologique 45
4. Outil de références locales et courbes de tarages 50
   4.1. Présentation de l'outil 50
   4.2. Ponts de référence 51
   4.3. Analyse statistique 54
      4.3.1. Détermination des coefficients d'apport entre amont et aval 55
      4.3.2. Détermination des vitesses de l'onde de crue 60

4.3.3. Hypothèses 62
4.4. Validation de l'outil sur les crues des 20 dernières années 63
4.4.1. Commentaire sur l'estimation des débits de pointe 64
4.4.2. Commentaire sur l'estimation des temps de transfert de l'onde de crue 65
4.4.3. Précautions d'usage 65
4.5. Exemple d'utilisation de l'outil : la crue du 11 mars 2006 66
5. Conclusion 67

1. Le bassin versant de la Lèze

1.1. Physiographie et hydrologie

La Lèze est un affluent en rive gauche de l'Ariège qu'elle rejoint en aval de la commune de Labarthe-sur-Lèze à 15km de Toulouse. Le linéaire principal est d'environ 70km et la rivière prend sa source dans le Massif du Plantaurel à 80km au sud de la région Toulousaine pour s'étendre sur un bassin versant d'une superficie de 365km².

Surface [km²]	Périmètre [km]	Altitude minimale de la Lèze [m NGF]	Altitude maximale de la Lèze [m NGF]	Plus Long Cheminement Hydrologique [km]	Pente moyenne [%]	Coefficient de Gravellius [-]
365	151	151	380	70	0,3	2,2

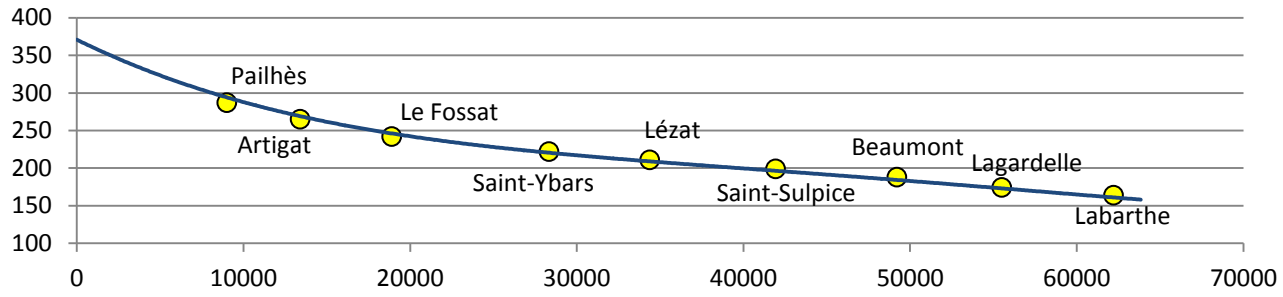


Figure 1 : Représentation simplifiée du profil en long de la Lèze depuis sa source jusqu'à sa confluence avec l'Ariège (MNT)

D'après le Système d'Information sur l'Eau du Bassin Adour-Garonne (SIEBAG), la Lèze est un cours d'eau avec un ordre de Horton de 4.

1.2. Géologie et hydrogéologie

Le bassin versant s'inscrit de manière générale dans les molasses du Bassin Aquitain. Les reliefs du bassin versant de la Lèze sont composés d'affleurements de marnes et d'argiles qui sont fortement soumis à l'érosion et constituent l'apport principal en matière en suspension lors d'une coulée de boue. Il est cependant possible de distinguer 4 formations distinctes :

- Les formations d'altération issue de la molasse (formation élluviale)

De composition limono-sableuse, parfois caillouteuse, ces formations sont présentent sur les sommets assez plats des reliefs et sur les pentes les plus faibles.

- Les formations molassiques solifluées sur les pentes (formations colluviales)

Ces formations sont argilo-limoneuses plus ou moins sableuses avec parfois des cailloux de marnes, de calcaires ou de grès. Elles sont situées sur les versants molassiques qui caractérisent la partie médiane du bassin versant de la Lèze.

- Les formations alluvionnaires

Elles sont constituées de graves recouvertes par un limon déposé en période de crues débordants en lit majeur du cours d'eau. Elles forment la plaine alluviale actuelle de la Lèze.

D'après la notice de la carte géologique n° XX-45 de CAZERE, d'un point de vue hydrogéologique, la région de coteaux a des sources assez régulières de petit débit. Les plus générales sont les sources de tête de vallon où se concentrent les eaux qui traversent les formations superficielles du bassin de réception; lorsque ces sources sont en plus alimentées par des nappes venues de niveaux caillouteux ou sous les niveaux calcaires de la molasse, elles peuvent avoir de bons débits et soutenir un débit non négligeable en période de crue. La contribution du milieu souterrain et de son état de saturation en période de crue sur la Lèze est par conséquent déterminante dans la rapidité de la réponse hydrologique des sous bassins versants.

1.3. Climat

La caractéristique climatique de la vallée de la Lèze peut être distinguée entre amont et aval. La partie amont (sud de Pailhès) est fortement influencée par des précipitations orographiques à cause du proche relief pyrénéen. C'est la zone qui sera le plus arrosée du bassin versant avec plus de 1000 mm par an (AGERIN, 2006). En aval de Pailhès, les précipitations annuelles sont inférieures à 800mm. Les plus fortes pluies sont constatées pendant les mois de mai ; juin et juillet. Les évènements orageux sont également fréquents et sont à l'origine des ruissellements de versants des affluents de la Lèze. La neige joue un rôle mineur dans le fonctionnement hydrologique de la Lèze du fait des altitudes modestes du bassin versant.

1.4. Occupation du sol

L'activité principale est représentée par une agriculture d'élevage en amont de Pailhès et de cultures à l'aval. Depuis 1988, les surfaces irrigables ont augmentées de 15% environ et se localisent le long de la Lèze et des retenues collinaires. La population est en constante progression et la construction de logement augmente par conséquent la part des surfaces imperméabilisées. Les communes les plus sollicitées sont Labarthe ; Lézat et Le Fossat (AGERIN, 2006).

Outre l'impact des surfaces imperméabilisées sur le ruissellement, pour la majorité des surfaces cultivées, la principale problématique concerne la lutte contre l'érosion hydrique avec des conséquences sur la qualité de l'eau et sur l'inondabilité des bourgs (SMIVAL, 2010). Un sol agricole travaillé est soumis à un phénomène qui accentue le ruissellement en période de pluie (Pierre-Alain Roche, 2012). Ce phénomène dit de battance est présent et joue un rôle important sur un bassin versant agricole.

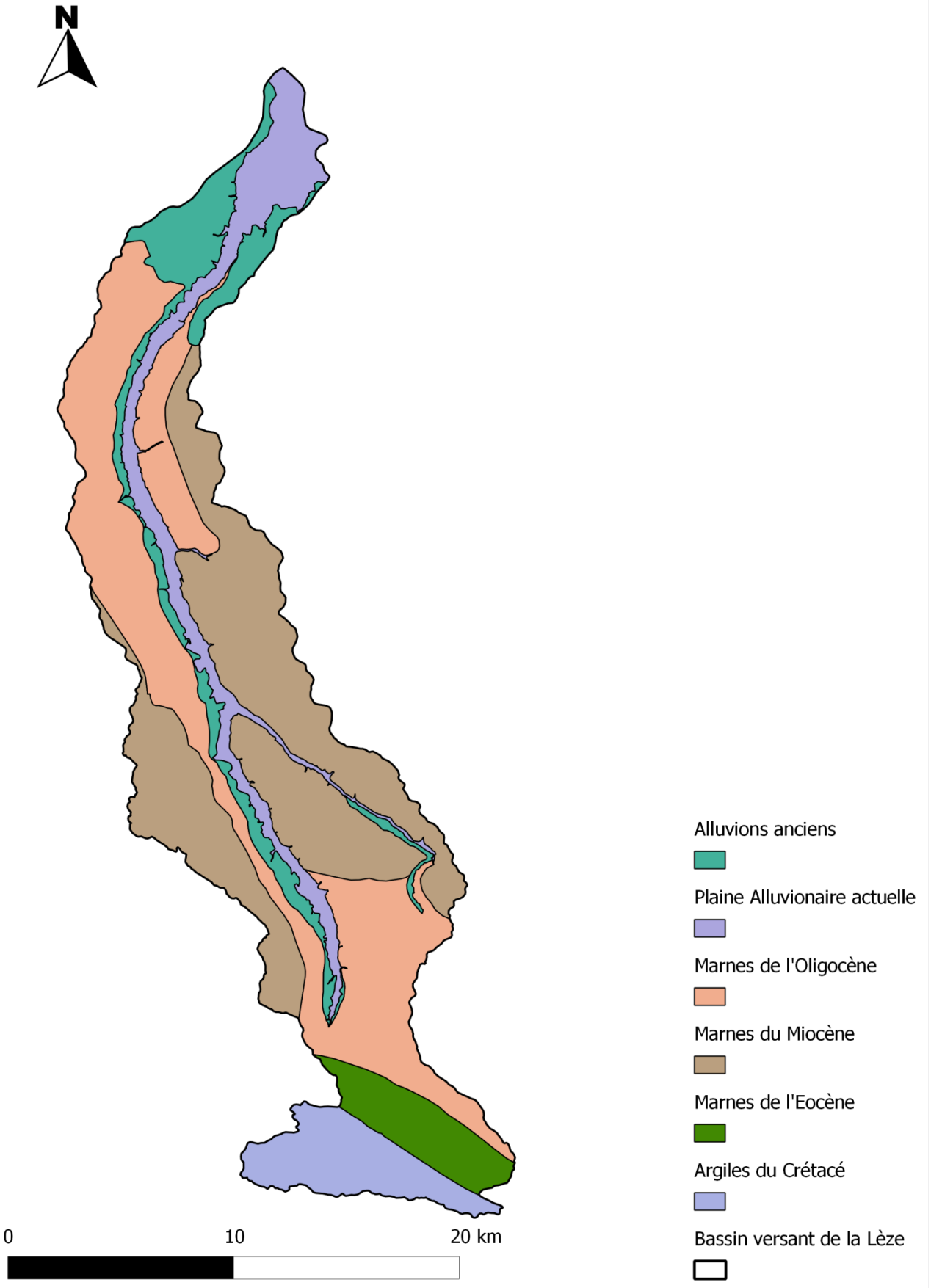


Figure 2 : Géologie générale du bassin versant de la Lèze

2. Les crues sur la Lèze

2.1. Origines

En hydrologie, une crue est définie comme « *une montée temporaire des eaux des les différentes parties d'un cours d'eau* » (Pierre-Alain Roche, 2012). Elle peut être d'origine pluviale ou nivale ou les deux combinés. Cependant, la neige étant rarement présente en amont du bassin versant, les crues de la Lèze sont généralement d'origine pluviale. Il est possible de différentier deux principaux types de crues sur le bassin versant de la Lèze :

- Les crues de la Lèze

Une crue de la Lèze est relativement rapide avec des temps de transferts entre amont (Pailhès) et aval (Labarthe) qui varient de 3h à 30h. Une crue sur la Lèze peut donc être caractérisée comme « *crue rapide* ». Elle peut, soit être formée par des pluies sur l'amont du bassin versant et s'écouler ensuite vers l'aval, soit être la conséquence d'une pluie sur l'aval du bassin versant. Mais une pluie sur l'ensemble du bassin versant de la Lèze peut aussi être à l'origine d'une crue de la Lèze. Dans ce troisième cas, l'ensemble des sous bassins versants de la vallée seront pourvoyeurs de débits. La crue de la Lèze est donc représentée dans cette hypothèse par une combinaison d'apports intermédiaires et par exemple un pic de crue atteint à l'aval avant qu'il ne le soit à l'amont. Une crue sur la Lèze n'est par conséquent jamais la même et très liée à la répartition sur la vallée de la pluie génératrice.

- Les crues des affluents de la Lèze

Ces crues sont caractérisées de « *crues-éclair* » et définies comme « *provoquées par des précipitations particulièrement intenses, orageuses et des conditions favorisant le ruissellement et la concentration des volumes précipités* » (Pierre-Alain Roche, 2012). Elles se forment sur les affluents de la Lèze avec des temps de montée et de transfert très court (une à quelques heures). Les bassins versants concernés représentent 80% de la vallée et constituent la zone médiane du bassin versant de la Lèze. Ces crues peuvent aussi être chargées en transport solide en conséquence d'un pouvoir érosif élevé (phénomène de coulée de boue). Enfin, le taux d'imperméabilisation important en aval de ces sous bassins versants est parfois un facteur aggravant. Les dommages sont souvent matériels avec une dégradation des routes, parcelles agricoles et habitations La crue de mai 2007 est représentative d'une crue sur un affluent de la Lèze.

En règle générale, les facteurs suivants ont pour conséquence d'aggraver le phénomène de crue :

- Combinaison d'apports

C'est la somme de petites crues en amont qui constituent une crue plus importante en aval.

- Plusieurs perturbations successives

Représente la somme de quelques pluies de faible intensité qui ont pour conséquence de saturer le sol.

- Urbanisation

Accentuation du ruissellement par le développement de surfaces imperméabilisées.

- Embâcles en lit mineur

Réduction de la capacité du lit mineur du cours d'eau et aggravation du risque de débordement.

- Ouvrages hydrauliques

Influence hydraulique traduisant généralement une surélévation de la ligne d'eau à l'amont.

2.2. Retours d'expériences sur les crues majeures

2.2.1. Crue du 23 juin 1875

La crue de 1875 est la plus importante connue dans la vallée de la Lèze (Joséphine Arsaguet, 2011). Cependant, il n'existait à l'époque pas de station hydrologique sur la Lèze. Un seul repère de crue est identifié sur la pile du pont de la voie ferrée qui traverse la Lèze à Labarthe. La station météorologique du col de Sencours, au pied du Pic du Midi de Bigorre, relève 360 mm entre les 20 et 24 juin 1875. Suite à cette crue s'est développé l'endiguement du cours d'eau ainsi que la mise en place de la première station limnimétrique à Le Fossat (Joséphine Arsaguet, 2011).

Cette crue a généré une inondation sur toute la plaine de la Lèze. Elle a causé la mort de cinq personnes au Vernet et la destruction de trente maisons et de quinze étables.

A Lézat, deux maisons ont été détruites. Enfin, cette crue a causé des dommages très importants à Pailhès, Artigat, Le Fossat, Sainte Suzanne, Saint Ybars, Massabrac, Saint Sulpice, Montaut, Beaumont, Lagardelle et Labarthe.

2.2.2. Crue du 2 février 1952

La Lèze a débordé en premier à Lagardelle et le jour suivant sur Le Vernet. Le village de Labarthe sur Lèze étant beaucoup moins développé (450 habitants au lieu de 6000 aujourd'hui), il n'a pas subi de dégâts importants. C'est donc une crue qui a touché en majorité la plaine d'inondation aval de la Lèze avec des dommages importants sur les terres agricoles au Fossat, Saint Ybars, Massabrac, Lézat, Saint Sulpice, Montaut, Beaumont, Le Vernet, Lagardelle et Labarthe. La station à Le Fossat a enregistré une ligne d'eau à 3,95m sur l'échelle limnimétrique soit un débit de 55 m^3/s.

2.2.3.Crue du 19 mai 1977

La crue de 1977 arrive simultanément avec une crue sur l'Ariège. La crue a inondé toute la plaine d'inondation de la Lèze. Il y a eu des évacuations de maisons, de fermes et aussi du camping au Fossat. Des dommages sont déclarés à Sainte Suzanne, Saint Ybars, Massabrac, Saint Sulpice, Montaut, Beaumont, Le Vernet, Lagardelle et Labarthe. Grâce à la mise en place de deux stations limnimétriques supplémentaires, il a été possible de représenter l'hydrogramme de crue aux stations d'Artigat, de Lèzat et de Labarthe (Figure **3**).
Au vu de l'analyse de l'hydrogramme il est possible de distinguer un pic de crue principal. Ce dernier atteint 75 m^3/s à Lézat à 22h50 le 19 mai, soit 11h10 après Artigat. Enfin, la station de Labarthe voit le pic de crue arriver à 21h30 le 20 mai. L'onde de crue met donc 22h40 entre Lézat et Labarthe.

La baisse du débit à Artigat est peut être la résultante d'un arrêt de la pluie en amont du bassin versant pendant qu'à l'aval la pluie était toujours présente (augmentation du débit à Lézat et Labarthe). Le second pic de crue est probablement généré par la reprise d'une pluie généralisée sur le bassin versant.

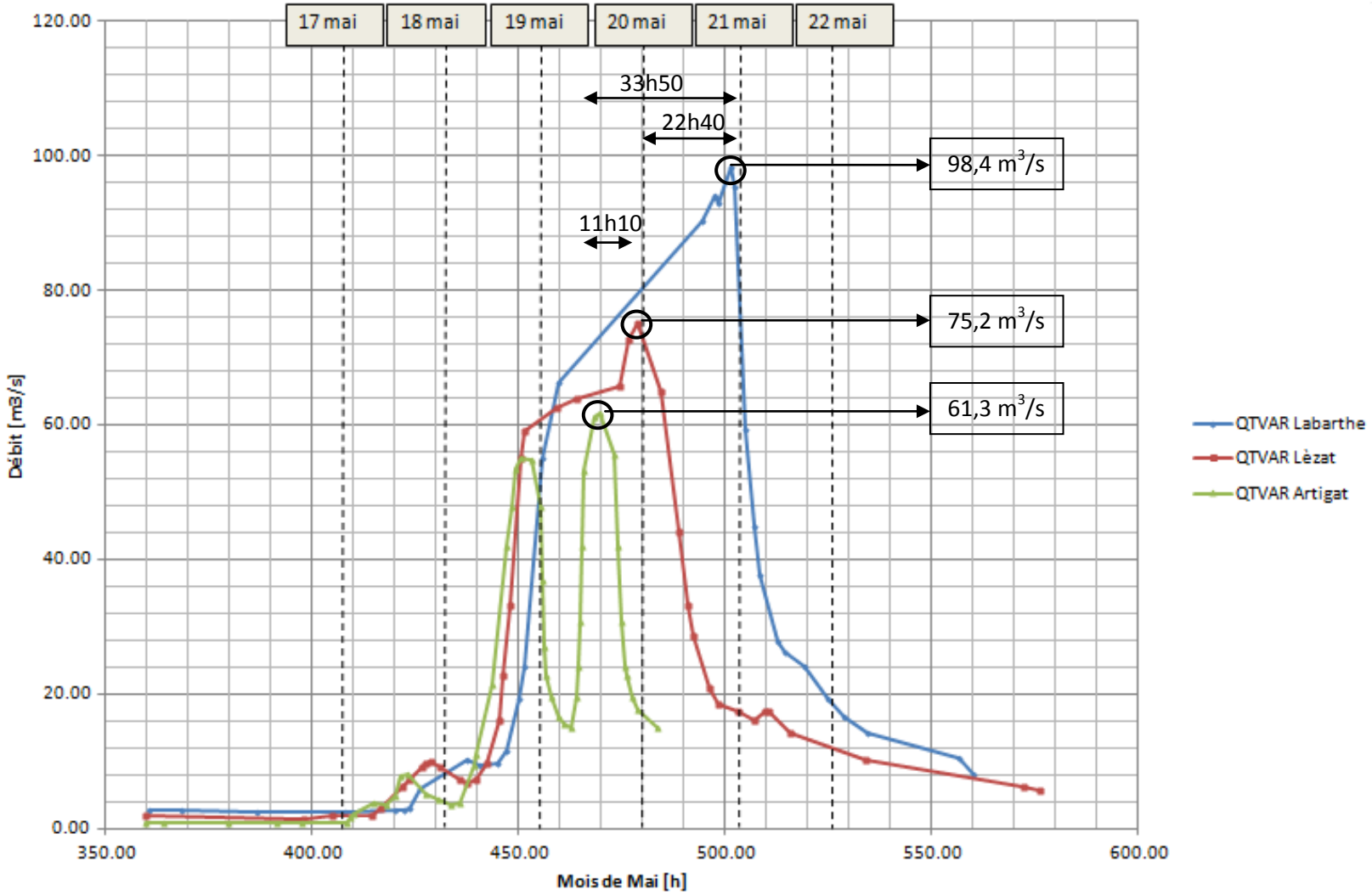


Figure 3: Débit à pas de temps variable pour la période du 15 au 20 mai 1977 (données DREAL)

2.2.4.Crue du 10 et 11 juin 2000

La crue de juin 2000 est la plus importante depuis juin 1875 d'après la gravité des dégâts constatés. D'importantes informations ont pus être relevées. Elle constitue l'évènement de référence d'un point de vue pluviométrique mais aussi hydraulique. De ce fait, l'étude hydraulique réalisée par le bureau d'étude CACG permet de reconstituer les hydrogrammes à partir de limnigrammes. Ainsi, il est possible de reconstituer les volumes écoulés sur le long de la vallée de la Lèze (Figure **4** ; Figure **5** ; Figure **6** et Figure **7**).

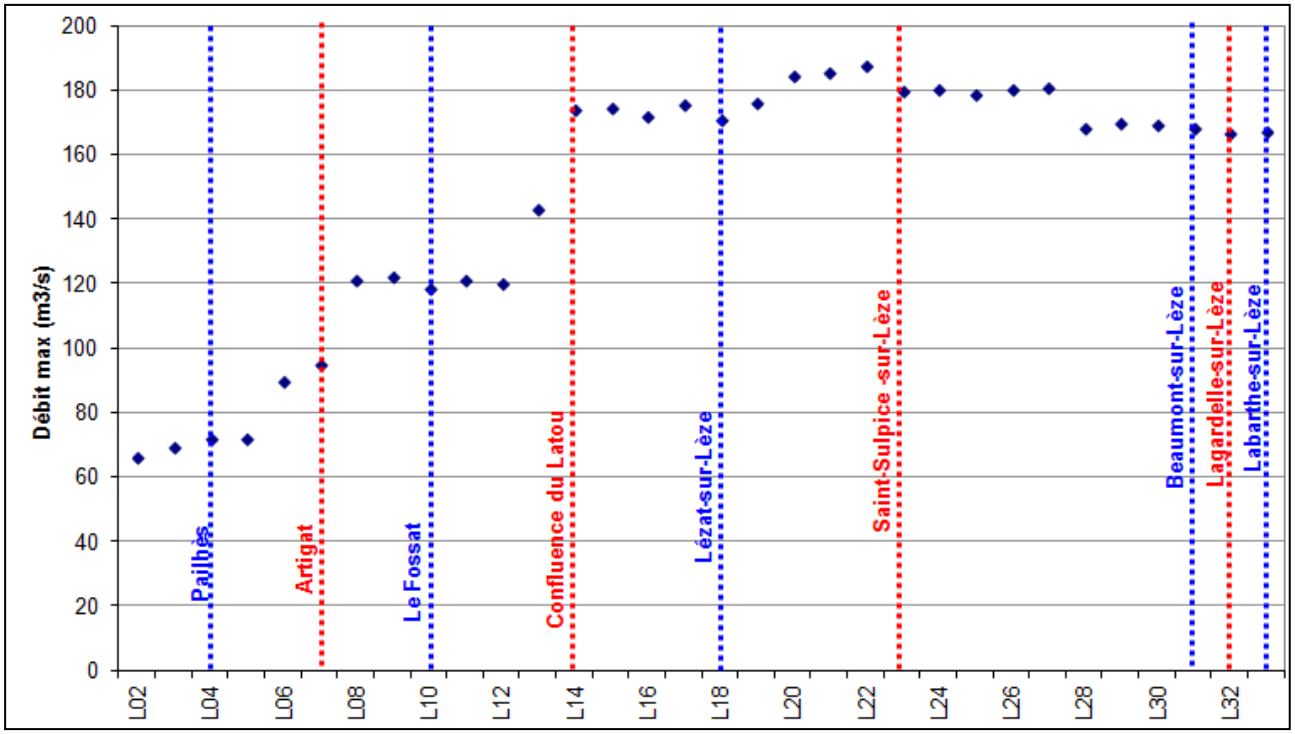


Figure 4: Evolution du débit maximum dans la vallée (CACG, 2011)

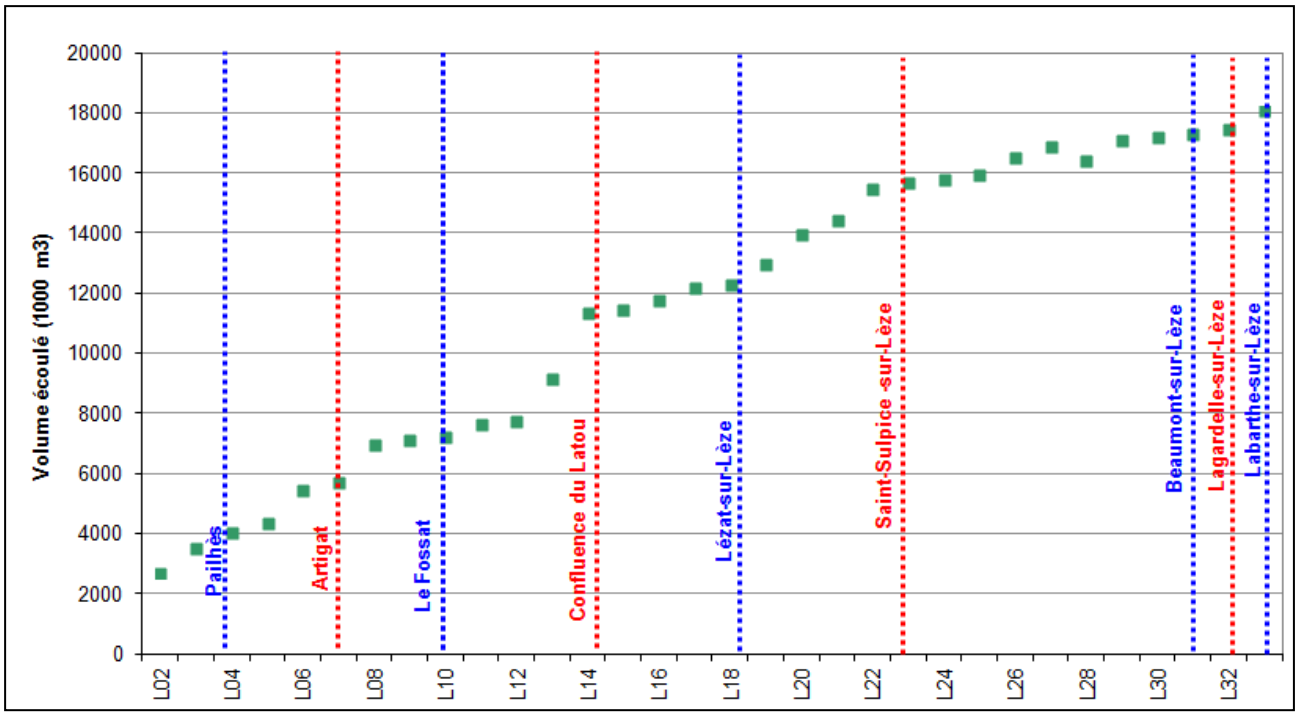


Figure 5: Evolution du volume écoulé dans la vallée de la Lèze (CACG, 2011)

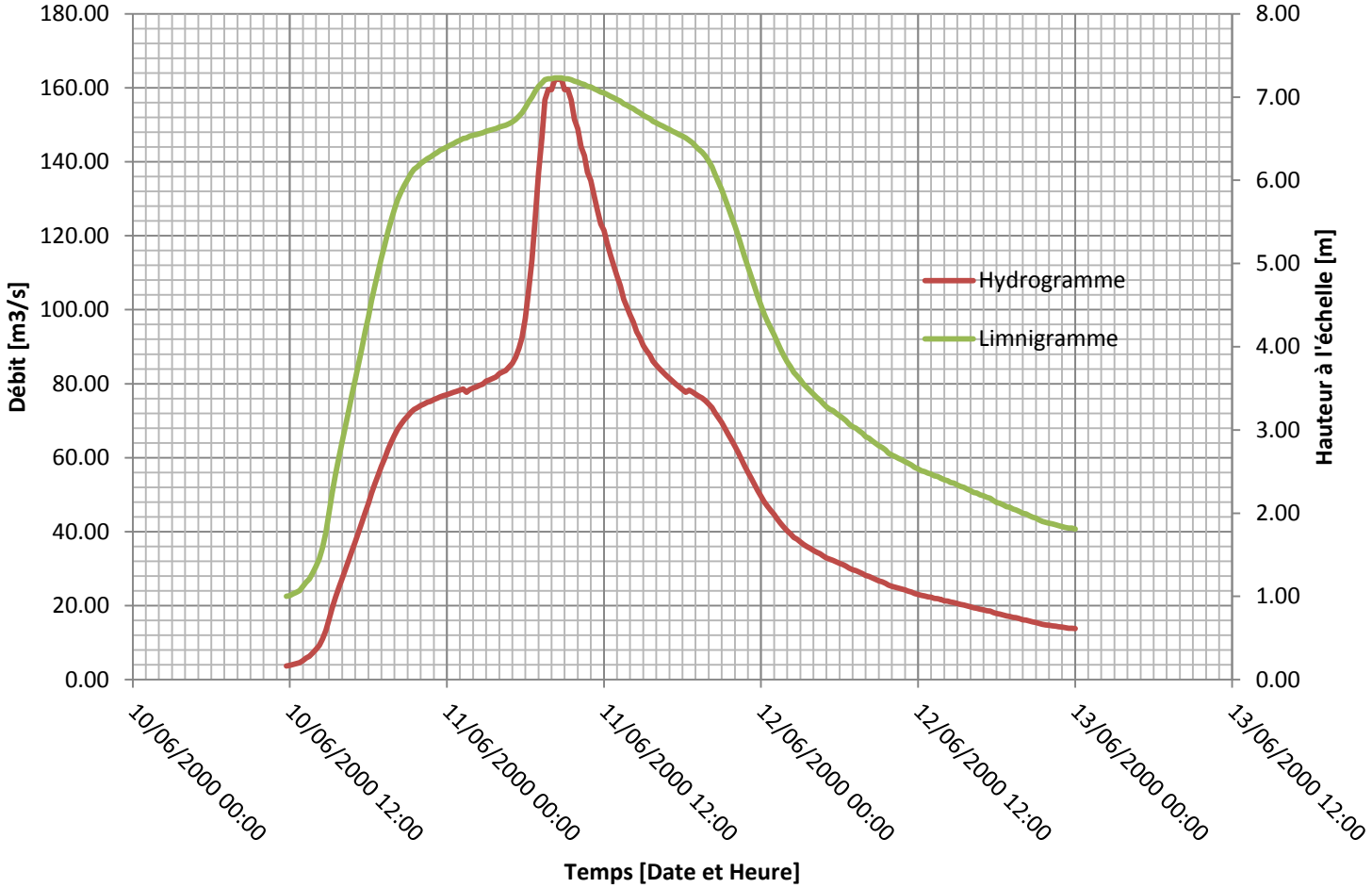


Figure 6: Hydrogramme et Limnigramme pour Lézat-sur-Lèze pour la crue du 10 et 11 juin 2000 (CACG, 2011)

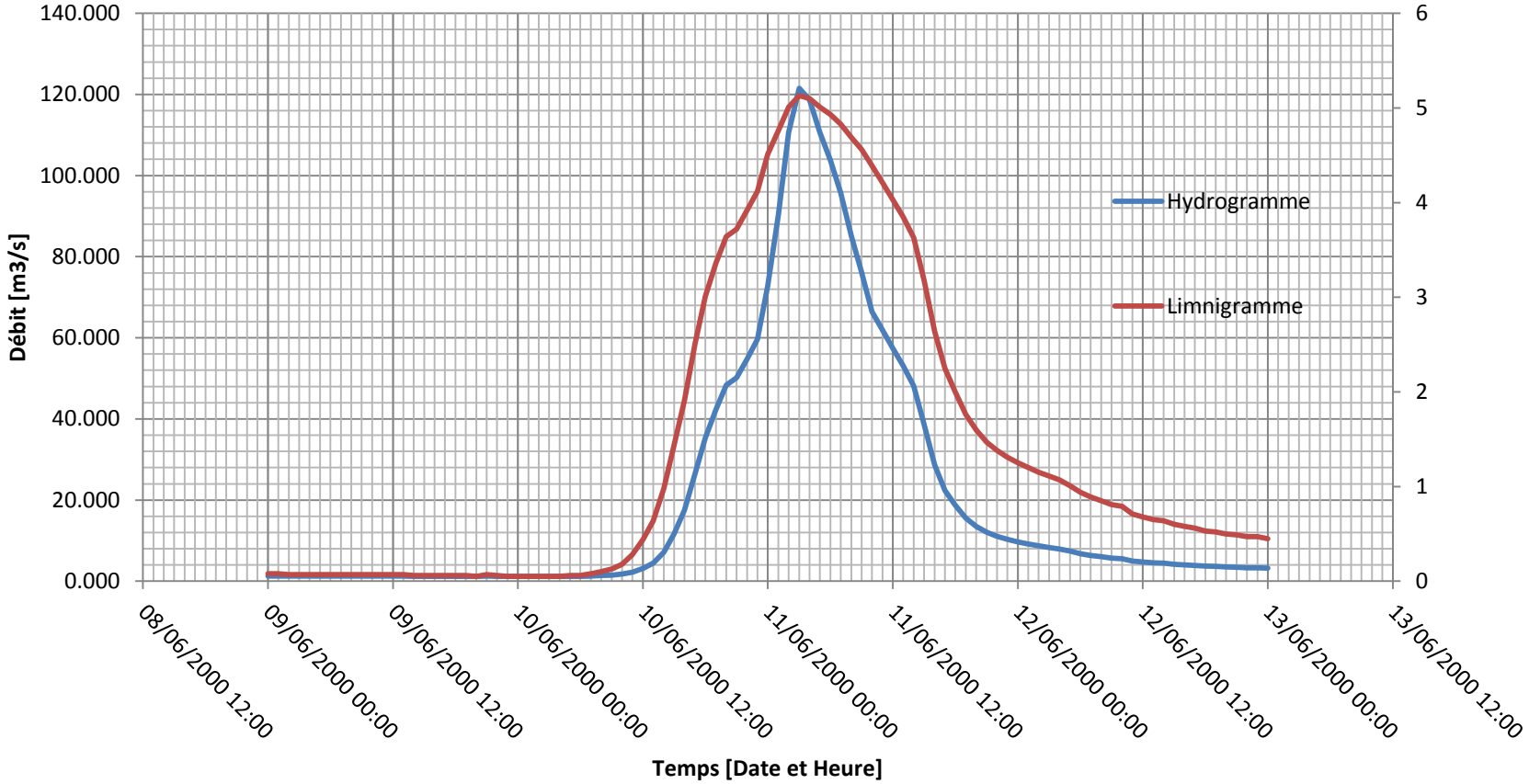


Figure 7: Hydrogramme et Limnigramme à Le Fossat pour la crue du 10 et 11 juin 2000 (CACG, 2011)

D'après la Figure **4** et la Figure **5**, il est possible d'affirmer qu'à partir de la confluence du Latou, le débit maximum n'augmente quasiment pas alors que le volume continue à progresser. Ce passage correspond à une augmentation « soudaine » de la largeur de la vallée, à partir de laquelle la crue s'étale transversalement autant qu'elle progresse vers l'aval. Cela traduit la compensation des apports par un laminage effectué par les zones naturelles d'expansion et d'étalement dans la zone aval du bassin versant de la Lèze. L'hydrogramme de Lézat présente un débit de pointe de 162m^3/s qui est cependant considéré égal à 170m^3/s après corrections par le bureau d'étude CACG. Le débit de pointe pour Le Fossat est de 120m^3/s. Le temps de transfert de l'onde de crue entre Lézat et Le Fossat est de 5h15.

Pour ce qui est de la pluie génératrice, elle s'est abattue sur l'ensemble de la vallée de la Lèze avec cependant une prédominance sur la partie amont (Figure **8**). Durant le mois de mai 2000 il est tombé en moyenne 50mm sur le bassin de la Lèze, répartis sur le mois. Trois jours avant la crue un épisode pluvieux de 35mm a contribué à la saturation des sols à 80%. Le 8 juin, les niveaux étaient prêts à réagir (Figure **9**).

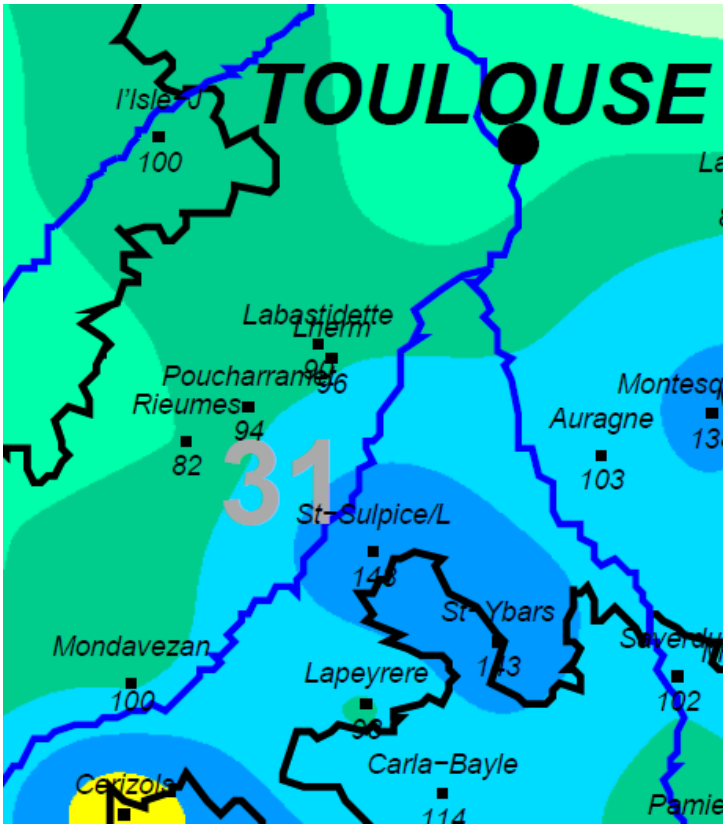


Figure 8 : Extrait de la cartographie du cumul des précipitations (en mm) pour la période du 9 juin 6h00 au 11juin 6h00 (Météo France)

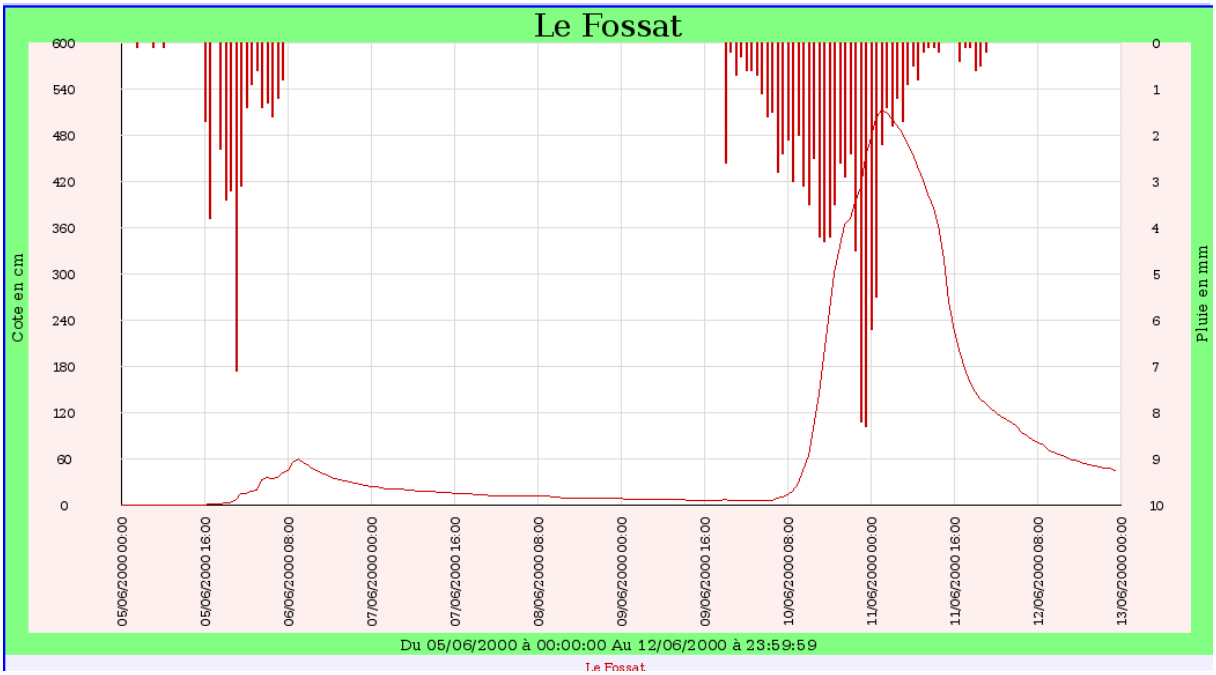


Figure 9: Limnigramme de la station Le Fossat pour la période du 6 juin au 12 juin 2000 (DREAL)

La crue de juin 2000 est formée par 48h de pluie avec un cumul de pluie d'environ 100 mm et une intensité maximum de 8mm/h. L'intensité moyenne est de 2mm/h avec une vitesse moyenne de montée d'environ 30cm/h pour la station à Le Fossat. La ligne d'eau atteint une hauteur de 5,12m à l'échelle limnimétrique de Le Fossat à 3h00 la nuit du 11 juin 2000.

Les débits de pointe sont pour Artigat, Lézat-sur-Lèze et Labarthe respectivement de 95, 170 et 167 m^3/s. Le temps de transfert entre Lézat-sur-Lèze et Labarthe est d'environ 15h09mn.

2.2.5.Crue du 26 mai 2007

Les mois de mai et juin 2007 ont été particulièrement pluvieux en amont du bassin versant de la Lèze avec notamment 241mm enregistré à Massabrac en mai 2007.

La crue de mai 2007 fait suite aux orages du 25 et 26 mai 2007. Deux épisodes pluvieux distincts qui se chevauchent (Figure **10**: Précipitations du 25 mai à 18h au 26 mai 3hFigure **10**) :

- Le premier de 18h à 20 h concerne d'abord le secteur du Mas d'Azil (36 mm à 19h) et évolue ensuite vers le Fossat (45 mm en une heure) et dans une moindre mesure, Pailhès. Les cumuls 3 heures dépassent les 60 mm au Mas d'Azil et au Fossat.
- Le second se produit sur les coups de minuit et finit vers 1 h et concerne le sud de la zone (Le Mas d'Azil) pour atteindre Pailhès et le Fossat. Les précipitations sont supérieures à 20 mm en 2 heures.

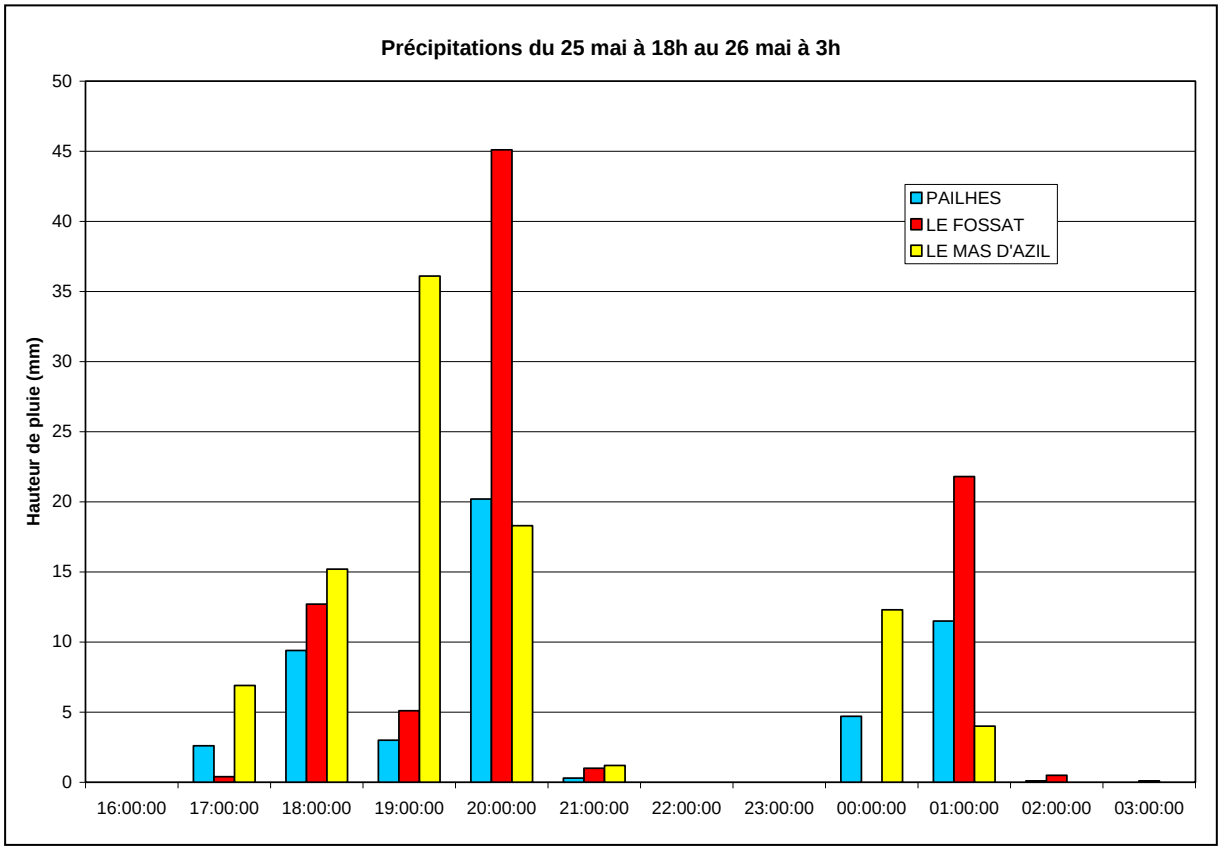


Figure 10: Précipitations du 25 mai à 18h au 26 mai 3h

La succession des deux orages a aggravé les conséquences de tels abats d'eau. Le premier orage a contribué à saturer les terrains et à encombrer les talwegs et ruisseaux permettant au deuxième orage d'engendrer des ruissellements très conséquents et de provoquer une forte montée des eaux.

La régionalisation des précipitations s'avère assez difficile puisque, plusieurs levées de pluie de particuliers rendent compte de la présence de nombreuses cellules ponctuelles très intenses (AGERIN, 2007).

L'analyse des débits à pas de temps variable permet de statuer sur des valeurs de débits de pointe pour la Lèze de 67,2 m^3/s à Lézat-sur-Lèze et de 87,7 m^3/s à Labarthe. Le temps de transfert entre Lézat et Labarthe est estimé suivant la figure 9 à 8h45. Cela correspond au décalage entre le pic de crue de Lézat et celui de Labarthe.

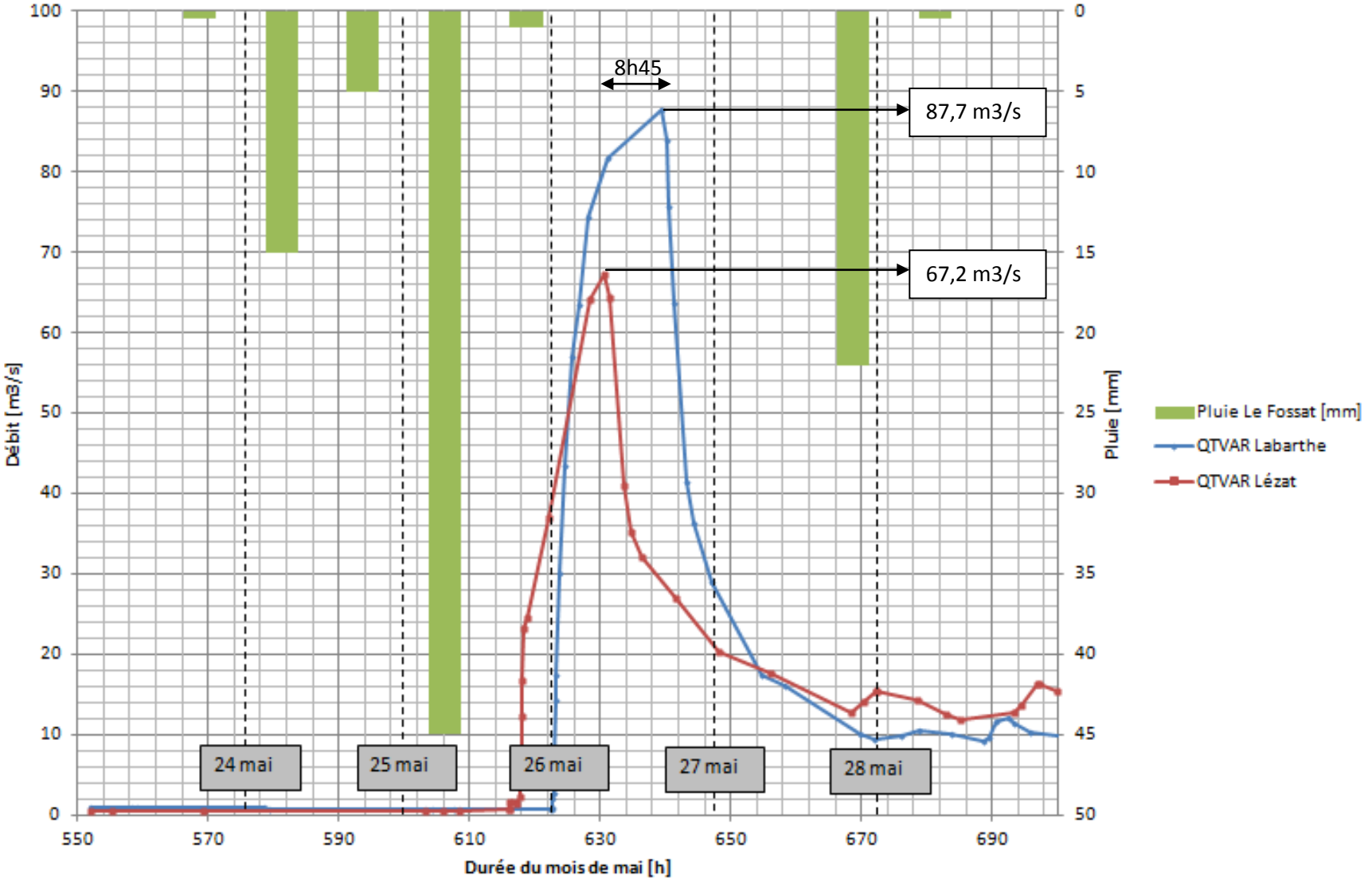


Figure 11: Débit à pas de temps variable pour la période du 24 au 28 mai 2007 (données DREAL)

2.2.6.Coup d'eau du 19 janvier 2013

Un premier épisode de pluie a touché la vallée de la Lèze les mardi 15 et mercredi 16 janvier, avec des précipitations de l'ordre de 10 mm par 24h. Celui-ci a conduit à une saturation des sols et à une réaction modérée du niveau de la Lèze, une première fois dans la journée du 15 puis une seconde fois un peu plus marquée dans la nuit du 16 au 17 janvier.

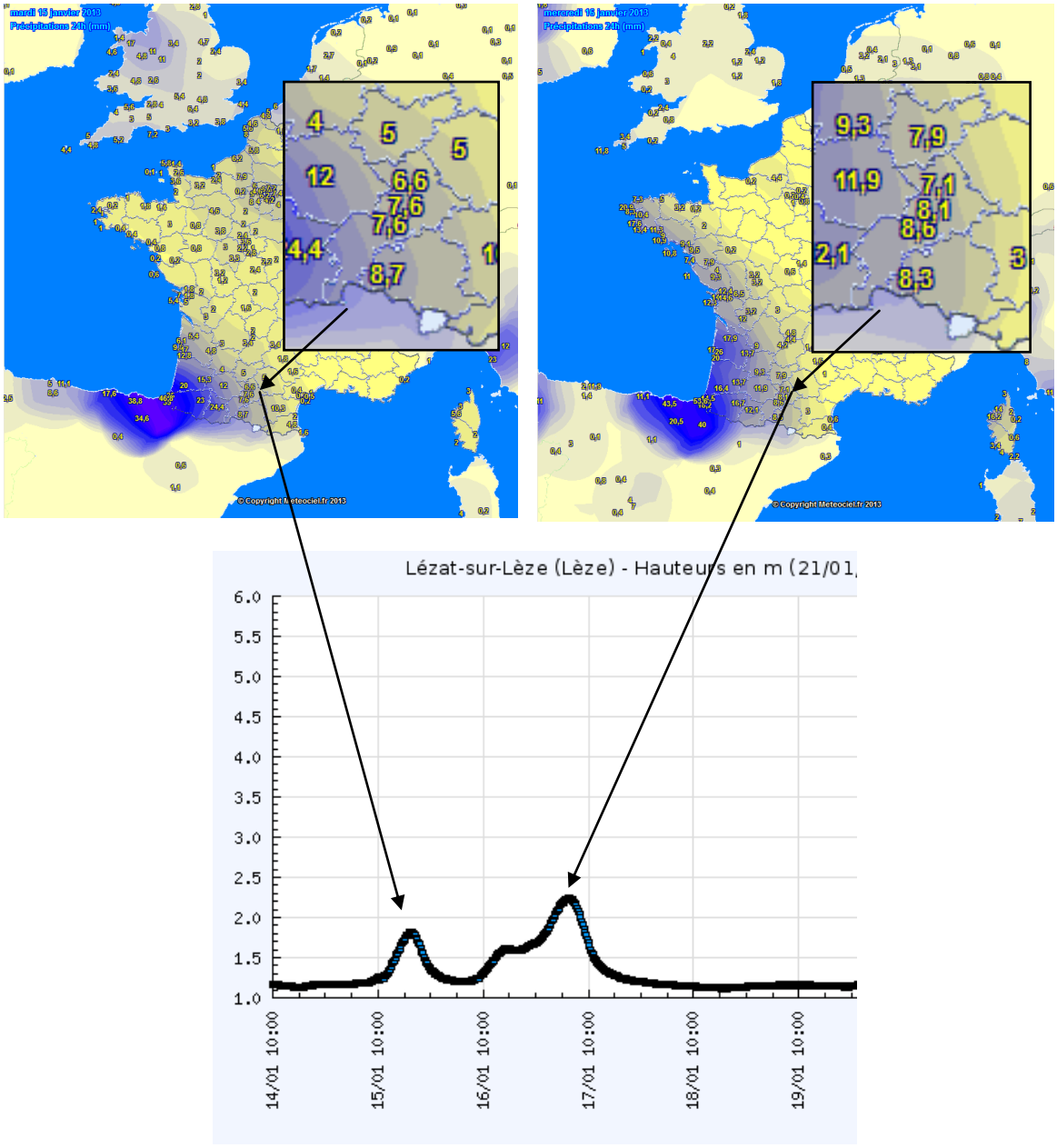


Figure 12 : Pluies génératrices des hauteurs d'eau relevées à Lézat (Météociel et DREAL)

Après cet épisode, le retour d'un temps plus sec permet à la Lèze de revenir à son niveau de base, sans toutefois ressuyer complètement les sols qui demeurent gorgés d'eau.

La pluie recommence à tomber en début de soirée le samedi 19 janvier. 20 mm de précipitations sont mesurées au Fossat et de l'ordre de 40 mm sur le secteur médian (Lézat – Saint Sulpice).

Du fait de l'état de saturation des sols à ce moment là, la Lèze réagit très vite avec une montée très rapide de son niveau constatée vers minuit au Fossat, mais surtout à Lézat et à Labarthe.

La Lèze atteint vers 12h00 son niveau maximal à Lézat : 5,40 m soit un débit de l'ordre de 60 m³/s. Le pic est atteint à Labarthe vers 18h avec 1,80 m à la station, soit un débit de 75 m³/s. Le temps de transfert du pic de crue est d'environ 8h entre Lézat et Labarthe :

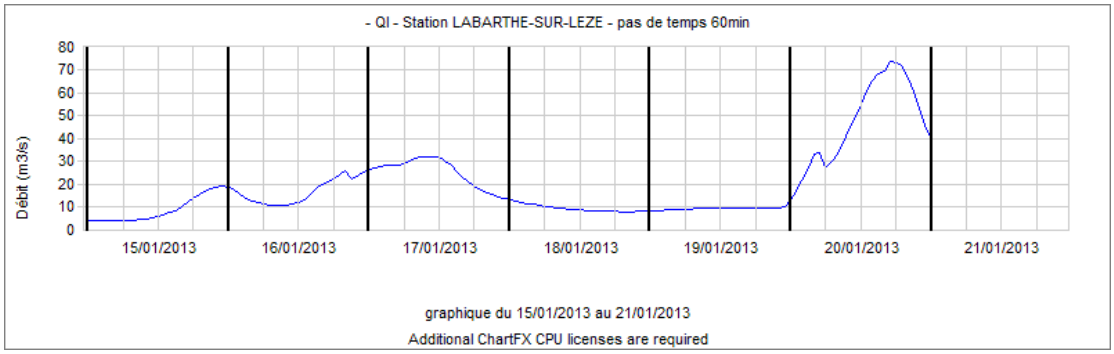


Figure 13 : Débit instantané au pas de temps horaire entre le 15janvier et le 20 janvier 2013 à la station de Labarthe (Serveur producteur)

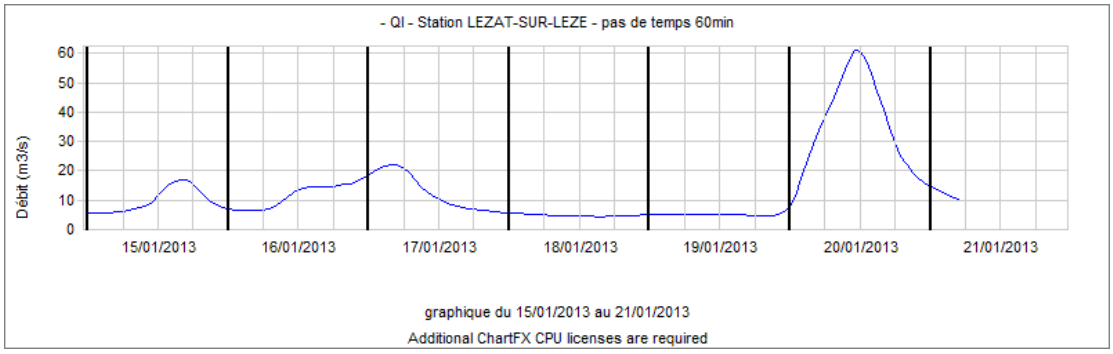


Figure 14 : Débit instantané au pas de temps horaire entre le 15janvier et le 20 janvier 2013 à la station de Lézat (Serveur producteur)

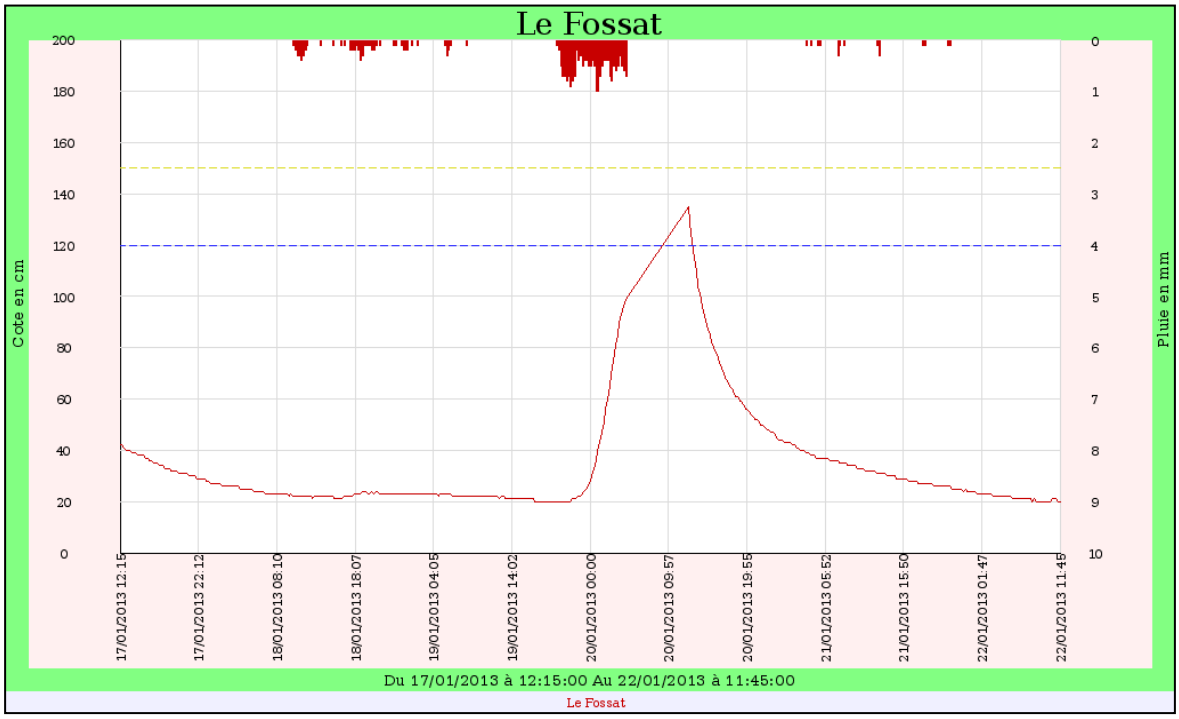


Figure 15 : Limnigramme à Le Fossat pour la période du 17 janvier au 22 janvier 2013 (DREAL)

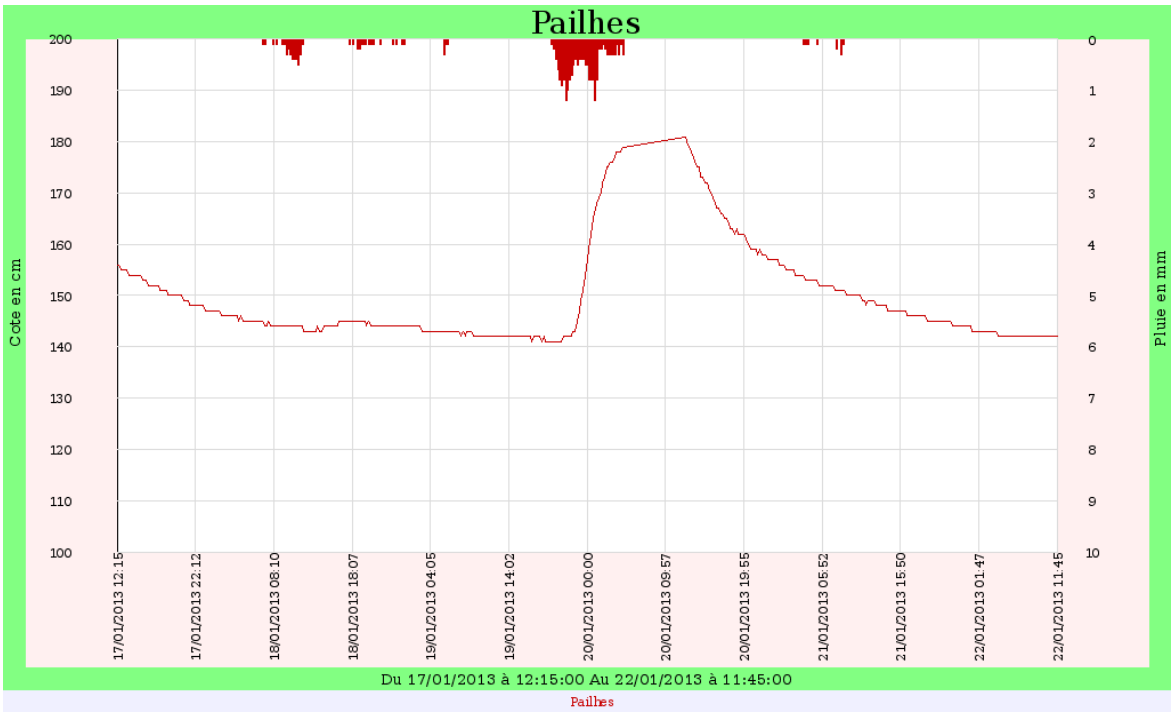


Figure 16 : Limnigramme à Pailhès pour la période du 17 janvier au 22 janvier 2013 (DREAL)

Concernant la partie amont, le pic de crue est atteint à Pailhès et à Le Fossat environ vers 12h30. La hauteur à l'échelle de Pailhès est de 182mm qui revient à un débit de 10,1m^3/s. Concernant Le Fossat, la hauteur est de 135mm soit un débit de 10,7m^3/s. Le temps de transfert entre Pailhès et Le Fossat ne peut pas être estimé correctement. L'essentiel des pluies est ainsi tombé sur le bassin médian et aval, aboutissant à un petit coup d'eau sur le haut du bassin (jusqu'à la confluence du Latou) et à une crue de plein bord avec des débordements limités sur le bassin aval. A partir de Lézat, les apports des versants et affluents (Rosé, Vermeil…) ont manifestement gonflé la Lèze qui a ainsi atteint une crue de plein bord, avec par exemple 5,40 m à la station de Lézat pour un débordement à partir de 5,70 m.

2.2.7.Coup d'eau du 31 mai 2013

2.2.7.1. Les pluies

Les départements de la Haute Garonne, des Pyrénées-Atlantiques, de l'Ariège et des Hautes-Pyrénées ont été touchés par un cumul de précipitations conséquentes sur une durée de 24h qui viennent s'ajouter aux quantités déjà importantes tombées ce moi-ci. Ces pluies sont originaires d'un flux nord-ouest qui vient buter sur le relief pyrénéen.
La hauteur cumulée de pluies précipitées est de 37,9 mm au Fossat et de 41 mm à Paihès.
Sur les dernières 24h du vendredi 31 mai 2013 à 14h, une moyenne de 44 mm de cumul de pluie a pu être observée.

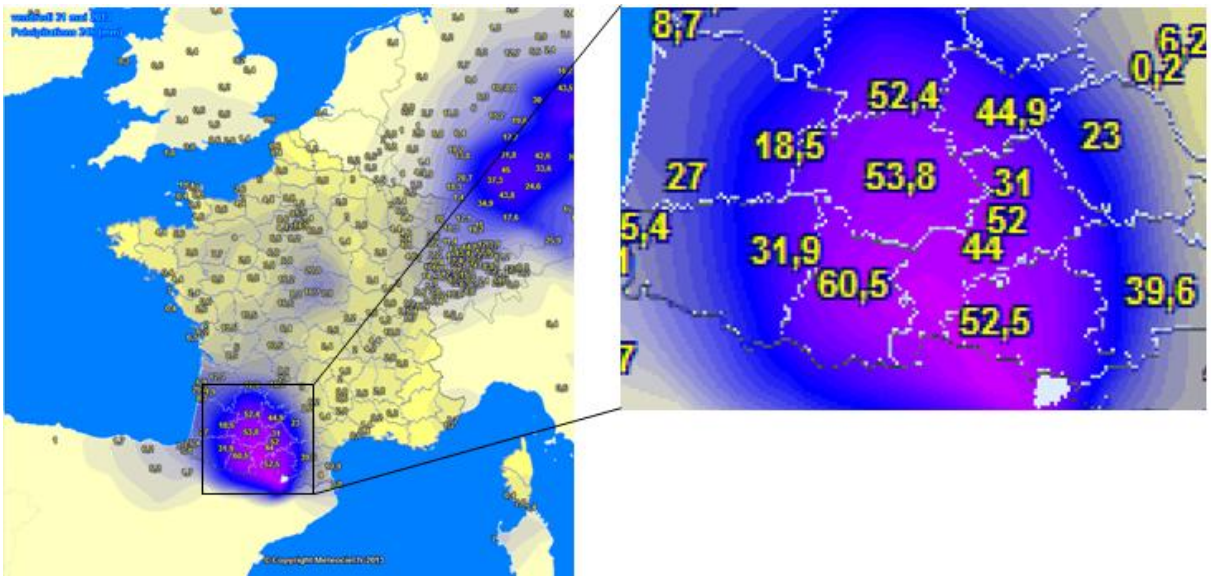


Figure 17: Cumul de pluie entre le 30 mai 14h et le 31 mai 14h (Source : Météociel)

La pluie est de type triangulaire et peut être découpée en trois phases (Figure 2). Ces 3 phases sont séparées par une intensité minimum sur au moins 2 h. Chacune des 3 phases sont marquées par une intensité maximale.
Les pluies commencent à tomber le 30 mai en début d'après midi et atteignent déjà une intensité de 2 mm/h pour Le Fossat et 3mm/h pour Pailhès vers 17h (Phase 1). Les précipitations baissent en fin de journée sans totalement s'arrêter plus de 30 minutes.
C'est dans la nuit du 30 au 31 mai que les précipitations reprennent en intensité avec une valeur maximum atteinte à Pailhès de 9,2 mm/h. Au même moment, l'intensité de la pluie à Le Fossat était de 10,8 mm/h (Phase 2). L'intensité de la pluie diminue ensuite jusqu'à 4h du matin avec un second pic de 7,2mm/h au Fossat. Le second pic à Pailhès est arrivé à 2h45 avec 4,4mm/h. L'intensité de la pluie diminue ensuite au petit matin à 6h.
La pluie reprend en intensité le matin du 31 mai avec un dernier pic de 4.4 mm/h à 10h15 pour Pailhès et de 2,4 mm/h à Le Fossat au même moment (Phase 3).

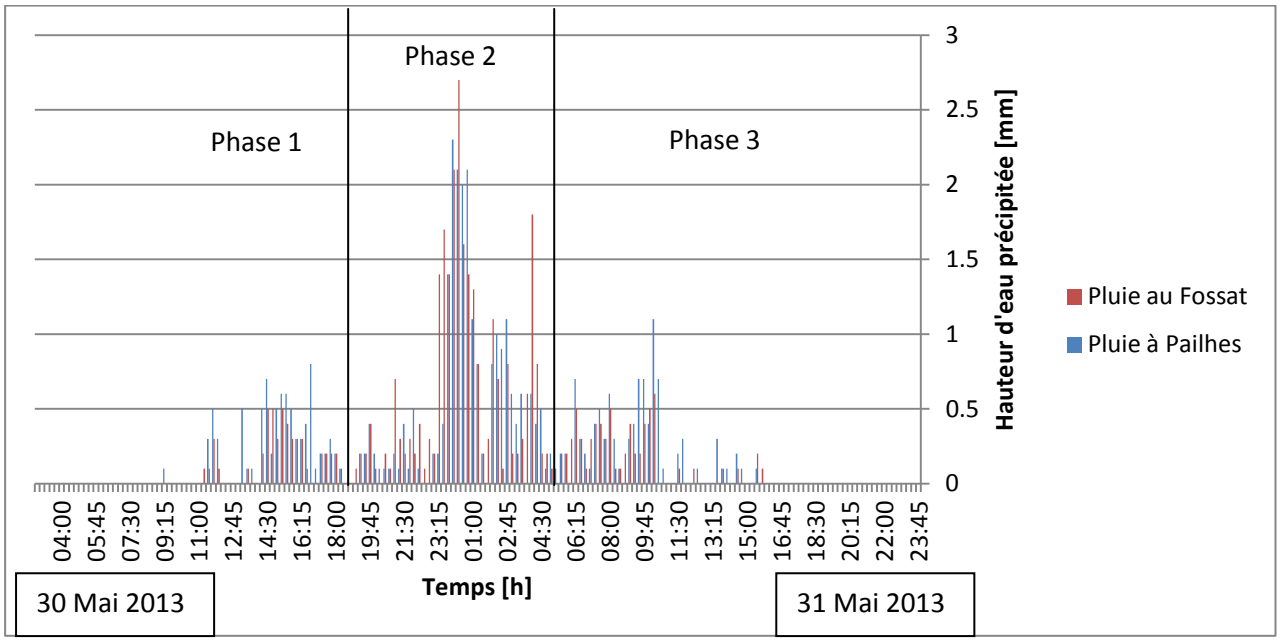


Figure 18: Pluviogramme du 30 au 31 Mai 2013 (données Portail de Bassin Adour Garonne)

La pluie a repris le matin du samedi 1 juin pendant 4h30(Figure 15). Les intensités maximales sont de 4,4mm/h pour Pailhès et de 2,8 mm/h pour le Fossat.

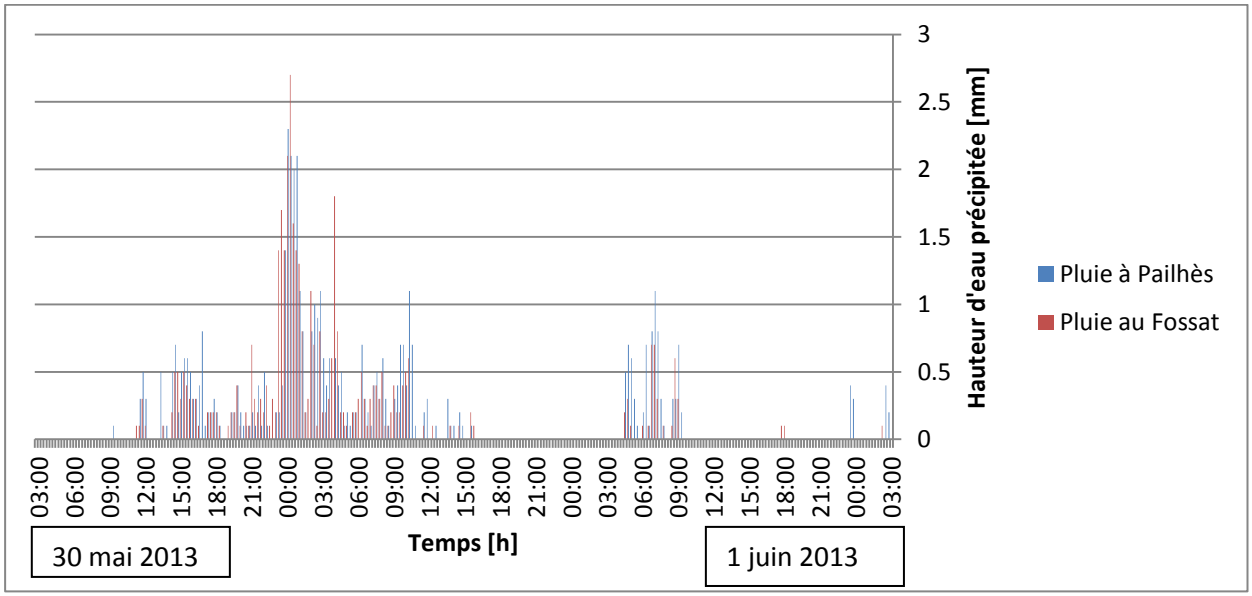


Figure 19: Pluviogramme du 30 au 1 juin 2013 (données Portail de Bassin Adour Garonne)

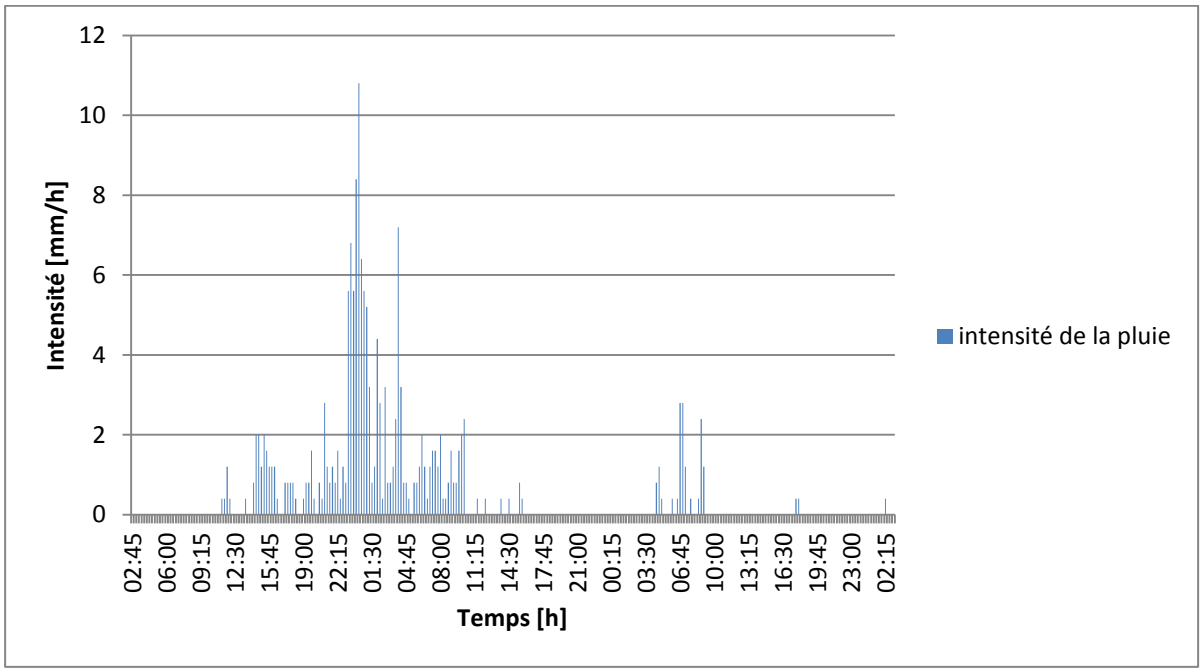


Figure 20: Hyétogramme pour la station à Le Fossat (données Portail de Bassin Adour Garonne)

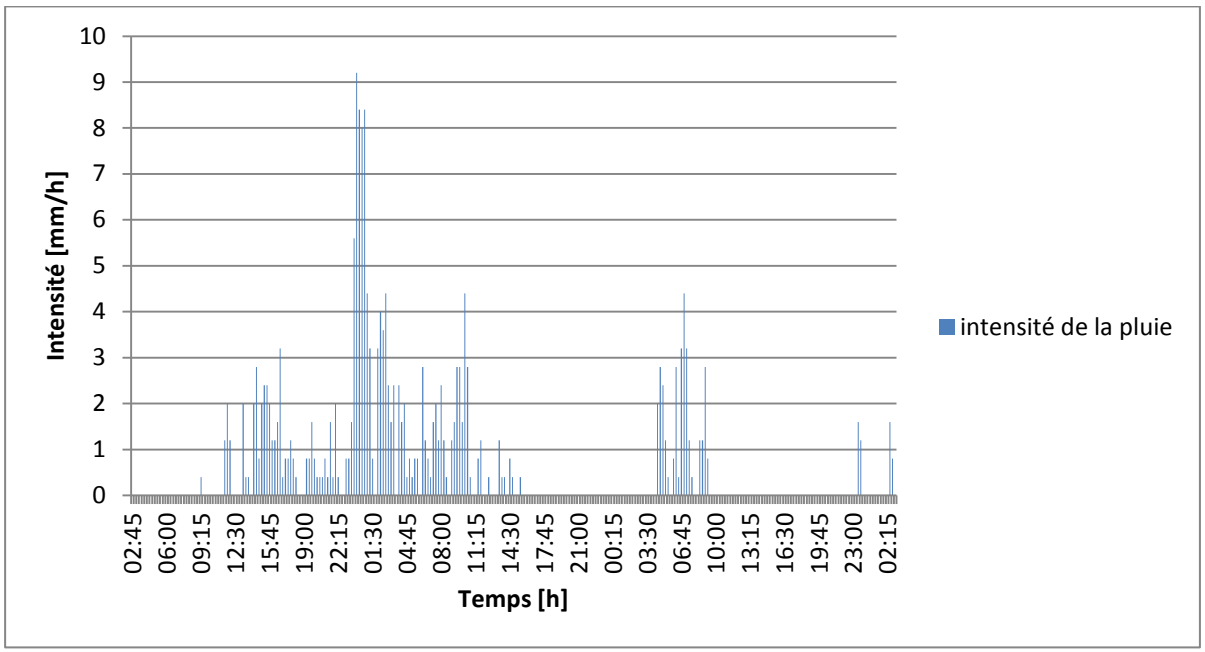


Figure 21: Hyétogramme de la pluie pour la station à Pailhès (données Portail de Bassin Adour Garonne)

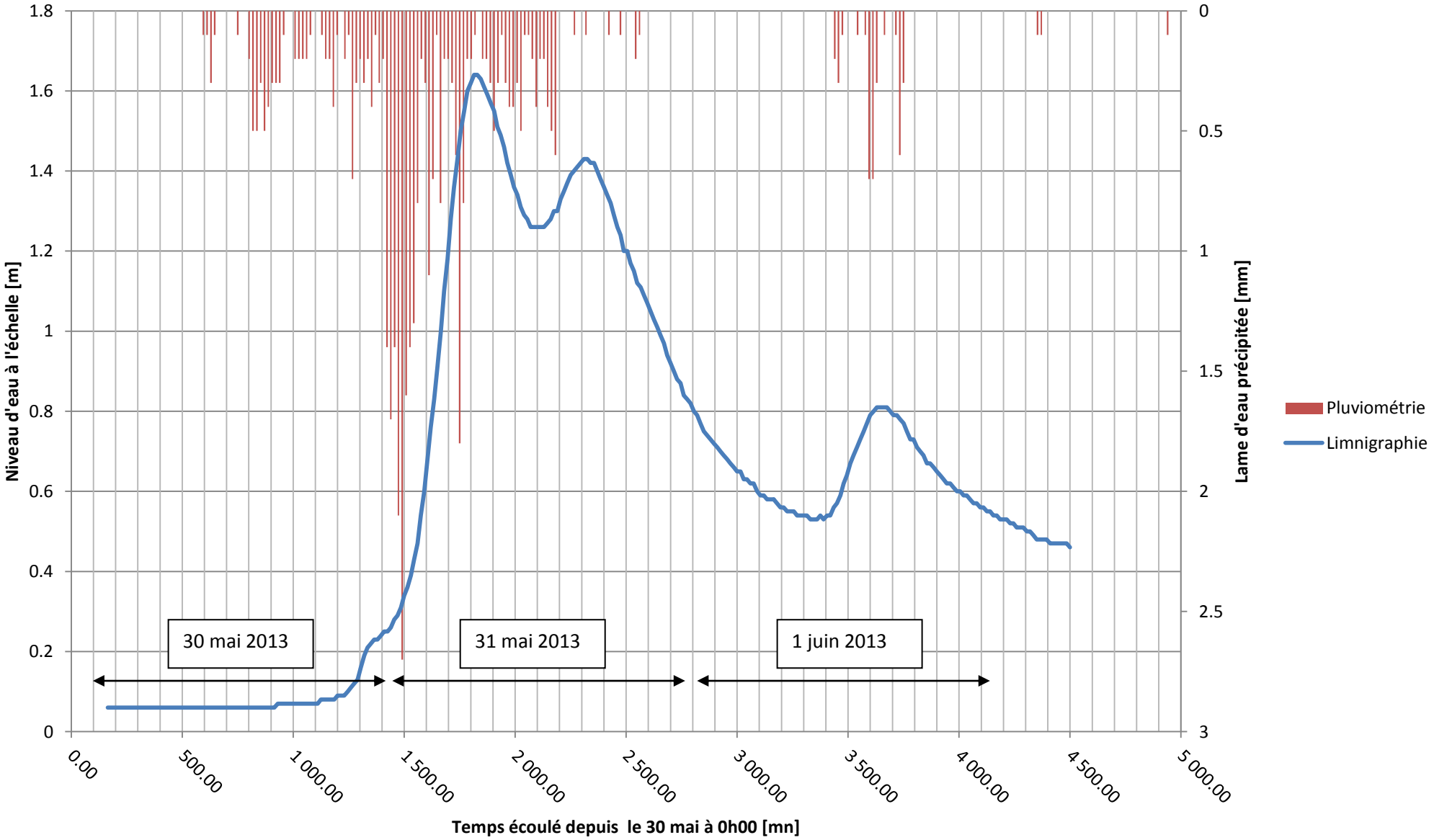


Figure 22: Limnigramme pour la station à Le Fossat (données Portail de Bassin Adour Garonne)

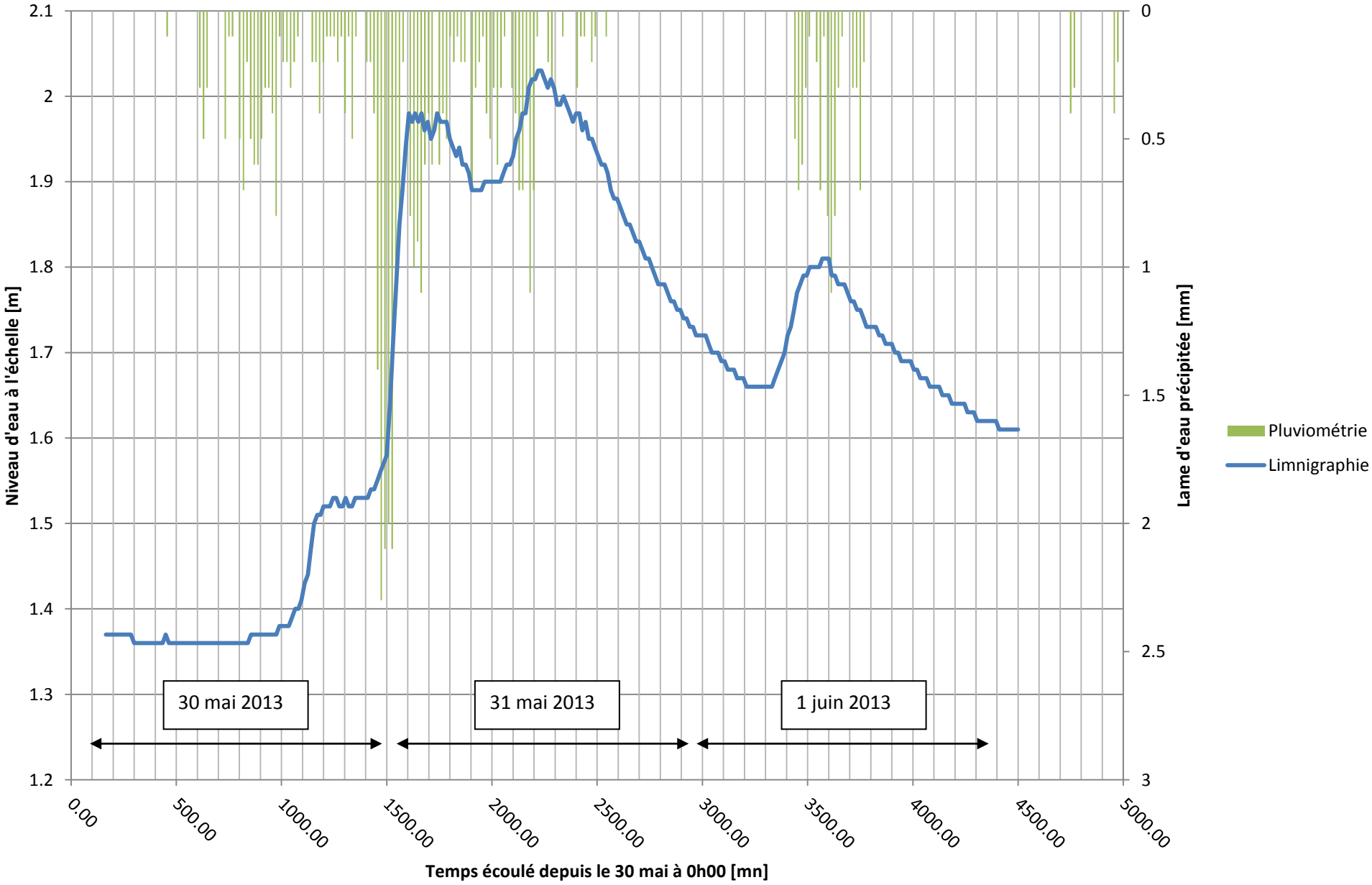


Figure 23: Limnigramme pour la station à Pailhès (données Portail de Bassin Adour Garonne)

2.2.7.2. La réponse du Bassin versant de la Lèze

Zone amont

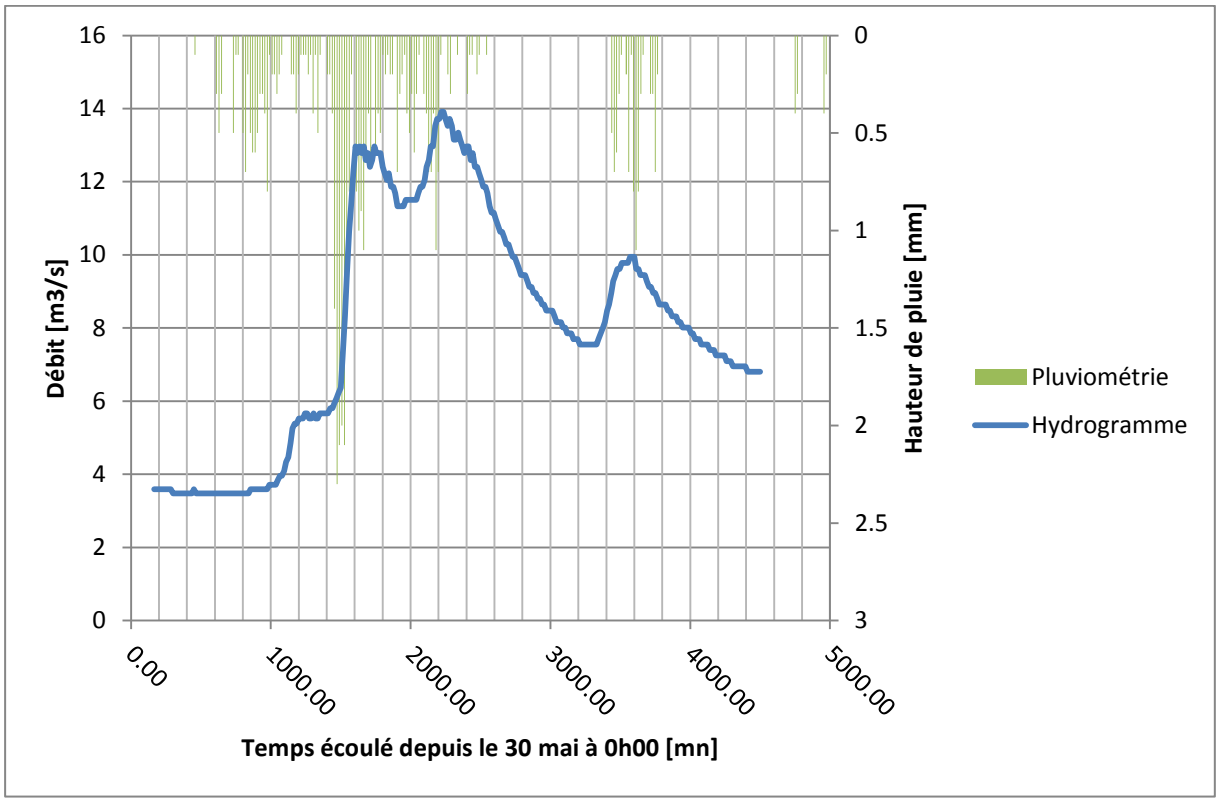


Figure 24: Hydrogramme pour la station à Pailhès (données du Portail de Bassin Adour Garonne (modifiées))

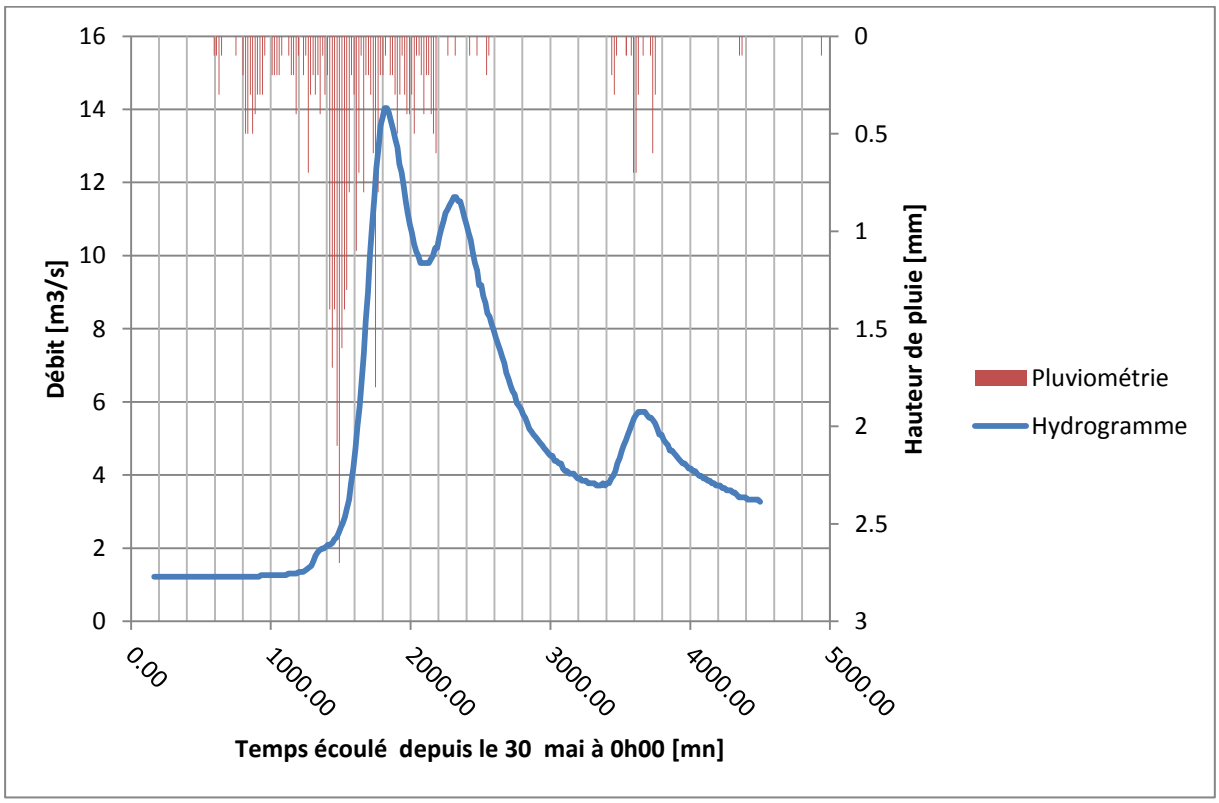


Figure 25: Hydrogramme pour la station à Le Fossat (données du Portail de Bassin Adour Garonne (modifiées))

La première phase de la pluie n'a que légèrement influencé la hauteur d'eau de la Lèze à Le Fossat (Figure **25**). Cependant pour la station de Pailhès qui a subi des pluies plus intenses, la réponse est bien visible (Figure **24**) avec un décalage qui marque un temps de concentration d'environ 3h30

La deuxième phase constitue l'essentiel de la réponse hydrologique. La station de Pailhès enregistre une augmentation soudaine de la hauteur d'eau de la Lèze à partir de 00h00 qui constitue la réponse à la pluie tombée presque immédiatement. La réponse hydrologique du bassin versant est plus rapide.
Pour la station de Le Fossat, la hauteur d'eau augmente en réponse à l'impluvium avec un décalage de 6h15. Le temps de concentration est donc beaucoup plus élevé que pour Pailhès en amont.

La troisième phase dont l'intensité maximale est arrivée à 10h est représentée par le deuxième pic de hauteur d'eau qui est à son maximum à 13h pour Pailhès et à 15h pour Le Fossat.

Pour Pailhès, le deuxième pic est le plus important avec une hauteur d'eau de 2,03m. Cette hauteur d'eau représente un débit de pointe de 13,5m^3/s.

Pour Le Fossat, c'est le premier pic qui amène une hauteur d'eau maximale de 1,64m, soit un débit de pointe estimé à 14m^3/s grâce à la courbe de tarage issue de l'étude hydraulique de la vallée de la Lèze (CACG, 2011). La cote altimétrique du niveau d'eau maximal atteint est de 236,27mNGF.

Enfin, la réponse du bassin versant concernant la pluie du 1er juin est marquée par une hauteur d'eau de 0,81 m relevée à Le Fossat. Le débit correspondant est de 5,7m^3/s alors que la Lèze était redescendue à un débit estimé à 4m^3/s. Concernant la station de Pailhès, cet évènement a fait augmenter le niveau d'eau de 15 cm en passant de 1,66 à 1,81 m. Ce qui correspond à une augmentation de débit de 2,4m^3/s en passant de 7,5m^3/s à quasiment 10m^3/s.

La décrue définitive a commencé le 1er juin à partir de 14h30.

Zone aval

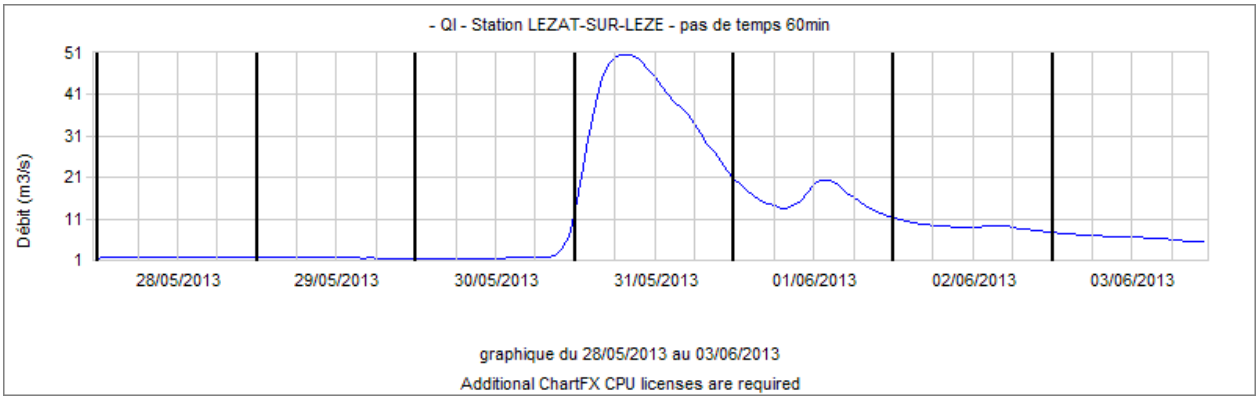


Figure 26: Hydrogramme pour la station de Lézat sur Lèze (données Serveur Producteur)

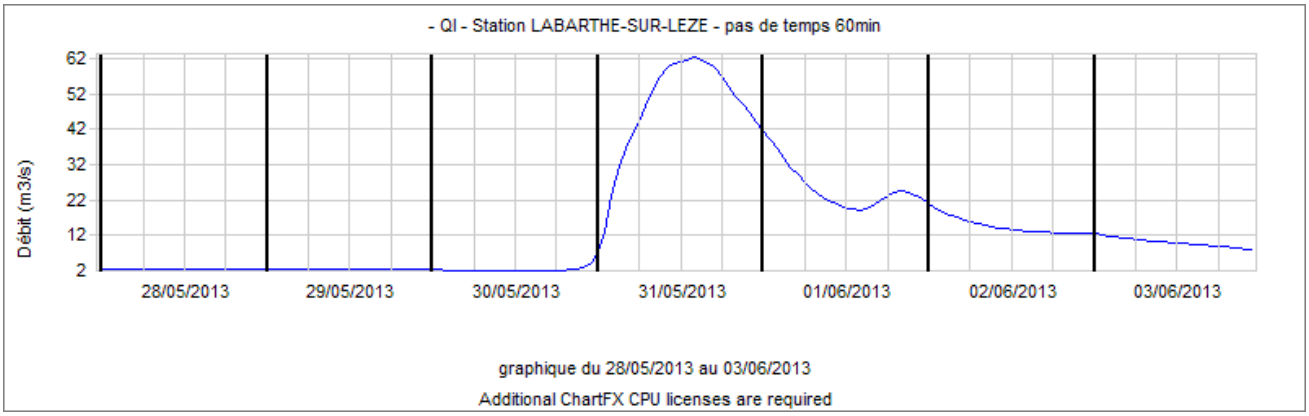


Figure 27: Hydrogramme pour la station de Labarthe (données Serveur Producteur)

La forme générale de l'hydrogramme de crue est similaire sur la partie aval du bassin versant à la partie amont. Cependant le débit de pointe atteint à Lézat-sur-Lèze est de 51m^3/s vers 8h du matin. Le débit de pointe de la crue se déplace ensuite vers Labarthe pour arriver à une valeur de 62m^3/s vers 14h le 31 mai 2013.

Entre Pailhès et Le Fossat, le pic de crue a mis 3h30. Entre Le Fossat et Lézat sur Lèze, les pics de crue ont seulement 1h de décalage. Enfin, à Labarthe-sur-Lèze, le pic de crue a 6h de retard sur Lézat-sur-Lèze.

2.3. Elements de références

2.3.1.Les débits de pointe

Crues	Débit de pointe [m^3/s]				
	Pailhès	Artigat	Le Fossat	Lézat-sur-Lèze	Labarthe
1875					
1879			63.89		
1897			38.5		
1932			56.7		
1952			55.5		
1971				64.5	91
1974			54.32	70.6	86.6
mai 1977		61.3	72	75.2	98.4
avril 1978				58.6	72.3
janvier 1981				70.2	109
mai 1985				61.9	93.3
1988				48.1	64.4
juin 1992				68.2	99.4
septembre 1993				70.1	121
février 1996				42.7	61.8
février 2000				57.3	67.5
juin 2000	75	95	120	170	167
2003			49.3	69.2	94.6
2007			40	67.2	87.7
2010	12		13	32	36
janvier 2013	10.1		10.7	60	75
mai 2013	13.5		14	51	62

2.3.2.Les débits de plein bord ; références locales et temps de transfert

Les débits de plein bord sont évalués grâce au modèle hydraulique de la Lèze (CACG, 2011). De nombreux débits sont testés. À partir du moment où le fil d'eau modélisé est supérieur à l'une des berges (rive droite ou rive gauche), le débit correspondant est considéré comme le débit de plein bord pour la localité.

Localité	Débit de plein bord [m^3/s]	1er enjeux ou références locales
Labarthe	110	Plaine de Rayne et lieu-dit « Labarthette »
Lagardelle	70	Lieu-dit « la prade »
Beaumont	65	Amont du pont qui permet le franchissement de la D49. Le premier enjeu est le lieu dit « Vignolles ». Plus en aval il y a également le lieu dit « Pounchet » et "La Plaine". Le débit est compris entre 25 et 30 m^3/s quand la ligne d'eau à l'aval de la chaussée est supérieur à sa crête.
Saint Sulpice	65	Lieu-dit « Lèze morte »
Lézat	70	Lieu dit « la ramie » et zone industrielle de Lachet
Saint-Ybars	85	Inondation du lieu dit l'embranchement par l'amont
Le Fossat	80	Inondation en rive droite à partir du stade jusqu'au lieu dit "Thomas".
Artigat	65	Inondation en rive gauche au camping

	Temps de transfert (t) du pic de crue depuis Pailhès [h]	
	Minimum	Maximum
Labarthe	3.58	31.26
Lézat	3	10
Le Fossat	2	4.75

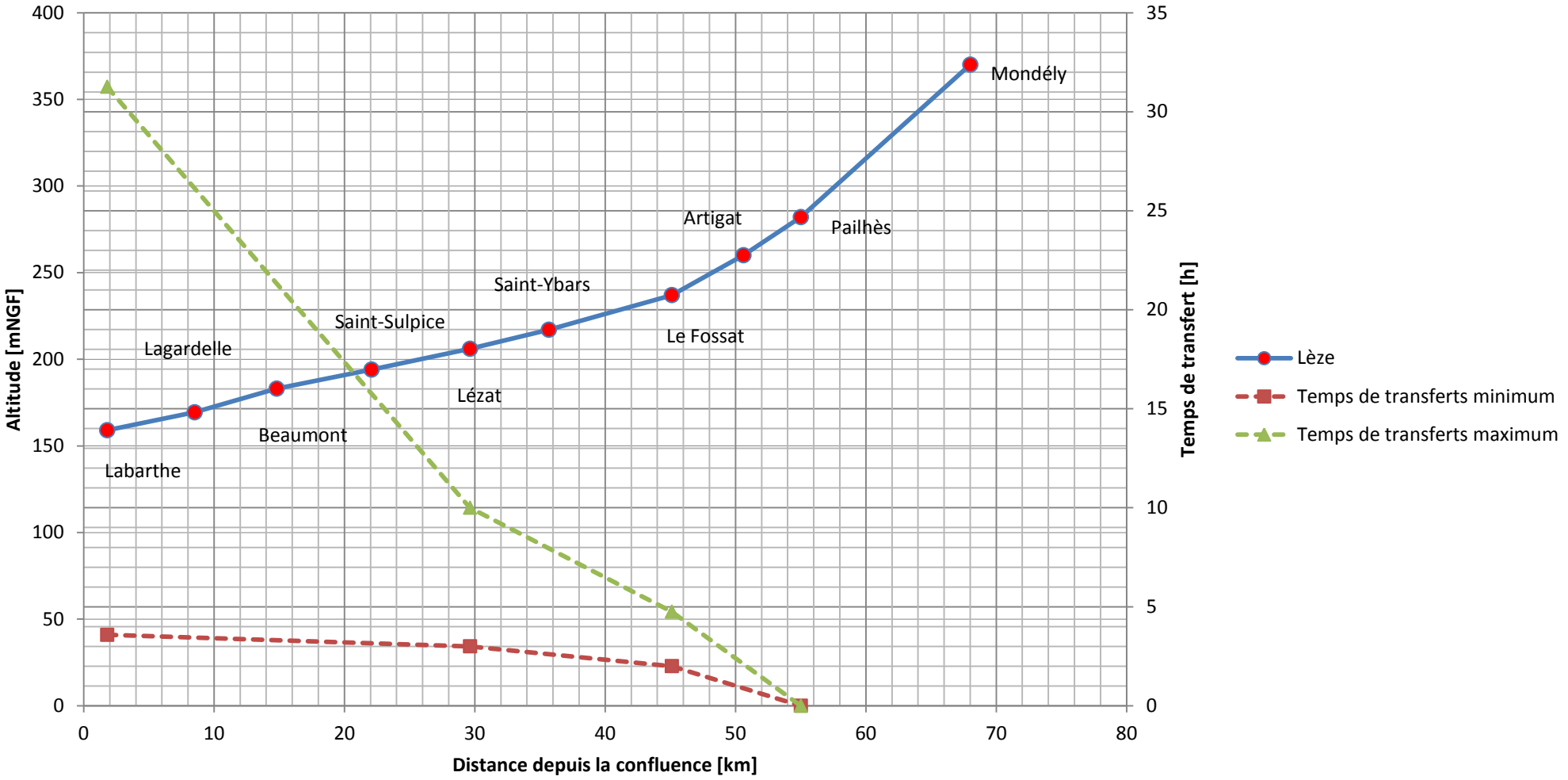


Figure 28 : Evaluation du temps de transfert (minimum et maximum) pour aller de Pailhès à une commune située plus en aval

3. Dispositif de vigilance actuel

3.1. Les stations

La courbe de tarage permet d'établir une relation entre la hauteur d'eau et le débit. Une courbe de tarage est caractéristique d'une section particulière. Sur le terrain, la hauteur d'eau est visible directement grâce à une échelle limnimétrique. Concernant la vallée de la Lèze, il existe 4 stations de mesure :

- Pailhès
- Le Fossat
- Lézat sur Lèze
- Labarthe-sur-Lèze

L'objectif de cette partie est de présenter les courbes de tarage des stations et ainsi de pouvoir accéder à une valeur de débit.

3.1.1. Utilisation d'une courbe de tarage

C'est une relation univoque (un seul débit pour une hauteur d'eau) établie expérimentalement en réalisant une série de jaugeages de plusieurs débits différents. De ce fait, une courbe de tarage est valable dans la gamme des débits jaugés même si elle peut aussi être extrapolée par prolongement de la courbe ou par modélisation. La courbe de tarage est associée à la station de mesure et à la section du cours d'eau.

L'utilisation de la courbe de tarage est illustrée par la figure suivante. La hauteur d'eau relevée pour l'exemple est de 3m. Le débit correspondant est d'environ 39m^3/s.

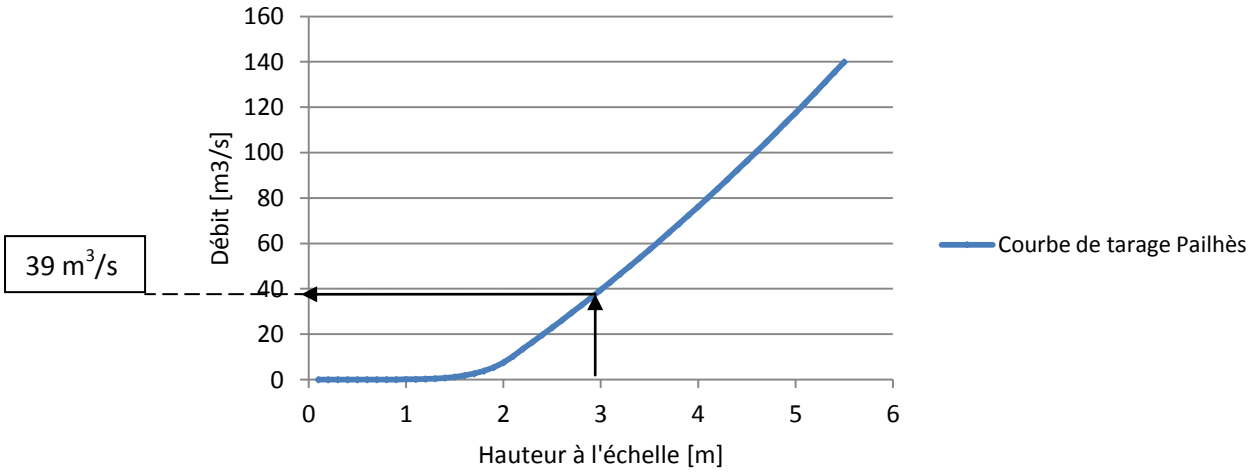


Figure 29 : Courbe de tarage à la station hydrométrique de Pailhès (DREAL)

3.1.2.Station de Pailhès

La courbe de tarage proposée résulte d'une simulation sur le modèle hydraulique de la Lèze réalisée par CACG. Ce modèle étant calé sur les repères de crue de juin 2000, son domaine de validité se cantonne aux forts débits (> 20m^3/s). La superficie du bassin versant à la station est de 70km^2.
Le zéro de l'échelle a été levé par la DREAL en novembre 2010 à la cote 279,76mNGF.
La courbe présente les points suivant :

Hauteur à l'échelle [m]	Débit [m3/s]	Hauteur à l'échelle [m]	Débit [m3/s]	Hauteur à l'échelle [m]	Débit [m3/s]
0.1	0	2.2	13.51	4.3	88.12
0.2	0	2.3	16.6	4.4	92.19
0.3	0	2.4	19.74	4.5	96.29
0.4	0	2.5	22.92	4.6	100.45
0.5	0	2.6	26.15	4.7	104.65
0.6	0	2.7	29.43	4.8	108.9
0.7	0.01	2.8	32.75	4.9	113.19
0.8	0.02	2.9	36.12	5	117.53
0.9	0.04	3	39.53	5.1	121.91
1	0.09	3.1	42.99	5.2	126.35
1.1	0.16	3.2	46.5	5.3	130.83
1.2	0.28	3.3	50.05	5.4	135.35
1.3	0.47	3.4	53.65	5.5	139.92
1.4	0.76	3.5	57.3		
1.5	1.18	3.6	60.99		
1.6	1.79	3.7	64.73		
1.7	2.64	3.8	68.51		
1.8	3.81	3.9	72.34		
1.9	5.4	4	76.22		
2	7.52	4.1	80.14		
2.1	10.3	4.2	84.11		

Il est possible de relier graphiquement la hauteur d'eau observée à un débit en utilisant directement la courbe.

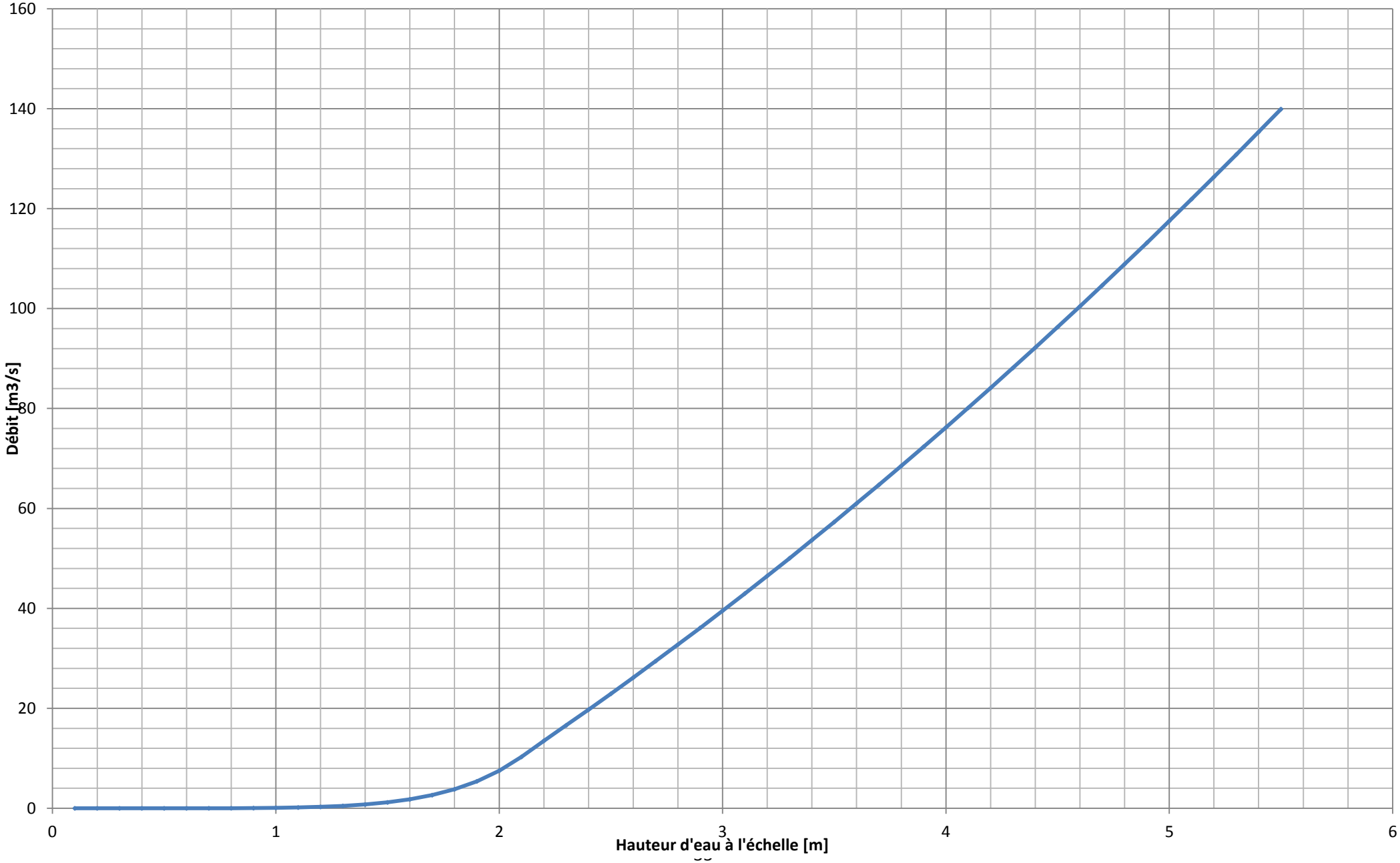


Figure 30 : Courbe de tarage de Pailhès

3.1.3.Station à Le Fossat

Cette courbe de tarage a été réalisée par la DREAL et CACG. Elle est complétée dans le cadre de l'étude hydraulique pour des débits élevés grâce à l'utilisation du modèle hydraulique de la Lèze. Cette courbe n'est pas fiable pour les faibles à moyens débits (0 à 25m^3/s). Le point d'inflexion à 4,6m marque le début des débordements en rive droite et l'activation du chenal sur la route.

Les hauteurs et débits caractéristiques à la station sont définis ci-après :

Nom	Cote [m NGF]	Débit [m3/s]	Hauteur à l'échelle limnimétrique [m]
« zéro » de l'échelle	234,63	0	0
Activation de l'arche RG (radier)	235.32	3.8	0.69
Débordement amont en RD	239.23	82	4.6
Route : 1er débordement RD	239.23	82	4.6
Débordement amont en RG	239.26	83.7	4.63
Tablier voûte secondaire	239.44	94.9	4.81
Crue du 11/06/2000	239.76	119.7	5.13
Tablier voûte principale	240.03	146.5	5.4
Route : 1er débordement RG	241.41	> 230	6.77
Route au niveau du pont	241.46	> 230	6.83

Il est possible de relier graphiquement la hauteur d'eau observée à un débit en utilisant directement la courbe.

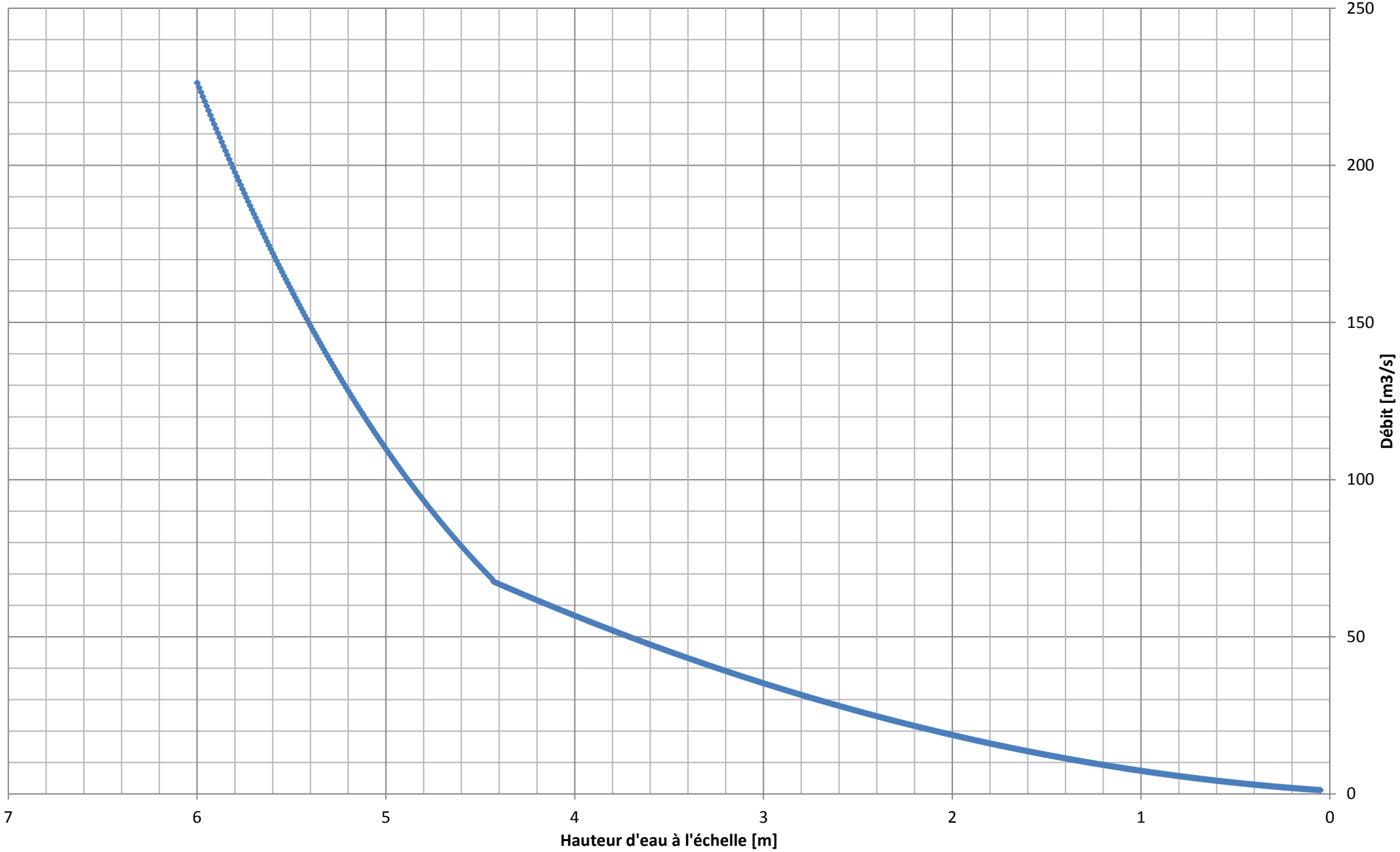


Figure 31 : Courbe de tarage à Le Fossat

3.1.4.Station à Lézat-sur-Lèze

Cette courbe de tarage a été réalisée par la DREAL et CACG. Elle est complétée dans le cadre de l'étude hydraulique pour des débits élevés (débordement en lit majeur) grâce à l'utilisation du modèle hydraulique de la Lèze. Le point d'inflexion à 6,5m marque le début des débordements en rive gauche puis en rive droite.

Les hauteurs et débits caractéristiques à la station sont définis ci-après :

	Cote [m NGF]	Débit [m3/s]	Hauteur à l'échelle limnimétrique [m]
« zéro » de l'échelle	199.41	0	0
Activation de l'arche RD	202.24	26.9	2.83
Activation de l'arche RG	202.45	29.7	3.04
Débordement en RG	204.06	51.7	4.65
Tablier voûte secondaire RD	204.47	57.5	5.06
Tablier voûte secondaire RG	204.5	57.9	5.09
Débordement en RD	204.77	61.8	5.36
Tablier voûte principale	205.78	76.6	6.37
Route : 1er débordement RG	206.14	87.1	6.73
Route : 1er débordement RD	206.31	100.6	6.9
Crue du 11/06/2000	206.64	162.3	7.23
Route au niveau du pont	207.34	263.2	7.93

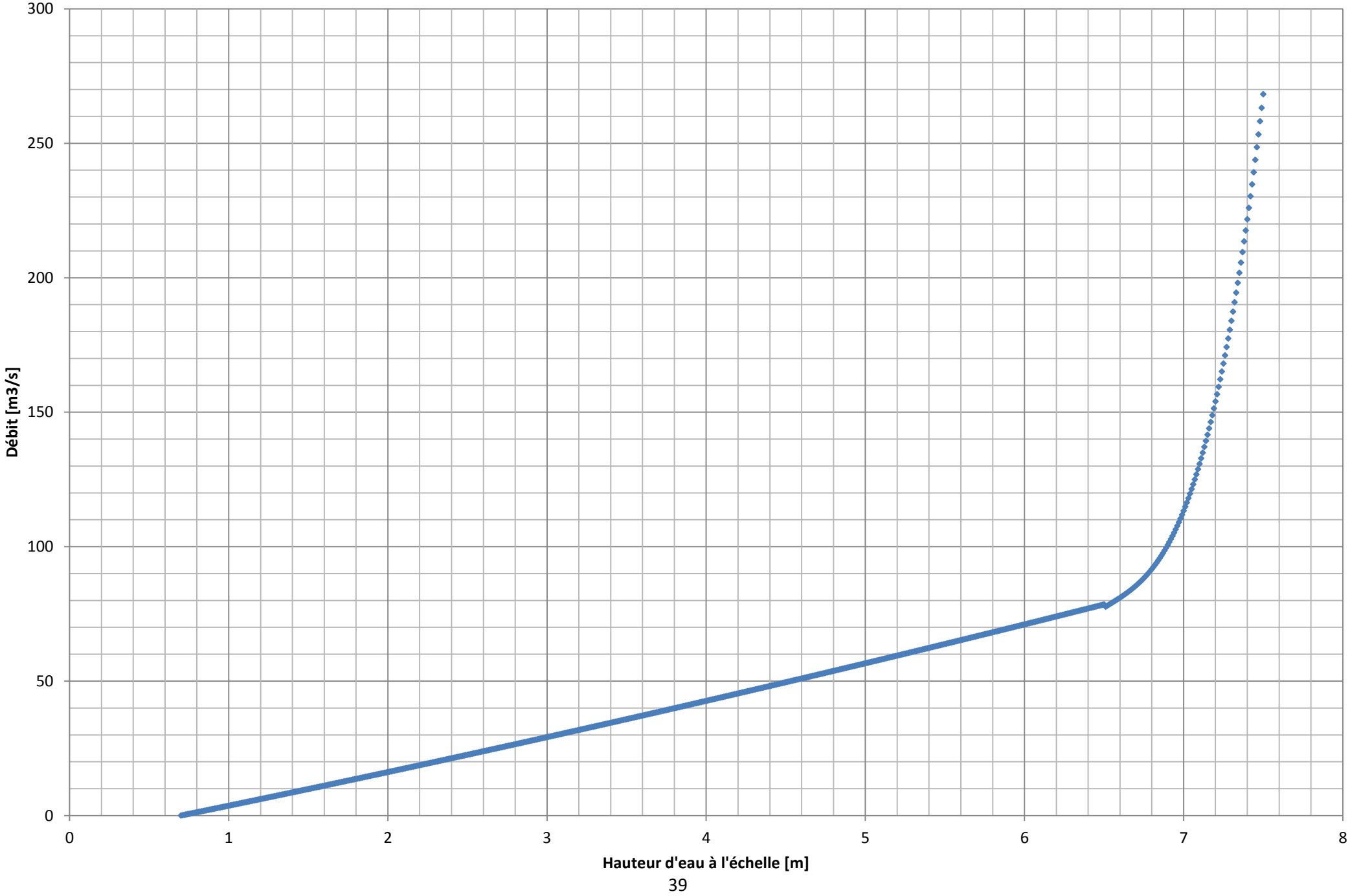


Figure 32 : Courbe de tarage à Lézat

3.1.5.Station à Labarthe-sur-Lèze

Cette courbe de tarage a été réalisée par la DREAL Midi-Pyrénées en janvier 2009. Elle est valide depuis le 23/04/2004. La station a été mise en service le 01/09/1968, son bassin versant est d'une superficie de 351km².

La hauteur maximum à l'échelle est de 3m et correspond à un débit à la station de 150m^3/s.

Les hauteurs caractéristiques à la station sont définies ci-après :

	Cote à l'échelle (m NGF)	Q [m3/s]	Hauteur à l'échelle limnimétrique (m)
« zéro » de l'échelle	159	0	0
Débordement amont (500m) en RD	161.91	140	2.91
Crue du 11/06/2000	162	150	3
Débordement amont (500m) en RG	162.56	> 150	3.56
Tablier des voutes	164.9	300	5.9
Route : 1er débordement RG	165.03	> 150	6.03
Route au niveau du pont	165.5	> 150	6.5
Route : 1er débordement RD	165.58	> 150	6.58

Il est possible de relier graphiquement la hauteur d'eau observée à un débit en utilisant directement la courbe.

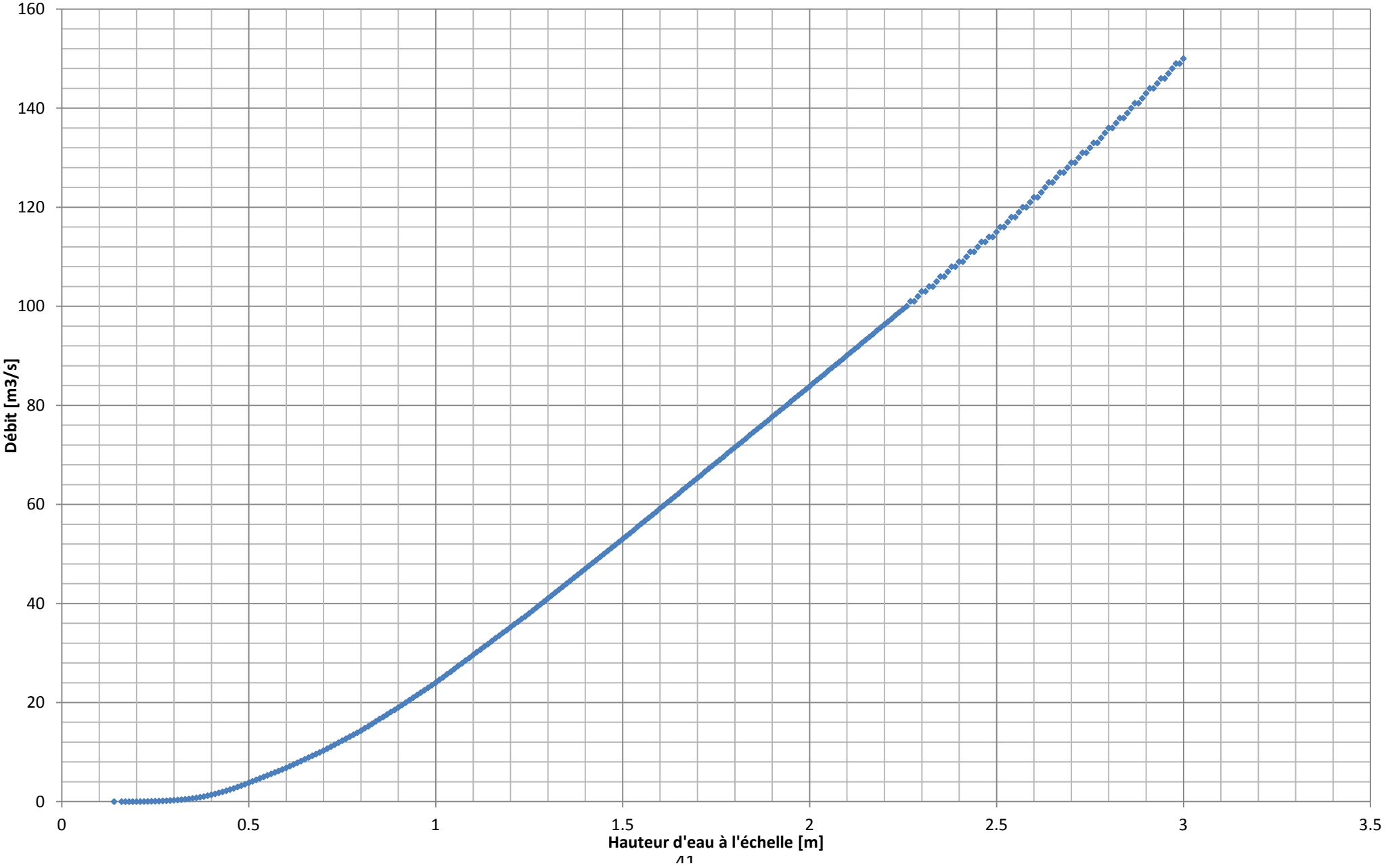


Figure 33 : Courbe de tarage à Labarthe

3.2. Les sites internet

Cette partie présente les sites de consultation de la donnée pluviométrique (pluie) et hydrologique (hauteur d'eau et débit sur la Lèze) dans l'objectif de favoriser leur consultation.

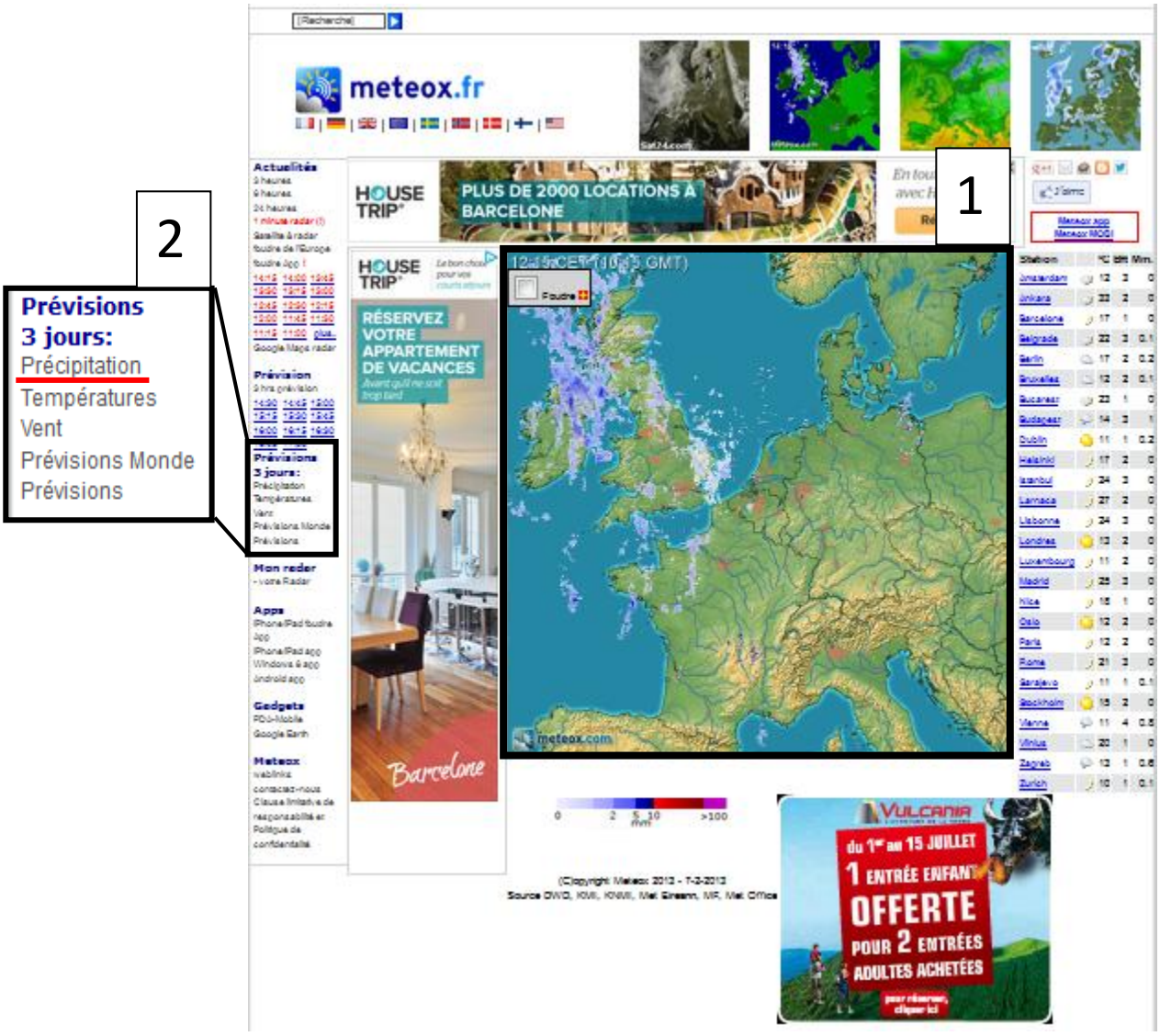
3.2.1.Information météorologique

L'essentiel des cartes qui seront consultables sont des cartes synoptiques. Elles fournissent une vision spatiale des champs de pression, de la position des systèmes dépressionnaires et anticycloniques des fronts. Il est possible de consulter une prévision temporelle de ces données.

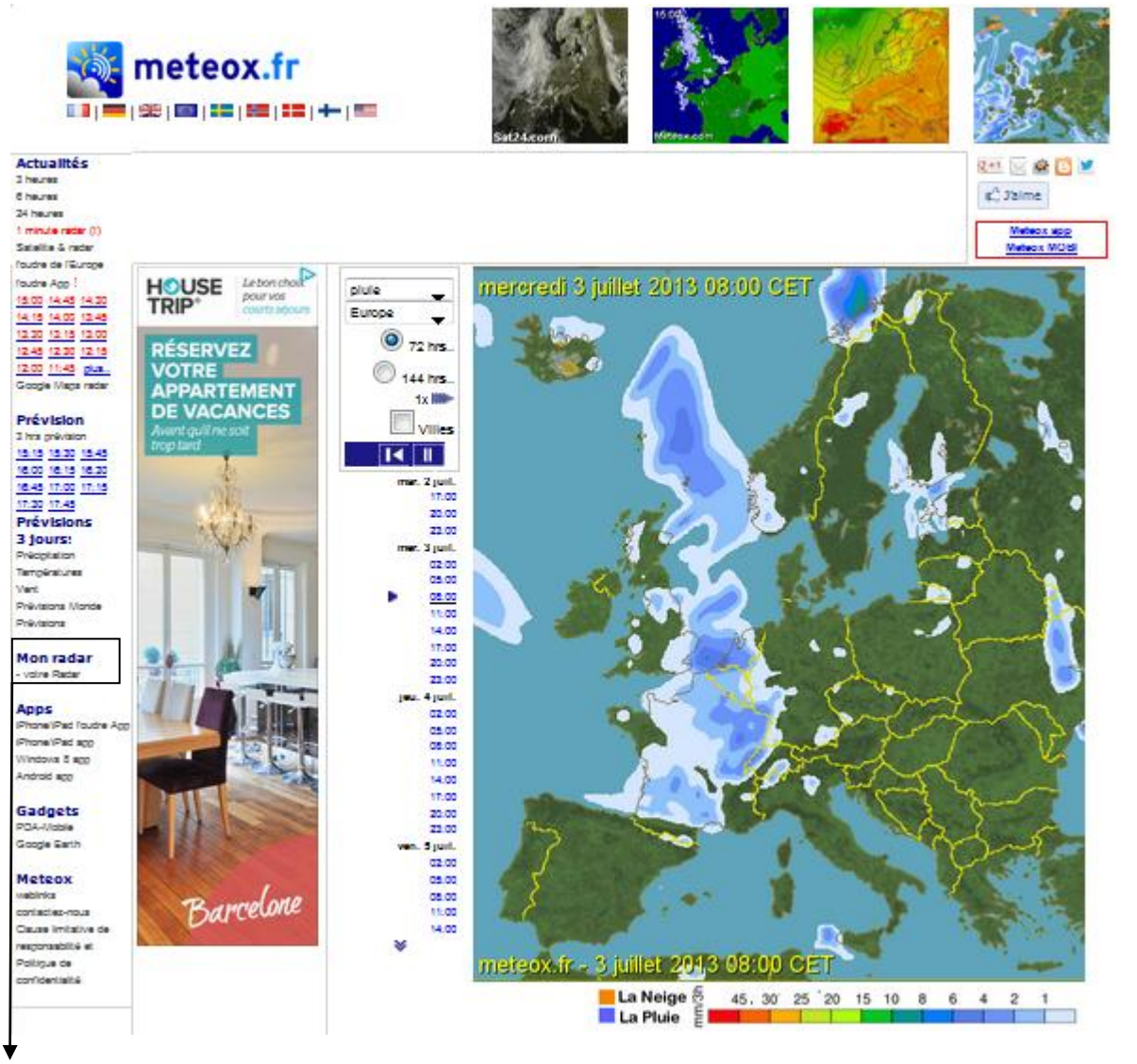
3.2.1.1. Météox (www.meteox.fr)

Météox est notamment un site de prévision météorologique qui permet de consulter une carte des précipitations avec une prévision possible sur 3 jours. La page principale se présente de la manière suivante :

- 1 : une visualisation de la carte des observations sur les 3 dernières heures ;
- 2 : un accès à la carte de prévision sur 3jours.



La carte des précipitations sur 3 jours permet de visualiser la hauteur de pluie prévue avec un pas de temps de 3 heures. L'unité de la légende est donc des mm/3h.

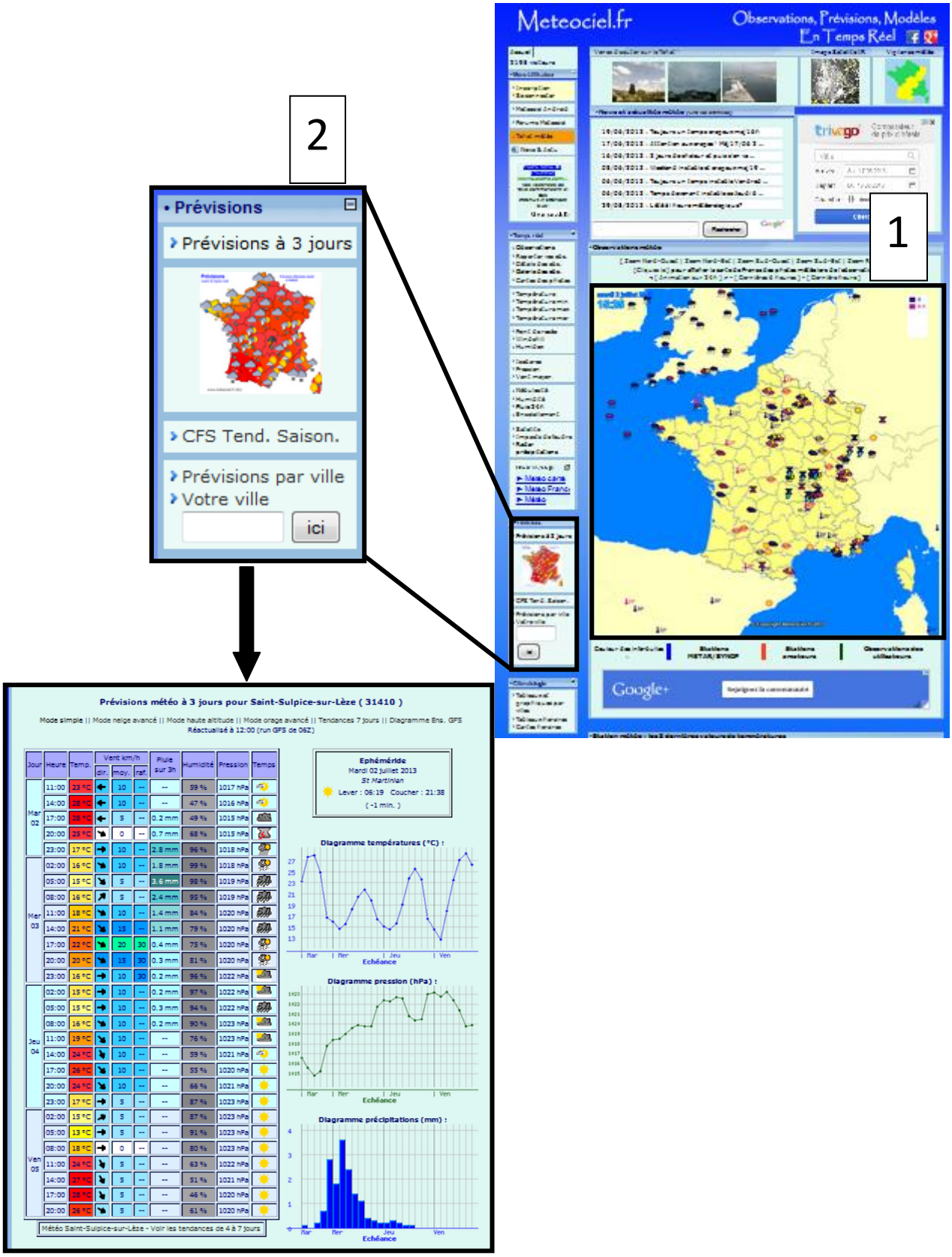


Il est possible de faire un zoom sur la commune souhaitée grâce à l'onglet « Mon radar ». Il ne reste qu'à renseigner l'emplacement. Cependant, l'échelle de la carte reste très générale et il n'est pas possible de savoir plus précisément la pluie prévue pour une commune. Pour avoir plus de précision sur une localité, le site internet « Météociel » le permet.

3.2.1.2. Météociel (www.meteociel.fr)

Le site regroupe des données des stations Metar ; Synop ; amateur et observations des utilisateurs. Il permet notamment de consulter la prévision météo à l'échelle d'une commune pour 3 jours. La page principale se présente de la manière suivante :

- 1 : une carte d'observation de la météo actuelle
- 2 : un accès à la prévision météo pour la commune



3.2.2.Information hydrologique

C'est l'information au sol, ciblée sur le contexte local des bassins versants concernés. La prévision des crues en France repose sur 22 services de prévision des crues (SPC) et un service central de coordination et d'appui technique (le SHAPI). Sur le bassin versant de la Lèze, l'information est disponible via les stations hydrologiques de prévision (Le Fossat ; Lézat) et d'observation. (Pailhès ; Labarthe).

La vigilance "Crues" est codifiée comme suit :

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

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

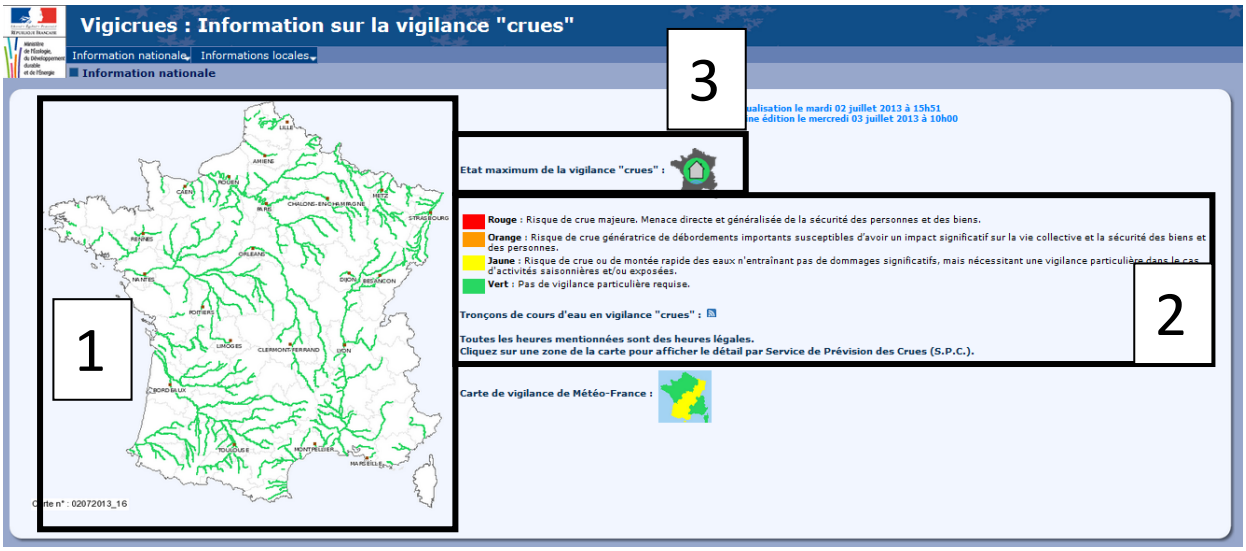
: Risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.

: Pas de vigilance particulière requise

3.2.2.1. Vigicrue(www.vigicrue.gouv.fr)

Le site permet de consulter l'ensemble des stations hydrométrique de France. La prévision est codifiée par des couleurs qui transcrivent le niveau d'alerte pour un tronçon de rivière. La page principale se présente de la manière suivante :

- 1 : Information nationale
- 2 : Légende du code couleur
- 3 : Etat maximum de vigilance



La carte nationale permet d'avoir accès au SPC Garonne et de pouvoir ainsi visualiser la situation hydrologique par tronçon. Il est aussi possible de cliquer directement sur une station pour avoir accès à la valeur mesurée.

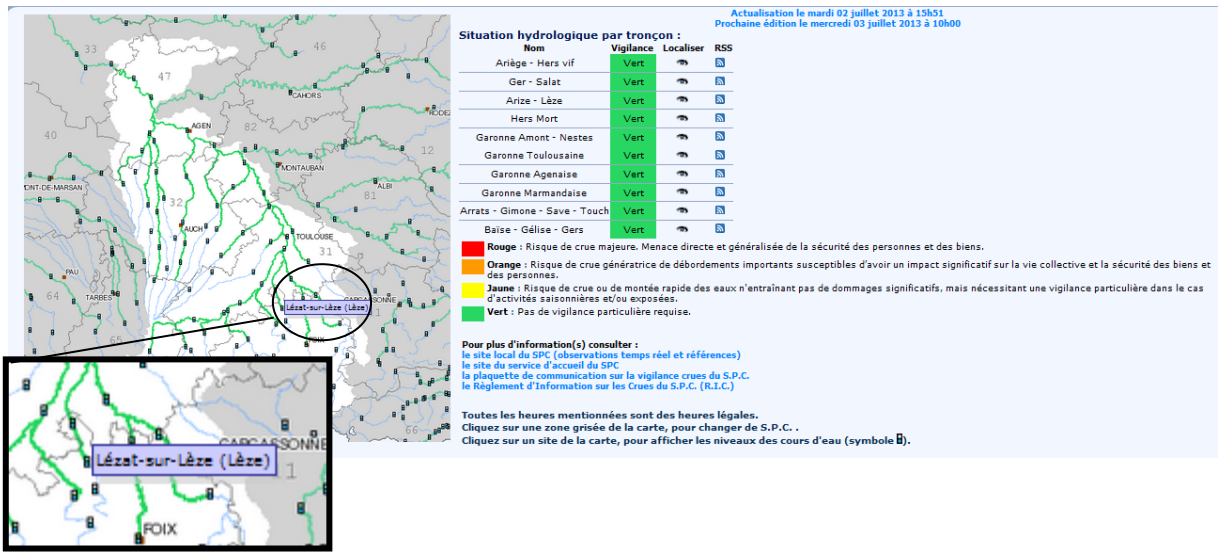
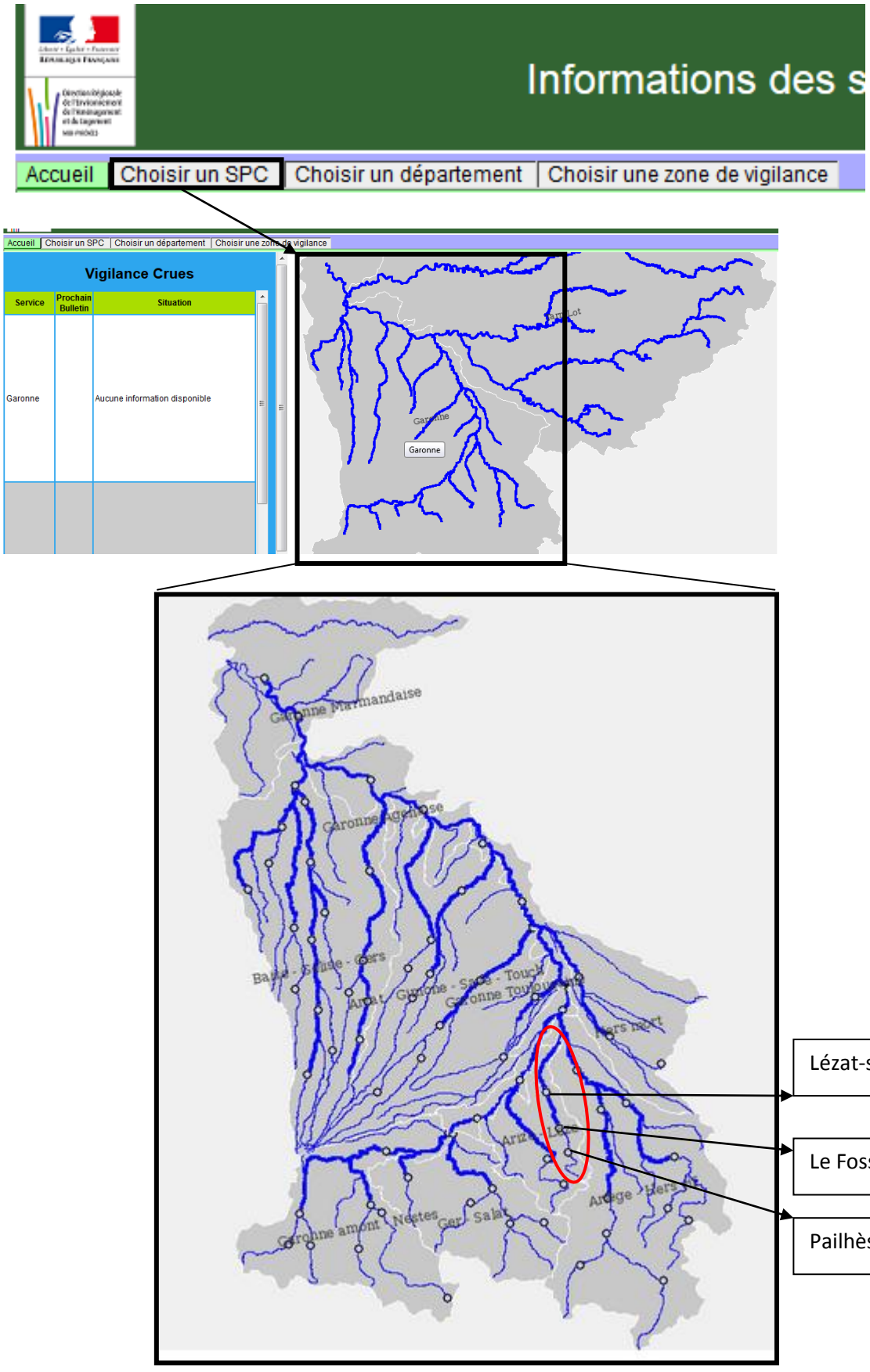


Figure 34 : Extrait du graphique

3.2.2.2. Portail de Bassin Adour Garonne (www.hpgaronne.ecologie.gouv.fr)

Ce site présente de l'information hydrologique complémentaire sur le bassin hydrographique Adour-Garonne. Il vient en complément au serveur vocal d'information sur les crues ainsi qu'au site « vigicrue ». La page d'accueil permet d'avoir accès à un SPC. Le SPC Garonne est disponible et permet de sélectionner les stations de Pailhès ; Le Fossat et Lézat.


Informations des s
Accueil
Choisir un SPC
Choisir un département
Choisir une zone de vigilance
Vigilance Crues
Service
Prochain Bulletin
Situation
Garonne
Aucune information disponible
Garonne
Garonne Marmandaise
Garonne Agenaise
Garonne - Touch
Arize - Lèze
Ariège - Hers
Garonne amont - Nestes
Ger - Salat
Lézat-sur-Lèze
Le Fossat
Pailhès

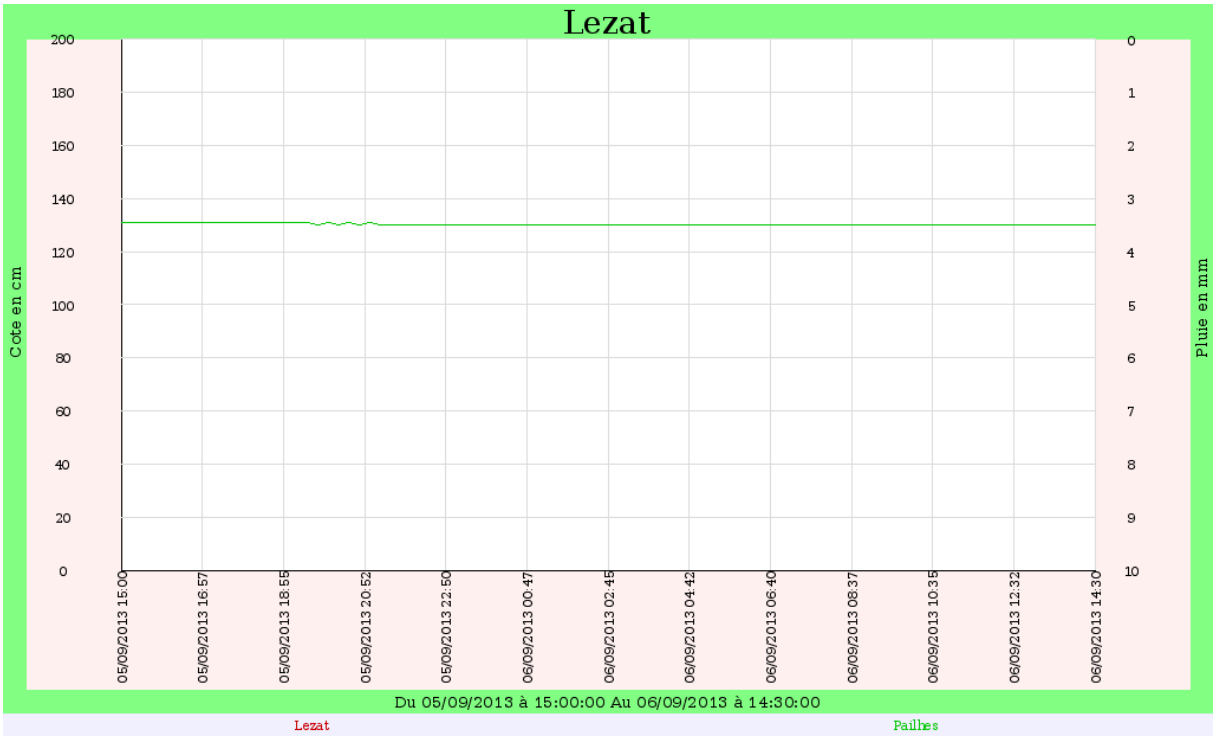
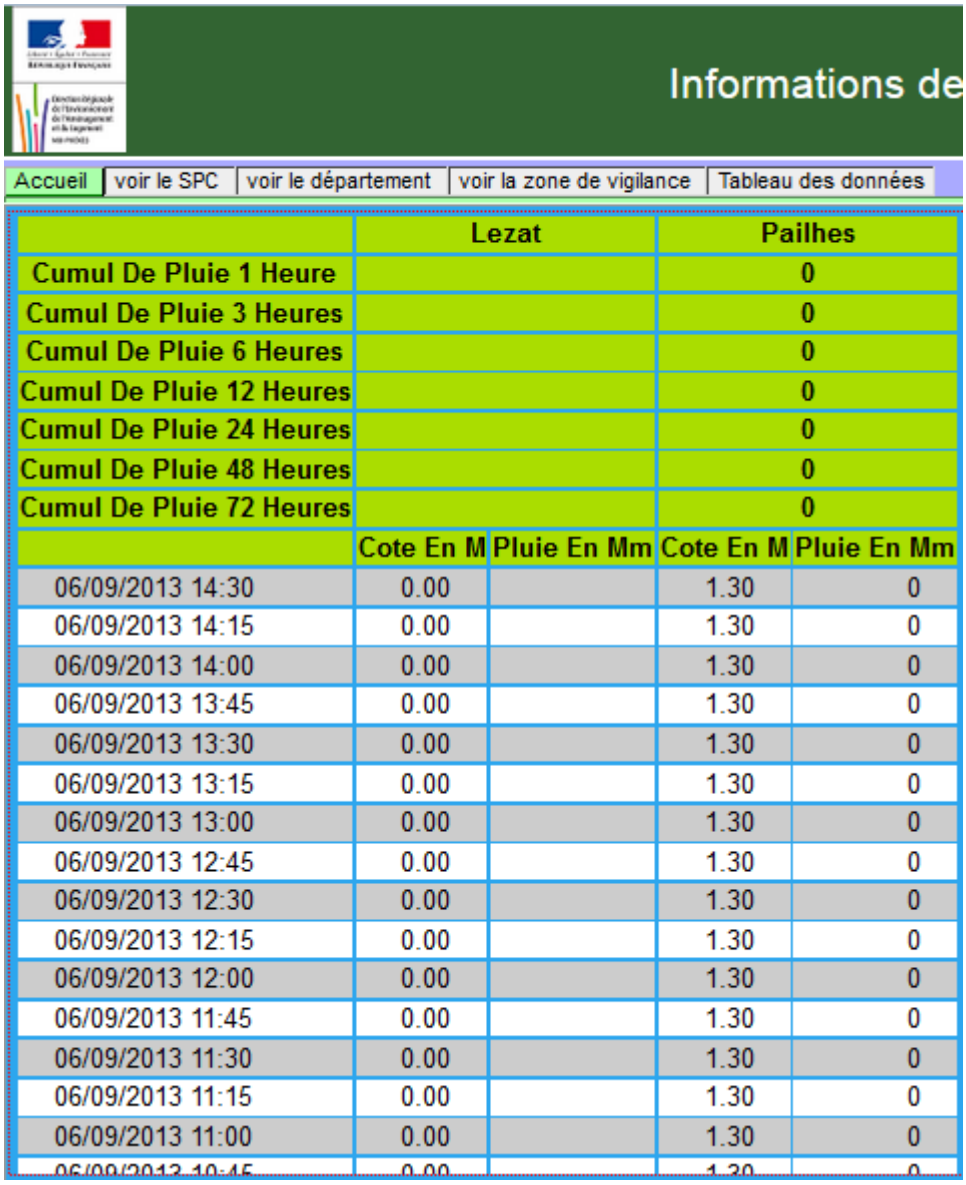


Figure 35 : Extrait du graphique



Informations de

Accueil | voir le SPC | voir le département | voir la zone de vigilance | Tableau des données

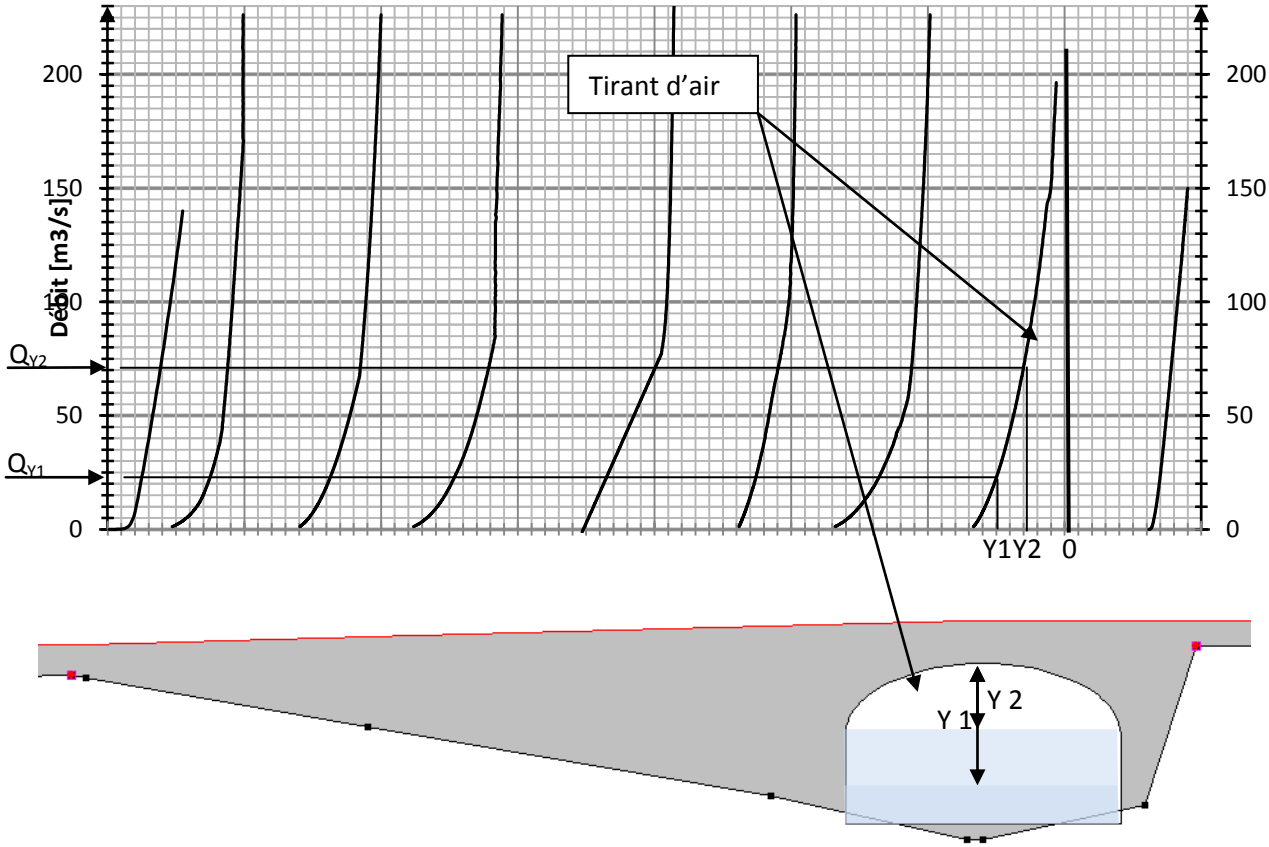
	Lezat		Pailhes	
Cumul De Pluie 1 Heure			0	
Cumul De Pluie 3 Heures			0	
Cumul De Pluie 6 Heures			0	
Cumul De Pluie 12 Heures			0	
Cumul De Pluie 24 Heures			0	
Cumul De Pluie 48 Heures			0	
Cumul De Pluie 72 Heures			0	
	Cote En M	Pluie En Mm	Cote En M	Pluie En Mm
06/09/2013 14:30	0.00		1.30	0
06/09/2013 14:15	0.00		1.30	0
06/09/2013 14:00	0.00		1.30	0
06/09/2013 13:45	0.00		1.30	0
06/09/2013 13:30	0.00		1.30	0
06/09/2013 13:15	0.00		1.30	0
06/09/2013 13:00	0.00		1.30	0
06/09/2013 12:45	0.00		1.30	0
06/09/2013 12:30	0.00		1.30	0
06/09/2013 12:15	0.00		1.30	0
06/09/2013 12:00	0.00		1.30	0
06/09/2013 11:45	0.00		1.30	0
06/09/2013 11:30	0.00		1.30	0
06/09/2013 11:15	0.00		1.30	0
06/09/2013 11:00	0.00		1.30	0
06/09/2013 10:45	0.00		1.30	0

Figure 36 : Extrait du tableau de données

4. Outil de références locales et courbes de tarages

4.1. Présentation de l'outil

L'objectif de l'outil est de pouvoir disposer des principales références hydrologiques de la Lèze sur une seule représentation. Il constitue par conséquent un tableau de bord permettant le suivi en temps réel des crues de la Lèze. L'outil reste robuste pour le suivi d'une crue de la Lèze en cas de dysfonctionnement du système informatisé de vigilance. Sa construction a pu être possible grâce à de l'agrégation de données physiques, hydrologiques et de modélisations. Il a notamment été étudié 19 crues historiques. L'étude hydraulique (CACG, 2011) permet de disposer d'un modèle hydraulique de la Lèze calé sur la crue de juin 2000. À l'aide de ce modèle, les courbes de tarage pour l'ensemble des communes principales situées sur la Lèze ont pu être établies. Elles sont représentées par le graphique ci-dessous et constituent la partie supérieure de l'outil. Les courbes de tarage de Pailhès, le Fossat, Lézat et Labarthe sont accessibles sur l'outil et représentent par conséquent l'évolution de la hauteur d'eau à l'échelle limnimétrique en abscisse avec l'évolution du débit en ordonnée. Pour ce qui est des autres courbes de tarage (Artigat ; Saint-Ybars ; Saint-Sulpice ; Beaumont ; Lagardelle), elles représentent l'évolution du tirant d'air en abscisse au niveau de l'arche du pont de référence avec l'évolution du débit en ordonnée. Plus le tirant d'air (y) diminue (y2<y1), plus le débit augmente (Q_{Y2}>Q_{Y1}). Ces courbes se rapprochent de la ligne 0 qui correspond à la mise en charge du pont.



Dans la partie supérieure, il est également possible de distinguer pour les stations de Le Fossat, Lézat et Labarthe la période de retour associée au débit estimé. Cette donnée permet de replacer le débit mesuré par rapport à une occurrence. Sur les courbes de tarage proposées, il est également possible de repérer le 1er enjeu de la commune avec le débit de plein bord. Enfin, les crues représentatives de 1977 ; 2000 ; janvier 2013 et 1981 sont représentées. Les données renseignées sont marquées d'une croix. Le pointillé relie deux croix n'a pas de signification hydraulique mais permet de faciliter la lecture de l'évolution de la crue.

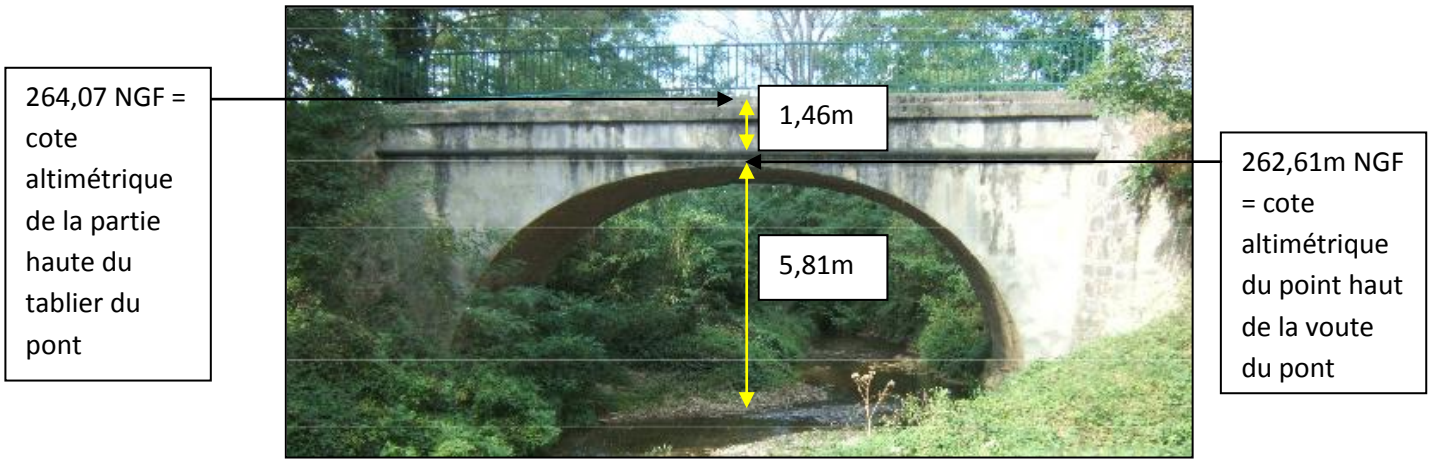
La partie médiane propose une estimation du temps de transfert de l'onde de crue de Pailhès jusqu'à Labarthe pour une vitesse de déplacement de l'onde de crue de 1,5m/s qui correspond à une valeur légèrement supérieure aux moyennes observées sur les crues étudiées.

Enfin, la partie inférieure propose des coefficients d'apport qui contribuent à la modification du débit de pointe entre deux localités. Ce coefficient est proposé pour la crue de juin 2000 ainsi que pour la crue de 2007. Ces deux crues sont complètement différentes dans leur formation. L'analyse statistique des données de débits de pointe pour les crues passées permet de proposer une valeur de coefficient d'apport pour un débit de pointe à Le Fossat supérieur à $30m^3/s$.

4.2. Ponts de référence

Les courbes de tarage de Pailhès , Le Fossat, Lézat et Labarthe ont pour points de référence la station limnimétrique associée et consultable sur www.vigicrue.gouv.fr. Les autres courbes de tarage demandent une estimation de terrain du tirant d'air. Ce tirant d'air est mesurable depuis le pont associé à la station.
Dans la réalisation des courbes de tarage avec tirant d'air, les ponts de référence sont les suivants :

Artigat : Pont de la RD27b (vue amont)



D'où pour une mesure depuis la route, le tirant d'air (y) :

$$y = h\text{mesuré depuis le tablier du pont} - 1{,}46 \text{ (m)}$$

Saint-Ybars : Pont de la RD626 (vue amont)

D'où pour une mesure depuis la route, le tirant d'air (y) :

$$y = h\text{mesuré depuis le tablier du pont} - 1{,}39\ (\text{m})$$

Saint-Sulpice : Pont de la RD622 (vue amont)

197,86m NGF = cote altimétrique de la partie haute du tablier du pont

196,16m NGF = cote altimétrique du point haut de la voute du pont

D'où pour une mesure depuis la route, le tirant d'air (y) :

$$y = h\text{mesuré depuis le tablier du pont} - 1{,}7 \text{ (m)}$$

Beaumont : Pont de la RD43 (vue amont)

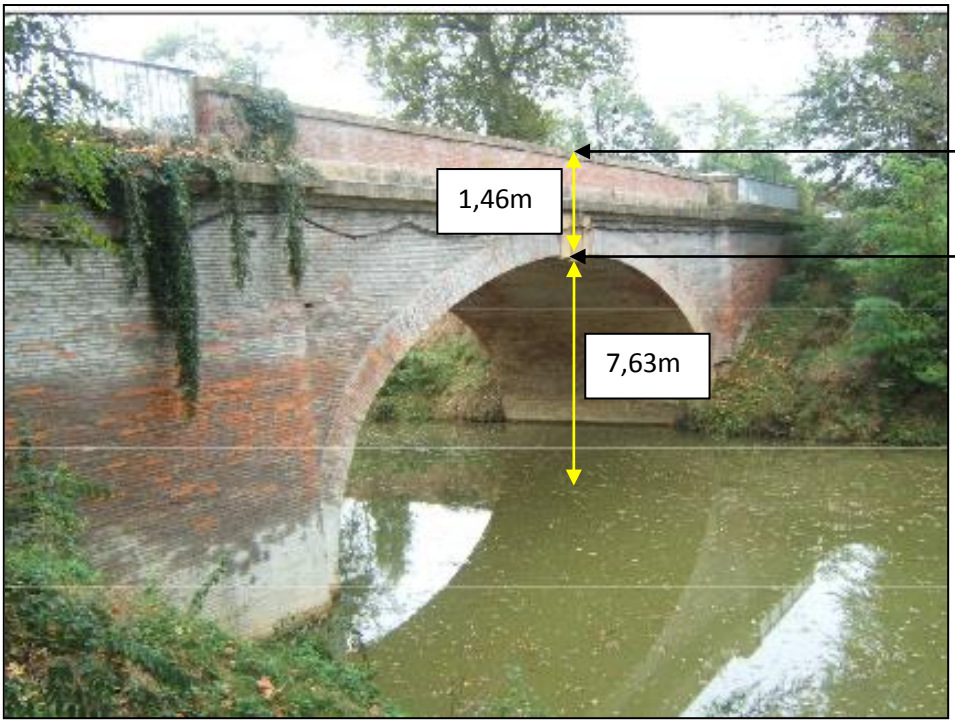
185,99m NGF = cote altimétrique de la partie haute du tablier du pont

184,24m NGF = cote altimétrique du point haut de la voute du pont

D'où pour une mesure depuis la route, le tirant d'air (y) :

$$y = h\text{mesuré depuis le tablier du pont} - 1{,}75 \text{ (m)}$$

Lagardelle : Pont de la RD12 (vue amont)



D'où pour une mesure depuis la route, le tirant d'air (y) :

$$y = \text{hmesuré depuis la rambarde du pont} - 1{,}46 \text{ (m)}$$

4.3. Analyse statistique

L'analyse statistique portera sur l'étude de 23 crues historiques de la Lèze entre 1875 et 2013. L'étude des débits de pointe de 18 crues permettra de proposer un coefficient d'apport médian du débit de pointe entre amont et aval de deux localités et une évaluation de l'incertitude associée. La valeur choisie sera justifiée par l'analyse statistique. Elle sera évidemment discutable à partir du moment où elle n'est pas issue d'une modélisation mais d'un traitement statistique de l'ensemble des débits de pointe observés pendant ces crues. Enfin, la même analyse sera réalisée sur l'étude d'un temps de transfert moyen.

Les données de débits de pointe sont disponibles ci-après.

Concernant l'origine des données récupérées, le code couleur suivant est adopté :

	Banque hydro
	Site internet SMIVAL (d'après donnée DREAL)
	Vigicrue
	Etude hydraulique CACG 2011
	Schéma de prévention des risques d'inondation de la vallée de la Lèze (GEOSPHAIR)
	Absence de données

Crues	Débit de pointe [m3/s]				
	Pailhès	Artigat	Le Fossat	Lézat-sur-Lèze	Labarthe
1875					
1879			63.89		
1897			38.5		
1932			56.7		
1952			55.5		
1971				64.5	91
1974			54.32	70.6	86.6
mai 1977		61.3	72	75.2	98.4
avril 1978				58.6	72.3
janvier 1981				70.2	109
mai 1985				61.9	93.3
1988				48.1	64.4
juin 1992				68.2	99.4
septembre 1993				70.1	121
février 1996				42.7	61.8
février 2000				57.3	67.5
juin 2000	75	95	120	170	167
2003			49.3	69.2	94.6
2007			40	67.2	87.7
2010	8		10	32	36
janvier 2013	10.1		10.7	60	75
mai 2013	13.5		14	51	62

4.3.1. Détermination des coefficients d'apport entre amont et aval

	Débit de pointe à Le Fossat [m3/s]	Coefficient d'apport entre Le Fossat et Lézat	Débit de pointe à Lézat [m3/s]	Coefficient d'apport entre Lézat et Labarthe	Débit de pointe à Labarthe [m3/s]
1971			64.5	1.4	91
1974	54.32	1.3	70.6	1.2	86.6
1977	72	1.0	75.2	1.3	98.4
1978			58.6	1.2	72.3
1981			70.2	1.6	109
1985			61.9	1.5	93.3
1988			48.1	1.3	64.4
1992			68.2	1.5	99.4
1993			70.1	1.7	121
1996			42.7	1.4	61.8
février 2000			57.3	1.2	67.5
juin 2000	120	1.4	170	1.0	167
2003	49.3	1.4	69.2	1.4	94.6
2007	40	1.7	67.2	1.3	87.7
2010	10	3.2	32	1.1	36
janvier 2013	10.7	5.6	60	1.3	75
mai 2013	14	3.6	51	1.2	62

Dans l'objectif de déterminer le coefficient d'apport le plus représentatif de l'ensemble des données étudiées, les outils de traitements des erreurs (biais, biais relatif ainsi que Nash) seront utilisés.

Biais : Il représente l'erreur moyenne, il servira principalement à adapter le paramètre du coefficient d'apport. Un biais proche de 0 est satisfaisant mais ne signifie pas que le paramètre est correctement évalué.

$$Biais = \frac{1}{N} \times \sum (Qi(estimé) - Qi)$$

Avec :
N : Nombre de données
Qi : Débit de pointe estimé

Nash : Permet de noter le modèle, un Nash proche de 1 est souhaitable. S'il est proche de 0, le « modèle » prédit aussi bien que la valeur moyenne observée.

$$\text{Nash} = 1 - \frac{\sum(\text{Qi(estimé)} - \text{Qi})^2}{\sum(\text{Qi} - \text{Qimoyen})^2}$$

4.3.1.1. Entre Le Fossat et Lézat

A la suite du traitement statistique, le tableau suivant présente l'ajustement des valeurs de débits pour un coefficient d'apport de 1,35.

Année	N	Débit de pointe mesuré à Le Fossat	Débit de pointe mesuré à Lézat	Débit de pointe estimé (coefficient d'apport) à Lézat	Erreur	(Qestimé-Qobs) ²	(Qobs-Qmoyen) ²
1974	1	54	71	73	3	7	394
1977	2	72	75	97	22	484	232
juin 2000	3	120	170	162	-8	64	6330
2003	4	49	69	67	-3	7	451
2007	5	40	67	54	-13	174	540
	Somme	336	452	453	1	737	7947
	Moyenne	67	90	91	0	147	1589

Biais : 0,18
Biais relatif : 0,20
Nash : 0,91

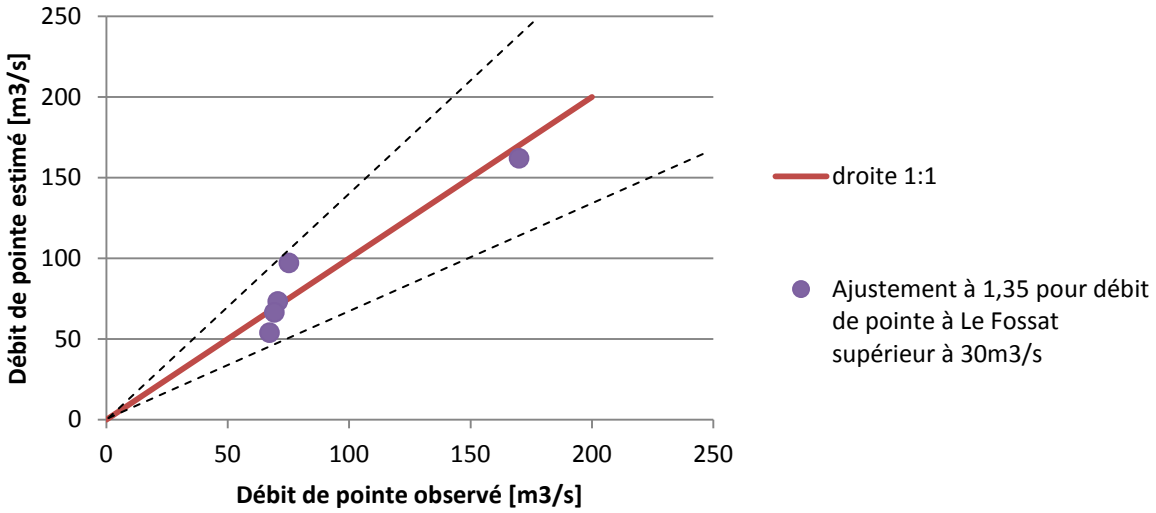


Figure 37 : Représentation graphique des erreurs pour un coefficient d'apport de 1,35

Concernant l'étude du débit de pointe de ces 5 crues à Le Fossat et Lézat, il est possible de déterminer un coefficient d'apport représentatif pour ces crues étudiées.

Au regard de l'ajustement réalisé grâce aux données disponibles entre Le Fossat et Lézat, le coefficient d'apports retenu est de **1,35** pour un débit de pointe supérieur à 30m^3/s à Le Fossat. L'ajustement proposé surestime légèrement le débit de pointe observé à Lézat (biais =0,18) mais il reste un bon ajustement d'après le critère de Nash (0,91).

4.3.1.2. Entre Lézat et Labarthe

Année	N	Débit de pointe mesuré à Lézat	Qpts Labarthe mesuré	Qpts Labarthe estimé	Erreur	(Qestimé-Qobs) ²	(Qobs-Qmoyen) ²
1971	1	65	91	85	-5.9	34.3	57.1
1974	2	71	87	93	6.6	43.5	10.0
1977	3	75	98	99	0.9	0.7	223.7
1978	4	59	72	77	5.1	25.5	124.2
1981	5	70	109	93	-16.3	266.9	653.1
1985	6	62	93	82	-11.6	134.4	97.1
1988	7	48	64	63	-0.9	0.8	362.7
1992	8	68	99	90	-9.4	87.9	254.6
1993	9	70	121	93	-28.5	810.4	1410.4
1996	10	43	62	56	-5.4	29.6	468.5
février 2000	11	57	68	76	8.1	66.2	254.2
juin 2000	12	170	167	224	57.4	3294.8	6981.5
2003	13	69	95	91	-3.3	10.6	124.4
2007	14	67	88	89	1.0	1.0	18.1
2010	15	32	36	42	6.2	38.9	2251.0
janvier 2013	16	60	75	79	4.2	17.6	71.3
mai 2013	17	51	62	67	5.3	28.3	459.9
	Somme	1137	1487	1501	14	4891	13546
	Moyenne	67	87	88	1	288	797

Biais : 0,91

Biais relatif : 0,80

Nash : 0,64

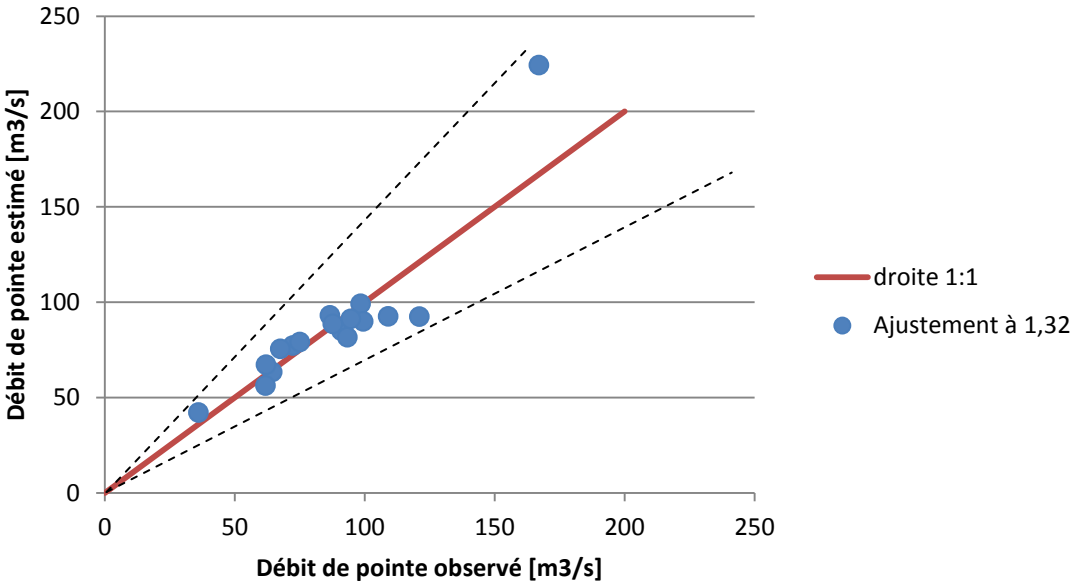


Figure 38 : Représentation graphique des erreurs pour un coefficient d'apport de 1,32

Au regard de l'ajustement réalisé grâce aux données disponibles entre Lézat et Labarthe, le coefficient d'apport retenu est de **1,32**. La valeur proposée surestime légèrement le débit de pointe à Lézat (biais =0,91). D'après le critère de Nash, cette valeur permet un ajustement moyen (0,64). Il semble en effet que plus le débit de pointe observé à Lézat est élevé, plus il est difficile d'estimer le débit de pointe à Labarthe (Figure **38**).

Il est important de noter la surestimation importante (+ 57,4m^3/s) du débit de pointe pour la crue de juin 2000. Il existe quatre explications possibles :

- Le coefficient d'apport surestime le débit de pointe quand celui-ci est supérieur à 100m^3/s ;
- Le débit de pointe à Lézat est surestimé ;
- Le débit de pointe à Labarthe est sous estimé (écoulements en rives droite et phénomène de contournement) ;
- La crue de juin 2000 s'est formée sur l'amont principalement (2.2.4) et l'onde de crue s'est ensuite propagée vers l'aval sans apports intermédiaires conséquents en aval et un phénomène d'amortissement de la crue. D'où une surestimation du débit de pointe par le coefficient d'apport proposé.

4.3.2.Détermination des vitesses de l'onde de crue

Dans l'analyse des résultats, la séparation des évènements entre débordant (rouge) et non débordant (vert) sur la Lèze permet une juste interprétation de la moyenne. Les moyennes seront donc discutées et serviront d'indicateur d'une vitesse de transfert de l'onde de crue. Cette dernière est analysée entre Artigat et Lézat puis entre Lézat et Labarthe.

Crue	Vitesse de l'onde de crue entre Artigat et Lézat	Vitesse de l'onde de crue entre Lézat et Labarthe
1971	0.8	0.6
1974	1.5	0.4
mai 1977	0.5	0.3
avril 1978	1	0.9
janvier 1981	1.8	1.3
mai 1985	0.9	2.4
1988		1.8
Juin 1992		0.8
Septembre 1993		1.0
février 1996		1.7
février 2000		1.4
juin 2000		0.5
2003		13.4
2007		0.9
2010		1.7
janvier 2013		0.9
mai 2013		1.3
juin 2013		1.6

4.3.2.1. Entre Artigat et Lézat

Une onde de crue non débordante entre Artigat et Lézat a une vitesse moyenne légèrement plus rapide qu'une onde de crue débordante d'une vitesse moyenne de 1 m/s.

Analyse statistique	Vitesse de l'onde de crue entre Artigat et Lézat	
	Crue non débordante	Crue débordante
Minimum	0,8	0,5
1er quartile	0,9	0,7
Médiane	1	0,9
Moyenne	1,1	1,067
3ème quartile	1,25	1,35
Maximum	1,5	1,8

4.3.2.2. Entre Lézat et Labarthe

Analyse statistique	Vitesse de l'onde de crue entre Lézat et Labarthe		
	Crue non débordante	Crue débordante	Crue débordante sans 2003
Minimum	0,4	0,3	0,3
1er quartile	0,9	0,650	0,575
Médiane	1,3	1	0,9
Moyenne	1,2	2,814	1,050
3ème quartile	1,65	1,850	1,225
Maximum	1,8	13,4	2,4

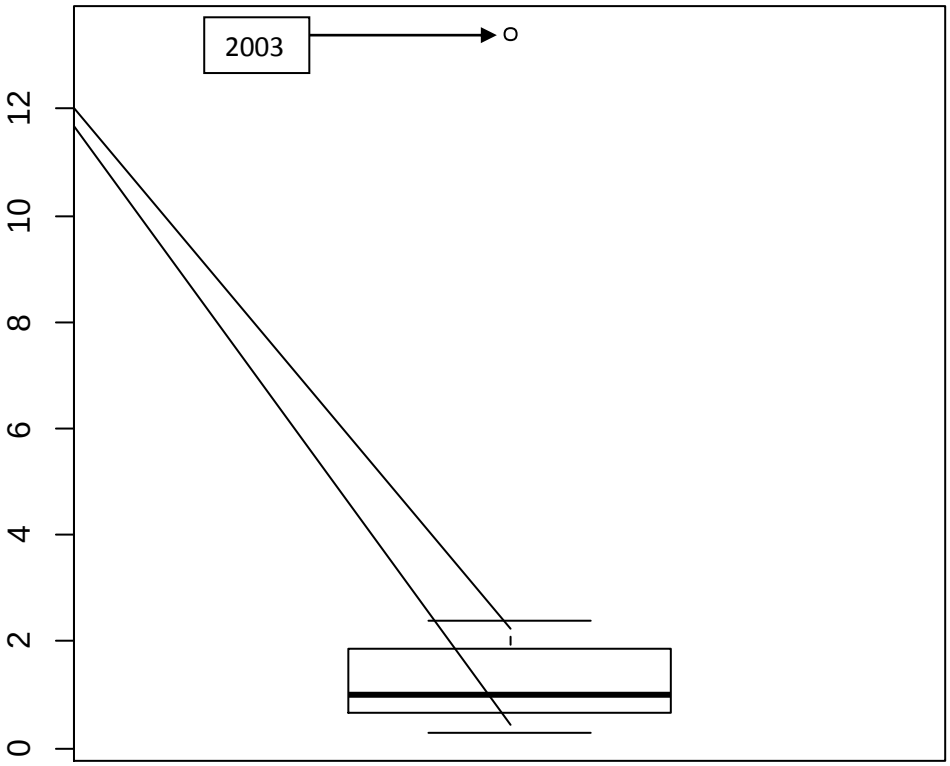


Figure 39 : Boite à moustache des vitesses d'une onde de crue débordante entre Lézat et Labarthe

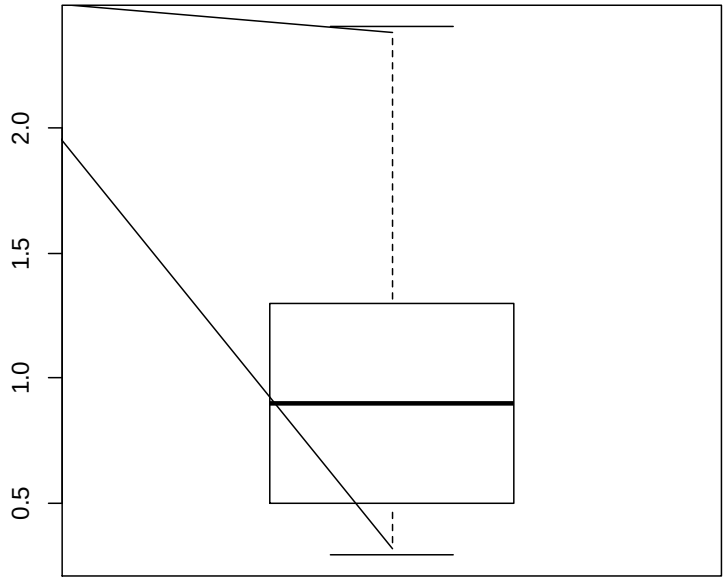


Figure 40 : Boite à moustache des vitesses d'une onde de crue débordante sans 2003 entre Lézat et Labarthe

Pour l'analyse du temps de transfert entre lézat et Labarthe, une crue non débordante a une vitesse moyenne de 1,2m/s. Pour une crue débordante, l'analyse de la boite à moustache permet de visualiser une valeur exceptionnellement élevée à plus de 13,4m/s. Il semble que la crue de 2003 s'est formée par une combinaison d'apports intermédiaires à l'aval du bassin versant. L'estimation d'un temps de transfert n'est donc pas applicable dans ce cas.
La vitesse moyenne retenue pour une onde de crue débordante sera de 1,05m/s.
Pour les deux tronçons analysés, la vitesse moyenne de l'onde de crue est plus importante pour une crue non débordante du fait d'un écrêtement naturel de la crue en lit majeur.

L'outil propose de retenir par conséquent un temps de transfert avec une célérité de l'onde de crue égale à 1,5m/s, ce qui laisse une marge de sécurité par rapport à une vitesse moyenne observée de 1,05m/s.

4.3.3.Hypothèses

La réalisation de l'outil de références locales considère plusieurs hypothèses qu'il est important de connaitre dans son utilisation :

Les courbes de tarage d'Artigat, de Saint-Ybars, de Saint-Sulpice, de Beaumont et de Lagardelle ont été extraites du modèle hydraulique de la Lèze [CACG, 2011]. Ce modèle étant calé sur la crue de juin 2000, ces courbes de tarage sont d'autant plus valides pour des crues à débit de pointe élevé. Ceci implique certainement une estimation moins bonne du débit pour des valeurs plus faibles.

La représentation en pointillé rouge des crues de juin 2000, mai 1977 et janvier 2013 fait l'hypothèse d'une propagation linéaire de la crue entre deux stations. Cette hypothèse simplificatrice permet de représenter visuellement l'évolution des crues de référence sur l'outil. Pour rappel, seules les croix marquent des débits de pointe de la crue relevés par les stations limnimétriques. Cependant pour la crue de juin 2000, les croix situées sur les courbes de tarage estimées par le modèle hydraulique sont issus de la modélisation hydrologique (CACG, 2011) de la Lèze. Ces valeurs sont donc dépendantes de la qualité du calage de ce modèle sur la crue de juin 2000.

La proposition d'une vitesse de 1,5m/s pour le déplacement de l'onde de crue est indicative car il est évident que ce temps est différent pour chaque crue. Il sera plus important pour une crue débordante (atténuation en lit majeur) et légèrement moins pour une crue non débordante (lit mineur uniquement). Il est important de noter que le débit de pointe peut être atteint à l'aval avant qu'il ne le soit à l'amont. Cette estimation d'une vitesse de déplacement de l'onde de crue n'est valable que pour un transfert d'amont en aval de la crue sans qu'aucuns apports intermédiaires conséquents ne soient observés.

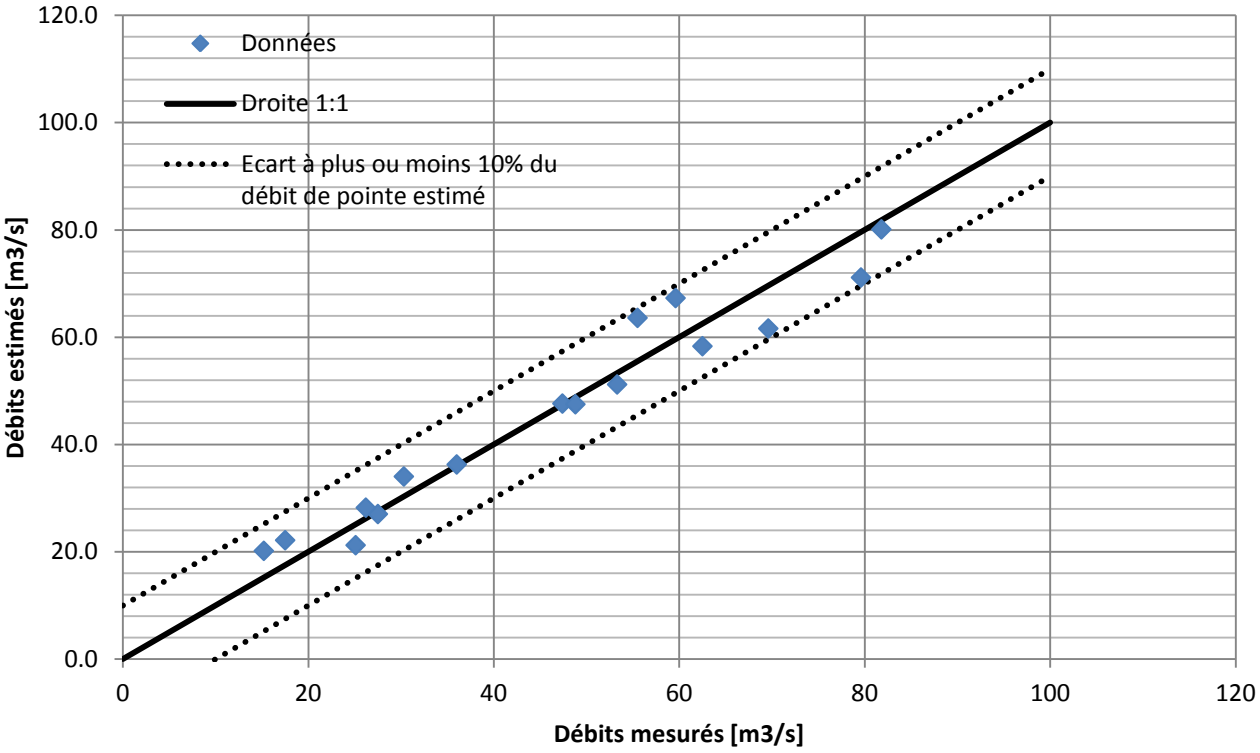
Enfin, la proposition d'une valeur de coefficient d'apport pour le débit de pointe représente une vision réductrice du phénomène hydrologique et climatique qui forme une crue sur la Lèze. Il est bien évident que les valeurs proposées s'approchent d'une moyenne des valeurs observées pour 17 crues historiques et qu'une crue n'est jamais similaire à une autre. Il est nécessaire d'envisager une modélisation hydrologique en temps réel (Garambois, 2012) qui permettrait de tenir compte de l'évolution de la pluie et des apports intermédiaires qui peuvent être déterminants.

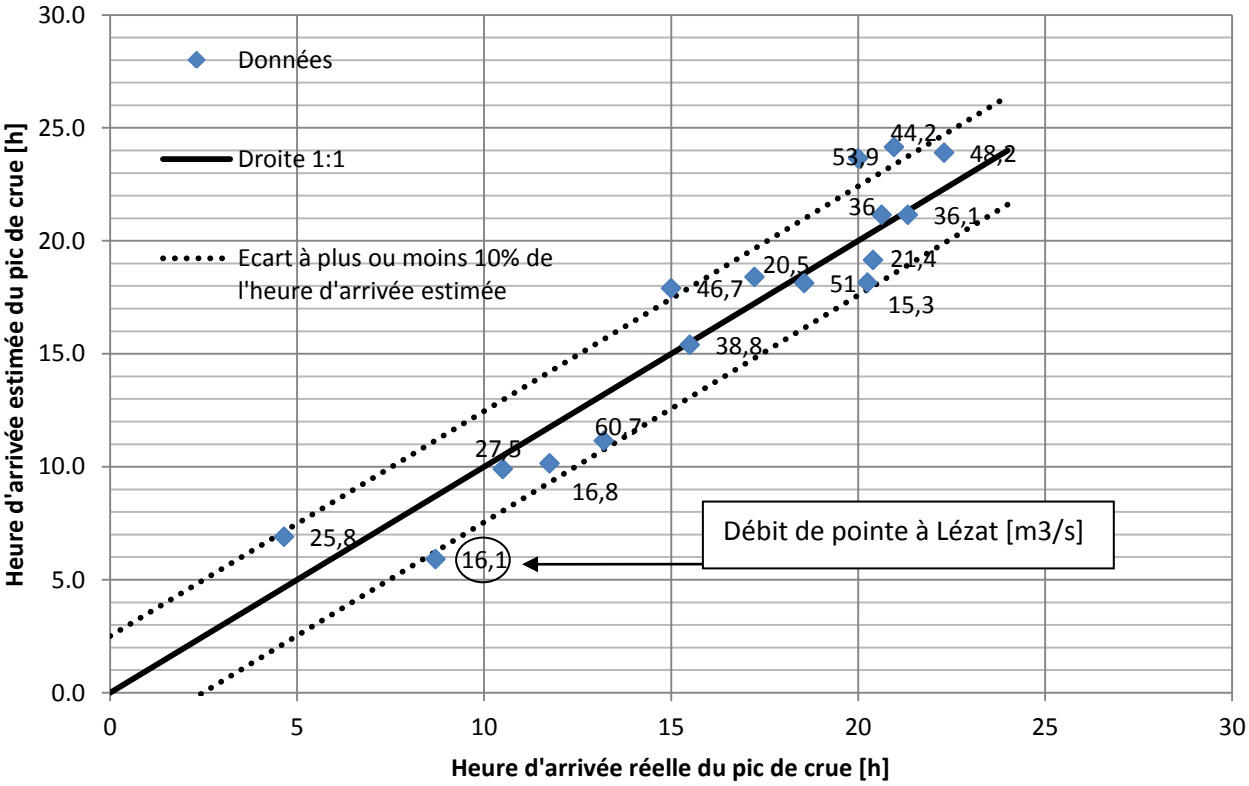
4.4. Validation de l'outil sur les crues des 20 dernières années

Dans l'objectif de tester la validité de l'outil sur l'estimation du débit de pointe à l'aval et sur le temps de transfert, il sera réalisé une analyse des erreurs afin de proposer un intervalle de confiance en pourcentage. **Cette vérification a pu être réalisée seulement entre les stations de Lézat et Labarthe**. Donc c'est la **robustesse du coefficient d'apport de 1,32 qui sera évaluée**. En effet, dans l'objectif de récupérer des données anciennes, ces deux stations sont les seules consultables sur Banque Hydro.

Les résultats des simulations sont les suivants :

Crue	Débit de pointe à Lézat [m3/s]	Heure d'arrivé du pic de crue à Lézat [h]	Débit de pointe estimé (coefficient d'apport de 1,32) à Labarthe [m3/s]	Heure d'arrivée estimée (célérité de l'onde de crue de 1,5m/s) du pic de crue à Labarthe [h]	Débit de pointe mesuré à Labarthe [m3/s]	Heure d'arrivée réelle du pic de crue à Labarthe [h]	Erreur sur le débit de pointe estimé à Labarthe	Erreur sur l'arrivé estimée du pic de crue à Labarthe
23-janv-09	36.1	16	47.65	21.15	47.4	21.33	0.252	-0.17592593
18-janv-08	16.8	5	22.18	10.15	17.5	11.75	4.676	-1.59592593
11-mars-06	38.8	10.25	51.22	15.40	53.3	15.5	-2.084	-0.09592593
22-mars-06	27.5	4.75	36.30	9.90	36	10.5	0.3	-0.59592593
24-janv-04	48.2	18.75	63.62	23.90	55.5	22.3	8.124	1.60407407
23-avr-04	46.7	12.75	61.64	17.90	69.6	15	-7.956	2.90407407
04-mars-03	25.8	1.75	34.06	6.90	30.3	4.65	3.756	2.25407407
06-juin-02	20.5	13.25	27.06	18.40	27.5	17.23	-0.44	1.17407407
29-janv-01	53.9	18.5	71.15	23.65	79.6	20	-8.452	3.65407407
10-janv-99	21.4	14	28.25	19.15	26.2	20.4	2.048	-1.24592593
29-nov-98	15.3	13	20.20	18.15	15.2	20.25	4.996	-2.09592593
05-janv-97	16.1	0.76	21.25	5.91	25.1	8.7	-3.848	-2.78592593
01-déc-96	60.7	6	80.12	11.15	81.8	13.2	-1.676	-2.04592593
09-janv-95	44.2	19	58.34	24.15	62.5	20.96	-4.156	3.19407407
06-avr-94	36	16	47.52	21.15	48.8	20.63	-1.28	0.52407407
05-avr-92	51	12.98	67.32	18.13	59.6	18.56	7.72	-0.42592593





4.4.1.Commentaire sur l'estimation des débits de pointe

La phase de test de l'outil montre une bonne estimation des débits de pointe à Labarthe en fonction du débit de pointe à Lézat à plus ou moins 10% du débit de pointe estimé à Labarthe. L'importance du débit de pointe n'a aucune influence sur l'erreur observée. L'ensemble des crues testées ont un

débit de pointe inférieur à 80m^3/s à Lézat, ce qui limite le test de la validité de l'outil pour cette partie à des crues d'une période de retour de 10 ans maximum.

4.4.2.Commentaire sur l'estimation des temps de transfert de l'onde de crue

La phase de test de l'outil montre une relativement bonne estimation des temps de transfert de l'onde de crue entre Lézat et Labarthe en fonction de l'heure de passage du pic de crue à Lézat à plus ou moins 2h24mn (10% de 24h). Aucune relation n'a pu être établie entre le débit de pointe et le temps de transfert de l'onde de crue.

4.4.3.Précautions d'usage

Après la phase de validation de l'outil sur des crues « moyenne », il est proposé d'estimer un débit de pointe à l'aval et une heure d'arrivée du pic de crue en encadrant la valeur proposée par l'outil en respectant les intervalles suivants :

- Estimation de débit de pointe (QIX) à l'aval

QIX aval – 10% QIX aval< **QIX aval** < QIX aval + 10% QIX aval

- Estimation de l'heure d'arrivé du pic de crue à l'aval (heure aval)

Heure aval – 2h24 < **heure aval** < heure aval + 2h24

4.5. Exemple d'utilisation de l'outil : la crue du 11 mars 2006

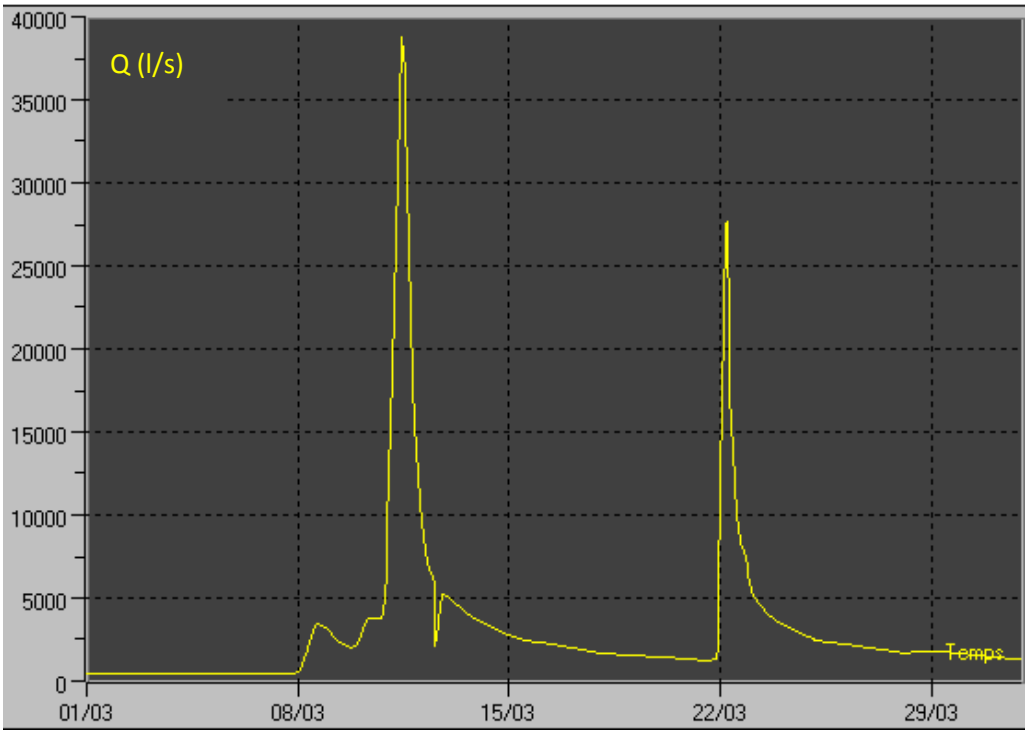


Figure 41 : Débits à pas de temps variable pour la période du 01 mars 2006 au 31 mars 2006 à la station de Lézat-sur-Lèze (Banque Hydro)

Le pic de crue enregistré à Lézat est de 38,5m^3/s à 10h15. L'application de l'outil consiste à multiplier par 1,32 le débit de pointe à Lézat pour estimer le débit de pointe à Labarthe. Le débit de pointe calculé est donc de 50,8 m^3/s ($38{,}5 \times 1{,}32 = 50{,}8$). L'outil évalue que le débit de pointe à Lézat arrivera 5h12 plus tard à Labarthe pour une vitesse de l'onde de crue de 1,5m/s. Le débit de pointe à Labarthe devrait donc arriver vers 15h30 avec un débit de l'ordre de 50m^3/s.

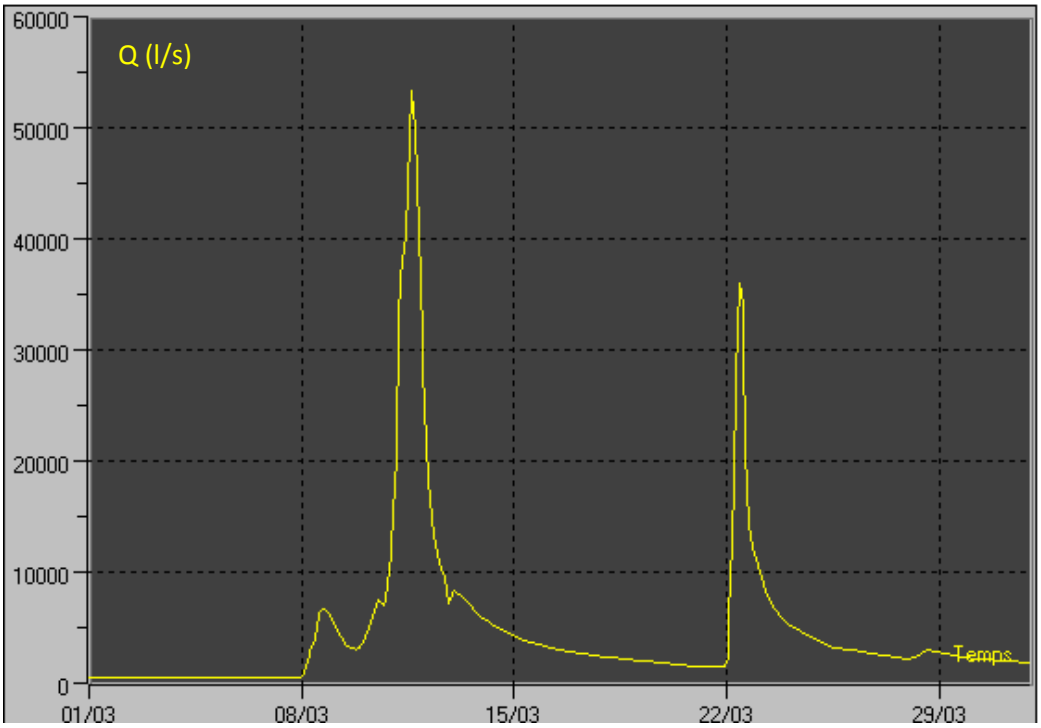


Figure 42 : Débits à pas de temps variable pour la période du 01 mars 2006 au 31 mars 2006 à la station de Labarthe-sur-Lèze (Banque Hydro)

L'analyse de l'hydrogramme à Labarthe permet d'identifier le pic de crue enregistré à un débit de 53,3m^3/s arrivé à 15h30. L'estimation du débit à plus ou moins 10% est satisfaisante. Concernant l'approche du temps de transfert, l'estimation est également bonne à plus ou moins 2h24.

5.Conclusion

L'intérêt de la réalisation de ce document de références hydrologiques permet de disposer des principaux repères et informations sur les crues de la Lèze. La proposition de l'outil de références locales a pour objectif de synthétiser l'information en améliorant la connaissance hydrologique des principaux bourgs sur un même graphique. C'est un tableau de bord qui permet de saisir les données recueillies et par conséquent de situer et visualiser en temps réel l'évolution de la crue. C'est un outil robuste, visuel et pratique pour un opérateur de terrain pendant une situation de crise.

Les limites de l'outil résultent dans l'interprétation des débits de pointe à l'aval car l'importance de la répartition des pluies, de la saturation initiale des sols et des apports intermédiaires est totalement négligée. Or, ces données sont déterminantes dans l'évolution des débits et des temps de transfert. Il est donc recommandé d'utiliser cet outil avec prudence dans son interprétation.

Il serait intéressant de mettre à profit les données radar des lames d'eau afin de disposer d'un véritable outil de prévision hydrologique que serait une modélisation en temps réel telle qu'exposée par la thèse de (Garambois, 2012). Il semble aussi nécessaire d'équiper les ponts d'échelles limnimétriques avec des reports afin d'avoir une possibilité de lire la hauteur d'eau en cas de crue en lit majeur.

Bibliographie

AGERIN. 2007. *Retour d'experience des crues des affluents de la Lèze et de l'Ariège lors des épisodes orageux des mois de Mai et Juin 2007.* Toulouse : DDE de l'Ariège, 2007.

AGERIN. 2006. *Shema de prevention des risques d'inondation de la vallée de la Lèze.* SMIVAL (2006).

CACG. 2011. *Etude hydraulique de la Lèze.* Saint-Sulpice-sur-Lèze : SMIVAL, 2011.

Garambois, Pierre-André. 2012. *Etude régionale des crues éclair de l'arc méditerranéen français. Elaboration de méthodologies de transfert à des bassins versants non jaugés .* Toulouse, 2012.

Joséphine Arsaguet, SMIVAL. 2011. *Mémoires de Lèze, un siècle de crue.* Toulouse : Edition In extenso, 2011. 2-9523462-5-9.

Pierre-Alain Roche, Jacques Miquel et eric Gaume. 2012. *Hydrologie Quantitative: Processus, modèles et aide à la décision.* Nanterre : Springer, 2012.

SMIVAL. 2010. *Erosion des sols et qualité de l'eau en vallée de la Lèze.* Saint-Sulpice-sur-Lèze (2010).