

AGERIN SAS



**Direction Départementale
des Territoires de l'Ariège**



Photo 1 : Le pont de Saint-Girons lors de la crue de 1977 (Cliché « La Dépêche du Midi »)

ETUDE DE L'ALEA INONDATION DE SAINT-GIRONS POUR LA REVISION DU PPR

Partie 2 : Modélisation hydraulique en 2D et cartographie des aléas

Rédaction :

Marion JEULIN

Contrôle qualité :

Romain CARBONNAUX, Alexis MERCIER

Document final 22/08/2018

AGERIN

SAS au capital de 60 000 Euros

Etudes et conseils. Aménagement et Gestion de l'Environnement et des Risques Naturels.

11, avenue du 8 mai 1945, 09120 Varilhes

TEL : 05 61 64 63 31

FAX : 09 72 47 51 86

E-Mail : info@agerin.net

RCS Foix : 441 584 752

SIRET : 441 584 752 00022

SOMMAIRE

1)	INTRODUCTION.....	4
2)	PRESENTATION DU MODELE	5
3)	METHODE ET OUTILS.....	6
4)	LIMITES GEOGRAPHIQUES DE L’ETUDE.....	7
5)	TOPOGRAPHIE :.....	8
6)	CALAGE DU MODELE	9
6.1	CRUE DE 1977.....	9
6.2	CRUE DE 1992.....	11
7)	CRUE DE PROJET.....	14
8)	RESULTATS ET RENDUS	16
	ANNEXES.....	18

1) INTRODUCTION

Ce document présente la seconde partie de l'étude des zones inondables préalable à la révision du Plan de Prévention des Risques de Saint-Girons.

Cette partie consiste en une analyse fine de l'inondation sur la commune de Saint-Girons, s'appuyant sur des modélisations hydrauliques en 2D en régime transitoire des différents cours d'eau pour les zones à enjeux et sur une analyse hydro-géomorphologique pour les secteurs à faibles enjeux. Cette partie conduira à l'établissement d'une carte des aléas, représentant elle-même la synthèse des cartes de hauteurs d'eau et de vitesse conforme à la doctrine régionale de la DREAL Occitanie et aux critères retenus dans l'Ariège par l'Etat.

Ce rapport s'appuie sur les résultats des analyses hydrologiques réalisés lors de la partie 1 : Hydrologie, synthèse des études antérieures et sur une analyse par méthode hydro-géomorphologique pour les secteurs n'ayant pas fait l'objet d'une modélisation, principalement du fait de la faiblesse des enjeux.

2) PRESENTATION DU MODELE

Pour modéliser les écoulements dans les zones supposées à risques, nous avons utilisé le logiciel HEC-RAS 5.0 qui nous permet de calculer la répartition spatiale de l'inondation de façon précise et localisée.

Le principe est de créer une maquette numérique de la zone étudiée sur laquelle en utilisant des données topographiques fines (ici des données par levés GPS terrestre, des points de bathymétrie acoustique (DOPPLER)¹, des levés de topographie optique terrestre et un LIDAR² réalisé par l'Etat, d'une précision de 20 cm en moyenne avec un point par m²). Puis, à l'aide d'un modèle numérique, on simule les écoulements d'une crue de débit et de durée connue sur cette maquette numérique. Grâce aux relevés effectués sur le terrain, nous prenons en compte les spécificités du cours d'eau, des ouvrages et des zones inondables.

En couplant les informations des levés topographiques, des relevés bathymétriques et du Lidar, le modèle permet d'apprécier finement les zones de débordement et de cartographier les vitesses de courant et les hauteurs d'eau pour une crue donnée. La modélisation numérique est une analyse complémentaire de celle réalisée par analyse hydro-géomorphologique (HGM).

Les données brutes issues du modèle sont ensuite couplées à l'analyse HGM des cours d'eau afin d'affiner les résultats obtenus et de prendre en compte les apports non modélisés.

¹ Dans ce cas, la précision est de 0.1 m.

² LIDAR: Acronyme de l'expression anglaise « light detection and ranging ». C'est une technique permettant de réaliser des levés topographiques précis à l'aide d'un laser embarqué dans un avion ou hélicoptère etc.

3) METHODE ET OUTILS

La méthode et les outils pour réaliser la modélisation hydraulique sont décrits de façon schématique dans la figure suivante :

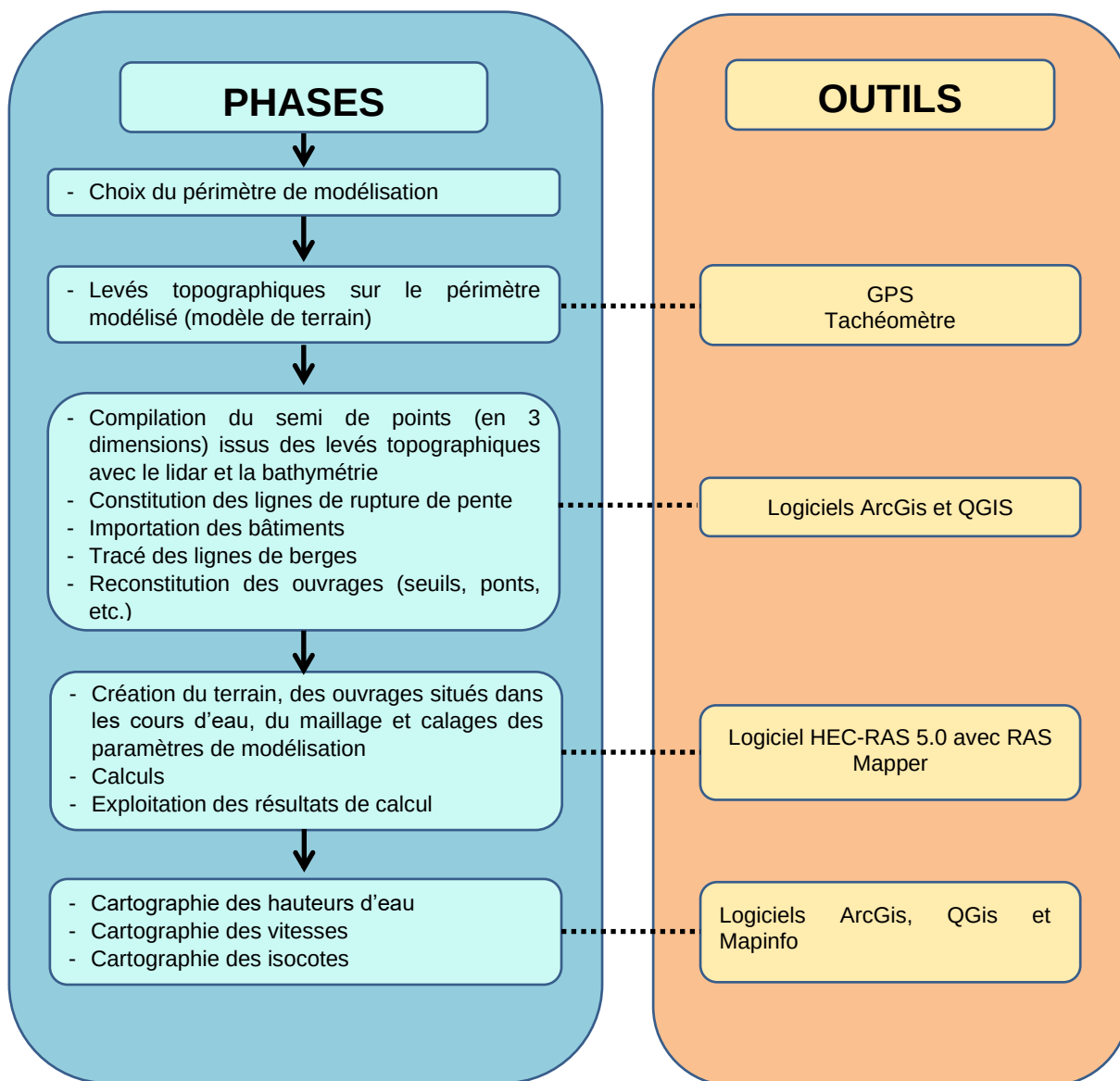


Figure 1 : Phasage et outils de modélisation

4) LIMITES GEOGRAPHIQUES DE L'ETUDE

Le périmètre d'étude concerne l'ensemble de la zone inondable située sur la commune de Saint-Girons. Les zones inondables liées au Salat, au Lez, à la zone aval du Baup et au Carbalasse sont déterminées grâce à des modélisations hydrauliques.

Les petits cours d'eau secondaires, ainsi qu'un certain nombre de ruisseaux et fossés alimentés par le ruissellement sont traités par analyse hydrogéomorphologique.

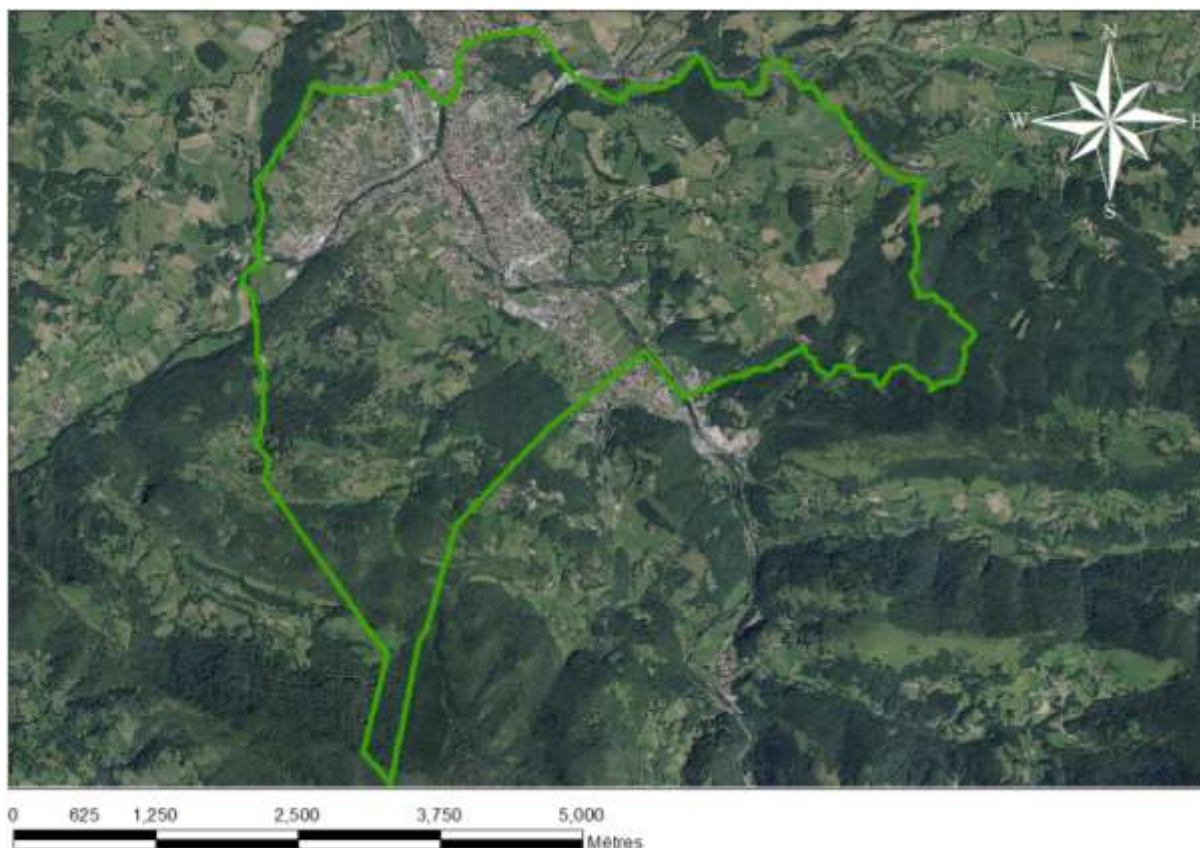


Figure 2 : Zone d'étude en vert sur fond issu de la DB ortho (données IGN).

Les différents cours d'eau ont été modélisés en régime transitoire pour les zones modélisées en 2D en s'appuyant sur les conclusions de la partie n°1 (Hydrologie, synthèse des études antérieures et hydro-géomorphologie).

Grâce aux calculs effectués par le logiciel de modélisation, les informations de hauteurs et vitesses sont connues en tous points de la zone inondable. La modélisation en 2 dimensions permet de traduire précisément les phénomènes qui apparaissent au sein des zones où les écoulements se séparent en plusieurs chenaux de crue.

5) TOPOGRAPHIE :

Les modélisations couplant des zones en 2D nécessitent une connaissance fine du relief de la zone d'étude.

La topographie du domaine modélisé est constituée de levés LIDAR couplés à plus de 5400 points bathymétriques et levés de terrain.

Le matériel mis en œuvre pour réaliser les levés topographiques est le suivant :

- un GPS topographique temps réel Ashtech Promark 200 RTK avec liaison GSM et traitement en temps réel par le réseau TERIA. Précision centimétrique en X, Y et Z.
- une station topographique terrestre (optique et laser LEICA TCR 407). Précision centimétrique en X, Y et Z.
- un bateau équipé d'un échosondeur acoustique fonctionnant par effet Doppler et couplé au GPS Ashtech Promark 200 RTK.

Ainsi, la zone susceptible d'être exposée à la montée des eaux est définie de façon précise par le couplage de l'ensemble de ces données. Les ouvrages présents dans le domaine d'étude (ponts, seuils) ont fait l'objet de levés topographiques pour être intégrés dans le modèle.

Ainsi, toute l'étendue du domaine d'étude modélisé dispose d'une information topographique.

En prenant en compte le Salat et ses affluents modélisés en deux dimensions, le maillage permettant le calcul de la propagation des crues contient plus de 115 000 cellules de calculs.

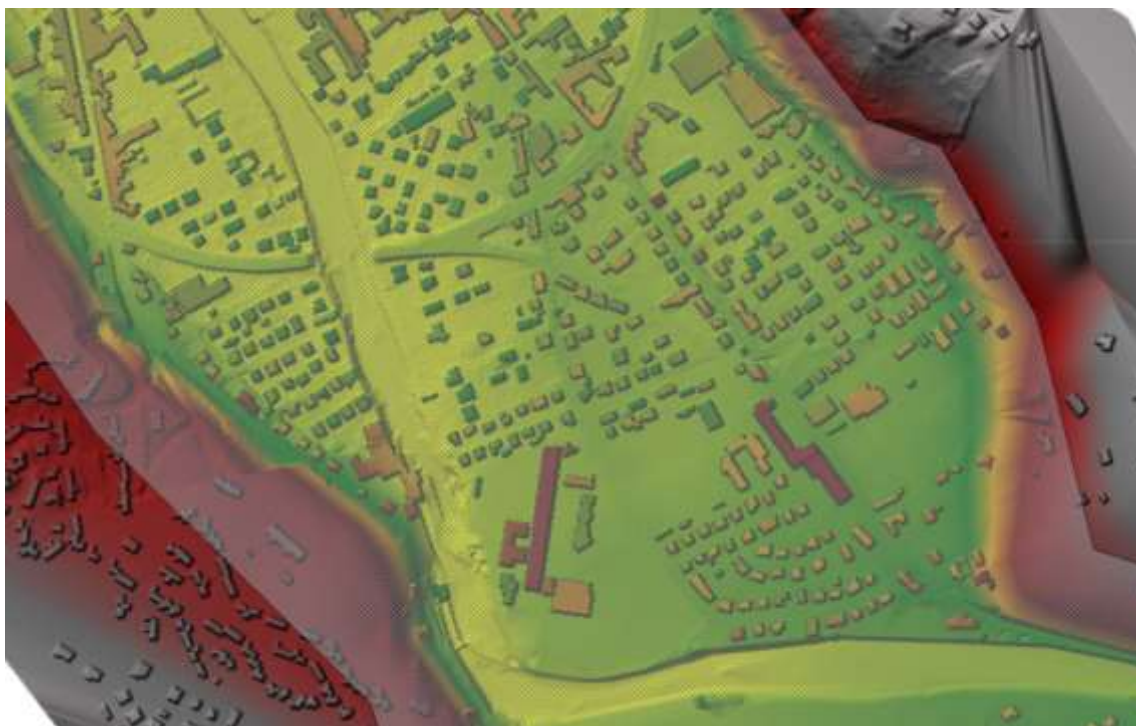


Figure 3 : Zoom sur une partie du maillage de la zone d'étude

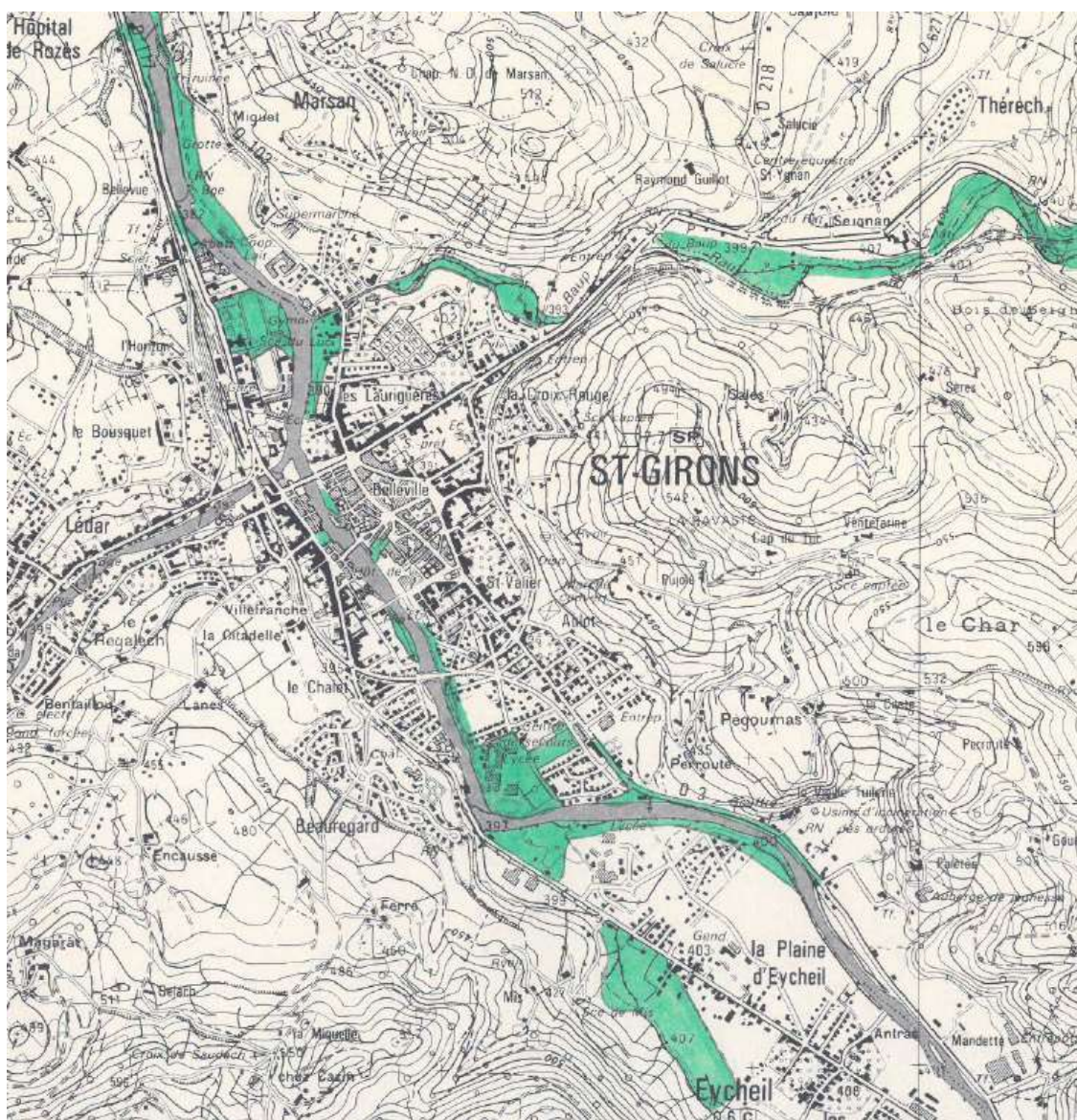
6) CALAGE DU MODELE

Les coefficients de rugosité (frottements) ont été estimés à partir des visites de terrain et par comparaison avec les abaques disponibles dans la littérature (notamment dans le guide établi par l'US Army Corps of Engineers, concepteur du code HEC-RAS).

Les différents paramètres du modèle ont ensuite été calés avec la crue de 1977 et de 1992 car celles-ci sont récentes et documentées.

6.1 Crue de 1977

Nous avons recueilli la cartographie des zones inondées auprès de la DREAL OCCITANIE :



Carte 1 : Cartographie de la crue de 1977 fournie par l' « Unité Préparation à la gestion de Crise - Direction Risques naturels » de la DREAL OCCITANIE

On note que le Lez n'a pas fait l'objet d'une cartographie.

Pour caler notre modèle nous avons également récupéré les informations ci-dessous :

Tableau 1 : Débits de la crue de 1977

Cours d'eau	Surface du bassin versant (km ²)	Banque hydro	Débits équivalents au droit de la zone (m ³ /s)	
		Crue historique du 19 mai 1977		Source
Le Salat aval	1154.8	960 m ³ /s Pour un BV de 1154 km ² - Station : Saint-Lizier [Saint Girons]	Q _{05/1977} = 960 m ³ /s	[1]
Le Salat en amont de la confluence avec le Lez	662.9	368 m ³ /s Pour un BV de 379 km ² - Station : Soueix-Rogalle [kerbanac]-	Q _{05/1977} = 573 m ³ /s	[5]
Le Lez	418.2	213 m ³ /s Pour un BV de 365km ² Station : Lez à Engomer [Balaguères]	Q _{05/1977} = 239 m ³ /s	[2]

Si on additionne les différentes valeurs de débits en imputant des valeurs de débits raisonnables au Baup et au ruisseau de Carbalasse (débits inférieurs au débit centennal), on n'obtient pas le débit mesuré au niveau de la station de Saint-Lizier. Pour cette valeur la banque hydro indique que la validité Année/ station est douteuse.

La validité de la valeur de la station de Soueix-Rogalle [Kercabanac] est indiquée comme bonne par la banque hydro même s'il est permis d'émettre des doutes quant à sa fiabilité. En effet aucune loi de régression statistique testée ne s'ajuste aux valeurs de façon satisfaisante. De plus, la date des crues entre les années 1966 et 1987 est systématiquement notée au 1^{er} du mois durant lequel la crue a eu lieu ce qui semble curieux et soulève des doutes sur la validité des données.

Les valeurs fournies par la station du Lez sont annoncées comme bonnes mais dont l'origine est « estimés ».

Pour modéliser la crue de 1977, nous nous appuierons sur ces valeurs :

Tableau 2 : Débits retenus pour la crue de 1977

Cours d'eau	Débit retenu (m ³ /s)
Le Salat en amont de la confluence avec le Lez	Q _{05/1977} = 575 m ³ /s
Le Lez	Q _{05/1977} = 245 m ³ /s
Le Baup	Q _{05/1977} = 70 m ³ /s

Les cours d'eau non jaugés comme le Baup et la Ruisseau de Carbalasse sont calés selon la même logique que les cours d'eau voisins sur lesquels nous avons des informations des débits, en tenant compte de leurs spécificités.

La concomitance parfaite des crues n'est pas envisagée ce qui implique un débit global à l'aval de la confluence de 800 m³/s.

6.2 Crue de 1992

A la suite de cette première étape, le calage du modèle est validé par la modélisation de la crue de 1992 sur laquelle des données hydrométriques sont connues ainsi que des repères de crues.

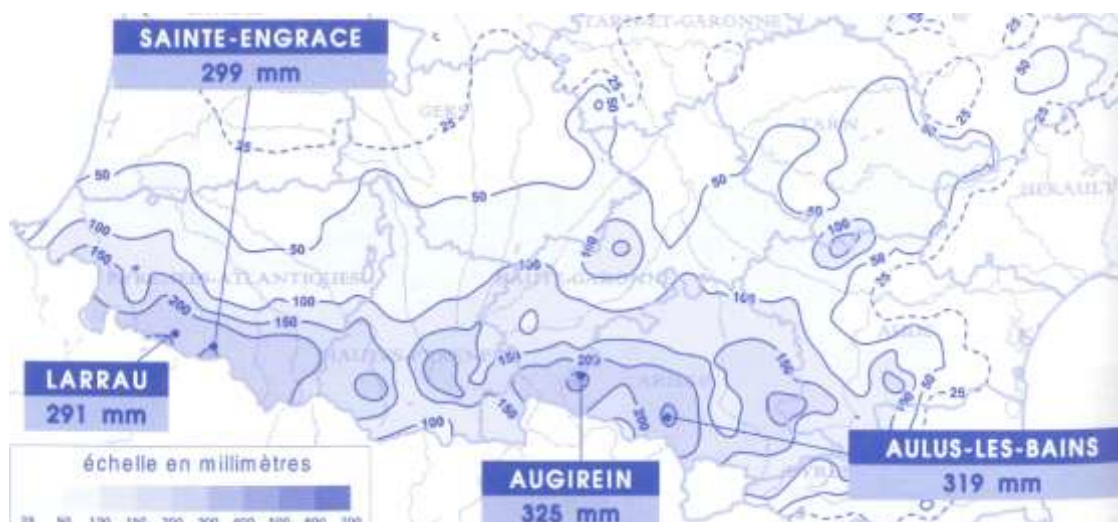
Tableau 3 : Débits mesurés pour la crue de 1992

Cours d'eau	Surface du bassin versant (km ²)	Banque hydro
		Crue historique du 5 octobre 1992
Le Salat aval	1154.8	510 m ³ /s Pour un BV de 1154 km ² - Station : Saint-Lizier [Saint Girons]
Le Salat en amont de la confluence avec le Lez	662.9	287 m ³ /s Pour un BV de 379 km ² - Station : Soueix-Rogalle [kerbanac]-
		146 m ³ /s Pour un BV de 169 km ² - Station : L'Arac à Soulan [Freychet]
Le Lez	418.2	246 m ³ /s Pour un BV de 365km ² Station : Lez à Engomer [Balaguères]

Les hydrogrammes de crues ont été enregistrés par les stations de mesures, ainsi, on peut reproduire fidèlement cette crue historique (prise en compte la forme réelle des hydrogrammes et des décalages entre les pics de crue).

Si on additionne les différents débits des stations amont, on obtient un débit aval supérieur à celui mesuré. Comme précédemment, il est permis de douter des débits fournis par la station de Soueix-Rogalle.

Le pic de crue est intervenu le 5 Octobre 1992. Les relevés pluviométriques de Météo-France nous montrent que c'est majoritairement les têtes de bassin qui ont été impactées par ces pluies, ce qui explique que les débits ne se soient pas amplifiés entre les stations de mesures situées en amont et la station du Salat située en aval de la confluence.



Carte 2 : Extrait de la carte pluviométrique des 03, 04 et 05 Octobre 1992 [3]

Pour modéliser la crue de 1992, nous nous appuyerons sur ces valeurs :

Tableau 4 : Débits retenus pour la crue de 1992

Cours d'eau	Débit retenu (m ³ /s)
Le Salat en amont de la confluence avec le Lez	Q _{05/1977} = 287 m ³ /s
Le Lez	Q _{05/1977} = 246 m ³ /s
Le Baup	Q _{05/1977} = 50 m ³ /s

Les repères de crue utilisés pour le calage de la crue de 1977 et 1992 sont issus de la base de données « Repères de crues » (disponible sur internet) et complétés par nos levés dont les fiches sont disponibles en annexe.

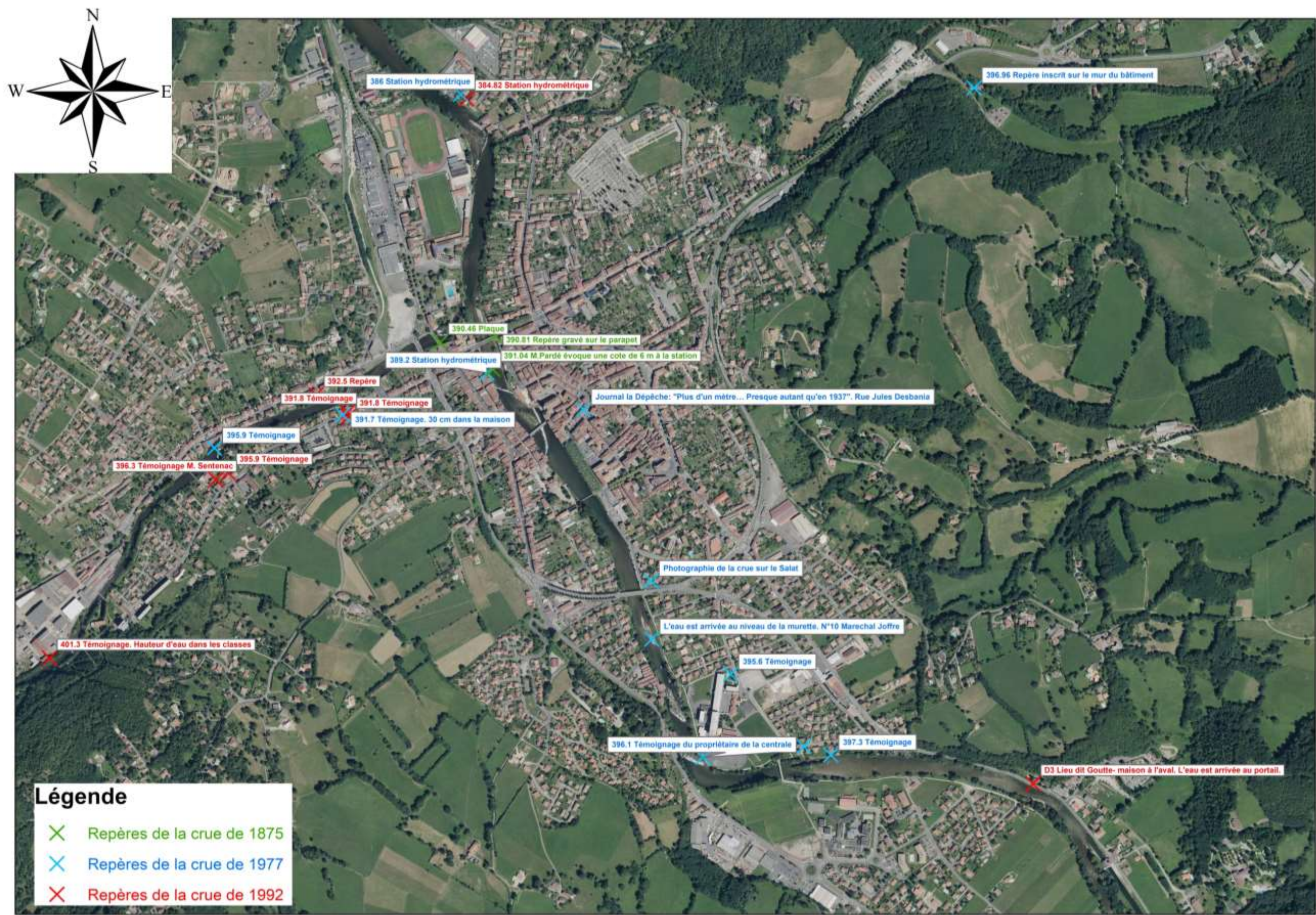


Figure 3 : Cartographies des repères de crues

7) CRUE DE PROJET

Comme spécifié dans le chapitre 6.8 de la partie 1 de l'étude de l'aléa inondation de Saint-Girons pour la révision du PPR, nous avons modélisé les débits suivants :

Tableau 5 : Rappel des débits maximum retenus pour la modélisation des crues de références

Cours d'eau	Surface du bassin versant (km ²)	Débits retenus pour la modélisation des crues de références (m ³ /s)
Le Salat en amont de la confluence avec le lez	662.9	$Q_{1875} : 880$
Le Lez	418.2	$Q_{100} = 480$
Le Baup	73.7	$Q_{100} = 110$
Ruisseau Carbalasse	4.26	$Q_{100} = 14.5$
Le salat aval	1154.8	Formé naturellement au sein du modèle par l'addition des différents débits en provenance de l'amont $Q_{ref\ global\ aval} = 1320$

Pour le ruisseau du Carbalasse étant donné sa faible dimension et donc l'évolution importante de la taille de son bassin versant au fur et à mesure que l'on s'approche de l'exutoire, nous avons réparti le débit en fonction des apports réels ayant lieu tout au long du cours d'eau pour ne pas surévaluer l'impact de la crue :

Les débits ont été répartis comme suit :

	Source de Mis	Débits en provenance des buses amont en entrée de modèle	Débordements en provenance de l'amont des buses (buses limitantes)	Apport le long du ruisseau du Carbalasse
Débits Q_{100} en m ³ /s	5	2.4	2.6	4.5

La modélisation de la zone en 2D est réalisée en régime transitoire ce qui permet de connaître les hauteurs d'eau et les champs de vitesse de la zone étudiée à chaque pas de temps et d'espace.

On fait passer la crue modélisée dans le lit de la rivière et on peut suivre le déroulé de la crue à chaque pas de temps.

Exemple de la propagation d'une crue dans une zone en 2D :

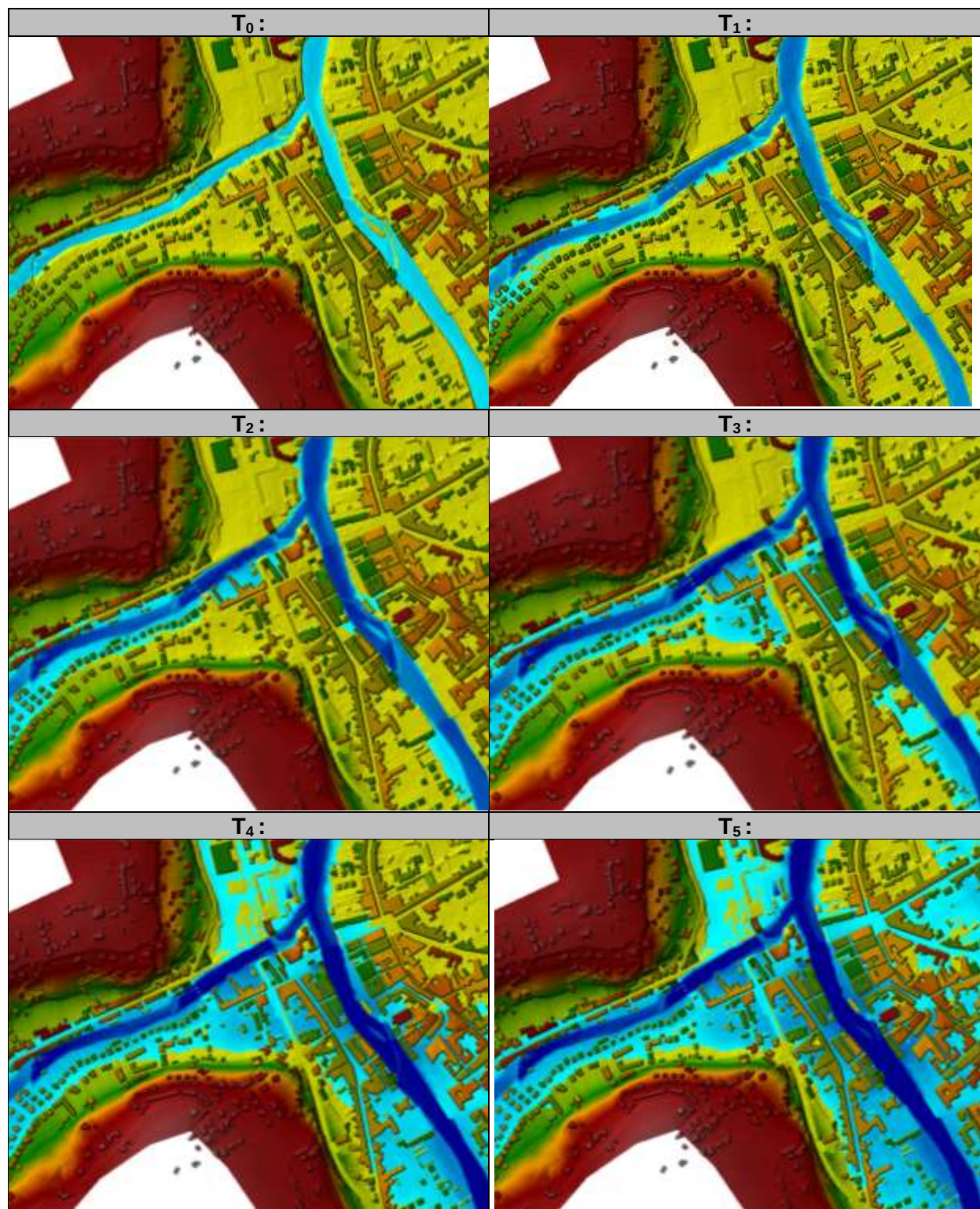


Figure 4 : Extrait de la propagation d'une crue en zone 2D

8) RESULTATS ET RENDUS

Les données brutes issues du modèle sont systématiquement analysées par l'équipe technique afin de retranscrire au mieux la réalité du terrain (en palliant les éventuels biais connus du modèle).

La modélisation donne des hauteurs d'eau sur certains secteurs plus importantes que la crue de 1875.

Ce résultat est classique et est notamment dû aux modifications intervenues dans le lit mineur et dans le lit majeur des cours d'eau depuis cette date. Ces différences sont également dues au fait que les débits de projets ne correspondent pas tous aux débits de la crue de 1875.

A titre d'exemple, sur le Lez, le seuil situé environ 100m avant la confluence n'est pas retrouvé sur le profil en long des forces hydrauliques réalisé le 8 Septembre 1906 :

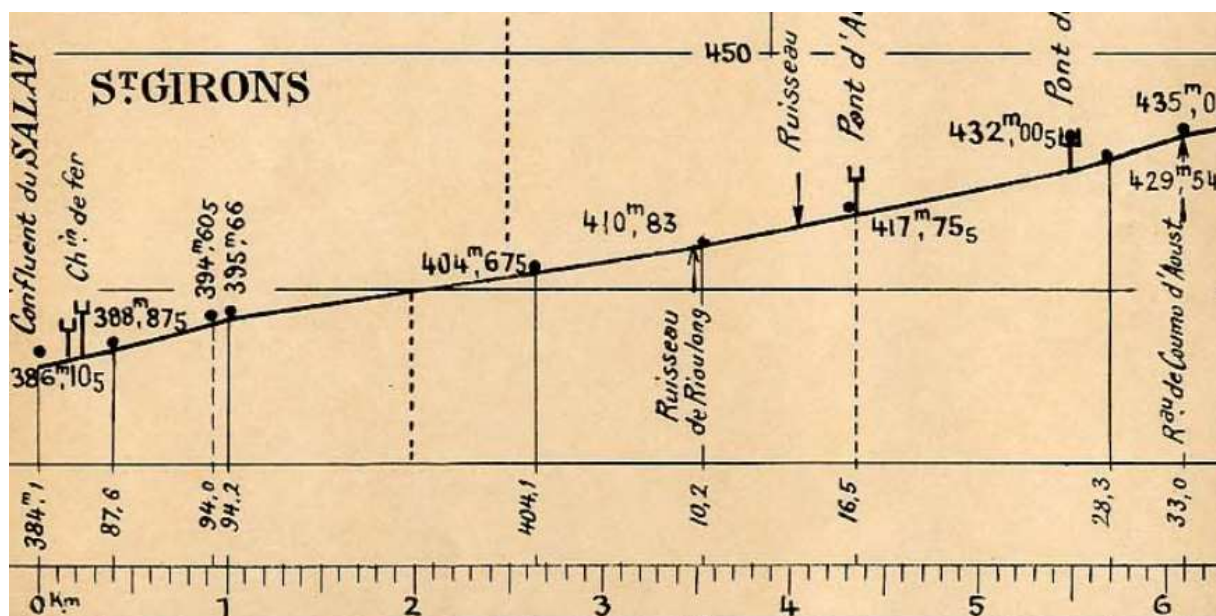


Figure 5 : Extrait du profil en long réalisé par les Forces Hydrauliques sur le Lez

De fait, si ce seuil n'était pas présent à l'époque, sa présence actuelle rehausse sensiblement la cote de la crue de référence vis-à-vis des crues historiques connues.

Les résultats de ces modélisations couplés aux analyses HGM sont présentés en annexes du présent rapport.

Dans le détail, il ressort plusieurs éléments qui méritent d'être mis en avant.

- En premier lieu, les inondations du Salat sont très importantes et concernent de nombreux enjeux importants, tant au niveau du centre historique que des zones de construction plus récentes. Dans beaucoup de zones, on note la présence des vitesses élevées (pouvant générer de forts dégâts au bâti) et des hauteurs d'eau importantes dans les zones urbanisées (souvent plus de deux mètres). On peut notamment citer ici la plaine d'Eycheil, ou encore la rive gauche du Salat en amont de la confluence avec le Lez.
- Les inondations générées par le Lez sont tout aussi importantes avec plusieurs dizaines de maisons soumises à de fortes hauteurs d'eau et des vitesses élevées qui justifient

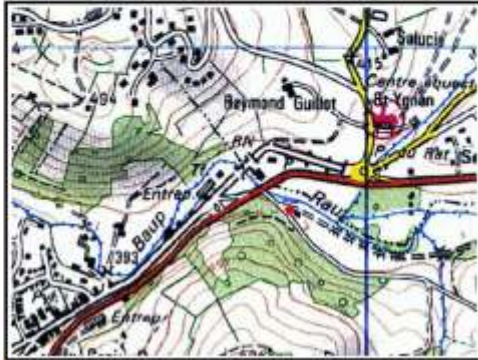
pleinement un aléa fort. A noter que la modélisation est légèrement plus pénalisante que celle réalisée précédemment.

- Les zones inondées par le Baup sont nettement plus faibles et la plupart des maisons inondées ne sont concernées que par des aléas faibles et moyens.
- Les zones inondées par le Carbalasses et ses affluents et sources concernent une forte surface urbanisée avec toutefois peu d'enjeux en aléas forts. Concrètement, la quasi-totalité de la zone est inondée par moins de 0.5 m d'eau, mais les vitesses dépassent souvent 0.2 m/s, ce qui implique des zones d'aléas moyens.

En conclusion, la commune de Saint-Girons est fortement touchée par les aléas d'inondation avec de nombreuses habitations en zone d'aléa fort. Concernant les enjeux, des enjeux ponctuels sont inondés comme les deux lycées, la plupart des zones artisanales et commerciales à l'exception d'une partie du secteur de l'ancienne gare et de l'entrée ouest de Saint-Girons. La Mairie, située en plein centre-ville est située elle-aussi dans une zone fortement inondée.

ANNEXES

Annexe 1 : Repères de crues :

Fiches de crue		AGERIN
DDT 09		1
Etude: Aléa inondation, St-Girons Département : Commune : Saint-Girons N° INSEE : 09 261 Secteur : Salles, amont D117 Cours d'eau : Baup Date de la crue : 19/05/1977 Type : Marque Source : AGERINsas		Localisation sur fond IGN : 
Côte NGF (en m): 396.96 Hauteur (en m/TN):		Localisation sur orthophoto : 
Coordonnées L93:		
549626.906	6212046.933	
Commentaire: Marque de la crue de mai 1977 reportée sur la façade aval.		
Témoin:		
		



DDT 09

Fiches de crue

2



Etude: Aléa inondation, St-Girons

Département :

Commune : Saint-Girons

N° INSEE : 09 261

Secteur : Quai du Roc

Cours d'eau : Salat

Date de la crue : 19/05/1977

Type : Photographie

Source : « La Dépêche », AGERINsas

Côte NGF (en m): 392.14 Hauteur (en m/TN):

Coordonnées L93:

548772.72

6210762.25

Commentaire:

Photographie de la crue de Mai 1977 sur le Salat.

Photographie extraite du journal « la Dépêche ».

Témoign:

Localisation sur fond IGN :

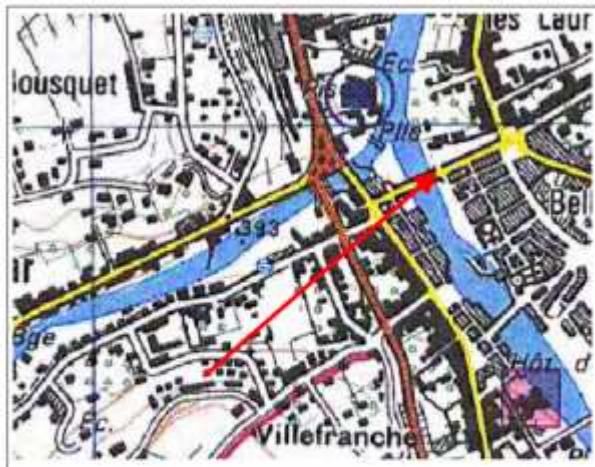


Localisation sur orthophoto :



CODE FICHE : 09-35.1-ST GI-1

PK : Distance à la Garonne



Département : 09

Rivière : Salat

Commune : Saint Girons

**Lieu : Pont en amont du de
la confluence du Lez**

Date : 1875

Source : AGERIN sarl

Sur le coin aval du parapet rive droite du pont sur le Salat, on trouve cette marque de la crue du 23 juin 1875 gravée sur un bloc. Cette marque, située environ 1,1 m au dessus du sol, montre clairement que ce pont était largement submergé lors de la crue du 23 juin 1875. Altitude de la crue: 390,81 m



