B. DÉFINITION DE L'ALÉA INONDATION PAR MODÉLISATION HYDRAULIQUE

B.I. MÉTHODOLOGIE

La cartographie de l'aléa inondation est réalisée ici sur la base d'une modélisation mathématique des écoulements du Tarn et de la Jonte.

Un modèle hydraulique permet de simuler les écoulements de l'eau, classiquement dans les lits mineurs et majeurs d'un cours d'eau à l'étiage et en crue comme dans le cas présent, mais également les ruissellements diffus ou la circulation dans des ouvrages hydrauliques complexes. Il existe classiquement des modèles dit « 1D » (1 direction de l'espace, perpendiculaire à l'écoulement) ou « 2D » (2 directions de l'espace sur une surface XY maillée), voir 3D (3 directions de l'espace en intégrant dans le calcul les variations sur la verticale Z).

Au vu de la configuration de la zone d'étude, il est retenu de réaliser **en régime permanent** :

- une modélisation 1D sur Hures la Parade (Les Douzes) ;
- une modélisation 1D sur Saint Pierre des Tripiers (La Caze) ;
- une modélisation 1D dans les gorges du Tarn en amont de la confluence ;
- une modélisation 1D dans les gorges de la Jonte en amont de la confluence ;
- une modélisation 2D incluant la confluence Tarn/Jonte ainsi que les zones à enjeux denses et la plaine Saint-Martin ;
- une modélisation 1D à l'aval de la plaine Saint-Martin.

Le code de calcul utilisé en 2D par CEREG Ingénierie est **SW2D**. Il est développé avec le laboratoire HYDROSCIENCES de Montpellier. Il est absolument conservatif en volume et gère les fronts secs en début de calcul. Il repose sur la discrétisation de l'espace en un maillage fin basé sur des levés topographiques.

Le code de calcul 1D utilisé est HEC-RAS.

Afin de s'assurer d'une réponse cohérente des modèles mathématiques, il est nécessaire de les caler, c'est à dire de chercher le jeu de paramètre qui permet de retrouver par le calcul à partir d'un débit connu, des niveaux observés.

La difficulté dans le cas d'espèce repose sur une connaissance partielle des débits des crues réelles à la confluence : seuls les débits du Tarn en amont de la confluence sont connus (et donc ni le débit sur la Jonte, ni le débit sur le Tarn permettant de définir la concomitance).

Il est donc choisi un processus de calage doublement itératif, reposant sur l'analyse des crues, la non-concomitante des pointes de crue du Tarn et de la Jonte et la multiplication des événements de calage :

- Calage du tronçon du Tarn en amont de la confluence sur les débits à la station hydrométrique de la Muse et les hauteurs d'eau observées (crues de 2011, 2003 et 1994 principalement) ;
- Calage de la confluence sur la crue de 2011 en considérant le faible apport de la Jonte (faible débit observé à Meyrueis en amont et répartition spatiale de la pluie indiquant une faible intensité sur le bassin versant de la Jonte) ;
- Estimation de ce débit concomitant de la Jonte en 2011 grâce aux niveaux observés à l'aval (plus faible que le débit de pointe de la Jonte en 2011) ;
- Estimation du débit de pointe de la Jonte en 2011 grâce aux niveaux observés en amont ;
- Calage du tronçon de la Jonte amont et vérification de la cohérence du calage avec l'estimation des débits concomitants et débits de pointe de la Jonte en 2003 et 1994, où la Jonte était significativement en crue ;
- Calage du tronçon du Tarn à l'aval avec les débits concomitants.
- Sur Hures la Parade et Saint Pierre des Tripiers, consolidation par croisement des paramètres des modèles en aval et de la pente de la ligne d'eau simulée dans les études antérieures (BRLi).

Les affluents et autres axes d'écoulements exceptionnels identifiés dans le PPRi de 2014 ont été repris.

B.II. DONNÉES

Les données présentées ci-après ont servi de base à l'étude hydraulique et à la définition de l'aléa inondation.

B.II.1. Topographie

Les levés topographiques doivent permettent de rendre compte dans la modélisation hydraulique des variations structurelles du lit mineur et du champ majeur ayant un impact significatif sur les écoulements.

Il a été utilisé les levés suivants sur les 9,2 km du Tarn et 3,5 km de la Jonte modélisés :

- RGE Alti 1m de l'IGN, Modèle Numérique de Terrain (MNT) issu d'un levé LIDAR avec un point tous les mètres. Cette donnée permet une prise en compte précise des éléments structurants les écoulements et du modelé du champ majeur pour une délimitation fine de la zone inondable. Elle ne fournit en revanche pas la bathymétrie dans le lit mineur.
- 79 profils en travers représentant le lit mineur et permettant de préciser et valider localement le lidar en champ majeur. Les profils ont été densifiés dans les zones à enjeux et secteurs complexes (confluence, ouvrages).
- 5 ouvrages : les 2 ponts actuels sur le Tarn et la Jonte, le pont cassé sur le Tarn le seuil de la pisciculture sur la Jonte et le passage à gué sur la Jonte.
- Points particuliers et levés ponctuels : 24 repères de crue ou points de contrôle topographique ainsi que des levés localisés (rue principale du Rozier, voirie, remblai, ...),

On notera que le levé Lidar remonte environ 2km en amont de la confluence dans les gorges, la zone inondable sera donc interpolée entre les profils sur la base de la morphologie, comme pour tout modèle 1D classique.

La topographie utilisée dans le cadre de l'étude est présentée dans l'atlas cartographique en annexe 1.

B.II.2. Repères de crue

Il a été analysé :

- les nombreuses études précédentes, principalement pour la réalisation des anciens PPRi aveyronnais ou lozériens (SIEE, BRLi),
- les dossiers disponibles en Mairie (bulletin municipal de Mostuéjouls de décembre 2014),
- les éléments indiqués par les élus, les riverains au cours des visites de terrain ou des réunions,
- des particuliers (crue de 1875 par M. L. ROUX, Crues à Meyrueis par M. P. CHAMBON),
- les données des Services de l'État (Crue du 04 et 05 Novembre 1994 - relevé de la crue de la Jonte – du Rozier à Meyrueis),
- les archives anciennes (Crues du Tarn par M. M PARDE, archives départementales 12 et 48),
- les chroniques des stations hydrométriques (la Muse à Mostuéjouls particulièrement).

En complément, il a été réalisé des ateliers de travail avec les Mairies de Mostuéjouls le 27 mai, Peyreleau le 12 juin 2015 et Le Rozier, Hures la Parade et Saint-Pierre des Tripiers les 23 mars et 22 juin 2017, accompagnés de visites sur le terrain avec les élus et personnes ressources, qui ont permis de collecter de nouvelles données et de confirmer les repères existants.

Les repères de crues et sources de données utilisés dans le cadre de l'étude sont présentés en annexe 2.

B.III. MODÉLISATION

B.III.1. Montage des modèles

Il est distingué les modèles 2D (maillés) des modèles 1D (basés uniquement sur les profils en travers).

Modèle 2D de la confluence

Le maillage de la confluence est construit partir de la donnée lidar et des profils en travers. Il démarre au resserrement aval de la plaine Saint-Martin afin de bien prendre en compte l'effet de contrôle aval de celui-ci et du méandre du camping de l'Aubigue. Il remonte sur le Tarn jusqu'au pont ancien de la Muse et sur le Jonte jusqu'à la pisciculture.

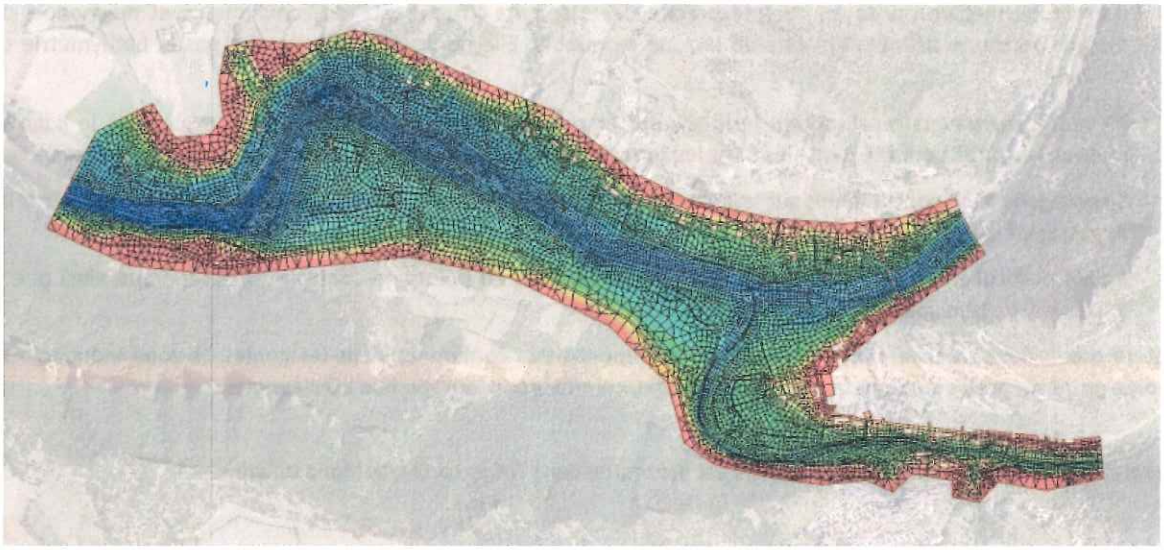

Illustration 6 : Emprise du modèle hydraulique 2D de la confluence (altimétrie)

Le code de calcul fournira en chaque maille la hauteur et la cote de submersion, la vitesse, l'orientation des écoulements, etc.

Les conditions aux limites sont simples :

- En amont sur le Tarn et la Jonte, injection des débits issus soit de l'analyse des crues (débit observé à la station de la Muse et/ou reconstitué afin de retrouver les repères de crue), soit les couples de débits statistiques de pointe et concomitants issus de l'étude IRSTEA.
- En aval en sortie de modèle, le coefficient d'écoulement qui influe principalement sur l'aval du modèle.
- Tous les bâtiments sont considérés imperméables (au sens où ils créent un obstacle aux écoulements).

Le principal paramètre hydraulique est le coefficient de rugosité (coefficient de Manning-Strickler). Il va être ajusté, dans la limite des valeurs acceptables au vu de l'occupation du sol, pour les différentes crues réelles simulées (selon la méthodologie précédemment détaillée).

Le second paramètre est le coefficient d'écoulement aval, ajusté également de manière à retrouver pour les crues réelles simulées, les repères de crue en aval lorsque ceux plus en amont sont retrouvés.

Les trois modèles 1D en amont et en aval de la confluence

Ils sont basés uniquement sur les profils en travers et les ouvrages. Ils ont en revanche été densifiés en champ majeur entre les profils existants lorsque le levé Lidar est disponible. Au vu de la méthodologie choisie et par souci d'homogénéité, il a été monté un seul modèle. En revanche, les résultats du modèle 2D de la confluence étant plus précis et fiables, ces derniers seront retenus sur l'emprise commune.

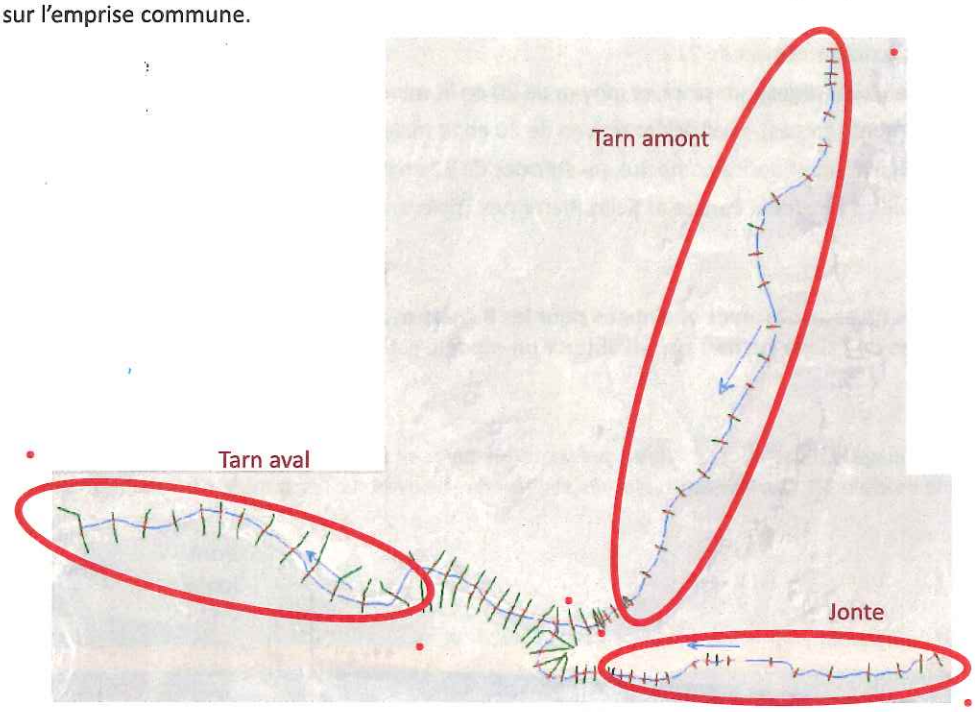

Illustration 7 : Emprise des modèles hydrauliques 1D de la confluence

Le code de calcul 1D fournira en chaque profil la cote de submersion et la vitesse moyenne sur les différents lits (moins précise qu'en 2D). Les conditions aux limites sont simples :

- En amont sur le Tarn et la Jonte, injection des débits issus soit de l'analyse des crues (débit observé à la station de la Muse et/ou reconstitué afin de retrouver les repères de crue), soit les couples de débits statistiques de pointe et concomitants issus de l'étude IRSTEA.
- En aval en sortie de modèle, la pente moyenne qui défini la condition normale d'écoulement.

Le principal paramètre hydraulique est le coefficient de rugosité (coefficient de Manning-Strickler). Il va être ajusté, dans la limite des valeurs acceptables au vu de l'occupation du sol, pour les différentes crues réelles simulées (selon la méthodologie précédemment détaillée). Attention, ces coefficients sont bien souvent différents entre le 1D et le 2D, puisque les 2 codes de calculs ne simulent pas les écoulements de la même manière.

Les deux modèles 1D de la Caze et des Douzes

Ils sont basés sur les profils en travers levés pour le PPRi de 2013 et sont hors de l'emprise du levé Lidar.

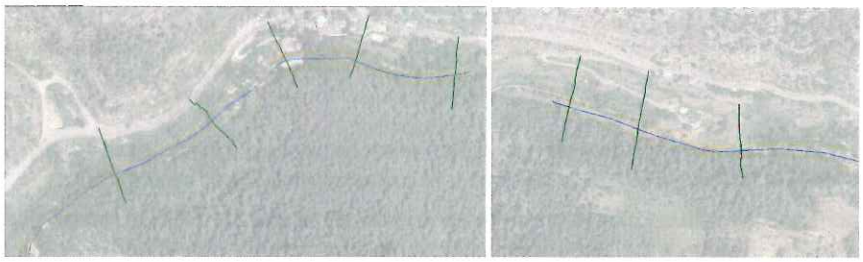

Illustration 8 : Emprise des modèles hydrauliques 1D de la Caze et des Douzes

Les conditions aux limites sont définies de la même manière que les précédents.

B.III.2. Calage

Paramètres des modèles

Après application de la méthodologie de calage précédente, il est retenu les paramètres suivants :

- pour le 2D, un strickler moyen de 21 ;
- pour la Jonte en 1D (gorges), un strickler moyen de 20 en lit mineur et 14 en champ majeur ;
- pour le Tarn amont (gorges), un strickler moyen de 20 en lit mineur et 14 en champ majeur également ;
- pour le Tarn en aval, confluence comprise, un strickler de 22 en lit mineur et 13 en champ majeur ;
- pour les modèles de Hures la Parade et Saint Pierre des Tripiers, un strickler moyen de 28 en lit mineur et 18 en champ majeur.

L'écart moyen entre les niveaux observés et simulés pour les 8 crues est de 3 cm, pour une moyenne des écarts de 15 cm. La multiplication des crues de calage permet ainsi d'obtenir un modèle satisfaisant malgré des incertitudes initiales importantes sur les débits.

A titre d'exemple de calage, l'illustration suivante présente les niveaux simulés (en bleu) et observés (points rouges) pour la crue de 1994 dans le modèle 1D. Les niveaux observés sont bien retrouvés sur l'ensemble du linéaire modélisé.

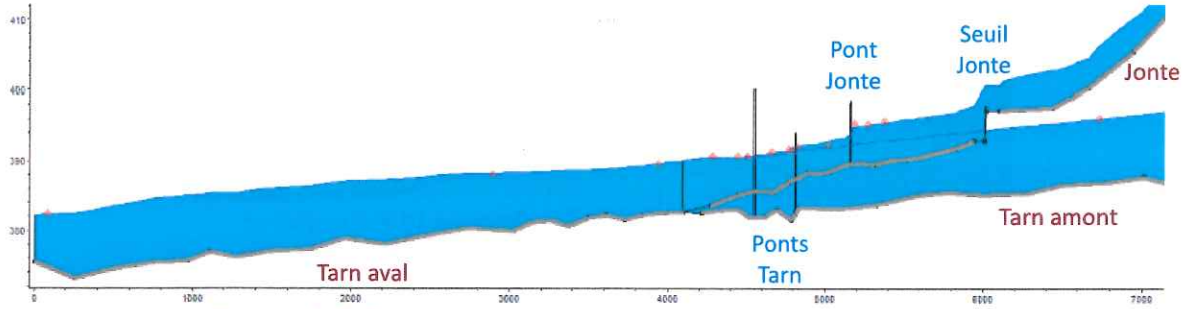

Illustration 9 : Profil en long de la crue simulée de 1994 en 1D et niveaux observés

Le modèle est donc considéré apte à fournir une réponse cohérente pour la simulation des crues.

Débits reconstitués des crues observées

In fine, les débits retenus pour les différentes crues réelles reconstituées sont les suivants. Ne sont indiqués que les estimations sur les tronçons validées par des repères de crues identifiés, les concomitances restant impossible à estimer sans repère.

Point de calcul	1900	1965	1976	1980	1982	1994	2003	2011
Jonte amont confluence	-	290	360	380	360	390	230	110
Tarn amont confluence	2200	1950	1100	-	1800	1390	1150	1480
Tarn aval confluence	-	2200	-	-	2100	1740	-	1510

Tableau 5 : Débits de pointe des crues réelles retenus après calage

On notera globalement la faible différence de débit sur le Tarn entre l'amont et l'aval de la confluence, reflet du décalage entre les pics de crue sur la Jonte et le Tarn, le pic sur la Jonte n'étant pas synchronisé avec celui du Tarn.

On rappellera également une incertitude plus importante sur le débit de la crue de 1900, la morphologie et les aménagements du Tarn ayant suffisamment évolué en un siècle pour avoir un impact sur une crue d'une telle importance (visibles sur les photos aériennes anciennes notamment à l'aval de la confluence) et les seuls repères de crue connus sont dans les gorges, à l'aval du pont cassé et au droit du restaurant Chez Paul. **On peut donc estimer sur ce secteur l'occurrence de la crue de 1900 à une crue centennale.**

B.IV. DÉFINITION DE L'ALEA INONDATION

L'exploitation des modèles pour les débits de crue statistiques issus de l'étude hydrologique précédente, en prenant en compte les règles de concomitance, permet de disposer sur l'ensemble de la zone d'étude des hauteurs de submersions maximales et des vitesses d'écoulement maximales (selon crue de la Jonte ou du Tarn).

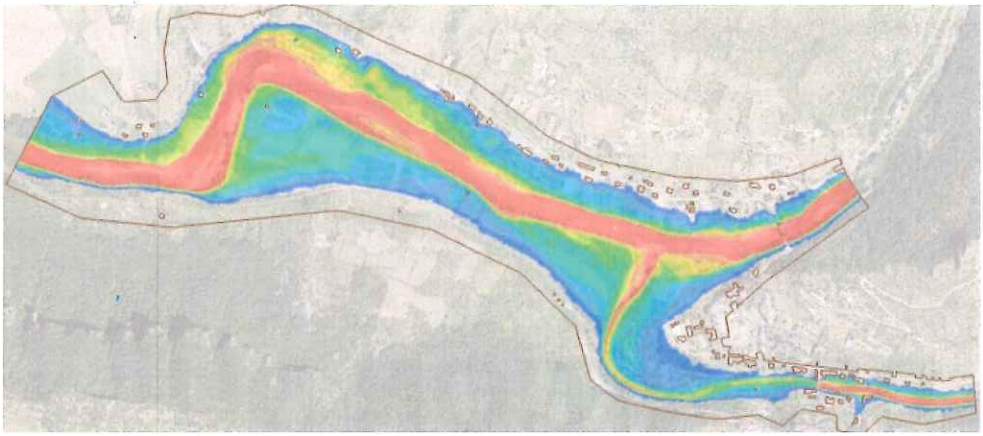

Illustration 10 : Exemple de rendu du modèle hydraulique 2D – crue centennale de la Jonte

A partir des résultats obtenus pour la crue centennale – crue de référence – la cartographie de l'aléa est réalisée. L'aléa inondation est issu du croisement entre les hauteurs maximales et les vitesses maximales.

La détermination des différents niveaux d'aléa reposent sur les critères suivants. Il a été appliqué le même type d'analyse dans les bâtiments, en considérant une vitesse nulle (donc V < 0.2m/s) et la hauteur par rapport au terrain d'assiette du bâtiment. Les cartes associées sont fournies dans l'atlas cartographique en annexe 1.

ALEA	V ≤ 0.2m/s	0.2 < V ≤ 0.5m/s	V > 0.5 m/s
H ≤ 0.5m	Aléa faible	Aléa moyen	Aléa fort
0.5 < H ≤ 1m	Aléa moyen	Aléa moyen	Aléa fort
H > 1m	Aléa fort	Aléa fort	Aléa fort

Tableau 6 : Critères de détermination des aléas inondation

Ces délimitations sont issues notamment des possibilités de déplacement en fonction de l'écoulement de la crue :

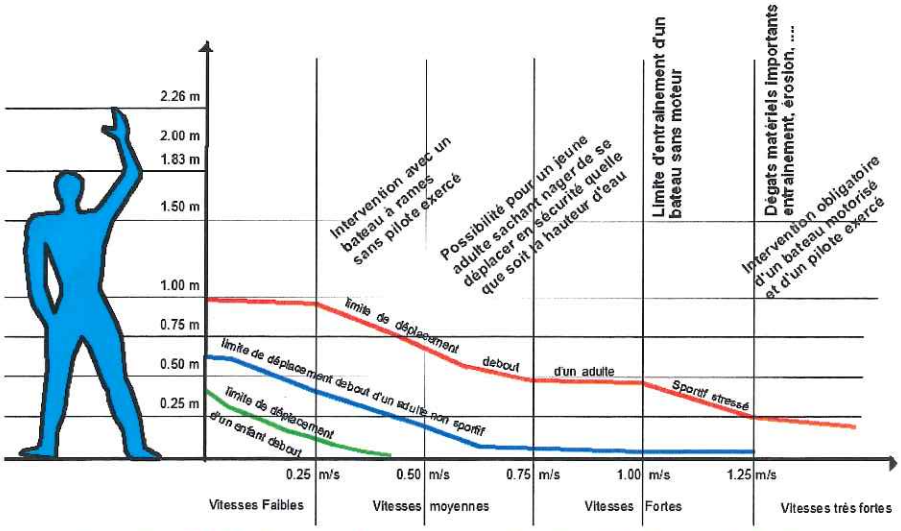

Illustration 11 : Déplacement des personnes en fonction de la hauteur de la vitesse

On notera que l'aléa sur la Jonte issu de la présente étude est en retrait du zonage du PPRi de 2014, le débit de référence étant inférieur mais le champ majeur restant mobilisé dès le pied des versants, particulièrement dans les gorges.

La majorité de la zone inondable est en aléa fort.

C. DÉFINITION DU ZONAGE RÉGLEMENTAIRE

C.I. ENJEUX

Les enjeux présents dans la zone inondable ont été identifiés au cours des visites de terrain et à partir des données bibliographiques disponibles (orthophotographie aérienne, Bdtopo, banque de données des Services de l'État, ...).

Au delà de la présence d'un bâtiment, il s'agit d'identifier :

- les Établissements Recevant du Public (ERP)
- les campings et bases de canoë-kayak
- les captages et stations d'épuration

Le champ majeur occupe des zones naturelles ou agricoles – mis à part les bases de loisirs ou campings. La grande majorité des zones urbanisées sont situées hors zone inondable mis à part des bâtiments du Rozier situés le long de la Jonte et de la RD996 entre la pisciculture et le pont de franchissement de la Jonte.

Les principaux axes de communication sont soit situés hors zone inondable (RD907, RD187, RD29, RD996), soit permettent une évacuation rapide (tous les accès aux campings notamment rejoignent la RD996, hors zone inondable). Les ponts de franchissement du Tarn et de la Jonte ne sont pas submergés.

C.II. ZONAGE RÉGLEMENTAIRE

Le zonage réglementaire est établi à partir du croisement des enjeux, des hauteurs d'eau et des vitesses, définis précédemment. Il est la transposition des objectifs de prévention face aux crues.

Dans le département, les seuils pivots pour définir le niveau de risque (modéré ou fort) sont une hauteur de submersion de 0.50m et/ou une vitesse d'écoulement de 0.50m/s. Ils sont identifiés dans la zone inondable et dans les bâtiments concernés :

- **le risque fort,** avec des hauteurs de submersion supérieures à 0.50m et/ou des vitesses d'écoulement supérieures à 0.50m/s où l'inconstructibilité est la règle (voir règlement) ;
- **le risque modéré**, avec des hauteurs inférieures à 0.50m et à des vitesses inférieures à 0.50m/s.

La cote de la crue de référence (crue centennale) dans le lit du cours d'eau est issue des modélisations.