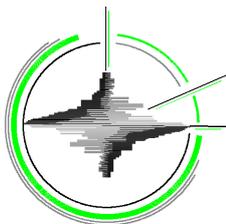


**Jean-Luc GRAVELLIER**  
**Christophe FOURCADIER**  
SCP de Géomètres Experts D.P.L.G  
Bureau d'Etudes - Ingénierie



✉ : 70 rue de la Menuiserie  
12 100 Millau  
☎ : 05.65.60.08.56  
☎ : 05.65.60.86.38  
✉ : millau@gravellier-fourcadier.fr

DEPARTEMENT DE L'AVEYRON  
COMMUNES DE PAULHE ET D'AGUESSAC



COMMUNAUTE DE COMMUNES MILLAU GRANDS CAUSSES  
1 Place du Beffroi - BP 432  
12 104 MILLAU  
☎ : 05.65.61.40.20

**RESTAURATION  
DU FONCTIONNEMENT  
HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE  
&  
PROTECTION DES BIENS ET  
DES PERSONNES CONTRE LE  
RISQUE D'INONDATION  
DU TARN**



**ETUDE DE FAISABILITE**

D 4287  
Juillet 2014

Permanence (chaque jeudi matin) :  
Avenue Pierre Sémard  
12 150 Séverac Le Château  
☎ : 05.65.47.75.05  
☎ : 05.65.47.75.05

# SOMMAIRE

<b>OBJECTIFS DE L'ÉTUDE</b>	<b>P.2</b>
<b>I - RECUEIL DE DONNÉES</b>	<b>P.2</b>
<b>II - LE SECTEUR D'ÉTUDE : L'ESPACE DE MOBILITÉ DU TARN ENTRE LE BOURG D'AGUESSAC ET LA PLAINE DE PAULHE</b>	<b>P.3</b>
<b>III - ÉVOLUTION DE L'ESPACE DE MOBILITÉ DU TARN</b>	<b>P.4</b>
<b>IV - DESCRIPTION DE L'ESPACE DE MOBILITÉ DU TARN A L'ÉTAT INITIAL</b>	<b>P.10</b>
IV.1 - Les problématiques actuelles du secteur d'étude	p.10
IV.2 - Occupation des sols et délimitation de l'espace à restaurer	p.10
IV.3 - Contexte géologique simplifié	p.11
IV.4 - Le réseau hydrographique	p.12
IV.4.1 - Le TARN	
IV.4.2 - Le ruisseau du LUMENSONESQUE	
IV.5 - Le transport solide et la mobilité du lit mineur	p.12
IV.6 - Les crues historiques	p.14
IV.7 - Les débits disponibles	p.17
<b>V - MODÉLISATION HYDRAULIQUE EN CRUE</b>	<b>P.20</b>
V.1 - Travaux topographiques	p.20
V.2 - Construction du modèle	p.20
V.3 - Conditions aux limites	p.21
V.3.1 - Condition à la limite amont	
V.3.2 - Condition à la limite aval	
V.4 - Calage du modèle	p.22
<b>VI - EXPLOITATION DU MODÈLE HYDRAULIQUE A L'ÉTAT INITIAL</b>	<b>P.24</b>
<b>VII - LES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT</b>	<b>P.30</b>
VII.1 - Scénario n°01 : création d'un chenal de crue	p.30
VII.2 - Scénario n°02 : création d'un lit moyen avec modelage des terrains amont	p.31
<b>VIII - INCIDENCE HYDRAULIQUE DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT</b>	<b>P.32</b>
VIII.1 - Incidence hydraulique du scénario n°01 : chenal de crue	p.32
VIII.2 - Incidence hydraulique du scénario n°02 : lit moyen et modelage des terrains amont	p.37
VIII.3 - Conclusion : abaissement de la ligne d'eau en crue	p.41
<b>IX - INCIDENCE HYDROMORPHOLOGIQUE DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT</b>	<b>P.42</b>
IX.1 - Incidence hydromorphologique du scénario n°01 : chenal de crue	p.42
IX.2 - Incidence hydromorphologique du scénario n°02 : lit moyen	p.42
IX.3 - Compatibilité des scénarios avec l'objectif de restauration de l'espace de mobilité	p.42
<b>X - INCIDENCE FONCIÈRE DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT</b>	<b>P.43</b>
<b>XI - INCIDENCE ÉCONOMIQUE DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT</b>	<b>P.44</b>
XI.1 - Incidence sur l'activité agricole de la Plaine de Paulhe	p.44
XI.2 - Estimation du coût des travaux	p.44
XI.2.1 - Coût du scénario n°01 : chenal de crue	
XI.2.2 - Coût du scénario n°02 : lit moyen et modelage des terrains amont	

## **OBJECTIFS DE L'ÉTUDE**

Dans le cadre de ses compétences en matière de protection de l'environnement, la COMMUNAUTE DE COMMUNES MILLAU GRANDS CAUSSES intervient sur l'entretien et la restauration des rivières de son territoire.

Elle a notamment élaboré un Programme Pluriannuel de Gestion (PPG) du Tarn ayant pour principal objectif de rétablir son fonctionnement hydromorphologique. L'atteinte de cet objectif passe notamment par la reconquête d'un espace de mobilité de ce cours d'eau. Pour ce faire, des tronçons prioritaires d'actions ont été définis le long de la vallée dans le lit mineur et moyen, afin d'y mener des restaurations de façon cohérente.

La plaine de Paulhe est l'un des tronçons retenus pour une opération de restauration ; elle constituera une référence de mise en oeuvre et de savoir-faire ainsi qu'une vitrine d'espace fonctionnel de la rivière et ce, afin de mener à bien les autres actions sur les tronçons identifiés.

La Communauté de Communes a confié en 2014 l'étude préalable à la restauration de l'espace de mobilité du Tarn dans la plaine de Paulhe, au Bureau d'Etudes GRAVELLIER-FOURCADIER.

La présente étude s'articule selon les phases suivantes :

- phase n°01 : établir l'état des lieux hydraulique et hydromorphologique du secteur d'étude à partir des données disponibles, et des données recueillies lors de la reconnaissance détaillée du site.

- phase n°02 : modéliser les écoulements en crue du secteur d'étude, pour des débits de crues caractéristiques (10, 20, 50 et 100 ans).

- phase n°03 : proposer plusieurs scénarios de travaux d'aménagement et leur estimation financière, avec un comparatif bénéfices/coûts entre les différents scénarios.

## **I - RECUEIL DE DONNÉES**

Soulignons que l'étude s'appuie sur :

- le cheminement des berges du Tarn sur le tronçon d'étude afin d'apprécier l'occupation et la pente des sols, la nature géologique des berges et du lit du Tarn, les laisses des dernières crues,...

- la rencontre avec des riverains, mémoires des crues passées ; ces derniers nous indiquant des hauteurs d'eau atteintes pour différentes crues récentes, et nous racontant leurs effets visibles : dégradation, emportement, affouillement, zones de tourbillons,...

- le nivellement de repères de crues matérialisés sur des façades de bâtiments (traits gravés, plaques, marques de peinture),

- les débits du Tarn et du Lumensonnesque des crues historiques (études antérieures, PPRi du Tarn, données de la banque Hydro),

- l'analyse des photographies aériennes sur plusieurs périodes afin de cartographier l'évolution de l'espace de mobilité du Tarn.

## **II - LE SECTEUR D'ÉTUDE : L'ESPACE DE MOBILITÉ DU TARN ENTRE LE BOURG D'AGUESSAC ET LA PLAINE DE PAULHE**

Le tronçon d'étude du Tarn représente un linéaire d'environ 1.8 km, et délimite les communes d'Aguessac et de Paulhe.

En rive gauche, la plaine de Paulhe occupe l'intrados du méandre du Tarn, face à sa confluence avec le ruisseau du Lumensonesque. La plaine est un espace de mobilité du Tarn où ce dernier a la capacité de dissiper son énergie en crue et présente une large zone inondable (largeur maximale d'environ 400 mètres). Cette plaine d'inondation est structurée en fonction des temps de retour des crues du Tarn. Ainsi, trois grands espaces de largeur variable s'organisent parallèlement à la rivière de l'amont vers l'aval :

- un espace connexe à la rivière, fréquemment inondé, au sol graveleux et à la végétation rivulaire spontanée (peuplier noirs, saules) : lit moyen,
- un espace en prairie naturelle ou à culture fourragère inondé par des crues d'ordre décennal à vicennal : partie basse du lit majeur,
- un espace à culture permanente dont la limite basse indique la limite haute des crues vicennales : partie haute du lit majeur.

En rive droite, la rivière est endiguée par un important enrochement (460 ml) destiné à protéger le village d'Aguessac, constituant un enjeu fort par la présence des habitations et de deux campings en amont et en aval du village.

En aval de la zone d'étude un pont métallique sur lequel on accède en rive droite par un remblai de 125 mètres de long. Ce remblai surélève le sol de la plaine alluviale sur environ 1,5 mètre à 2 mètres de haut, puis progressivement sur une dizaine de mètres au niveau de la culée du pont. En rive gauche, la culée du pont arase verticalement le talus naturel du versant. Cette configuration constitue un profil stable, un seuil, qui conditionne les écoulements du Tarn en amont et notamment sur la plaine de Paulhe.

En rive droite et en amont du remblai de la route, un puits creusé dans les alluvions du Tarn permet le captage de l'aquifère des calcaires liasiques qui alimente le SIVOM Tarn et Lumensonesque. En hautes eaux, la route départementale n°506 bloquant les eaux jusqu'à débordement par-dessus son remblai, met le puits en charge et le remplissent malgré une fermeture considérée comme étanche ; ainsi, le puits se remplit de limon amenuisant sa productivité.

**(Cf Planche n°01 et Planche n°02)**

### III - ÉVOLUTION DE L'ESPACE DE MOBILITÉ DU TARN

Une analyse de 11 photographies aériennes disponibles sur le secteur d'étude permet d'estimer une évolution du tracé des lits mineur, moyen et majeur du Tarn par comparaison dans le temps.

Une superposition de la photographie la plus ancienne (juin 1948) avec la photographie la plus récente (mai 2011) permet d'estimer une évolution spatiale du tracé des différents lits du Tarn.

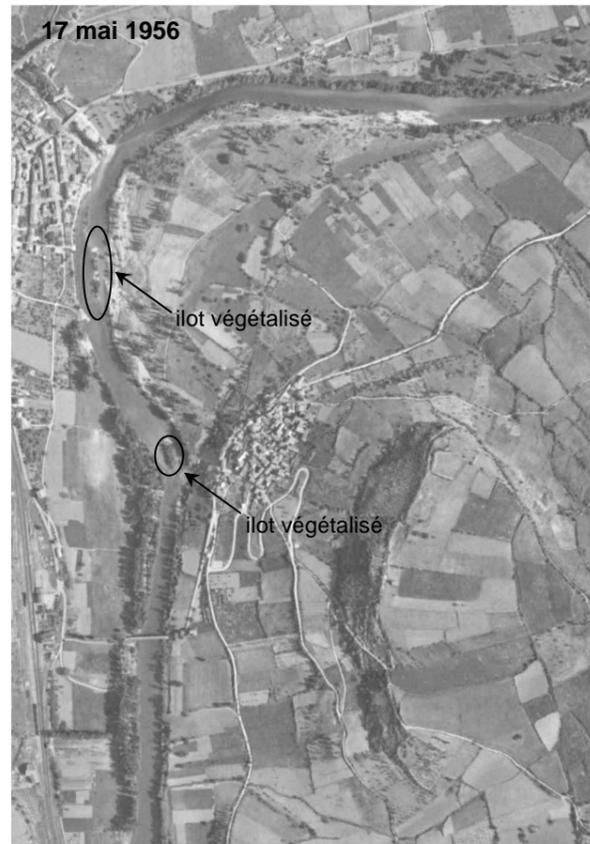
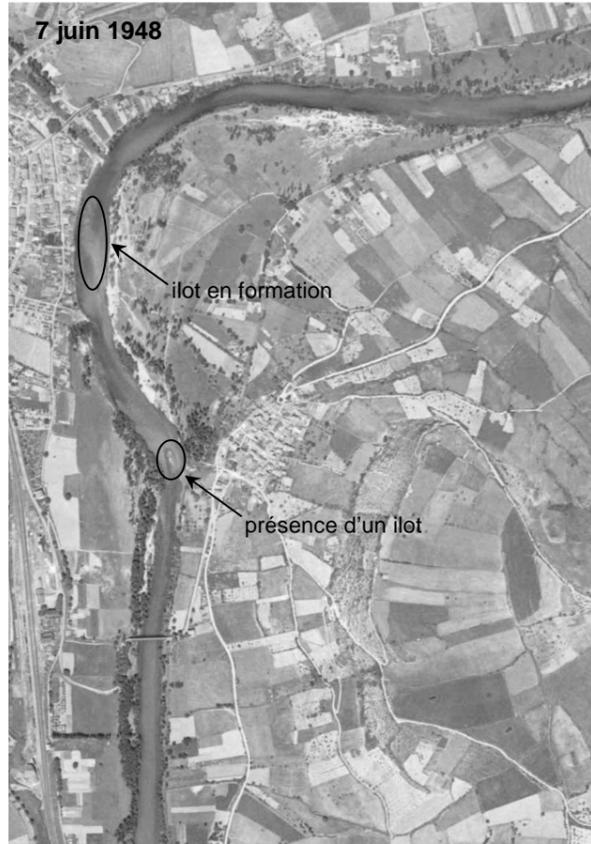
Ce travail présente toutefois de grandes incertitudes, notamment en raison des imprécisions suivantes :

- des imprécisions de calage liées au format variable des photos couvrant une zone plus ou moins étendue, selon l'année de prise de vue,
- des imprécisions de superposition liées à la déformation et au format variable des photos,
- des imprécisions dans la définition du trait de berge à cause de la végétation plus ou moins développée, selon la saison de la prise de vue.

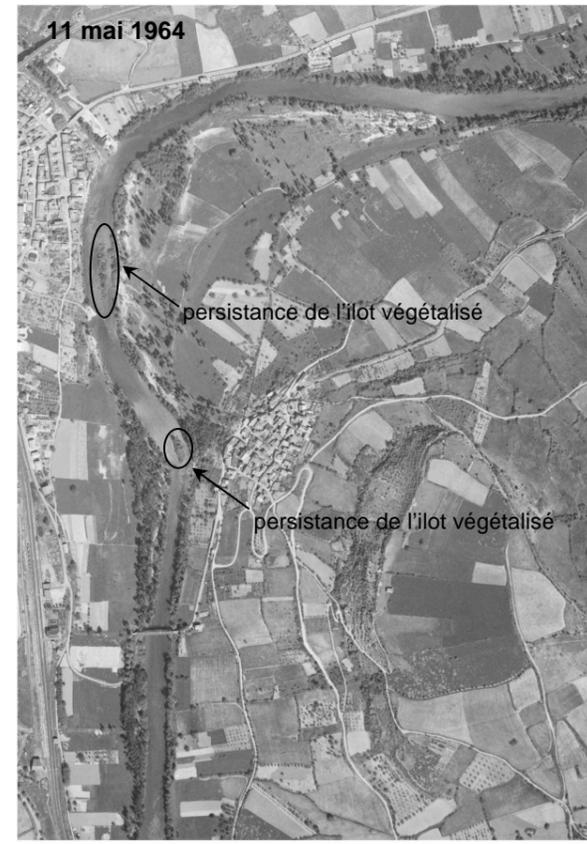
Néanmoins en augmentant l'échelle et en calant des points fixes dans le temps (notamment les ponts et les monuments anciens), cette analyse permet de révéler des tendances générales de mobilité de la rivière, cohérentes avec les observations faites sur site.

***(Cf Photographies aériennes à la page suivante)***

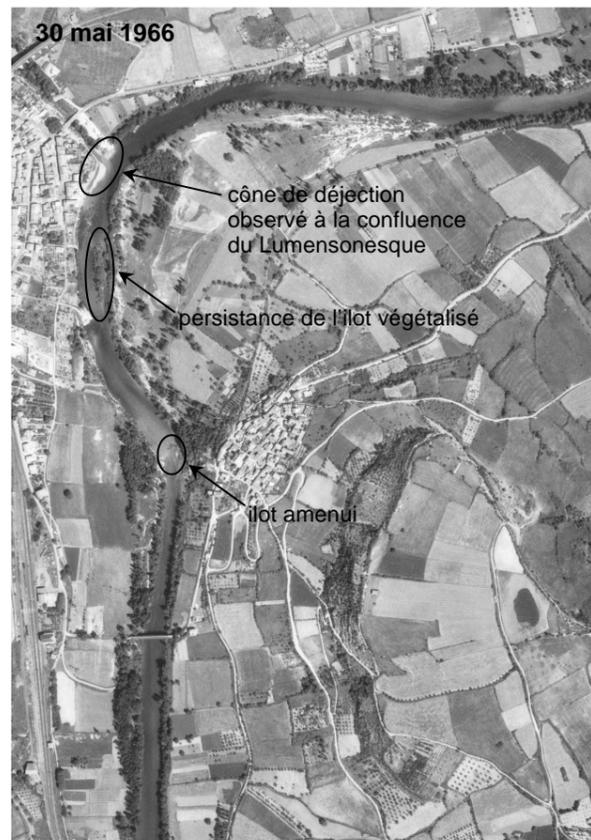
**Juxtaposition des photographies aériennes du secteur d'étude**



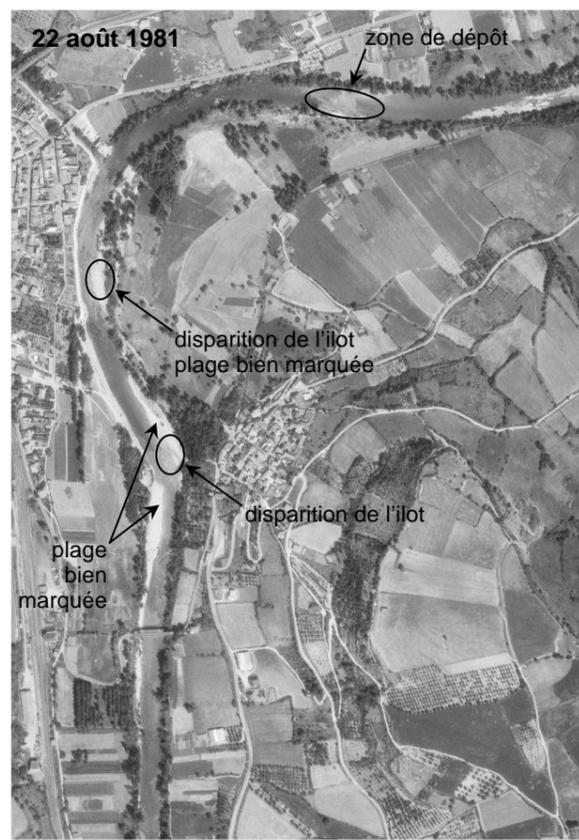
Evènement marquant :  
 crue du 1<sup>er</sup> novembre 1963  
 hauteur d'eau : 7.40 m à Millau



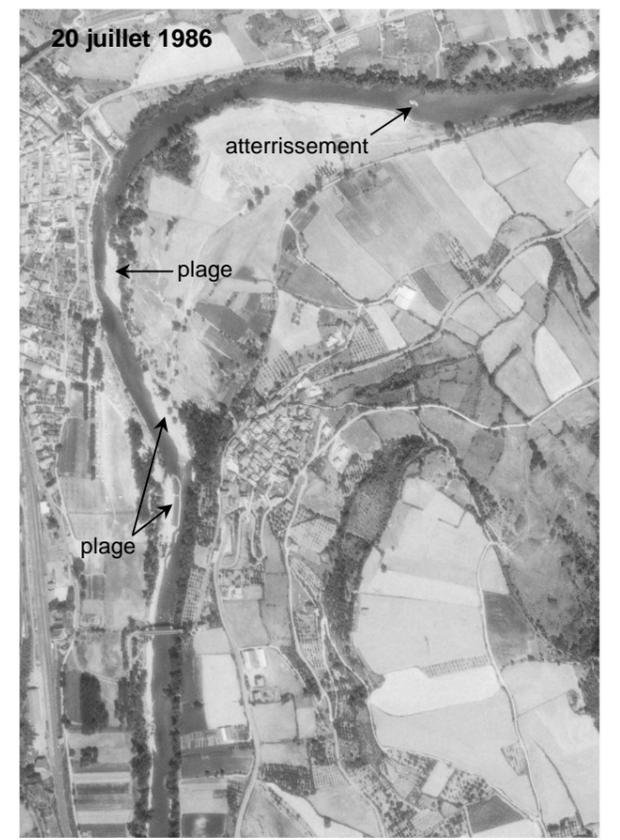
Evènements marquants :  
 crue du 20 mai 1964  
 hauteur d'eau : 5.70 m à Aguessac  
 6.00 m à Millau  
 crue du 24/25 septembre 1965  
 hauteur d'eau : 6.80 m à Florac  
 6.70 m à Aguessac  
 7.70 m à Millau

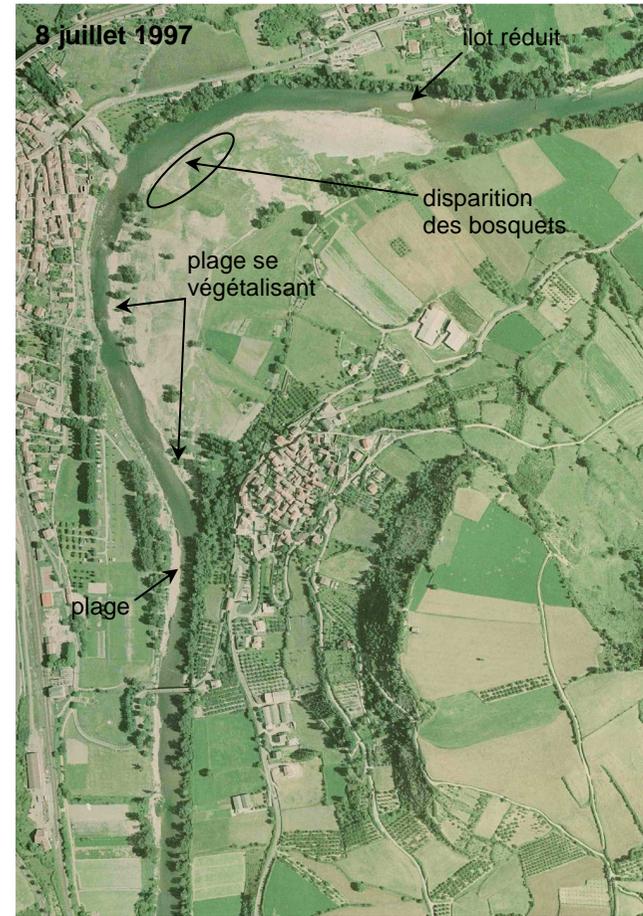
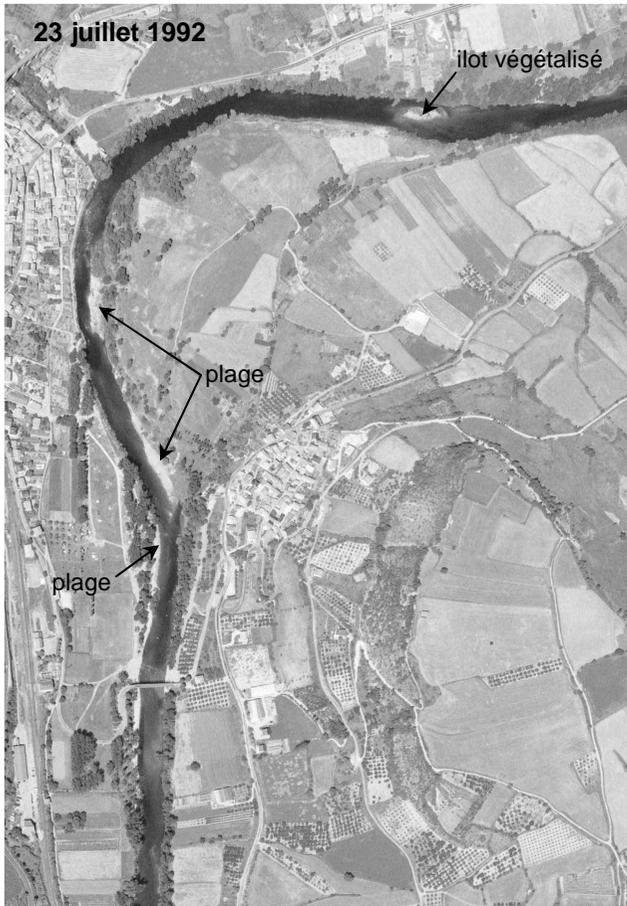


Evènement marquant :  
 crue du 26 octobre 1976  
 hauteur d'eau : 4.85 m à Florac  
 7.00 m à Millau



Evènement marquant :  
 crue du 8 novembre 1982  
 hauteur d'eau : 6.90 m à Florac  
 6.50 m à Aguessac  
 9.50 m à Millau

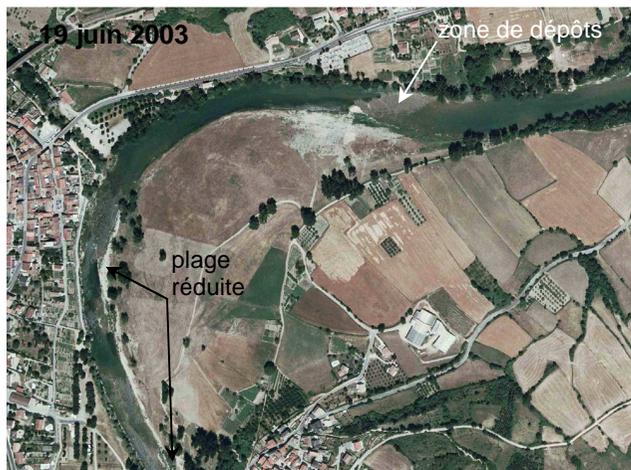




Evènements marquants :

cruie du 5 novembre 1994  
 hauteur d'eau : 5.33 m à Florac  
 5.70 m à Aguessac  
 8.40 m à Millau

1996 : remodelage du lit moyen de  
 la rive gauche entre l'amont du  
 méandre et la confluence avec le  
 Lumensonesque

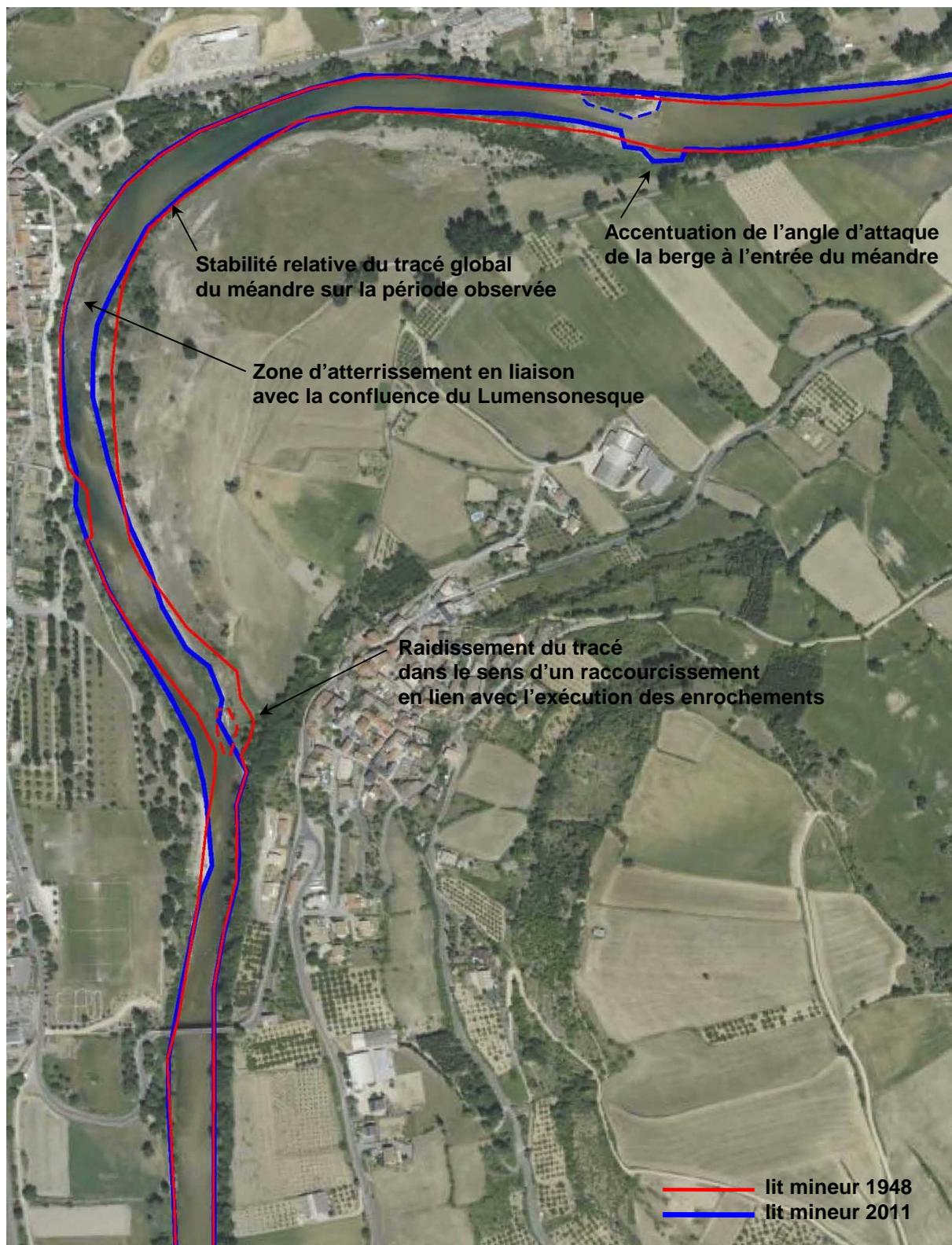


Evènement marquant :

cruie du 3 décembre 2003  
 hauteur d'eau : 6.95 m à Millau



**Comparaison des tracés du lit mineur du Tarn entre 1948 et 2011**  
(année de la prise de vue de la photographie aérienne : 2011)



Sur le secteur d'étude, l'historique du Tarn et de ses abords depuis les années 1950 met en évidence les constats suivants :

-un méandre stable :

Une rivière tend à atteindre un équilibre hydrodynamique qui va conditionner la quantité de matériaux érodés, transportés ou sédimentés en fonction de ses caractéristiques géométriques (pente, largeur,...). Le méandre de Paulhe est l'expression de la recherche de cet équilibre.

-l'incidence naturelle du méandre sur les rives :

La rivière érode la rive concave du méandre, en l'occurrence la rive droite. C'est pourquoi la réalisation d'embrochements s'est avérée nécessaire pour protéger le bourg d'Aguessac.

La rive convexe du méandre est une rive de dépôts. Sa végétalisation très limitée montre que les crues successives ont développé des vitesses de courant importantes conduisant à l'arrachement de la végétation.

-pas d'évolution marquée du profil en travers type :

L'espace de mobilité transversal est contraint par la présence de « berges dures » (géologie) ou de « berges hautes » (quai d'Aguessac), et donc est limité aux espaces de plaines (plaine de Paulhe et site du camping et du terrain de foot d'Aguessac).

-la confluence du Lumensonesque :

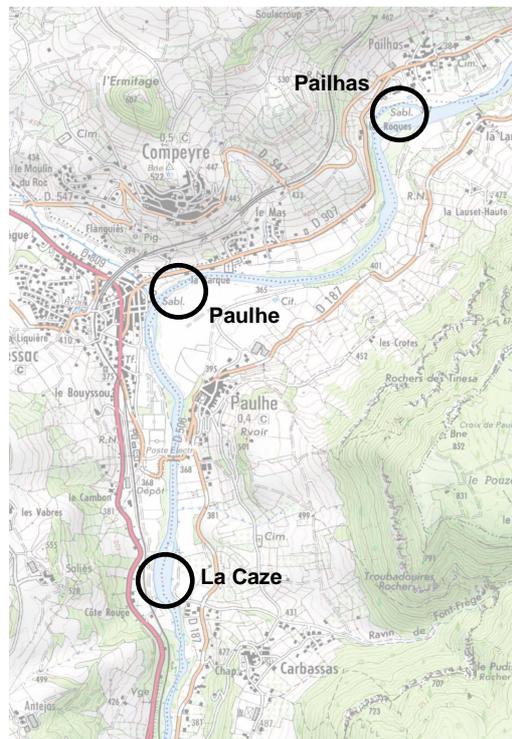
Les affluents qui coulent sur des éboulis sont des « réserves à cailloux » pour l'alimentation en transport solide du Tarn : le cône de déjection observé à la confluence du Lumensonesque en est un bon exemple.

-une évolution du profil en long liée aux crues successives et à l'arrêt des extractions de matériaux dans le lit mineur :

La capacité de charriage du Tarn est importante. Des zones de dépôts se forment sur des secteurs où la vitesse du courant ralentit (confluence avec le Lumensonesque, pente du lit mineur réduite) pouvant générer des îlots et des plages. Ces îlots et ces plages sont rognés partiellement ou en totalité après les crues et sont mobiles sur le profil en long du lit mineur.

### Sites d'extractions successives sur la période 1940-1975

Trois extractions successives, espacées d'environ 1.5 km, ont eu lieu sur la période 1940 à 1975 : extraction à Pailhas, extraction à Paulhe, extraction à l'Aire de la Caze. Depuis l'arrêt de toutes les extractions, les riverains observent un comblement du lit mineur par des matériaux alluvionnaires et une accumulation de ces matériaux en berges « basses » du méandre, côté Paulhe.



Plusieurs constats de riverains permettent de mieux comprendre l'évolution du fonctionnement du Tarn :

-Dans les années 1940-1950, le tronçon situé entre la confluence du Lumensonesque et le hameau de Pailhas était dragué pour extraire des matériaux alluvionnaires. « *Les fosses d'extraction pouvaient atteindre jusqu'à 8 mètres de profondeur* ». Cette extraction a pris fin dans les années 1970 -1975.

-En 1996 (après la dernière crue marquante de 1994), un remodelage en déblais/remblais du lit moyen a été réalisé en rive gauche, afin d'augmenter la section d'écoulement. Ces travaux ont été exécutés depuis la partie amont du méandre jusqu'à la confluence du Lumensonesque.

-Depuis quelques décennies, les riverains soulignent que le Tarn a tendance à évoluer vers Paulhe. En crue, il vient de plus en plus éroder la berge gauche. Le lit mineur du Tarn au passage du méandre tend à se « combler ». Un îlot s'est formé côté rive droite. Cet îlot s'est végétalisé, ce qui montre une certaine stabilité et favorise l'érosion de la rive gauche en déviant les écoulements.

L'érosion de la berge gauche risque de générer un chenal de crue au niveau du point bas de la plaine, sur l'espace où les débordements en crue s'écoulent préférentiellement. Soulignons que la végétation présente sur le lit moyen en rive gauche permet de ralentir les écoulements, mais ne retient pas forcément les embâcles car les arbustes se plient.

-Lorsque le lit du Tarn était très incisé, les crues étaient moins fréquentes. Actuellement, le Tarn sort de son lit et inonde la plaine de Paulhe : depuis l'aval de la plaine à partir de 4.50 mètres, et depuis l'entrée de la plaine à partir de 5.00 mètres.

-« *En 2011, la crue est montée à 8.00 mètres, ce qui a complètement inondé la plaine de Paulhe. Un contre-courant important était visible en face la confluence avec le Lumensonesque* ». Ce phénomène est à l'origine de la dégradation du terrain (trous de 2 à 3 mètres de profondeur). Par ailleurs, deux submersions successives se sont produites, ce qui a provoqué des dégradations de parcelles sur le secteur remodelé en 1996, en raison notamment d'un important départ de matériaux. La crue de 2011 a généré des hauteurs d'eau dans la Plaine de Paulhe plus importantes que celles observées en 2003 qui a davantage marqué les esprits à Millau. La crue de 2011 est passée « inaperçue » à Millau.

## IV - DESCRIPTION DE L'ESPACE DE MOBILITÉ DU TARN A L'ÉTAT INITIAL

### IV.1 - Les problématiques actuelles du secteur d'étude

En rive droite, un risque important d'inondation du village d'Aguessac persiste. Lors de la dernière crue de novembre 2011, les riverains témoignent d'une hauteur d'eau d'environ 20 à 40 cm sur la place Basse du village. La rue des Jardins, la place Basse et la rue de la Plume subissent les débordements de crue de période de retour de l'ordre de 20 à 30 ans.

Les berges du camping situé en amont de la confluence du Lumensonesque sont fortement dégradées et la végétation est affouillée au fur et à mesure des crues.

Les crues engendrent également des dégradations du revêtement de la RD n°506, légèrement surélevée par rapport au terrain naturel au droit du captage du SIVOM. Par ailleurs, en hautes eaux, la RD n°506 bloque les eaux jusqu'à débordement par-dessus son remblais. Celles-ci mettent le captage en charge et le remplissent malgré une fermeture considérée comme étanche ; ainsi, le puits se remplit de limon amenuisant sa productivité.

En rive gauche, la plaine d'inondation de Paulhe présente des parcelles plus ou moins dégradées en fonction des conditions locales d'écoulement en crue : hauteur de submersion, vitesse d'écoulement, direction des vecteurs de vitesse.... Certaines parcelles présentent des trous de plusieurs mètres de profondeur. Cette dégradation par les crues s'observe sur une largeur d'environ 140 mètres au maximum, ce qui représente une superficie inexploitable pour l'activité agricole non négligeable.



### IV.2 - Occupation des sols et délimitation de l'espace à restaurer

Un relevé topographique entrepris en février 2014 sur la partie basse de la plaine d'inondation et une collecte des relevés topographiques disponibles sur le secteur d'étude, complétés par une reconnaissance du site, ont permis de mettre en évidence l'espace à aménager afin de limiter les conséquences dommageables des inondations.

En rive droite, les travaux hydrauliques sont limités compte tenu du caractère urbain des berges, occupées par un bâti dense et des activités de loisirs. Des enrochements ont déjà été exécutés pour protéger le bourg d'Aguessac et le camping.

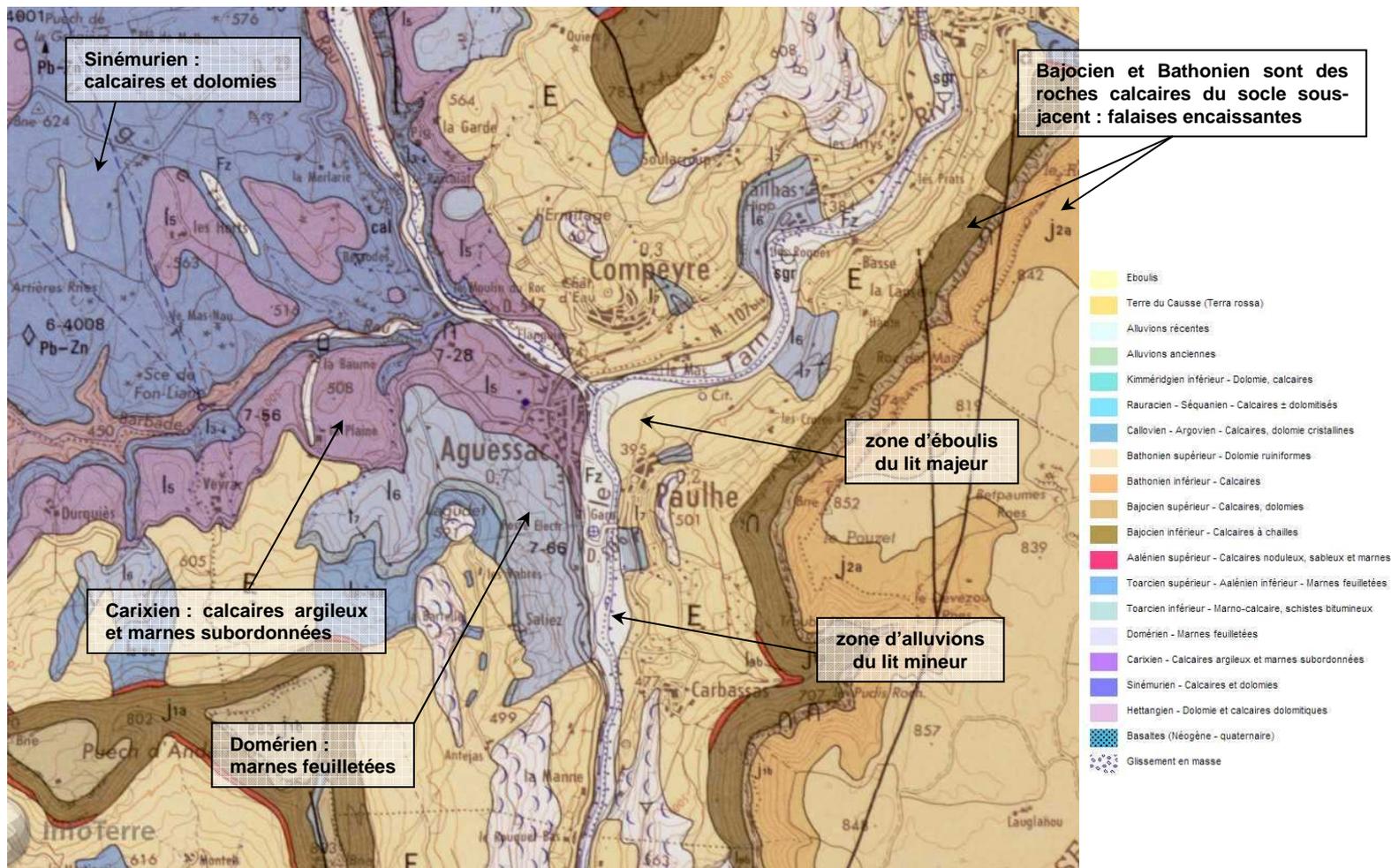
En rive gauche, la plaine d'inondation constitue le seul espace pouvant être restauré sans supprimer l'usage agricole des terrains. L'espace de mobilité à restaurer concerne une superficie d'environ 17 hectares comprenant l'espace connexe à la rivière (lit moyen) et l'espace en prairie naturelle ou à culture fourragère (partie basse du lit majeur). Cet espace à restaurer est délimité en partie haute par un chemin agricole et par la présence de cultures permanentes (vergers...). L'espace à restaurer occupe une plaine large d'environ 300 mètres au maximum. Il se situe à des cotes altimétriques comprises entre 360 et 370 mètres NGF69 (hors talus) et présente une pente moyenne comprise entre 1 et 3%.

**(Cf Planche n°03 et Planche n°04)**

### IV.3 - Contexte géologique simplifié

D'après l'extrait de carte ci-dessous, les vallées du Tarn et du Lumensoulesque sont relativement étroites, avec cependant localement des zones plus élargies où le lit majeur a pu se développer dans les alluvions.

**Extrait de la carte géologique - feuille de St-Beauzély** (source : BRGM)



Le contexte géologique du Tarn sur le périmètre d'étude et les fortes pentes des versants conduisent naturellement le Tarn à rassembler tous les paramètres propices à un charriage des matériaux solides de constitution du lit mineur et de ses berges, à condition qu'il en existe.

En effet quand le cours d'eau s'écoule sur des couches de substratum affleurant, le lit mineur ne fournit pas de sédiments, et quand les berges sont rocheuses, les matériaux solides sont très peu mobilisables.

## **IV.4 - Le réseau hydrographique**

### **IV.4.1 - Le TARN**

Le Tarn prend sa source au coeur des Cévennes, sur le versant Sud du Mont Lozère, à environ 1600 mètres d'altitude, en Lozère, et se jette dans la Garonne près de Castelsarrasin, en Tarn-et-Garonne, après un parcours de 380 km. Il draine un vaste bassin versant de 15 700 km<sup>2</sup>. Le Tarn, dans la partie amont de son cours, est un véritable torrent de type cévenol au cours étroit et à forte pente. De sa source, situé au Mont-Lozère, jusqu'à la zone d'étude, il s'est frayé un passage entre les causses, ce qui a engendré un lit globalement très encaissé. Ponctuellement, la vallée s'élargit et permet le développement d'un lit important où se sont installés villages, cultures et prairies.

Sur le tronçon d'étude, le Tarn présente une pente moyenne faible inférieure à 1%. Son lit mineur présente une largeur comprise entre 35 et 45 mètres. Il draine un bassin versant topographique d'environ 2 000 km<sup>2</sup>.

### **IV.4.2 - Le ruisseau du LUMENSONESQUE**

Le ruisseau le Lumensonesque prend sa source sur les flancs du Puech du Pal, au droit du hameau de Molières (Causse Rouge), parcourt la vallée sur une longueur de 17 km jusqu'au bourg d'Aguessac, au droit duquel il se jette dans le Tarn.

Sur son parcours à forte pente, le ruisseau est alimenté de nombreux affluents (ruisseaux de la Barbade, de Malbosc, de Salgues, de Pincelles, de la Galerie, des Crouzets, de Destels, de la Roubayre...) et sources, résurgences du relief karstique des causses, qui apportent de l'eau en abondance sur le bassin versant du Lumensonesque d'une superficie totale de l'ordre de 110 km<sup>2</sup>.

## **IV.5 - Le transport solide et la mobilité du lit mineur**

Rappelons que le contexte géologique du Tarn dans le périmètre d'étude et la pente naturelle du relief conduisent naturellement le Tarn à rassembler les conditions propices à un charriage des matériaux solides de constitution du lit mineur et de ses berges.

Pour préciser l'aspect quantitatif des processus naturels de transport solide, les débits solides et les volumes charriés pour quelques débits et hypothèses de dimension moyenne des grains des matériaux transportés, ont été calculés dans l'expertise hydraulique réalisée par SOGREAH en mai 2011.

### **Quantification du transport solide**

Hypothèse de diamètre des grains		Débit solide et volume charrié maximum pour le débit testé							
		10 mm		50 mm		100 mm		200 mm	
Débit de début d'entraînement		0.2 m <sup>3</sup> /s		10 m <sup>3</sup> /s		56 m <sup>3</sup> /s		320 m <sup>3</sup> /s	
Hypothèse de débit liquide	Débit liquide	débit m <sup>3</sup> /s	volume m <sup>3</sup>	débit m <sup>3</sup> /s	volume m <sup>3</sup>	débit m <sup>3</sup> /s	volume m <sup>3</sup>	débit m <sup>3</sup> /s	volume m <sup>3</sup>
	300 m <sup>3</sup> /s	1.0	300 000	0.8	200 000	0.5	90 000	0	0
	600 m <sup>3</sup> /s	2.1	600 000	1.7	460 000	1.3	280 000	0.4	29 000

Ces valeurs permettent de confirmer que le Tarn dispose d'une capacité de charriage significative, pour autant que les matériaux solides du fond du lit ne soient pas empêchés d'être mobilisés (respect de sa morphologie globale), et qu'il en existe (si le cours d'eau s'écoule sur des couches de substratum affleurant, il n'y aura pas de sédiments).

Ces résultats sont cohérents avec les évolutions de comblement du lit mineur constatées ces dernières années et les nombreux atterrissements visibles entre Pailhas et La Caze : en d'autres termes, le Tarn est un cours d'eau dynamique avec une capacité de transport solide effective, ce qui signifie que toute intervention sur son lit mineur engagera aussitôt une réaction de recherche de nouvel équilibre du cours d'eau.

Lorsque les extractions de matériaux alluvionnaires étaient réalisées dans le lit mineur, elles induisaient une réaction immédiate de recherche de nouvel équilibre qui se manifestait par des changements de configuration des atterrissements dans les secteurs où les stocks de matériaux étaient disponibles. Ailleurs, des érosions de berges étaient constatées.

Depuis l'arrêt de ces extractions, de nouvelles évolutions des atterrissements et des érosions ont été constatées : îlot végétalisé « stable » à l'amont du Lumensonesque, forte mobilisation des matériaux déposés en berge gauche de la Plaine de Paulhe lors des crues, amenuisement du talus de berge gauche constituant la limite entre lit mineur et lit moyen.

#### IV.6 - Les crues historiques

Les événements météorologiques à l'origine des crues sont de trois types :

**-des orages de pluie de fin d'été-début d'automne aux intensités fortes.** Ces événements, souvent très localisés (~ 20 km<sup>2</sup>) ont une durée en rapport avec les temps de réponse des affluents du Tarn, et génèrent localement des débits de pointe maximaux ; le Tarn ne réagit pas à ce type d'épisode.

**-des pluies de fin d'été et d'automne, de type cévenol,** qui peuvent toucher des surfaces importantes (plusieurs milliers de km<sup>2</sup>), sur des durées longues (en général 24 h) et avec des intensités et des cumuls parfois très forts. Ces pluies peuvent faire réagir de façon brutale aussi bien le Tarn que ses affluents les plus modestes.

**-des pluies d'hiver :** moins importantes en termes de cumul et d'intensité que celles d'automne, elles touchent cependant des bassins saturés d'eau suite aux précipitations automnales et aux chutes de neige. Associées ou non à un redoux provoquant en tête de bassin la fonte du manteau neigeux, elles généreront des crues importantes, principalement du Tarn, mais généralement moins violentes et plus étalées dans le temps que les épisodes de type cévenol.

Sur le secteur d'étude, les crues les plus importantes sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les hauteurs de crue sont relevées au moyen d'échelles limnigraphiques à Florac (Tarnon) et à Millau (Tarnon, Tarn, Jonte et Dourbie), et ont été communiquées par les riverains à Aguessac.

#### Les crues historiques les plus importantes sur le secteur d'étude

Crue	Hauteur d'eau (mètre)	Commentaires des riverains rencontrés
12/13 septembre 1875	8.00 m à Florac 10.30 m à Millau	Les ponts de la Cresse et du Rozier sont emportés.
28/29 septembre 1900	7.70 m à Florac 8.60 m à Millau	Crue consécutive à une semaine d'orage dans les Gorges du Tarn (destruction de 14 ponts).
7 octobre 1920	4.95 m à Florac 7.00 m à Millau	
30 septembre 1933	5.16 m à Florac 5.80 m à Aguessac 7.50 m à Millau	Crue importante des affluents locaux : Carbassas, Lumensonesque, Jonte, mais crue faible du Tarn (Le Lumensonesque génèrait des remous sur la rive opposée à sa confluence)
1 <sup>er</sup> novembre 1963	7.40 m à Millau	
20 mai 1964	5.70 m à Aguessac 6.00 m à Millau	
24/25 septembre 1965	6.80 m à Florac 6.70 m à Aguessac 7.70 m à Millau	Montée et décrue des eaux très rapides
26 octobre 1976	4.85 m à Florac 7.00 m à Millau	
8 novembre 1982	6.90 m à Florac 6.50 m à Aguessac 9.50 m à Millau	Hauteur d'eau atteinte à Aguessac plus faible que la crue de 1965, mais maintien du niveau des hautes eaux pendant environ 6 heures Débit estimé à Aguessac = 1 850 m <sup>3</sup> /s
5 novembre 1994	5.33 m à Florac 5.70 m à Aguessac 8.40 m à Millau	Débit estimé à Aguessac = 1 550 m <sup>3</sup> /s
3 décembre 2003	6.95 m à Millau	
4/5 novembre 2011	5.60 m à Florac 6.00 m à Aguessac 6.40 m à Millau	

Ce tableau met en évidence que les hauteurs d'eau enregistrées à Florac sont sensiblement égales à celles relevées à Aguessac (+ ou - 0.20 mètre en moyenne). Toutefois ce constat n'est qu'une hypothèse car de nombreux paramètres entrent également en compte, tels que :

- les crues concomitantes ou non du Tarnon, du Tarn, de la Jonte, et de bien d'autres affluents,
- la localisation des orages, généralisés ou localisés,
- l'état des sols, gorgés d'eau ou non,
- ...

Selon le témoignage des riverains, la crue de 1965, plus importante en termes de hauteur d'eau atteinte, a présenté une montée des eaux et une décrue très rapide. La crue de 1982 a maintenu son niveau de hautes eaux pendant environ 6 heures.

Les crues du Lumensonesque sont sans effet sur le régime d'écoulement du Tarn.

Les effets de la crue de 1982 sont restés plus mémorables pour les millavois (concomitance de la crue de la Dourbie) que pour les habitants d'Aguessac et de Paulhe. Plus récemment, la crue de 2011 liée à des orages répétitifs et violents sur Florac (épisode orageux d'une durée de 6 heures) a marqué les esprits des riverains de la plaine de Paulhe, mais est quasiment passée inaperçue à Millau.

Notons que pour atténuer l'impact et la hauteur des crues, plusieurs travaux ont été réalisés depuis 1998 dans la traversée de l'agglomération millavoise : le creusement d'une arche supplémentaire au pont Lerouge, en rive gauche du Tarn, et la création du stade d'eau vive de la Maladrerie, servant de chenal de crue.

Dans le cadre de la présente étude, plusieurs repères de crue ont été nivelés dans le village d'Aguessac (NGF69). Ce nivellement servira au calage du modèle hydraulique.

#### **Nivellement des repères de crue**

Repère n°01 : Traits gravés sur maison du 4 Rue de la Plume

	ZTN	Zeau	
Crue de 1900 :	369.23	371.49 m	+2.26 m
Crue de 1875 :	369.23	371.42 m	+2.19 m
Crue de 1965 :	369.23	370.99 m	+1.76 m
Crue de 1982 :	369.23	370.67 m	+1.44 m

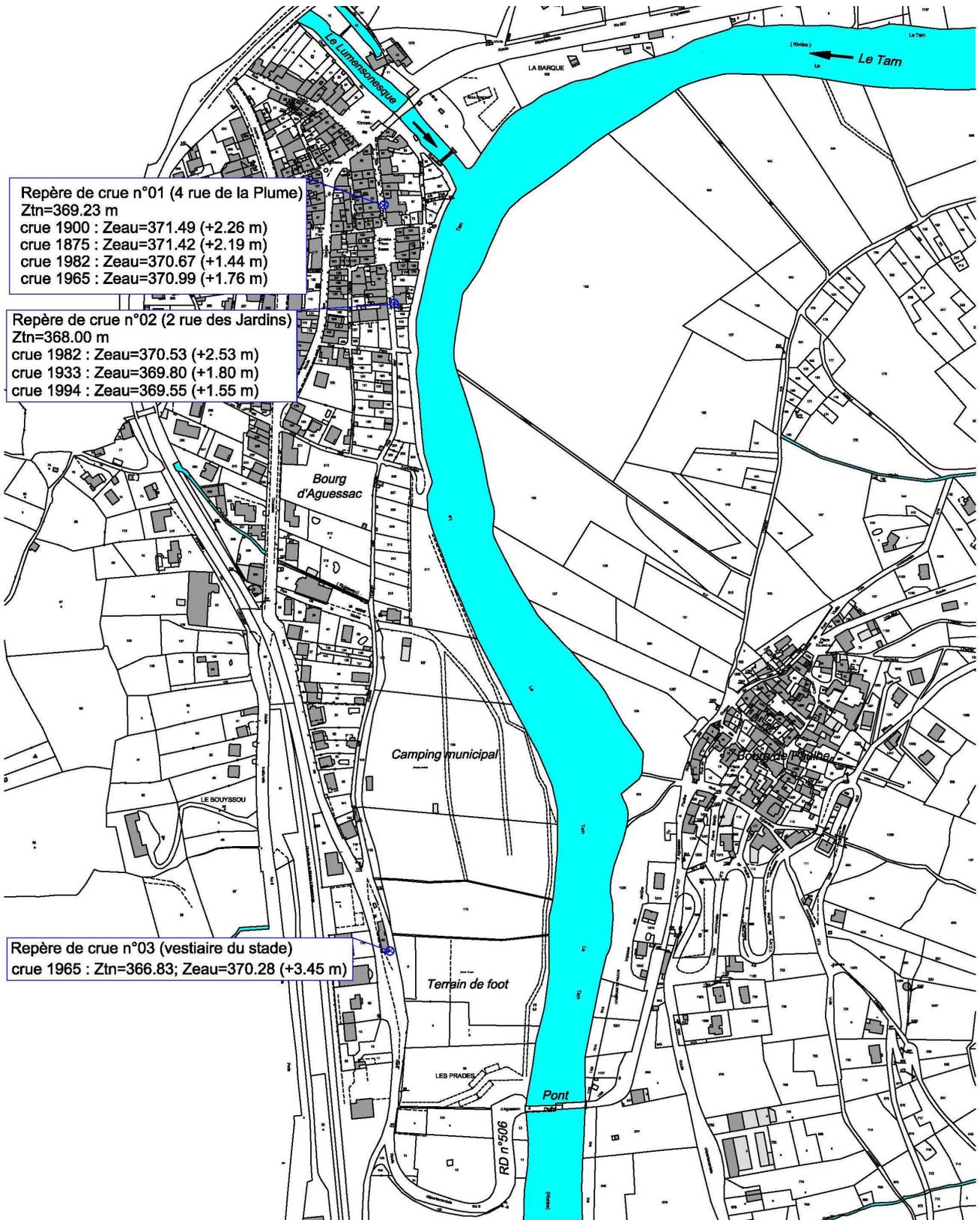
Repère n°02 : Traits gravés sur maison du 2 Rue des Jardins

	ZTN	Zeau	
Crue de 1982 :	368.00	370.53 m	+2.53 m
Crue de 1933 :	368.00	369.80 m	+1.80 m
Crue de 1994 :	368.00	369.55 m	+1.55 m

Repère n°03 : Trait gravé sur les vestiaires du stade

	ZTN	Zeau	
Crue de 1965 :	366.83	370.28 m	+3.45 m

## Localisation des repères de crue



#### **IV.7 - Les débits disponibles**

Plusieurs stations hydrométriques sont (ou ont été) exploitées sur le Tarn et ses affluents : la Dourbie et la Jonte. Les débits recueillis en ces stations vont permettre d'estimer les débits à simuler dans les modélisations hydrauliques du secteur d'étude.

**(Cf Planche n°05 : localisation des stations hydrométriques)**

#### **Débits connus à partir des relevés aux stations hydrométriques** (source : banque HYDRO)

Station hydrométrique	Bassin versant topographique drainé (km <sup>2</sup> )	Période de calcul des débits	Débits instantanés de crue (QIX)		
			10 ans	20 ans	50 ans
Le Tarn à Mostuéjols (La Muse)	925 km <sup>2</sup>	101 ans (1913-2014)	1 100 m <sup>3</sup> /s	1 300 m <sup>3</sup> /s	1 600 m <sup>3</sup> /s
Le Tarn à Millau (2)	2 170 km <sup>2</sup>	42 ans (1969-2012)	1 350 m <sup>3</sup> /s	1 700 m <sup>3</sup> /s	2 100 m <sup>3</sup> /s
La Jonte à Peyreleau	265 km <sup>2</sup>	28 ans (1913-1941)	140 m <sup>3</sup> /s	170 m <sup>3</sup> /s	200 m <sup>3</sup> /s
La Dourbie à Massebiau (3)	548 km <sup>2</sup>	94 ans (1918-2014)	410 m <sup>3</sup> /s	490 m <sup>3</sup> /s	590 m <sup>3</sup> /s

La station hydrométrique du Tarn à Millau, au droit du Pont Lerouge, est située à environ 10 km à l'aval du début du tronçon d'étude. Cette distance est négligeable à l'échelle du bassin versant (15 700 km<sup>2</sup>) du Tarn et de sa longueur de parcours totale (380 km).

Notons toutefois que la situation de cette station à l'aval de la confluence avec la Dourbie, entraîne une majoration des débits au Pont Lerouge par rapport aux débits sur le tronçon d'étude, en raison de l'apport non négligeable des écoulements de la Dourbie.

Soulignons également que la période de mesures de 42 ans à la station du Pont Lerouge n'est pas représentative des périodes de retour des crues 50 ans, mais comprend tout de même plusieurs crues historiques importantes (1976, 1982, 1994, 2003, 2011).

Dans le cadre de l'expertise hydraulique du Plan Pluriannuel de Gestion (PPG) des berges du Tarn (SOGREAH, mai 2011), les débits décennal et centennal ont été estimés à l'amont de la confluence avec la Dourbie.

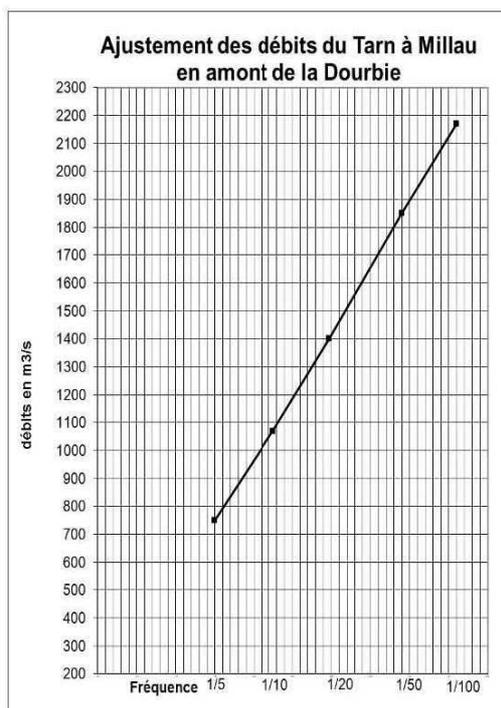
#### **Débits tirés de l'expertise hydraulique du PPG des berges du Tarn** (source : SOGREAH, mai 2011)

Secteur	Bassin versant topographique drainé (km <sup>2</sup> )	Débits de crue	
		10 ans	100 ans
Station hydrométrique : le Tarn à Millau (2) aval confluence Dourbie	2 170 km <sup>2</sup>	1 350 m <sup>3</sup> /s	2 730 m <sup>3</sup> /s
Tronçon d'étude : le Tarn à Aguessac amont confluence Dourbie	1 600 km <sup>2</sup>	1 070 m <sup>3</sup> /s	2 170 m <sup>3</sup> /s

Un ajustement statistique des débits du Tarn en amont de la confluence avec la Dourbie a été établi.

### **Droite d'ajustement statistique des débits du Tarn en amont de la Dourbie**

(source : SOGREAH, mai 2011)



Les débits du Tarn tirés de cette droite d'ajustement correspondent aux débits à l'aval de la confluence avec le ruisseau du Lumensonesque, et sont présentés dans le tableau ci-dessous.

### **Débits du Tarn à l'aval de la confluence avec le Lumensonesque** (source : SOGREAH, mai 2011)

Bassin versant drainé	Crue	Débit
1 600 km <sup>2</sup>	10 ans	1 070 m <sup>3</sup> /s
	20 ans	1 400 m <sup>3</sup> /s
	50 ans	1 850 m <sup>3</sup> /s
	100 ans	2 170 m <sup>3</sup> /s

Notons que le débit décennal du Tarn à l'aval de la confluence avec le Lumensonesque égal à 1 070 m<sup>3</sup>/s dans l'étude de SOGREAH est légèrement inférieur à celui déterminé dans la banque Hydro à la station de la Muse égal à 1 100 m<sup>3</sup>/s. Cette différence provient des imprécisions existantes dans le calcul des débits, en l'absence de relation hauteur-débit connue au droit du tronçon d'étude.

Les débits 10 et 100 ans du ruisseau du Lumensonesque sont connus à la confluence avec le Tarn, et sont présentés dans le tableau ci-dessous, avec une interpolation des débits 20 et 50 ans selon l'équation de droite  $Q = 1.11 T + 89$ .

### **Débits du Lumensonesque à la confluence avec le Tarn** (source : GINGER, décembre 2008)

Bassin versant drainé	Crue (T)	Débit (Q)
95 km <sup>2</sup>	10 ans	100 m <sup>3</sup> /s
	20 ans	111 m <sup>3</sup> /s
	50 ans	145 m <sup>3</sup> /s
	100 ans	200 m <sup>3</sup> /s

Les débits du Lumensonesque représentent environ 1/10 des débits du Tarn.

Les débits du Tarn à l'amont de la confluence avec le Lumensonesque sont déterminés proportionnellement à la superficie du bassin-versant drainé, tout en tenant compte d'un facteur d'amortissement :

$$Q_{\text{amont}} = Q_{\text{aval}} \times (S_{\text{amont}}/S_{\text{aval}})^{0.8}$$

Avec :

$Q_{\text{amont}}$  : débit à l'amont de la confluence avec le Lumensonesque

$Q_{\text{aval}}$  : débit à l'aval de la confluence avec le Lumensonesque

$S_{\text{amont}}$  : superficie du bassin versant drainé à l'amont de la confluence (1 505 km<sup>2</sup>)

$S_{\text{aval}}$  : superficie du bassin versant drainé à l'aval de la confluence (1 600 km<sup>2</sup>)

#### **Débits du Tarn à l'amont de la confluence avec le Lumensonesque**

Bassin versant drainé	Crue	Débit
1 505 km <sup>2</sup>	10 ans	1 020 m <sup>3</sup> /s
	20 ans	1 330 m <sup>3</sup> /s
	50 ans	1 760 m <sup>3</sup> /s
	100 ans	2 070 m <sup>3</sup> /s

Notons que le débit du Tarn à l'aval de la confluence avec le Lumensonesque est donné égal à 2 040 m<sup>3</sup>/s dans la note de présentation du PPRi du Tarn amont. Cette différence provient des imprécisions existantes dans le calcul des débits, en l'absence de relation hauteur-débit connue au droit du tronçon d'étude.

## V - MODÉLISATION HYDRAULIQUE EN CRUE

Il s'agit d'étudier la propagation des débits de crue dans le Tarn en reproduisant le fonctionnement de toutes les singularités rencontrées : plaine d'inondation, méandre, ruptures de pente, pont de la RD n°506, affluent Le Lumensouesque....

Les modélisations hydrauliques sont réalisées à l'aide du logiciel INFOWORKS RS. Ce logiciel s'appuie sur le moteur de calcul ISIS (régime permanent et régime transitoire). Il permet de calculer les débits, les hauteurs d'eau et les vitesses sur l'ensemble des sections et des singularités d'une rivière à partir des équations de Barré Saint Venant. Il supporte les réseaux ramifiés, maillés, les modèles à casiers, et répond à la problématique de la modélisation des plaines inondables.

La modélisation du **tronçon d'étude (linéaire de 2500 mètres)** nécessite les étapes suivantes :

- construction
- calage
- simulation

Ces trois étapes sont exposées ci-après. Préalablement, nous rappelons la nature des travaux topographiques engagés en vue de la construction du modèle.

### V.1 - Travaux topographiques

Ces travaux concernent le linéaire du TARN depuis l'amont immédiat du méandre.

Il s'agit :

- du levé de 18 profils en travers des lits mineurs et majeurs du cours d'eau,
- du levé du pont de la RD n°506,
- du levé de points topographiques (X, Y, Z) de la plaine de Paulhe.

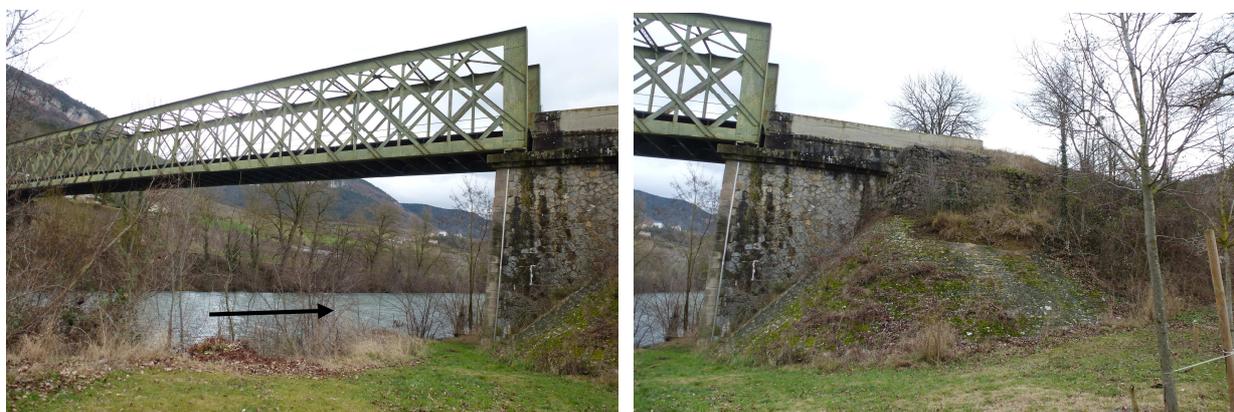
**(Cf Planche n°06 : plan topographique et Planche n° 07 : localisation des profils en travers)**

### V.2 - Construction du modèle

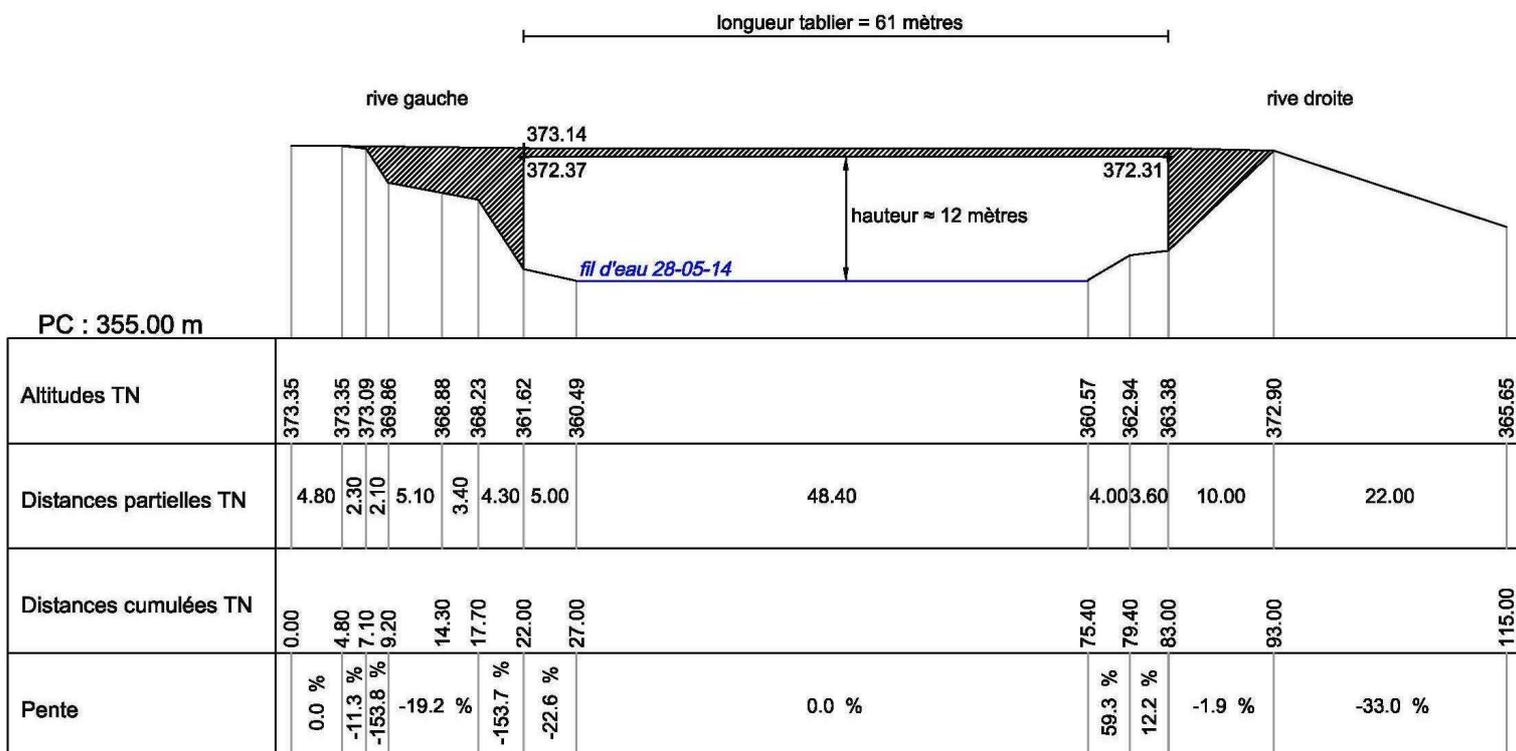
Le code de calcul a été exploité pour un régime d'écoulement permanent, c'est-à-dire à débit constant.

La représentation du lit et du pont est faite à partir des profils en travers du TARN (lit mineur et lit majeur) levés spécifiquement, des caractéristiques métriques du pont (**pont à section rectangulaire**) et des observations particulières de terrain (zones de débordements préférentiels, occupation et encombrement des rives et des berges...).

### Photographies du pont de la RD n°506 depuis la rive droite



## Coupe-type amont du pont



### V.3 - Conditions aux limites

#### V.3.1 - Condition à la limite amont

Pour le Tarn et pour le Lumensouesque, les conditions à la limite amont sont les débits de crue des périodes de retour 10, 20 et 50 ans. Cette hypothèse suppose donc une concomitance des crues de même occurrence. Pour la crue centennale du Tarn, la crue de l'affluent est prise égale à la crue décennale (concomitance des crues centennales peu probable).

#### Conditions aux limites amont

Crue	Le Tarn	Le Lumensouesque
10 ans	1 020 m <sup>3</sup> /s	100 m <sup>3</sup> /s
20 ans	1 330 m <sup>3</sup> /s	111 m <sup>3</sup> /s
50 ans	1 760 m <sup>3</sup> /s	145 m <sup>3</sup> /s
100 ans	2 070 m <sup>3</sup> /s	200 m <sup>3</sup> /s

#### V.3.2 - Condition à la limite aval

Pour le Tarn, en l'absence de lois hauteur-débit déjà établies ou de cotes connues, la condition à la limite aval par défaut est la cote normale ; celle-ci est calculée par le modèle suivant la formule de Manning-Strickler, nécessitant notamment la connaissance de la pente de la ligne d'énergie, supposée ici égale à la pente moyenne du cours d'eau sur la zone, d'une valeur de 0.4 %.

Concernant le Lumensouesque, la condition limite aval est définie par le niveau du Tarn au droit de la confluence des deux cours d'eau.

#### V.4 - Calage du modèle

La crue historique de 1965 est modélisée avec une ligne d'eau calée sur les 2 repères de crue disponibles à Aguessac. Pour caler la ligne d'eau sur ces repères de crue, le débit et la rugosité du lit et des rives sont ajustés de sorte à atteindre des cotes simulées égales ou très proches des cotes mesurées sur site.

Notons les coefficients de Manning retenus pour le calage :

- lit mineur : 0.08
- rive droite (bourg d'Aguessac) : 0.07
- rive gauche (Plaine de Paulhe) : 0.04

#### Résultats de la modélisation de la crue de 1965

Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)
P1	1825	372.49	1.6
P2	1825	371.92	1.8
P3	1825	371.55	1.3
P4	1825	371.39	1.3
P5	1825	371.26	1.0
P6	1825	371.15	1.0
P7	1825	371.03	0.9
<b>Pcalage</b>	<b>2025</b>	<b>370.99</b>	<b>0.9</b>
P8	2025	370.95	1.0
P9	2025	370.84	1.1
P10	2025	370.72	1.1
P11	2025	370.61	1.1
P12	2025	370.47	1.3
<b>P13</b>	<b>2025</b>	<b>370.27</b>	<b>1.6</b>
P14	2025	369.83	2.3
P15	2025	369.75	1.6
P16	2025	369.35	1.5
P17	2025	369.01	1.2
P18	2025	365.50	5.0

Le profil Pcalage correspond au repère de crue du 4 rue de la Plume à Aguessac (Zrepère de crue = 370.99 m NGF) et le profil P13 correspond au repère de crue du vestiaire du stade (Zrepère de crue = 370.28 m NGF).

Le tableau des résultats de la modélisation montre que les hauteurs d'eau simulées sont égales aux hauteurs d'eau des repères de crue (différence maximale de 0.01 m). Le calage est donc bien réalisé.

Après calage de la crue de 1965, la crue de 1982 est modélisée et la hauteur d'eau simulée est comparée à la hauteur d'eau du repère de crue présent à Aguessac.

**Résultats de la modélisation de la crue de 1982**

Profil	Débit (m3/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)
P1	1705	372.26	1.5
P2	1705	371.67	1.8
P3	1705	371.28	1.3
P4	1705	371.11	1.3
P5	1705	370.97	1.0
P6	1705	370.85	1.0
P7	1705	370.72	0.9
<b>Pcalage</b>	<b>1850</b>	<b>370.67</b>	<b>0.9</b>
P8	1850	370.63	1.0
P9	1850	370.52	1.1
P10	1850	370.39	1.1
P11	1850	370.28	1.1
P12	1850	370.14	1.3
P13	1850	369.95	1.5
P14	1850	369.52	2.2
P15	1850	369.43	1.5
P16	1850	369.03	1.5
P17	1850	368.69	1.2
P18	1850	365.58	4.5

Le tableau des résultats de la modélisation confirme un bon calage du modèle hydraulique, car la hauteur d'eau simulée au profil du 4 rue de la Plume (Pcalage) donne une cote de submersion identique à celle du repère de crue de 1982 (Zrepère de crue =370.67 m NGF).

## VI - EXPLOITATION DU MODÈLE HYDRAULIQUE A L'ÉTAT INITIAL

Les résultats des 4 simulations réalisées sont présentés dans le tableau ci-dessous.

### Résultats des modélisations des crues 10, 20, 50 et 100 ans

Profil	état initial 10 ans		état initial 20 ans		incidence	état initial 50 ans		incidence	état initial 100 ans		incidence
	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	$\Delta H$ 10 à 20 ans	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	$\Delta H$ 20 à 50 ans	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	$\Delta H$ 20 à 100 ans
P1	370.88	1.3	371.55	1.4	0.66	372.35	1.6	0.81	372.83	1.7	1.28
P2	370.29	1.7	370.94	1.8	0.65	371.77	1.9	0.82	372.23	1.9	1.29
P3	369.86	1.2	370.51	1.3	0.65	371.38	1.3	0.87	371.86	1.4	1.34
P4	369.67	1.2	370.33	1.3	0.65	371.21	1.3	0.88	371.68	1.4	1.35
P5	369.51	1.0	370.17	1.0	0.66	371.07	1.0	0.90	371.55	1.1	1.38
P6	369.35	1.0	370.03	1.0	0.67	370.95	1.0	0.92	371.43	1.0	1.41
P7	369.17	0.9	369.86	0.9	0.69	370.82	0.9	0.96	371.31	0.9	1.45
Pcalage	369.10	0.9	369.81	0.9	0.70	370.78	0.9	0.97	371.27	0.9	1.46
P8	369.04	1.0	369.75	1.0	0.71	370.74	1.0	0.98	371.23	1.0	1.48
P9	368.89	1.0	369.62	1.0	0.73	370.62	1.1	1.00	371.13	1.1	1.51
P10	368.73	1.0	369.48	1.1	0.74	370.50	1.1	1.02	371.01	1.1	1.53
P11	368.61	1.0	369.36	1.0	0.75	370.39	1.1	1.04	370.91	1.1	1.55
P12	368.46	1.1	369.21	1.2	0.75	370.25	1.3	1.04	370.76	1.3	1.56
P13	368.28	1.3	369.02	1.4	0.74	370.06	1.5	1.04	370.57	1.6	1.55
P14	367.87	1.9	368.59	2.1	0.71	369.63	2.2	1.04	370.13	2.3	1.54
P15	367.73	1.4	368.46	1.5	0.72	369.54	1.5	1.08	370.05	1.6	1.59
P16	367.22	1.5	367.97	1.5	0.75	369.14	1.5	1.17	369.66	1.5	1.69
P17	366.79	1.1	367.56	1.2	0.77	368.80	1.2	1.25	369.34	1.3	1.78
	<b>Moyenne</b>				<b>0.71</b>			<b>0.99</b>			<b>1.49</b>

Les résultats des simulations des 4 occurrences de crue testées à l'état actuel mettent en évidence :

- une élévation de la ligne d'eau d'environ 70 cm entre les crues 10 et 20 ans
- une élévation de la ligne d'eau d'environ 1 mètre entre les crues 20 et 50 ans
- une élévation de la ligne d'eau d'environ 1.50 mètre entre les crues 20 et 100 ans
- une vitesse d'écoulement forte > 0.5 m/s (grand écoulement) quelque soit l'occurrence de crue

Au profil du Pont de Paulhe (P14), la hauteur d'eau centennale simulée est égale à 370.13 mètres NGF. La cote altimétrique de la face inférieure du pont étant de 372.31 mètres NGF, le tirant d'air restant est de 2.18 mètres. Un tirant d'air supérieur à 1.00 mètre évite une accumulation d'embâcles trop néfaste pour le pont.

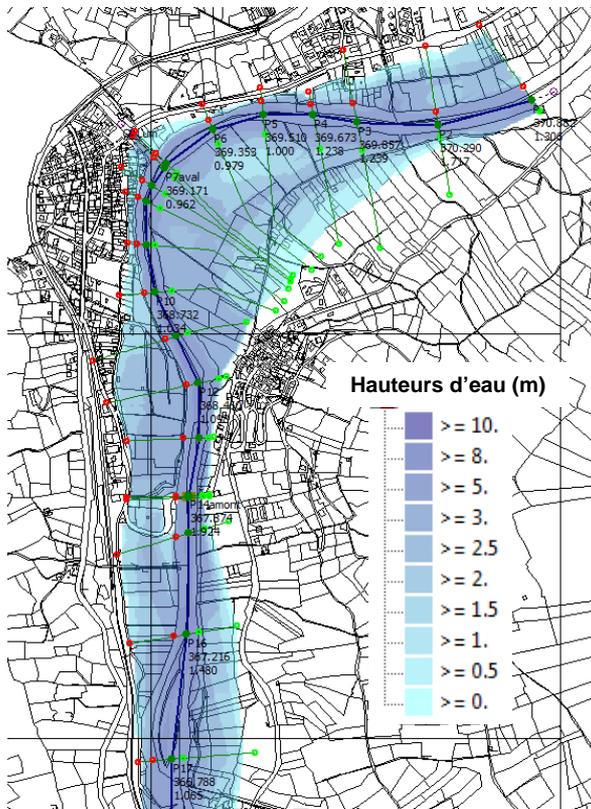
Le pont est quasi transparent aux écoulements en crue. Son incidence est limitée à son appui en remblai en rive droite (hors d'eau pour la crue centennale) qui génère :

- un rétrécissement qui tend à faire s'élever la ligne d'eau, mais dont la surverse peut s'écouler et s'évacuer par les champs présents en rive droite.
- une accélération locale des vitesses, accélération estompée dès le profil suivant (P15) situé environ 90 mètres en aval du pont.

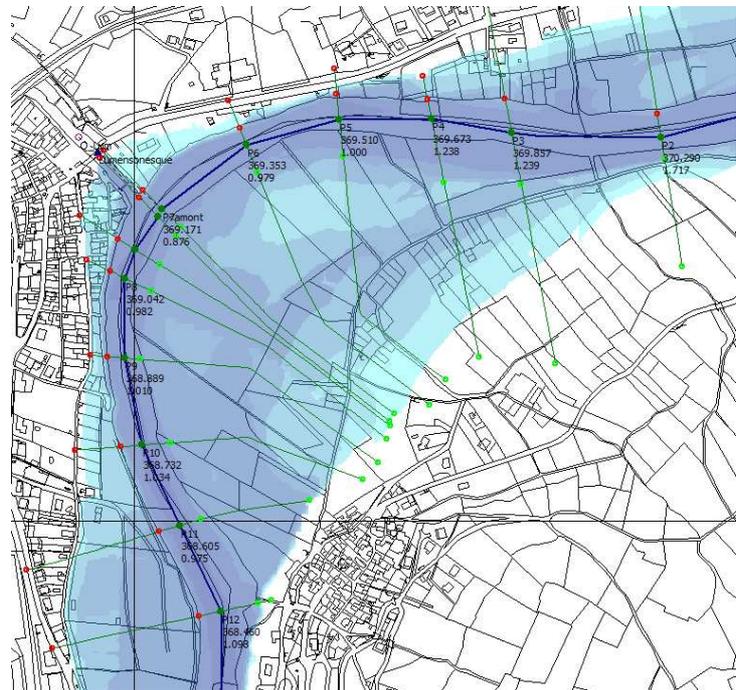
Son appui en rive gauche est établi au niveau du terrain naturel (présence de la falaise rocheuse).

**Cartographie des hauteurs de submersion pour la crue 10 ans - état initial** (sur fond cadastral)

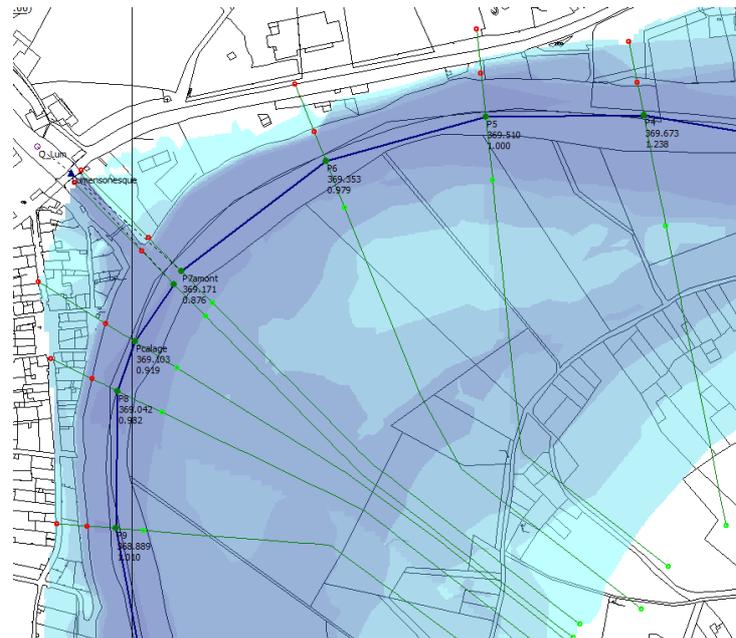
**Tronçon d'étude P1 à P17**



**Zoom sur la plaine d'inondation (rive gauche)**



**Zoom sur la rive habitée à Aguessac (rive droite)**



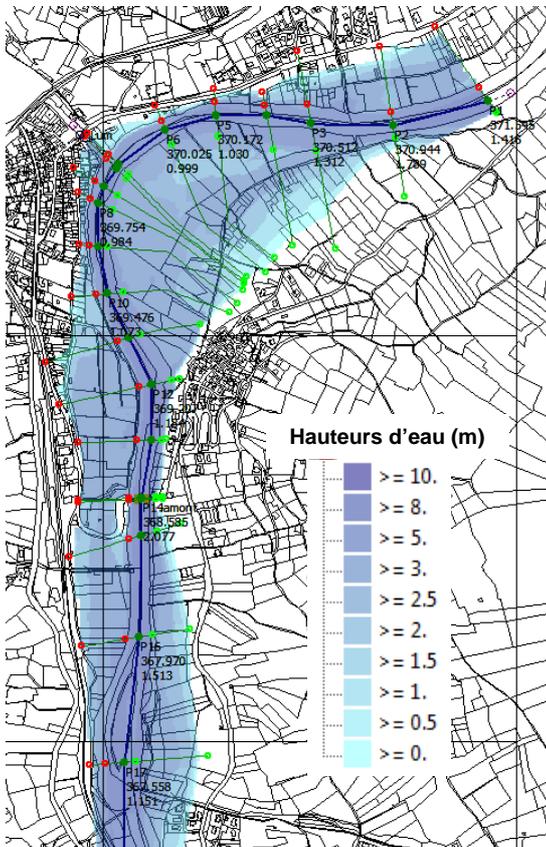
Les résultats des simulations de l'état actuel mettent en évidence des débordements sur la Plaine de Paulhe dès la crue 10 ans, avec des hauteurs d'eau moyennes de l'ordre de 1.00 mètre, atteignant par endroit plus de 2.00 mètres.

Sur Aguessac, la Place Basse située à une altitude moyenne de 368.70 m NGF connaît également des débordements sur environ 35 cm (eau ~ 369.05 m). La submersion touche également la rue des Jardins et la rue de la Plume ainsi que le terrain du boulodrome pour des hauteurs comparables.

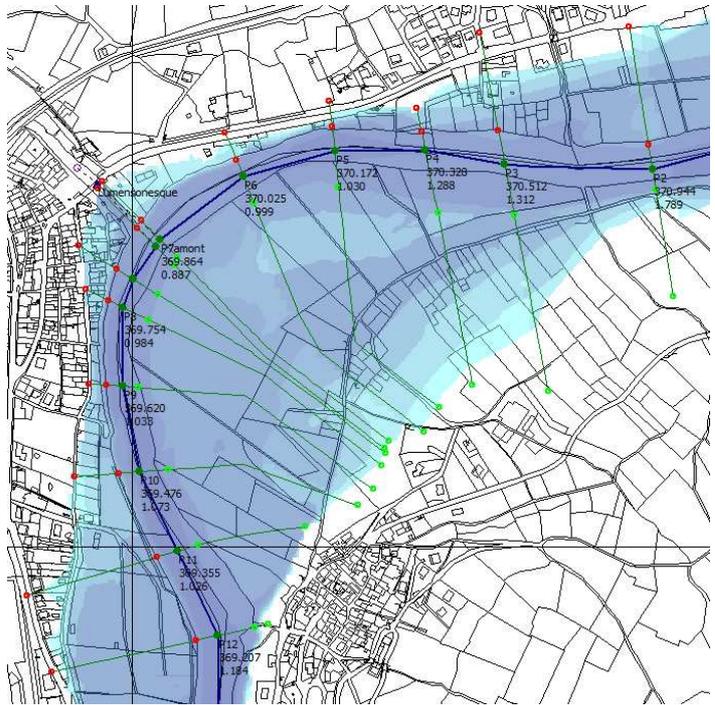
Le terrain du camping municipal et du stade sont également submergés avec des hauteurs de submersion pouvant atteindre par endroits 2.00 mètres d'eau.

**Cartographie des hauteurs de submersion pour la crue 20 ans - état initial** (sur fond cadastral)

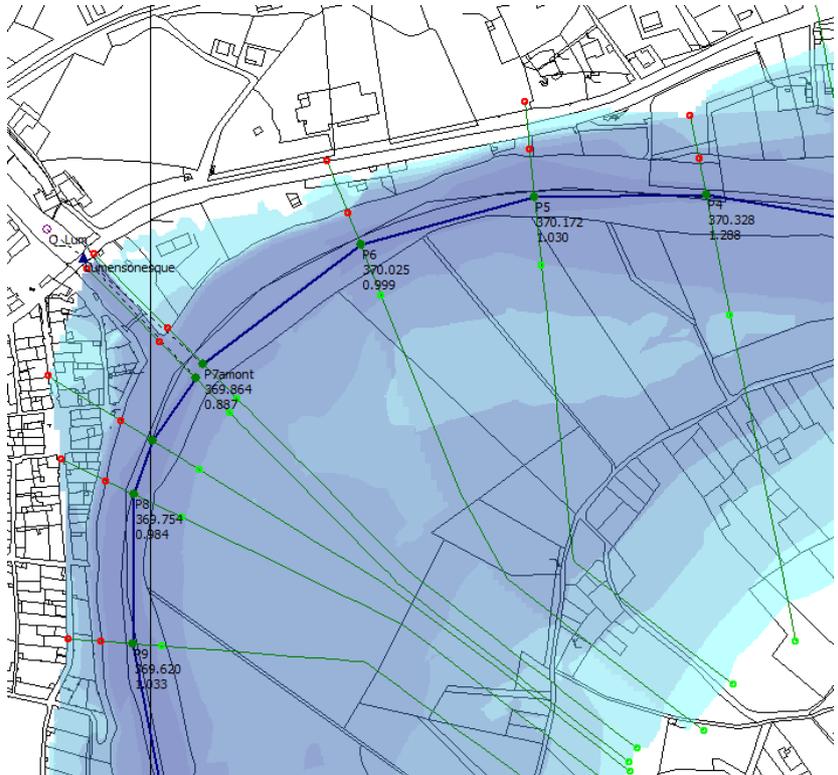
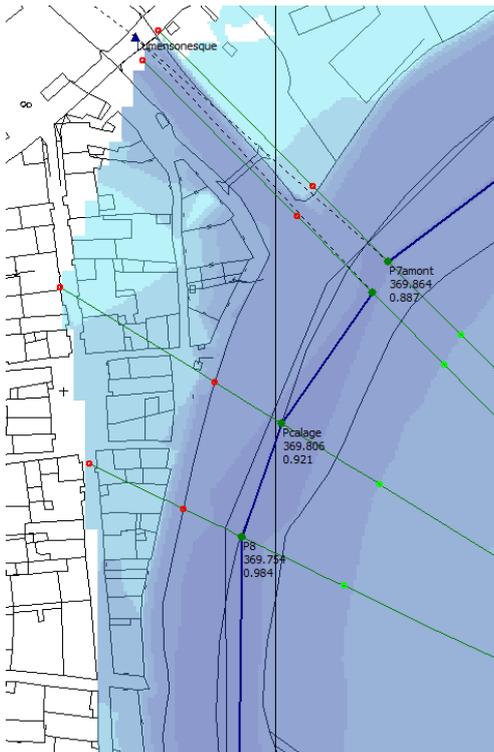
**Tronçon d'étude P1 à P17**



**Zoom sur la plaine d'inondation (rive gauche)**

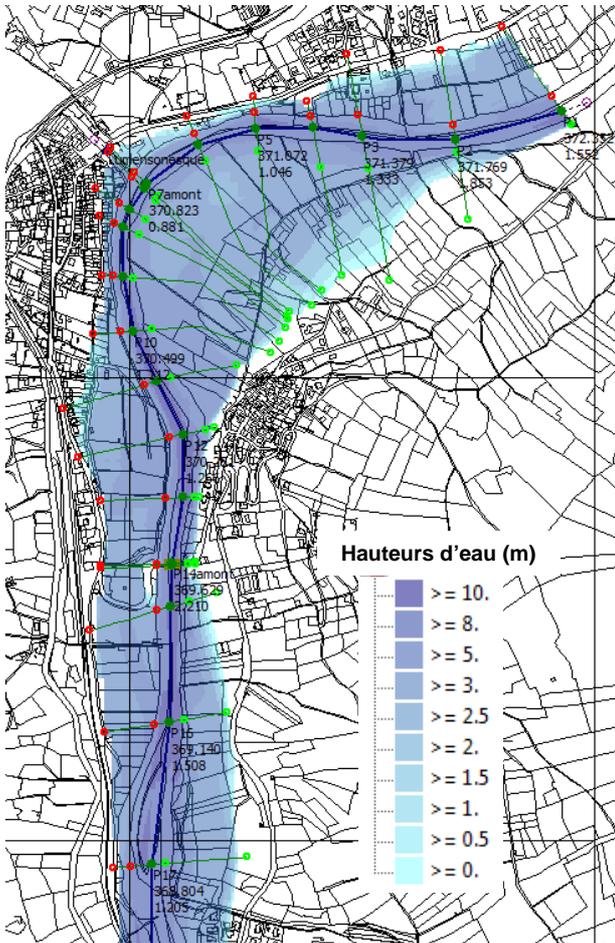


**Zoom sur la rive habitée à Aguessac (rive droite)**

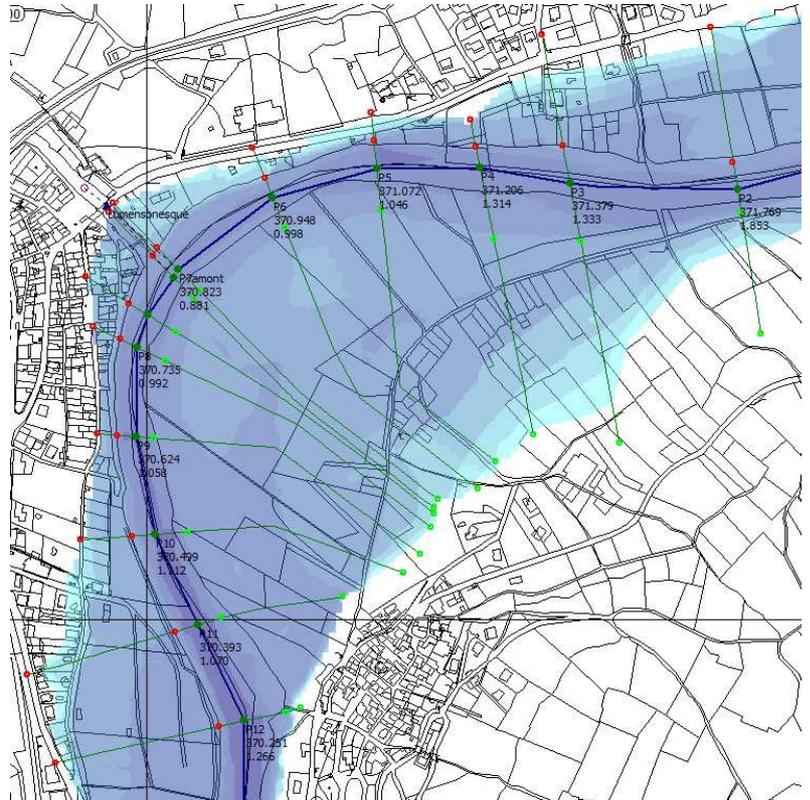


**Cartographie des hauteurs de submersion pour la crue 50 ans - état initial** (sur fond cadastral)

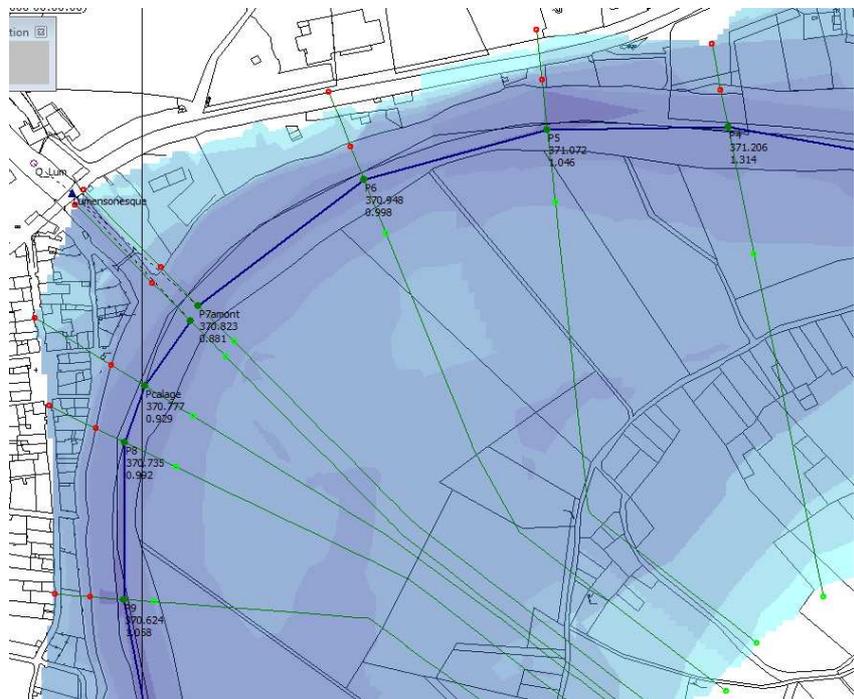
**Tronçon d'étude P1 à P17**



**Zoom sur la plaine d'inondation (rive gauche)**

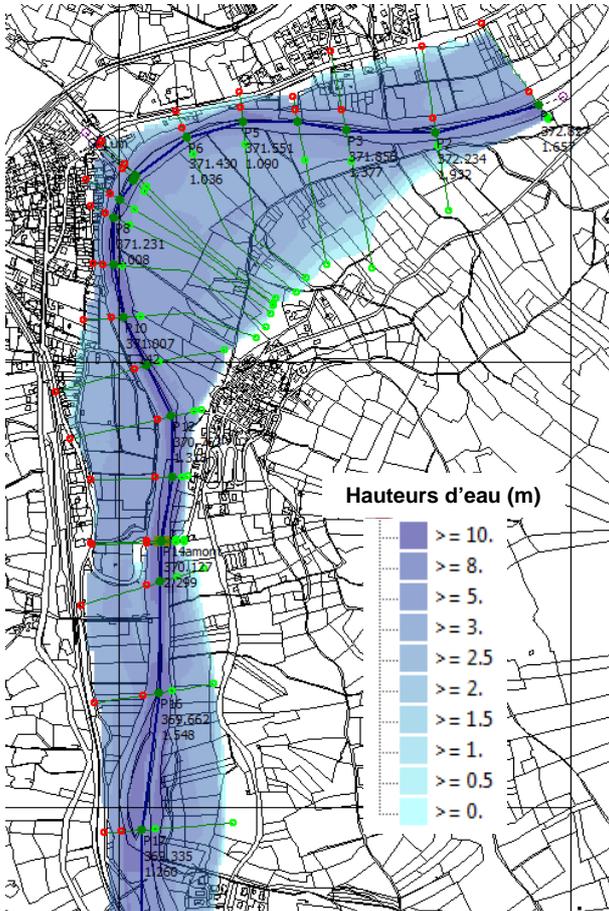


**Zoom sur la rive habitée à Aguessac (rive droite)**

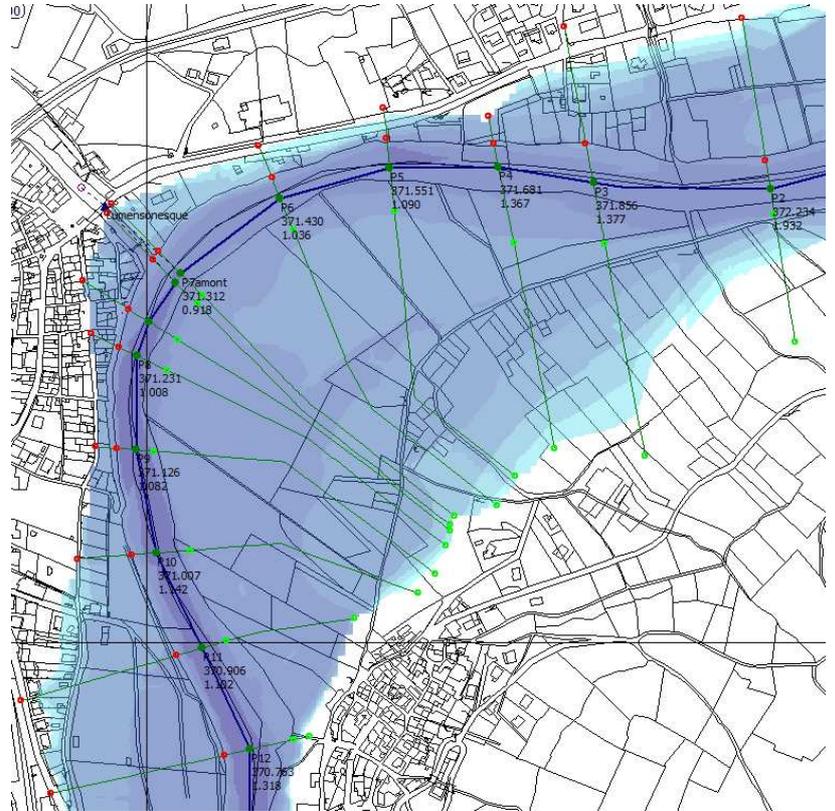


**Cartographie des hauteurs de submersion pour la crue 100 ans - état initial** (sur fond cadastral)

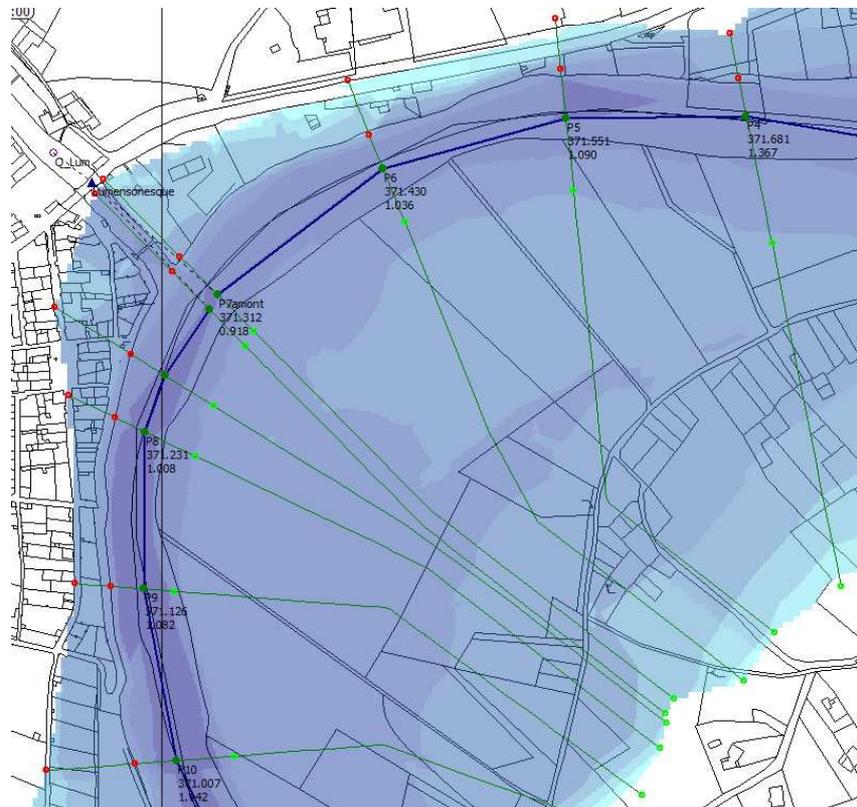
**Tronçon d'étude P1 à P17**



**Zoom sur la plaine d'inondation (rive gauche)**



**Zoom sur la rive habitée à Aguessac (rive droite)**



Les hauteurs moyennes de submersion avoisinent :

- pour la crue 10 ans : 1.80 mètres dans la plaine de Paulhe, 0.30 mètre sur le quartier de la Place Basse à Aguessac,
- pour la crue 20 ans : 2.50 mètres dans la plaine de Paulhe, 1.00 mètre sur le quartier de la Place Basse à Aguessac,
- pour la crue 50 ans : 3.50 mètres dans la Plaine de Paulhe, 2.00 mètres sur le quartier de la Place Basse à Aguessac,
- pour la crue 100 ans : 4.00 mètres dans la plaine de Paulhe, 2.50 mètre sur le quartier de la Place Basse à Aguessac.

### Caractérisation de l'aléa inondation

(source : guide méthodologique PPR inondation MATE - METL - 1999)

		Vitesse		
		Faible (<0,2m/s) (stockage)	Moyenne (écoulement)	Forte (>0,5m/s) (grand écoulement)
Hauteur	H<0.50 m	aléa faible	aléa moyen	aléa fort
	0.50 m<H<1 m	aléa moyen	aléa moyen (*1)	aléa fort
	H>1 m	aléa fort	aléa fort	aléa très fort

(\*1) L'expérience a montré que plus de 0.50 m d'eau rend impossible le déplacement d'un enfant ou d'une personne âgée. Pour cette raison, dans les secteurs où la montée des eaux est rapide et ne permet pas de disposer d'un temps suffisant pour garantir une évacuation complète, l'aléa sera qualifié de fort.

**Sur la plaine de Paulhe et sur le quartier de la Place Basse à Aguessac, les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement atteintes en crue caractérisent un aléa inondation très fort. Plusieurs habitations sont présentes dans la zone inondable du Tarn, à l'aval immédiat de la confluence avec le Lumenonesque (Place Basse, rue des Jardins, rue de la Plume). Ces habitations sont vulnérables à la crue d'occurrence décennale.**

Soulignons que les modélisations sont cartographiées à partir du relevé topographique du secteur d'étude (Modèle Numérique de Terrain) qui est incomplet, notamment sur le quartier de la Place Basse. C'est pourquoi la représentation des hauteurs d'eau nulles (bleu le plus clair sur les extraits de cartes), visible quand la ligne d'eau vient mourir au terrain naturel, n'apparaît pas sur ce quartier.

*Pour une définition précise de la vulnérabilité des bâtiments touchés par les crues, des investigations complémentaires seraient nécessaires : relevé topographique complémentaire, distinction du type d'occupation du bâti : habitations, dépendances,...*

## VII - LES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT

Les scénarios d'aménagement doivent allier deux objectifs essentiels :

- la recherche d'une restauration hydroécologique des rives, permettant d'y retrouver une zone naturelle, tout en s'assurant de la stabilité des berges selon plusieurs mesures : atténuation des pentes de talus, techniques de protection et végétalisation des talus,
- la recherche d'un gain de protection des biens et des personnes face au risque d'inondation.

Ces principes s'inscrivent dans le respect d'un certain espace de mobilité naturel du lit mineur. Néanmoins, ils restent très limités face au problème global d'équilibre du Tarn à traiter dans son ensemble, et n'apporteront qu'une contribution locale au processus entier, tout en permettant de retrouver localement des fonctionnements environnementaux satisfaisants.

Les deux scénarios d'aménagement consistent à aménager la berge gauche : la plaine d'inondation, qui est soumise aux débordements récurrents du Tarn. L'aménagement de la berge ne doit pas déstabiliser le fonctionnement du cours d'eau. C'est pourquoi le lit mineur ne fait pas l'objet des aménagements.

### **VII.1 - Scénario n°01 : création d'un chenal de crue**

Le premier scénario consiste à s'appuyer sur l'évolution du fonctionnement actuel du Tarn qui érode la berge gauche. Le comblement du lit mineur et le modelage réalisé en 1996 facilitent l'entrée des écoulements en crue dans la plaine de Paulhe, ce qui contribue à l'érosion de la berge gauche. Les écoulements entrés dans la plaine d'inondation suivent un cheminement préférentiel (point bas), dont l'évolution pourrait créer naturellement un chenal de crue à plus ou moins long terme (fonction de la fréquence et de l'intensité des crues débordantes).

Le premier scénario consisterait donc à créer un véritable chenal de crue, dimensionné et exécuté de sorte à mieux canaliser les écoulements, à ce jour anarchiques lorsqu'ils débordent dans la plaine.

#### ***(Cf Planche n°08 : plan d'aménagement du chenal de crue)***

Les caractéristiques géométriques du chenal de crue sont les suivantes :

- section trapézoïdale
- largeur de fond : 30.00 m
- devers de fond : 0%
- hauteur moyenne de talus : 2.20 mètres
- pente de talus : 3/2 (H/V)
- pente du profil en long : 0.5%
- longueur du chenal : ~ 890 mètres

#### ***(Cf Planche n°09 : profil en travers type)***

Le scénario n°01 occupe une emprise globale de trav aux de l'ordre de 6 hectares.

## **VII.2 - Scénario n°02 : création d'un lit moyen avec modelage des terrains amont**

Le second scénario consiste à reprendre l'idée du modelage réalisé en 1996 pour créer un lit moyen. Ce modelage s'était arrêté face à la confluence avec le Lumensonesque, et ces travaux partiels ont participé à aggraver l'érosion de la berge gauche. En effet la création de ce lit moyen s'est arrêtée à mi-longueur du méandre, ce qui a eu pour conséquence de créer un talus d'érosion et de favoriser les contre-courants, les tourbillons localisés qui emportent les matériaux alluvionnaires.

Le second scénario consisterait donc à créer un véritable lit moyen sur toute la longueur du méandre et à aménager l'entrée et la sortie de ce lit moyen (protection de berges, végétalisation) afin que les vitesses d'attaque ne dégradent pas le lit moyen. La création de ce lit moyen serait complétée par le modelage des terrains amont afin d'uniformiser le relief à ce jour chahuté.

Une ripisylve s'est développée sur le lit moyen modelé en 1996 (saules, peupliers, aulnes arbustifs). Cette ripisylve serait conservée au maximum, et densifiée tout le long du lit moyen à restaurer et à prolonger. Une ripisylve dense avec un engazonnement permettrait de tenir les terres (notamment les fines) et de ralentir les vitesses d'écoulement locales.

Aux endroits où le talus de berge a subi une forte érosion, il est prévu de le restaurer, de le protéger et de le végétaliser. Un reprofilage sommaire est envisagé afin d'uniformiser la section en travers à la traversée du méandre.

### ***(Cf Planche n°10 : plan d'aménagement du lit moyen et du modelage amont)***

Les caractéristiques géométriques du lit moyen sont les suivantes :

- largeur : 40.00 m
- devers : 1% vers le Tarn
- hauteur moyenne de talus : 2.20 m
- pente de talus : 3/2 (H/V)
- pente du profil en long : 0.4%
- longueur du lit moyen : ~ 1000 mètres

### ***(Cf Planche n°11 : profil en travers type)***

Le scénario n°02 occupe une emprise globale de trav aux de l'ordre de 11 hectares.

## VIII - INCIDENCE HYDRAULIQUE DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT

### VIII.1 - Incidence hydraulique du scénario n°01 : c henal de crue

#### Comparaison des modélisations de l'état initial avec le scénario n°01 - crue 10 ans

Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	état initial		chenal de crue		incidence chenal	
		Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	ΔH (m NGF)	ΔV (m/s)
P1	1020	370.88	1.3	370.43	1.5	-0.45	0.2
P2	1020	370.29	1.7	369.79	2.1	-0.50	0.4
P3	1020	369.86	1.2	369.29	1.5	-0.57	0.2
P4	1020	369.67	1.2	369.09	1.5	-0.58	0.2
P5	1020	369.51	1.0	368.96	1.1	-0.56	0.1
P6	1020	369.35	1.0	368.81	1.2	-0.54	0.2
P7	1020	369.17	0.9	368.64	1.0	-0.53	0.2
Pcalage	1120	369.10	0.9	368.57	1.1	-0.53	0.1
P8	1120	369.04	1.0	368.51	1.2	-0.53	0.2
P9	1120	368.89	1.0	368.37	1.2	-0.52	0.2
P10	1120	368.73	1.0	368.26	1.1	-0.48	0.1
P11	1120	368.61	1.0	368.17	1.0	-0.44	0.1
P12	1120	368.46	1.1	368.04	1.2	-0.42	0.1
P13	1120	368.28	1.3	367.85	1.4	-0.43	0.1
P14	1120	367.87	1.9	367.40	2.2	-0.47	0.3
P15	1120	367.73	1.4	367.30	1.6	-0.43	0.2
P16	1120	367.22	1.5	366.69	1.8	-0.53	0.3
P17	1120	366.79	1.1	366.26	1.2	-0.53	0.2
<b>Moyenne</b>						<b>-0.50</b>	<b>0.2</b>

#### Comparaison des modélisations de l'état initial avec le scénario n°01 - crue 20 ans

Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	état initial		chenal de crue		incidence chenal	
		Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	ΔH (m NGF)	ΔV (m/s)
P1	1330	371.55	1.4	371.08	1.6	-0.47	0.2
P2	1330	370.94	1.8	370.40	2.2	-0.55	0.4
P3	1330	370.51	1.3	369.90	1.6	-0.61	0.3
P4	1330	370.33	1.3	369.71	1.5	-0.62	0.2
P5	1330	370.17	1.0	369.58	1.2	-0.59	0.1
P6	1330	370.03	1.0	369.45	1.2	-0.58	0.2
P7	1330	369.86	0.9	369.30	1.0	-0.56	0.2
Pcalage	1441	369.81	0.9	369.24	1.1	-0.57	0.1
P8	1441	369.75	1.0	369.19	1.1	-0.56	0.2
P9	1441	369.62	1.0	369.07	1.2	-0.55	0.1
P10	1441	369.48	1.1	368.96	1.2	-0.51	0.1
P11	1441	369.36	1.0	368.88	1.1	-0.48	0.1
P12	1441	369.21	1.2	368.74	1.3	-0.46	0.1
P13	1441	369.02	1.4	368.54	1.5	-0.47	0.1
P14	1441	368.59	2.1	368.06	2.4	-0.53	0.3
P15	1441	368.46	1.5	367.96	1.7	-0.50	0.2
P16	1441	367.97	1.5	367.36	1.8	-0.61	0.3
P17	1441	367.56	1.2	366.95	1.3	-0.61	0.2
<b>Moyenne</b>						<b>-0.55</b>	<b>0.2</b>

**Comparaison des modélisations de l'état initial avec le scénario n°01 - crue 50 ans**

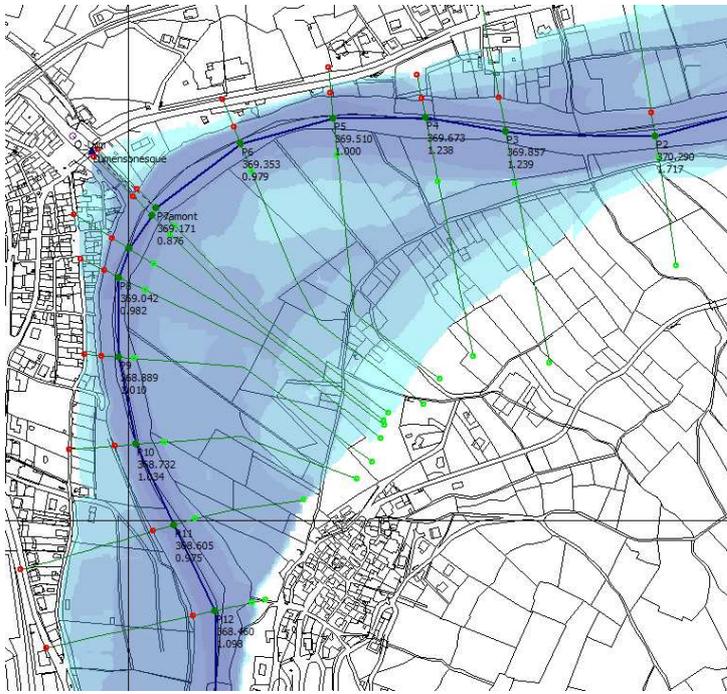
Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	état initial		chenal de crue		incidence chenal	
		Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	ΔH (m NGF)	ΔV (m/s)
P1	1760	372.35	1.6	371.85	1.7	-0.50	0.2
P2	1760	371.77	1.9	371.19	2.2	-0.58	0.3
P3	1760	371.38	1.3	370.72	1.6	-0.66	0.3
P4	1760	371.21	1.3	370.55	1.5	-0.66	0.2
P5	1760	371.07	1.0	370.44	1.2	-0.63	0.1
P6	1760	370.95	1.0	370.33	1.2	-0.61	0.2
P7	1760	370.82	0.9	370.23	1.0	-0.60	0.1
Pcalage	1905	370.78	0.9	370.18	1.0	-0.60	0.1
P8	1905	370.74	1.0	370.14	1.1	-0.59	0.1
P9	1905	370.62	1.1	370.05	1.2	-0.58	0.1
P10	1905	370.50	1.1	369.96	1.2	-0.54	0.1
P11	1905	370.39	1.1	369.88	1.1	-0.51	0.1
P12	1905	370.25	1.3	369.75	1.4	-0.50	0.1
P13	1905	370.06	1.5	369.54	1.7	-0.52	0.1
P14	1905	369.63	2.2	369.06	2.5	-0.57	0.3
P15	1905	369.54	1.5	368.99	1.7	-0.55	0.2
P16	1905	369.14	1.5	368.53	1.7	-0.61	0.2
P17	1905	368.80	1.2	368.22	1.3	-0.59	0.1
<b>Moyenne</b>						<b>-0.58</b>	<b>0.2</b>

**Comparaison des modélisations de l'état initial avec le scénario n°01 - crue 100 ans**

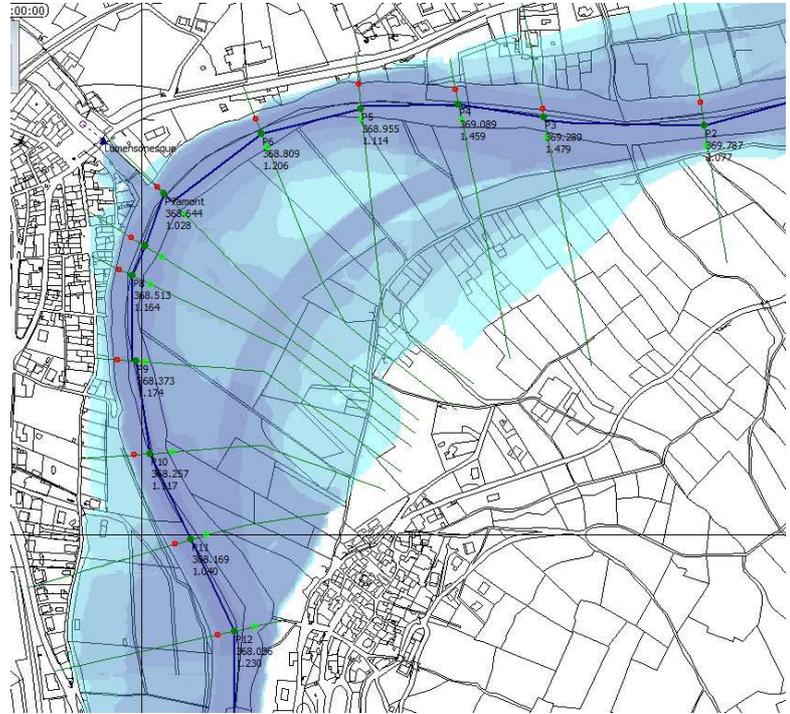
Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	état initial		chenal de crue		incidence chenal	
		Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	ΔH (m NGF)	ΔV (m/s)
P1	2070	372.83	1.7	372.30	1.8	-0.52	0.2
P2	2070	372.23	1.9	371.63	2.3	-0.60	0.3
P3	2070	371.86	1.4	371.16	1.7	-0.69	0.3
P4	2070	371.68	1.4	370.98	1.6	-0.70	0.2
P5	2070	371.55	1.1	370.89	1.2	-0.66	0.1
P6	2070	371.43	1.0	370.78	1.2	-0.65	0.2
P7	2070	371.31	0.9	370.68	1.0	-0.63	0.1
Pcalage	2170	371.27	0.9	370.64	1.1	-0.63	0.1
P8	2170	371.23	1.0	370.61	1.1	-0.63	0.1
P9	2170	371.13	1.1	370.52	1.2	-0.61	0.1
P10	2170	371.01	1.1	370.43	1.2	-0.57	0.1
P11	2170	370.91	1.1	370.36	1.2	-0.55	0.1
P12	2170	370.76	1.3	370.22	1.5	-0.54	0.1
P13	2170	370.57	1.6	370.01	1.7	-0.56	0.1
P14	2170	370.13	2.3	369.51	2.6	-0.62	0.3
P15	2170	370.05	1.6	369.46	1.8	-0.59	0.2
P16	2170	369.66	1.5	369.01	1.8	-0.65	0.2
P17	2170	369.34	1.3	368.72	1.4	-0.62	0.1
<b>Moyenne</b>						<b>-0.61</b>	<b>0.2</b>

**Comparaison des modélisations initial/scénario n°01 - crue 10 ans**

**Etat initial - crue 10 ans**



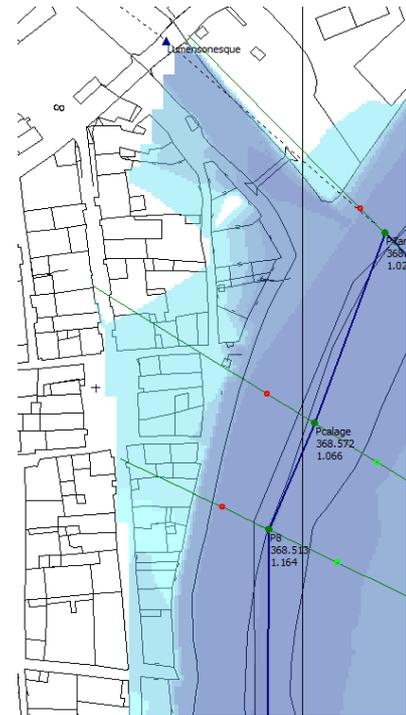
**Etat projet : chenal de crue - crue 10 ans**



**Zoom Place Basse - initial - crue 10 ans**

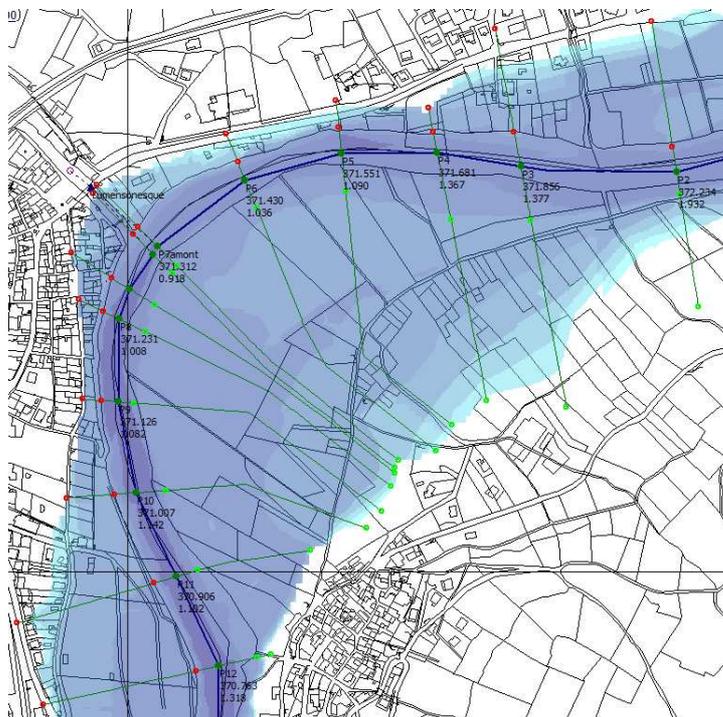


**Zoom Place Basse - chenal de crue - crue 10 ans**

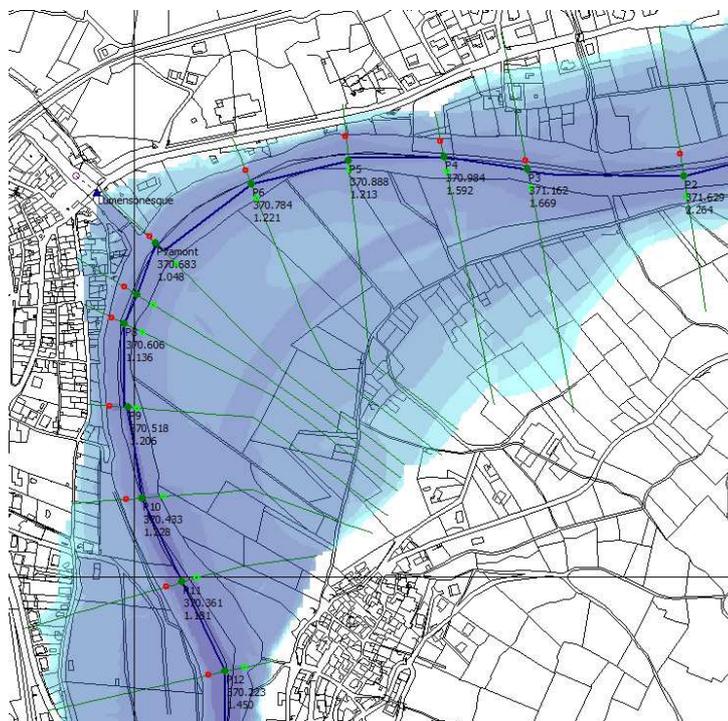


## Comparaison des modélisations initial/scénario n°01 - crue 100 ans

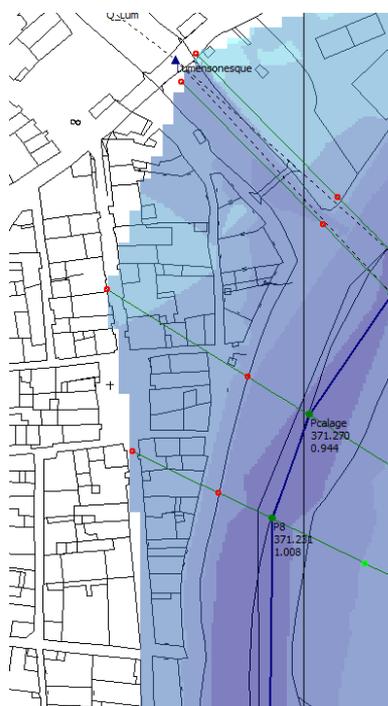
**Etat initial - crue 100 ans**



**Etat projet : chenal de crue - crue 100 ans**



**Zoom Place Basse - initial - crue 100 ans**



**Zoom Place Basse - chenal de crue - crue 100 ans**



Le chenal de crue (scénario n°01) permet d'abaisser la ligne d'eau par rapport à la situation actuelle :

- pour la crue 10 ans : abaissement de -50 cm
- pour la crue 20 ans : abaissement de -55 cm
- pour la crue 50 ans : abaissement de -58 cm
- pour la crue 100 ans : abaissement de -61 cm
- pour les 4 occurrences : augmentation négligeable de la vitesse +0.2 m/s

L'effet de l'aménagement devient négligeable à partir de la crue 100 ans, pour laquelle l'abaissement de la ligne d'eau est presque égal à celui pour la crue 50 ans (différence de 3 cm négligeable compte tenu des imprécisions de calculs).

Toutefois un abaissement des hauteurs d'eau de l'ordre de 60 cm pour la crue 100 ans reste intéressant d'un point de vue protection des biens et des personnes en zone inondable.

*Pour une définition précise de la vulnérabilité des bâtiments impactés par le scénario n°01, des investigations complémentaires seraient nécessaires : relevé topographique complémentaire, distinction du type d'occupation du bâti : habitations, dépendances,...*

## VIII.2 - Incidence hydraulique du scénario n°2 : lit moyen et modelage des terrains

amont

### Comparaison des modélisations de l'état initial avec le scénario n°2 - crue 10 ans

Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	état initial		lit moyen		incidence lit moyen	
		Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	ΔH (m NGF)	ΔV (m/s)
P1	1020	370.88	1.3	370.40	1.5	-0.48	0.2
P2	1020	370.29	1.7	369.73	2.1	-0.56	0.4
P3	1020	369.86	1.2	369.30	1.4	-0.55	0.1
P4	1020	369.67	1.2	369.13	1.4	-0.54	0.2
P5	1020	369.51	1.0	369.00	1.1	-0.51	0.1
P6	1020	369.35	1.0	368.82	1.3	-0.54	0.3
P7	1020	369.17	0.9	368.62	1.1	-0.56	0.2
Pcalage	1120	369.10	0.9	368.54	1.1	-0.56	0.2
P8	1120	369.04	1.0	368.49	1.1	-0.55	0.2
P9	1120	368.89	1.0	368.36	1.1	-0.53	0.1
P10	1120	368.73	1.0	368.25	1.1	-0.49	0.1
P11	1120	368.61	1.0	368.17	1.0	-0.44	0.0
P12	1120	368.46	1.1	368.04	1.2	-0.42	0.1
P13	1120	368.28	1.3	367.85	1.4	-0.43	0.1
P14	1120	367.87	1.9	367.40	2.2	-0.47	0.3
P15	1120	367.73	1.4	367.30	1.6	-0.43	0.2
P16	1120	367.22	1.5	366.69	1.8	-0.53	0.3
P17	1120	366.79	1.1	366.26	1.2	-0.53	0.2
<b>Moyenne</b>						<b>-0.51</b>	<b>0.2</b>

### Comparaison des modélisations de l'état initial avec le scénario n°2 - crue 20 ans

Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	état initial		lit moyen		incidence lit moyen	
		Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	ΔH (m NGF)	ΔV (m/s)
P1	1330	371.55	1.4	371.05	1.6	-0.50	0.2
P2	1330	370.94	1.8	370.34	2.2	-0.60	0.4
P3	1330	370.51	1.3	369.91	1.5	-0.61	0.2
P4	1330	370.33	1.3	369.74	1.5	-0.59	0.2
P5	1330	370.17	1.0	369.61	1.2	-0.56	0.1
P6	1330	370.03	1.0	369.45	1.3	-0.58	0.3
P7	1330	369.86	0.9	369.28	1.1	-0.59	0.2
Pcalage	1441	369.81	0.9	369.22	1.1	-0.59	0.2
P8	1441	369.75	1.0	369.17	1.1	-0.58	0.1
P9	1441	369.62	1.0	369.06	1.2	-0.56	0.1
P10	1441	369.48	1.1	368.96	1.2	-0.52	0.1
P11	1441	369.36	1.0	368.88	1.1	-0.48	0.0
P12	1441	369.21	1.2	368.74	1.3	-0.46	0.1
P13	1441	369.02	1.4	368.54	1.5	-0.47	0.1
P14	1441	368.59	2.1	368.06	2.4	-0.53	0.3
P15	1441	368.46	1.5	367.96	1.7	-0.50	0.2
P16	1441	367.97	1.5	367.36	1.8	-0.61	0.3
P17	1441	367.56	1.2	366.95	1.3	-0.61	0.2
<b>Moyenne</b>						<b>-0.55</b>	<b>0.2</b>

**Comparaison des modélisations de l'état initial avec le scénario n°2 - crue 50 ans**

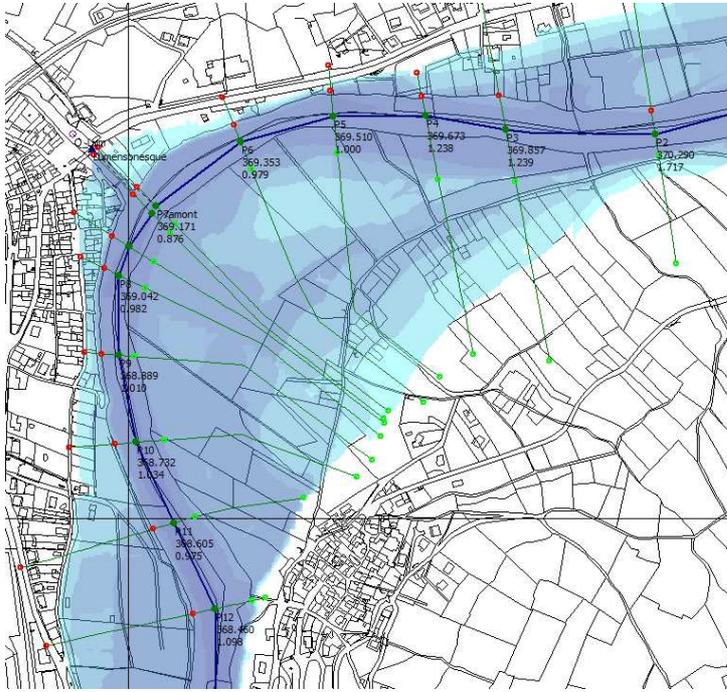
Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	état initial		lit moyen		incidence lit moyen	
		Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	ΔH (m NGF)	ΔV (m/s)
P1	1760	372.35	1.6	371.82	1.8	-0.53	0.2
P2	1760	371.77	1.9	371.14	2.2	-0.63	0.4
P3	1760	371.38	1.3	370.72	1.6	-0.66	0.2
P4	1760	371.21	1.3	370.56	1.5	-0.65	0.2
P5	1760	371.07	1.0	370.45	1.2	-0.62	0.1
P6	1760	370.95	1.0	370.33	1.3	-0.62	0.3
P7	1760	370.82	0.9	370.21	1.0	-0.62	0.2
Pcalage	1905	370.78	0.9	370.16	1.1	-0.61	0.2
P8	1905	370.74	1.0	370.13	1.1	-0.61	0.1
P9	1905	370.62	1.1	370.04	1.2	-0.59	0.1
P10	1905	370.50	1.1	369.95	1.2	-0.55	0.1
P11	1905	370.39	1.1	369.88	1.1	-0.51	0.1
P12	1905	370.25	1.3	369.75	1.4	-0.50	0.1
P13	1905	370.06	1.5	369.54	1.7	-0.52	0.1
P14	1905	369.63	2.2	369.06	2.5	-0.57	0.3
P15	1905	369.54	1.5	368.99	1.7	-0.55	0.2
P16	1905	369.14	1.5	368.53	1.7	-0.61	0.2
P17	1905	368.80	1.2	368.22	1.3	-0.59	0.1
<b>Moyenne</b>						<b>-0.58</b>	<b>0.2</b>

**Comparaison des modélisations de l'état initial avec le scénario n°2 - crue 100 ans**

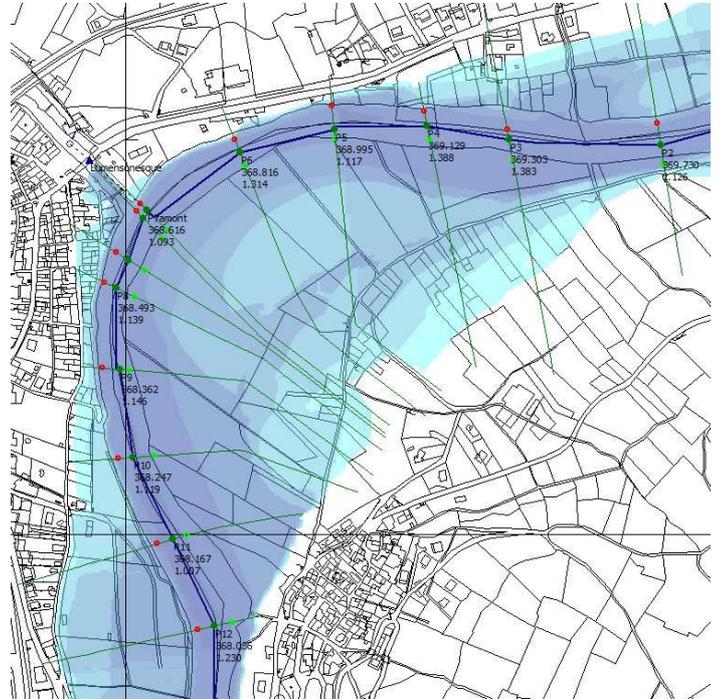
Profil	Débit (m <sup>3</sup> /s)	état initial		lit moyen		incidence lit moyen	
		Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	Hauteur d'eau (m NGF)	Vitesse moyenne (m/s)	ΔH (m NGF)	ΔV (m/s)
P1	2070	372.83	1.7	372.27	1.9	-0.55	0.2
P2	2070	372.23	1.9	371.58	2.3	-0.65	0.4
P3	2070	371.86	1.4	371.16	1.6	-0.69	0.2
P4	2070	371.68	1.4	371.00	1.6	-0.69	0.2
P5	2070	371.55	1.1	370.90	1.2	-0.65	0.1
P6	2070	371.43	1.0	370.78	1.3	-0.65	0.2
P7	2070	371.31	0.9	370.67	1.1	-0.65	0.2
Pcalage	2170	371.27	0.9	370.63	1.1	-0.64	0.2
P8	2170	371.23	1.0	370.60	1.1	-0.63	0.1
P9	2170	371.13	1.1	370.51	1.2	-0.61	0.1
P10	2170	371.01	1.1	370.43	1.2	-0.58	0.1
P11	2170	370.91	1.1	370.36	1.2	-0.55	0.1
P12	2170	370.76	1.3	370.22	1.5	-0.54	0.1
P13	2170	370.57	1.6	370.01	1.7	-0.56	0.1
P14	2170	370.13	2.3	369.51	2.6	-0.62	0.3
P15	2170	370.05	1.6	369.46	1.8	-0.59	0.2
P16	2170	369.66	1.5	369.01	1.8	-0.65	0.2
P17	2170	369.34	1.3	368.72	1.4	-0.62	0.1
<b>Moyenne</b>						<b>-0.62</b>	<b>0.2</b>

**Comparaison des modélisations initial/scénario n°2 - crue 10 ans**

**Etat initial - crue 10 ans**



**Etat projet : lit moyen - crue 10 ans**



**Zoom Place Basse - initial - crue 10 ans**

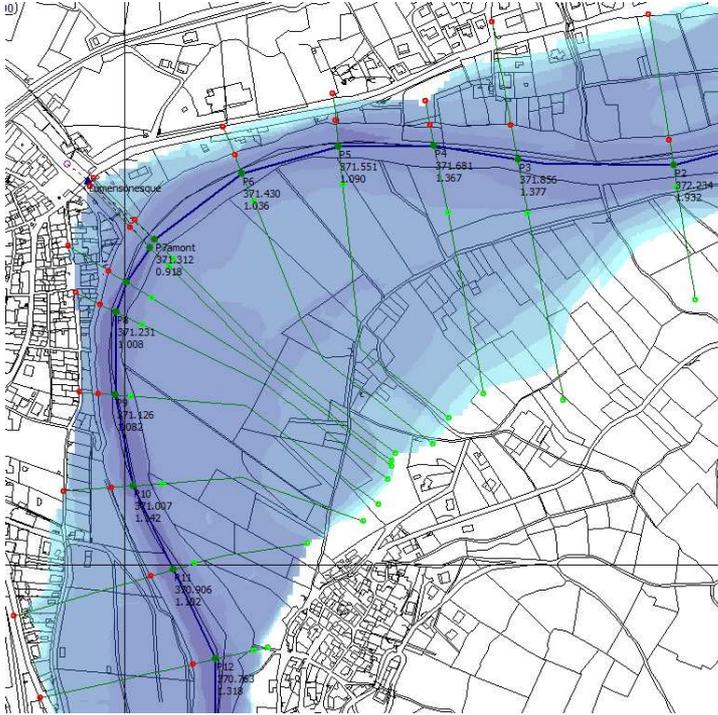


**Zoom Place Basse - lit moyen - crue 10 ans**

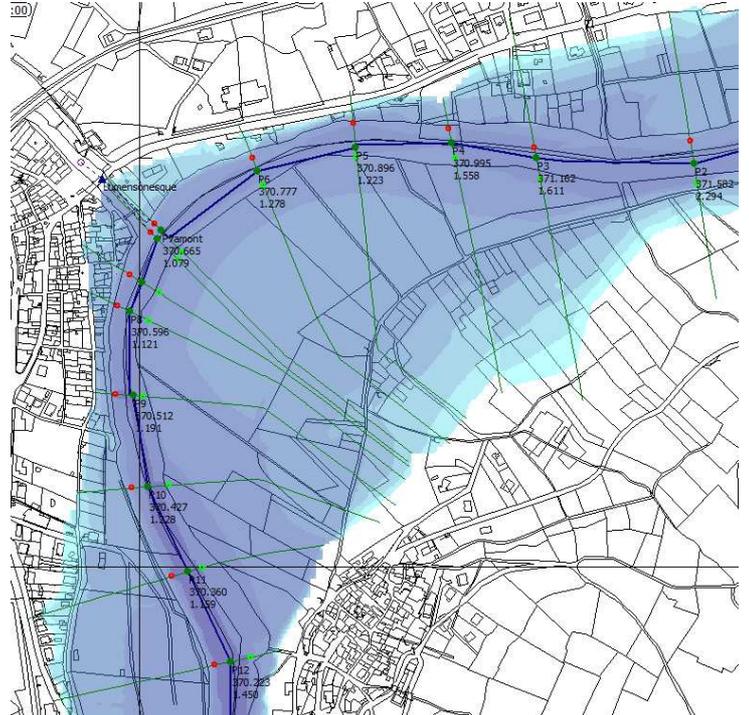


**Comparaison des modélisations initial/scénario n°02 - crue 100 ans**

**Etat initial - crue 100 ans**



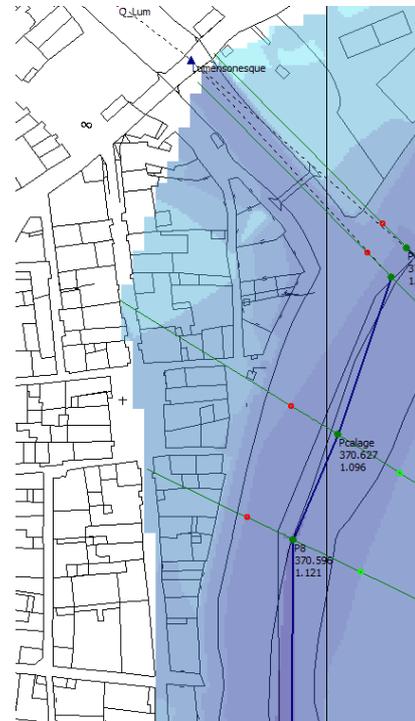
**Etat projet : lit moyen - crue 100 ans**



**Zoom Place Basse - initial - crue 100 ans**



**Zoom Place Basse - lit moyen - crue 100 ans**



Le lit moyen et le modelage des terrains à l'amont du lit moyen (scénario n°02) permettent d'abaisser la ligne d'eau par rapport à la situation actuelle :

- pour la crue 10 ans : abaissement de -51 cm
- pour la crue 20 ans : abaissement de -55 cm
- pour la crue 50 ans : abaissement de -58 cm
- pour la crue 100 ans : abaissement de -62 cm
- pour les 4 occurrences : augmentation négligeable de la vitesse +0.2 m/s

L'effet de l'aménagement devient négligeable à partir de la crue 100 ans, pour laquelle l'abaissement de la ligne d'eau est presque égal à celui pour la crue 50 ans (différence de 4 cm négligeable compte tenu des imprécisions de calculs).

Toutefois un abaissement des hauteurs d'eau de l'ordre de 60 cm pour la crue 100 ans reste intéressant d'un point de vue protection des biens et des personnes en zone inondable.

*Pour une définition précise de la vulnérabilité des bâtiments impactés par le scénario n°02, des investigations complémentaires seraient nécessaires : relevé topographique complémentaire, distinction du type d'occupation du bâti : habitations, dépendances,...*

### **VIII.3 - Conclusion : abaissement de la ligne d'eau en crue**

L'incidence hydraulique des 2 scénarios d'aménagement est identique.

Les 2 scénarios génèrent un abaissement de la ligne d'eau variant de 50 à 60 cm pour les crues de fréquence variant de 10 à 100 ans. Les vitesses moyennes d'écoulement restent globalement inchangées.

Notons que les 2 scénarios n'ont pas d'incidence hydraulique pour les conditions d'écoulement variant de l'étiage au débit de plein bord, car le lit mineur n'est pas élargi.

## **IX - INCIDENCE HYDROMORPHOLOGIQUE DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT**

### **IX.1 - Incidence hydromorphologique du scénario n°1 : chenal de crue**

Sur le tronçon d'étude, le creusement d'un chenal de crue pourrait favoriser un recentrage de l'écoulement et déclencher une forte évolution de type coupure franche du méandre. Cette hypothèse est peu probable compte tenu des altitudes du radier du chenal à créer et du haut de berge à retaluter (débit de plein bord actuel). En effet la dénivellé est d'environ 2.00 mètres avant que la connexion s'établisse entre le chenal et le débit de plein bord.

Il serait vraisemblablement prudent de prolonger l'étude de faisabilité de la proposition de création d'un chenal par un suivi du site après chaque crue significative, afin de ne pas être confronté brutalement à une situation incontrôlée non souhaitée. La dénivellé semble suffisante pour éviter la connexion, sous réserve de l'entretenir et de la maintenir après chaque événement sollicitant le chenal.

Rendre plus actif en crue une partie du lit majeur rive gauche contribuera à la décharge de la pression exercée sur le Tarn en crue, et participe à la renaturation recherchée.

### **IX.2 - Incidence hydromorphologique du scénario n°2 : lit moyen**

Sur le tronçon d'étude, le scénario n°2 s'inscrit dans la bonne direction de recherche d'une renaturation hydroécologique du site : restauration d'un lit moyen avec une ripisylve existante conservée et complétée (ralentissement local des vitesses), restauration du talus de berge de la rive gauche délimitant la section mouillée (confortement de la section mouillée altérée par l'érosion), évolution de la mobilisation des sédiments.

L'évolution du transport solide est susceptible de favoriser des zones de dépôts déjà existantes, notamment la plage située en rive droite, face à la sortie du lit moyen à créer (plage réduite après l'exécution des enrochements de protection d'Aguessac).

### **IX.3 - Compatibilité des scénarios avec l'objectif de restauration de l'espace de mobilité**

L'incidence hydraulique (abaissements de la ligne d'eau en crues, vitesses moyennes inchangées globalement, mais localement freinées par la densification de la ripisylve) est compatible avec la mobilisation des sédiments constatée à l'état initial sur le tronçon d'étude.

De nouvelles configurations des bancs de dépôts sont susceptibles de prendre naissance avec l'abaissement de la ligne d'eau en crue généré par les 2 scénarios. Il conviendra d'observer ces nouvelles configurations pour s'assurer qu'elles peuvent coexister avec les usages du Tarn.

## X - INCIDENCE FONCIÈRE DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT

*(Cf Planches n°12 et n°13 : plans parcellaires des scénarios)*

L'aménagement de la Plaine de Paulhe, inscrite dans le Plan Pluriannuel de Gestion du Tarn comme zone prioritaire pour la restauration d'un espace de mobilité du Tarn, est actuellement soumise à l'Enquête Publique dans le cadre d'une Déclaration d'Intérêt Général (DIG). Cette DIG pourra permettre une intervention publique sur domaine privé.

La maîtrise foncière de l'aménagement pourra être établie selon une convention entre la Communauté de Communes Millau Grands Causses et les propriétaires des terrains concernés par les travaux. Les propriétaires sont pour la majorité des exploitants agricoles qui ne souhaitent pas vendre ces parcelles à ce jour, mais sont ouverts à la discussion pour établir une telle convention.

Cette convention devra permettre :

- la réalisation des travaux en domaine privé,
- l'entretien des aménagements par la collectivité en domaine privé.

Le scénario n°01 présente une emprise des travaux de l'ordre de 6 hectares (12 parcelles, 9 propriétaires), dont le chenal de crue occupe une superficie d'environ 3 hectares.

### État parcellaire du scénario n°01 au mois de juillet 2014

Propriétaires	Parcelles	Superficie cadastrale	Superficie à aménager
M. et Mme Gilbert PAILHAS	124	5 035 m <sup>2</sup>	1 800 m <sup>2</sup>
	1257	4 299 m <sup>2</sup>	1 900 m <sup>2</sup>
M. Dominique CIAPPI	127	4 400 m <sup>2</sup>	4 400 m <sup>2</sup>
	128	3 065 m <sup>2</sup>	1 900 m <sup>2</sup>
Indivision GREZES Gérard	129	12 480 m <sup>2</sup>	11 000 m <sup>2</sup>
Propriétaires du BND	156	45 860 m <sup>2</sup>	22 000 m <sup>2</sup>
M. Georges CARTAILLAC	157	2 644 m <sup>2</sup>	300 m <sup>2</sup>
	183	11 220 m <sup>2</sup>	3 000 m <sup>2</sup>
Indivision FABRE Catherine	158	1 950 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>
Mme Lucette LOUBAT	159	10 245 m <sup>2</sup>	2 800 m <sup>2</sup>
M. et Mme Jean COSTES	184	9 425 m <sup>2</sup>	4 200 m <sup>2</sup>
Indivision FABRE Robert	288	12 115 m <sup>2</sup>	5 000 m <sup>2</sup>
Total à aménager :			58 400 m <sup>2</sup>

Le scénario n°02 présente une emprise des travaux de l'ordre de 11 hectares (17 parcelles, 10 propriétaires).

### État parcellaire du scénario n°02 au mois de juillet 2014

Propriétaires	Parcelles	Superficie cadastrale	Superficie à aménager
Commune de Paulhe	123	982 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>
M. et Mme Gilbert PAILHAS	124	5 035 m <sup>2</sup>	3 000 m <sup>2</sup>
	1257	4 299 m <sup>2</sup>	3 100 m <sup>2</sup>
M. Dominique CIAPPI	127	4 400 m <sup>2</sup>	4 400 m <sup>2</sup>
	128	3 065 m <sup>2</sup>	3 000 m <sup>2</sup>
	864	2 434 m <sup>2</sup>	1 800 m <sup>2</sup>
	131	3 970 m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup>
Indivision GREZES Gérard	129	12 480 m <sup>2</sup>	12 000 m <sup>2</sup>
	130	2 407 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>
Propriétaires du BND	156	45 860 m <sup>2</sup>	41 000 m <sup>2</sup>
M. Georges CARTAILLAC	183	11 220 m <sup>2</sup>	9 200 m <sup>2</sup>
	155	9 824 m <sup>2</sup>	20 m <sup>2</sup>
Indivision PAILHAS Gilbert	150	3 262 m <sup>2</sup>	200 m <sup>2</sup>
Mme Lucette LOUBAT	159	10 245 m <sup>2</sup>	9 200 m <sup>2</sup>
M. et Mme Jean COSTES	184	9 425 m <sup>2</sup>	9 000 m <sup>2</sup>
Indivision FABRE Robert	288	12 115 m <sup>2</sup>	9 100 m <sup>2</sup>
	287	5 192 m <sup>2</sup>	4 300 m <sup>2</sup>
Total à aménager :			110 340 m <sup>2</sup>

## **XI - INCIDENCE ÉCONOMIQUE DES SCÉNARIOS D'AMÉNAGEMENT**

### **XI.1 - Incidence sur l'activité agricole de la Plaine de Paulhe**

Le scénario n°01 diminue la superficie agricole utilisable. Le chenal de crue, y compris les talus pentés à 66%, occupe une superficie d'environ 30 000 m<sup>2</sup>.

Le scénario n°02 augmente la superficie agricole utilisable. La création d'un lit moyen à l'emplacement déjà non exploité et le modelage des terrains à l'amont génèrent une nouvelle superficie cultivable de 13 000 m<sup>2</sup>. Ce scénario permettrait de restaurer et de préserver la plaine agricole où subsistent des activités de fauche et de pâturage des ovins.

Les estimations figurant aux pages suivantes distinguent les superficies cultivables et non cultivables à ensemercer après travaux pour chaque scénario.

### **XI.2 - Estimation du coût des travaux**

Une estimation des travaux d'aménagement de chaque scénario a été établie en détaillant 3 postes de travaux :

- le poste installation de chantier
- le poste terrassements
- le poste protection des berges et végétalisation

Le poste installation de chantier comprend un forfait d'ouverture et un forfait de repliement du chantier qui comprend entre autre l'amenée et le stationnement du matériel, le stockage des approvisionnements, l'installation du local du personnel ; également la mise en place d'un plan de circulation des engins et de signalisation des travaux, le maintien en état des accès au chantier et aux propriétés riveraines, le respect des préconisations Loi sur l'Eau relatives aux travaux en rivière...

Le poste de terrassements comprend un volume conséquent de déblais à évacuer (non équilibré en remblais). L'équilibre déblais/remblais en zone inondable n'a pas été recherché afin de limiter l'emprise des travaux et afin de maximiser l'incidence hydraulique bénéfique.

Le dépôt définitif des déblais à évacuer exige une gestion non définie à ce jour. Sans être exhaustif, plusieurs modes de gestion peuvent être cités et devront être discutés et validés par le Service de Police de l'Eau :

- traitement en remblais en zone inondable proche : incidence hydraulique positive réduite
- traitement en remblais hors zone inondable proche : occupation des sols incompatible, espace limité
- solution de dépôt laissée à la charge de l'entreprise : plus-value sur le prix évacuation

Le poste des protections des berges et de végétalisation comprend les mesures permettant de favoriser la pérennité de l'aménagement, notamment dans le cas où une crue se produirait avant que la végétation se soit développée durablement.

Toutefois, l'exécution de ces mesures n'évitera pas l'entretien du chenal ou du lit moyen après une crue. En effet après chaque crue, un entretien des aménagements est à organiser pour perdurer les effets de ces aménagements : reconnaissance visuelle des dégradations éventuelles occasionnées par la crue, nettoyage des embâcles, intervention adaptée aux dégradations,...

Le coût de cet entretien ne peut pas être estimé financièrement à ce stade de l'étude.

## XI.2.1 - Coût du scénario n°01 : chenal de crue

### Estimation du coût d'investissement du scénario n° 1

N° des Prix	DESIGNATION DES TRAVAUX	Quantités	Prix Unitaire	Dépense par Article	TOTAL
	<b>0. INSTALLATION DE CHANTIER :</b>				
0-1	Installation et repliement du chantier :				
0-1-1	Ouverture (2/3)	1 fft	6 000.00	6 000.00	
0-1-2	Repliement (1/3)	1 fft	3 000.00	3 000.00	
0-2	Suivi et contrôle topographique :	1 fft	1 350.00	1 350.00	
0-3	Récolement des travaux :	1 fft	900.00	900.00	
					<b>11 250.00 €</b>

N° des Prix	DESIGNATION DES TRAVAUX	Quantités	Prix Unitaire	Dépense par Article	TOTAL
	<b>1. TERRASSEMENTS :</b>				
1-1	Décapage de la terre végétale et travaux préparatoires :	58 000 m <sup>2</sup>	0.20	11 600.00	
1-2	Exécution des déblais :	64 000 m <sup>3</sup>	2.15	137 600.00	
1-3	Mise en remblais :	3 500 m <sup>3</sup>	0.85	2 975.00	
1-4	Evacuation des déblais excédentaires :	60 500 m <sup>3</sup>	2.40	145 200.00	
1-5	Réglage et épandage de terre végétale e=20 cm (excepté fond du chenal) :	34 500 m <sup>2</sup>	0.55	18 975.00	
1-6-1	Enherbement par hydroseeding (non cultivable) :	30 000 m <sup>2</sup>	0.25	7 500.00	
1-6-2	Enherbement par hydroseeding (terre agricole) :	28 000 m <sup>2</sup>	0.25	7 000.00	
	<i>NB : Etant donné le volume conséquent de matériaux à évacuer, la présente estimation de terrassements reste soumise aux solutions de dépôt définitif à la charge des entreprises</i>				
					<b>330 850.00 €</b>

N° des Prix	DESIGNATION DES TRAVAUX	Quantités	Prix Unitaire	Dépense par Article	TOTAL
	<b>2. PROTECTIONS DE BERGES &amp; VEGETALISATION :</b>				
2-1	Protection de pied de berge de type Matelas Reno (e=2.00 m) :	2 200 m <sup>3</sup>	35.00	77 000.00	
2-2	Géotextile biodégradable de type toile coco tissée 740 g/m <sup>2</sup> :	9 700 m <sup>2</sup>	3.20	31 040.00	
2-3	Géogrille sur talus d'attaque du chenal (entrée et sortie) 40 kN/m :	1 900 m <sup>2</sup>	19.00	36 100.00	
2-4	Plantations de boutures de saules :	600 u	2.85	1 710.00	
					<b>145 850.00 €</b>

<b>RECAPITULATIF DES TRAVAUX</b>					
	0. INSTALLATION DE CHANTIER :				<b>11 250.00 €</b>
	1. TERRASSEMENTS :				<b>330 850.00 €</b>
	2. PROTECTIONS DE BERGES & VEGETALISATION :				<b>145 850.00 €</b>
			MONTANT H.T		<b>487 950.00 €</b>
			TVA à 20.00 %		<b>97 590.00 €</b>
			MONTANT TTC		<b>585 540.00 €</b>

## XI.2.2 - Coût du scénario n°02 : lit moyen et model age des terrains amont

### Estimation du coût d'investissement du scénario n°02

N° des Prix	DESIGNATION DES TRAVAUX	Quantités	Prix Unitaire	Dépense par Article	TOTAL
	<b>0. INSTALLATION DE CHANTIER :</b>				
0-1	Installation et repliement du chantier :				
0-1-1	Ouverture (2/3)	1 fft	6 000.00	6 000.00	
0-1-2	Repliement (1/3)	1 fft	3 000.00	3 000.00	
0-2	Suivi et contrôle topographique :	1 fft	1 350.00	1 350.00	
0-3	Récolement des travaux :	1 fft	900.00	900.00	
					<b>11 250.00 €</b>

N° des Prix	DESIGNATION DES TRAVAUX	Quantités	Prix Unitaire	Dépense par Article	TOTAL
	<b>1. TERRASSEMENTS :</b>				
1-1	Décapage de la terre végétale et travaux préparatoires :	118 000 m <sup>2</sup>	0.20	23 600.00	
1-2	Exécution des déblais :	89 500 m <sup>3</sup>	2.15	192 425.00	
1-3	Mise en remblais :	10 000 m <sup>3</sup>	0.85	8 500.00	
1-4	Evacuation des déblais excédentaires :	79 500 m <sup>3</sup>	2.40	190 800.00	
1-5	Réglage et épandage de terre végétale e=20 cm :	71 000 m <sup>2</sup>	0.55	39 050.00	
1-6-1	Enherbement par hydroseeding (non cultivable) :	52 000 m <sup>2</sup>	0.25	13 000.00	
1-6-2	Enherbement par hydroseeding (terre agricole) :	66 000 m <sup>2</sup>	0.25	16 500.00	
	<i>NB : Etant donné le volume conséquent de matériaux à évacuer, la présente estimation de terrassements reste soumise aux solutions de dépôt définitif à la charge des entreprises</i>				
					<b>483 875.00 €</b>

N° des Prix	DESIGNATION DES TRAVAUX	Quantités	Prix Unitaire	Dépense par Article	TOTAL
	<b>2. PROTECTIONS DE BERGES &amp; VEGETALISATION :</b>				
2-1	Protection de pied de berge de type Matelas Reno (e=2.00 m) :	1 240 m <sup>3</sup>	35.00	43 400.00	
2-2	Géotextile biodégradable de type toile coco tissée 740 g/m <sup>2</sup> :	5 600 m <sup>2</sup>	3.20	17 920.00	
2-3	Géogrille sur talus d'attaque du chenal (entrée et sortie) 40 kN/m :	1 800 m <sup>2</sup>	19.00	34 200.00	
2-4-1	Plantations de boutures de saules :	540 u	2.85	1 539.00	
2-4-2	Plantations de végétaux héliophytes :	580 u	2.85	1 653.00	
					<b>98 712.00 €</b>

RECAPITULATIF DES TRAVAUX					
	0. INSTALLATION DE CHANTIER :				<b>11 250.00 €</b>
	1. TERRASSEMENTS :				<b>483 875.00 €</b>
	2. PROTECTIONS DE BERGES & VEGETALISATION :				<b>98 712.00 €</b>
			MONTANT H.T		<b>593 837.00 €</b>
			TVA à 20.00 %		<b>118 767.40 €</b>
			MONTANT TTC		<b>712 604.40 €</b>