

*Etude d'amélioration de connaissance de l'état
des endiguements protégeant des biens et des
personnes sur le Gard Rhodanien*

LOT :- N°1 : PHASE 1. DIAGNOSTIC DE SURETE



DIGUES DES FONTAINES/MALAVEN



SOCOTEC INTERNATIONAL

DEPARTEMENT TRAVAUX PUBLICS

14 Avenue Gustave EIFFEL - MONTIGNY-LE-BRETONNEUX

CS 20732 – 78182 SAINT QUENTIN EN YVELINES

Tél.: (33) 01 30 12 05 40/Fax: (33) 01 30 12 05 47

PHASE 1

DECEMBRE 2013



SOMMAIRE

A.	PRESENTATION DES OUVRAGES.....	5
B.	ETUDE HISTORIQUE	6
B.1	Historique des endiguements.....	6
B.1.1	Construction des digues.....	6
B.1.2	Les ruptures de digue.....	8
B.2	Historique générale des bassins versants du Gard Rhodanien.....	12
B.2.1	Contexte géologique et géomorphologique	12
B.2.2	Caractérisation hydrographique du Gard Rhodanien.....	15
B.2.3	Les projets de dessèchement des anciens étangs.....	17
B.2.4	Eléments d'occupation du sol susceptibles d'influencer le fonctionnement hydraulique de la plaine alluviale	22
B.2.5	Données historiques des inondations des anciens étangs.....	23
B.2.6	Les ouvrages.....	26
C.	INSPECTION VISUELLE	29
C.1	Inspection visuelle- Digue des FONTAINES	29
C.1.1	Description	29
C.1.2	Etat général de l'ouvrage	30
C.1.3	Synthèse des fiches d'inspection	31
C.2	Inspection visuelle- Digue du MALAVEN	34
C.2.1	Description	34
C.2.2	Etat général de l'ouvrage	34
C.2.3	Synthèse des fiches d'inspection	35
D.	ETUDE TOPOGRAPHIQUE COMPLEMENTAIRE.....	38
E.	ETUDE MORPHODYNAMIQUE.....	47
E.1	Méthode d'analyse morphodynamique des ouvrages de protection	47
E.1.1	L'approche générale.....	47
E.1.2	Le diagnostic de stabilité.....	48
E.2	Digue des Fontaines	49
E.2.1	Stabilité hydraulique	49
E.2.2	Stabilité géométrique.....	50
E.3	Digue du Malaven	52
E.3.1	Stabilité hydraulique	52
E.3.2	Stabilité géométrique.....	52
E.4	Cartographie.....	54
F.	ETUDE HYDROLOGIQUE	56
F.1	Caractérisation hydrographique du bassin versant des roubines	56
F.2	Phénomènes karstiques.....	57
F.3	Estimation des temps caractéristiques	59
F.3.1	Temps de concentration	59
F.3.2	Temps de réponse.....	60

F.3.3	Choix des périodes de retour des événements naturels à étudier	60
F.3.4	Coefficient de ruissellement	61
F.4	Pluviométrie extrême de référence	66
F.4.1	Analyse des données pluviométriques.....	66
F.4.2	Analyse des événements historiques vis-à-vis des études statistiques.....	69
F.4.3	Pluies de projet	71
F.5	Estimation des débits de crue.....	76
F.5.1	Méthode pseudo-empirique de la formule rationnelle	76
F.5.2	Méthode Bressand- Golossov.....	76
F.5.3	Débits et hydrogrammes de crues retenus	77
F.5.4	Comparaison avec les études antérieures	80
G.	ETUDE HYDRAULIQUE.....	81
G.1	Domaine d'étude et conditions aux limites	82
G.1.1	Maillage du domaine :.....	82
G.1.2	Conditions aux limites et paramètres de simulation hydrodynamique :	82
G.2	Modélisation à l'état initial	88
G.2.1	Calage du modèle sur la crue de 2002	88
G.2.2	Évaluation de la capacité d'écoulement de la roubine des Fontaines	93
G.2.3	Évaluation de la capacité d'écoulement de roubine du MALAVEN	104
G.2.4	Évaluation des situations d'inondation du val protégé par les roubines	115
G.2.5	Étude de cas de rupture des digues du Malaven et des Fontaines	125
H.	ANALYSE DES ENJEUX	136
H.1	Recueil des données disponibles	136
H.2	Analyse des données disponibles	139
H.3	Identification de secteurs d'enjeux homogènes et qualification de ces enjeux.....	140
H.4	Caractérisation des enjeux	141
H.4.1	Secteur urbain.....	143
H.4.2	Secteur agricole.....	146
H.5	Analyse de la vulnérabilité	149
H.5.1	Estimation de la vulnérabilité globale.....	149
H.5.2	Évaluation de la vulnérabilité d'ensemble	154
I.	EVALUATION DES RISQUES ET ORIENTATION.....	157
I.1	Appréciation de la vulnérabilité du site	158
I.2	Appréciation de l'aléa de rupture	159
I.2.1	Modes de défaillance	159
I.2.2	Appréciation de l'aléa de rupture	160
I.3	Synthèse de la vulnérabilité par tronçon de digue	165
I.4	Évaluation des risques et synthèse cartographique	167
I.5	Orientations de sécurisation des digues	170
I.5.1	Objectifs de protection	170
I.5.2	Confortement des digues.....	170

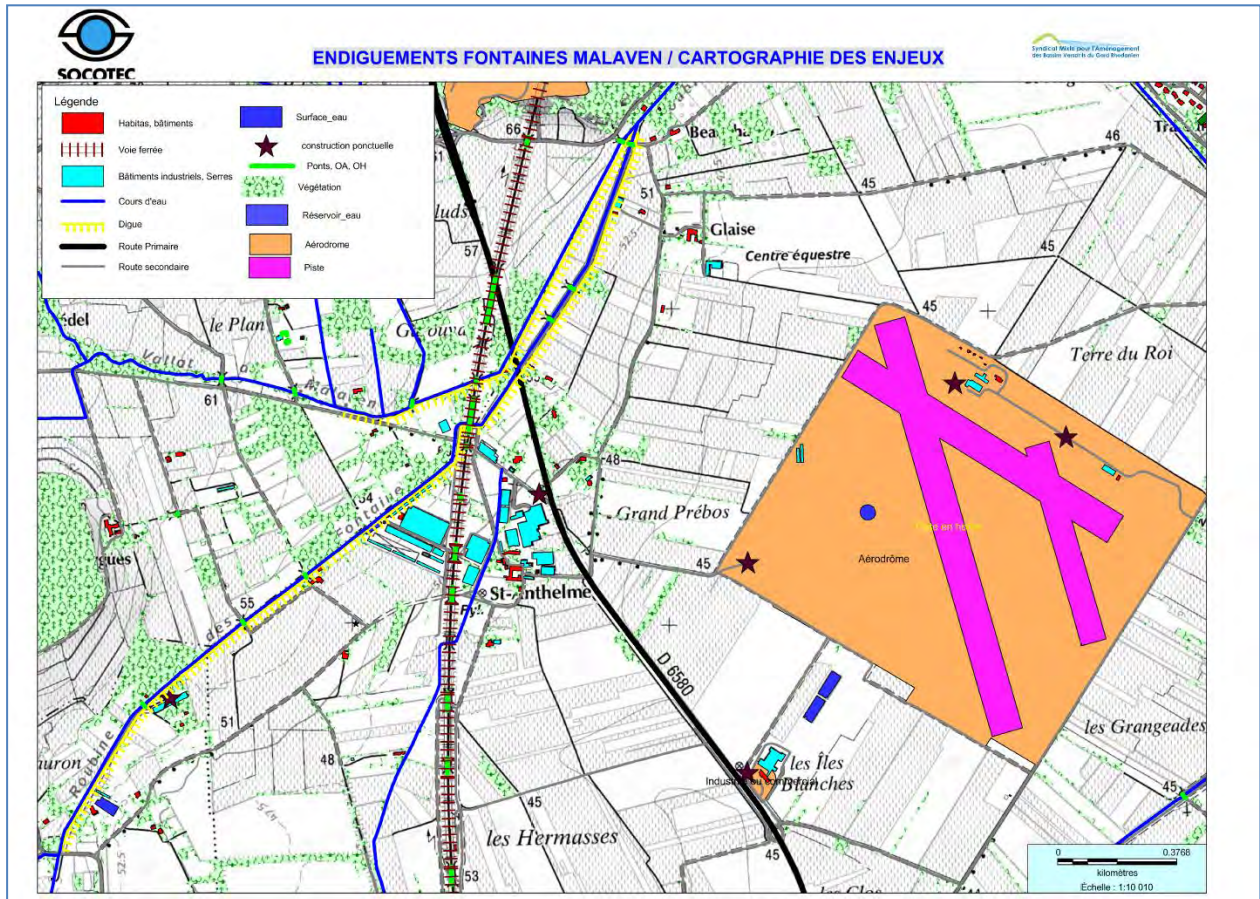
I.5.3	Orientation à l'échelle du système d'endiguement Fontaines-Malaven.....	172
J.	ANNEXES	174
J.1	Fiches d'inspection des Fontaines.....	174
J.2	J.1 Fiches d'inspection du Malaven.....	198

A. Présentation des ouvrages

La digue des fontaines d'une longueur de 1760m présente des hauteurs variant entre 1,5m et 3m de haut. Elle se prolonge en aval sur 375 m par une route endiguée passant sous un ouvrage TGV. Elle se prolonge ensuite après la départemental 6580 par la digue du Grès. Les enjeux sous l'influence de cette digue sont principalement des habitations isolées, des infrastructures agricoles, un centre équestre, mais aussi un peu plus loin le hameau de St-Anthelme.

L'endiguement du Malaven de 1110m : sa partie aval sur 440m permet de dévier les eaux du Malaven vers la roubine du Grès en passant sous l'ouvrage TGV et l'ouvrage de la D 6580. Elle continue en suite vers le Grès sur une distance de 660m. Les enjeux sur cette digue sont du même type que ceux de la roubine des Fontaines.

La rupture de ces 2 ouvrages ont causés des dommages importants sur les ouvrages TGV, les serres tunnel et serres cathédrales ainsi que sur les habitations.



B. Etude historique

La réalisation d'une étude de diagnostic de sureté des ouvrages de protection passe nécessairement par la recherche d'informations historiques, plus ou moins anciennes. Les informations données ci-dessous proviennent pour en grande partie de la Monographie historique des inondations sur le Gard rhodanien (Elisabeth Dandel, ART2 Conseil), de l'Atlas des zones inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue (Ginger – Ipseau, mai 2009), du schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien (BRLi, mai 2007) et de la riche bibliographie qui y est listée.

Toutes fois, très peu d'information relative à la construction des digues sont connues. Cette analyse des données historiques est donc menée dans un sens plus large.

B.1 Historique des endiguements

B.1.1 Construction des digues

Les digues sont construites en remblai tout venant. La date exacte de construction, les objectifs de dimensionnement recherchés à l'époque, et les techniques restent méconnus dans la documentation.

Les sondages géotechniques réalisés dans le cadre de cette étude d'amélioration de connaissance ont permis de connaître la nature des matériaux de la digue des Fontaines présentant une morphologiquement plus adaptée.



Figure B-1 : emplacement des sondages

Cote NGF		NATURE DU TERRAIN	LEFRANC	Echantillons	Carottage 100 (%)	RCD (%)	Eau	Outils	Equipement
	Cote profondeur (m/TA)								
54.60	0.00			0.00					
54.20	0.40	Remblai : limon légèrement sableux brun à graves et racines		EI					
53.00	1.60	Remblai : limon sableux beige à graves		1.50					
52.00	2.60	Limon sableux beige-marron		EI					
50.90	3.70	Sable fin et grossier beige à petites graves		2.60	100				Echantillonneur Ø 100 mm
50.60	4.00	Sable fin légèrement limoneux gris		EI					
49.90	4.70	Sable fin légèrement limoneux marron et gris		3.70					
				EI					
				4.70					

Cote NGF		NATURE DU TERRAIN	LEFRANC	Echantillons	Carottage 100 (%)	RCD (%)	Eau	Outils	Equipement
	Cote profondeur (m/TA)								
56.70	0.00			0.00					
56.46	0.30	Remblai : limon finement sableux brun à racines		EI					
55.58	1.40	Remblai : limon finement sableux beige à marron, à petites graves		1.40					
55.18	1.90	Limon finement sableux brun à débris de végétaux et graves éparées		EI					
54.86	2.30	Sable limoneux brun		1.90	100				
54.46	2.80	Limon argileux beige-gris à graves		EI					Echantillonneur Ø 100 mm
53.51	4.00	Limon argileux gris bariolé marron à petites graves éparées		3.30					
				EI					
				4.00					

Les matériaux identifiés sont généralement du sable et du limon en corps de digue et de l'argile limoneuse dans la couche d'assise. Cependant, on n'observe pas exactement le même type de matériaux (type de sol, couleur, taille des grains,...) pour la même couche entre deux sondages successifs. Cette différence renseigne d'avantage sur la méthode de construction qui consistait certainement à utiliser du tout venant disponible à proximité et non à l'utilisation d'un sol homogène pour les mêmes niveaux sur tout le linéaire.

B.1.2 Les ruptures de digue

Les événements de 2011 ont pu provoquer trois ruptures de digue. Les brèches ont été localisées lors de l'inspection visuelle et se situent en amont sur les Fontaines (1) et sur le Malaven (2) sur un linéaire de 15m à 30m environ pour chaque brèche.

En septembre 2002, une brèche a été provoquée au droit du centre Equestre pour libérer les eaux de surverse de Malaven bloquées derrière la digue des Fontaines. Cela a sans doute évité le pire (témoignage habitant). Les zones de dysfonctionnement sur les digues sont cartographiées ci-dessous.



Figure B-2 : Ruptures de digue et surverse lors des événements de 2002 et de 2011

Interaction entre les deux digues lors des événements de 2011

Lors des événements du 04, 05 et 06 novembre 2011, la digue du Malaven a rompu en amont de la ligne TGV formant une brèche de 15 mètres.

A l'aval de la brèche :

- zones boisée
- ouvrage TGV transparent
- Chemin du Grès endigué sur environ 1m, non résistant à la surverse avec derrière habitat isolé, serres, st Anthelme

Les débits du Malaven sont venus s'ajouter à ceux de la roubine des fontaines endiguées et

dont les débits sont limités à l'aval par l'ouvrage de franchissement de la RD6580.

Cela favorise donc un débordement de la roubine des fontaines et une surverse sur le chemin en remblais formant la digue des fontaines.

La lame d'eau déversante a atteint environ 20 cm et une érosion du talus aval s'est formée à 3 endroits. La rupture des fontaines favoriserait les inondations des parties avales dont les enjeux se répartissent entre de l'habitat isolé, des serres, des vignes, le hameau de St Anthelme.





1 Brèche de 15m de large



2 lit Malaven après rupture



3 Digue environ 1,70m après rupture



4 en aval de la brèche



5 zone boisée



6 zone boisée en amont ouvrage TGV



7 roubine des fontaines ouvrage SNCF



8 déversement sur chemin endigué érosion

En 2011, les deux brèches du Malaven (amont LGV et aval RD6580) ont fait l'objet d'un colmatage par des sacs à gabions tandis que celle des Fontaines de faible dimension (juste une érosion du talus aval) n'a pas connue de réparation.



Figure B-3 : Brèche sur Malaven (amont LGV) colmatée avec des sacs de gabions



Figure B-4: Brèche sur Malaven (aval RD6580) colmatée avec des sacs de gabions



Figure B-5 : Brèche sur la digue des Fontaines (2011) suite à la rupture du Malaven non colmatée

En 2002, la brèche des Fontaines a été réparée, sûrement, par rechargement homogène à l'ancienne digue (pas de trace).

B.2 Historique générale des bassins versants du Gard Rhodanien

B.2.1 Contexte géologique et géomorphologique

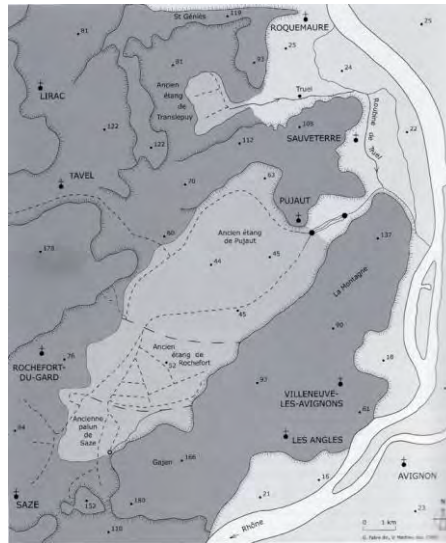
Les digues de la Javone, du Jolivet, du Vallat Blanc, de Malaven ainsi que celle du Grès se trouvent dans le système dit des anciens étangs de Saze, Rochefort, Pujaut.

Ces derniers se distribuent sur un peu plus de 15 km de longueur et 4,5 km de large, selon une direction sud-ouest nord-est, celle du mistral. La profondeur initiale du plan d'eau pouvait atteindre 18 mètres au point le plus bas. Guilhem Fabre¹ pense que l'étang devait avoir une dynamique de « mer interne », au moins pour Rochefort et Pujaut.

Les étangs étaient alimentés par des écoulements développés à partir des reliefs environnants, de sources karstiques comme celles des Fontaines de Rochefort, et du Buis qui s'accumulaient sur le fond argilo-marneux pliocène et du drainage d'aquifères divers bordiers. Ces cuvettes sont d'origine structurale (grabben) et remodelées par les phénomènes hydroéoliens pléistocènes. Saze (la plus petite), Rochefort (la moyenne) et Pujaut (la plus grande, 1270 ha) sont séparés par des flèches littorales lacustres graveleuses orientées est-ouest, des Joncs (Rochefort) et de la Grave ou de la Carène (Rochefort-Pujaut). La pente générale du plancher, orienté sud-ouest-nord-est, présente un gradient altitudinal du plancher est élevé, de quelque 20

¹ Fabre, Guilhem. « Etangs et marais d'eau douce entre Vidourle et Rhône ». Bulletin Ecole Antique de Nîmes, 2011, 29 : *Temps de l'eau, sites et monuments entre Vidourle et Rhône*, p.357-360.

mètres, presque 70 m N.G.F. à Saze, et vers 50 m N.G.F. à l'entonnement de Pujaut.



Anciens étangs de Tras-le-Puy, Saze, Rochefort et Pujaut. Fabre G., CNRS, Nîmes, 2011, p.362, ill.9

Il y a 65 à 120 millions d'années, pendant l'époque du Crétacé, les étangs de Pujaut Rochefort et Saze se sont formés par une compression/distension Est/Ouest des calcaires Urgoniens, générant² :

- ⇒ la formation de deux failles parallèles (celle de Pujaut et celle de Nîmes, cf. carte ci dessous)
- ⇒ un affaissement des calcaires appelé « graben de Pujaut ».

A l'époque du Miocène (15 millions d'années), la mer revient en force et s'engouffre dans le fossé de Pujaut déposant une molasse calcaire et jaune pale. 6 à 8 millions d'année après, l'époque Missinienne voit la Méditerranée s'assécher, suivi par un creusement important. Puis à l'époque du Pliocène (4 à 5 millions d'années), une brusque remontée de la mer comble la dépression de Pujaut, Rochefort et Saze de sables marneux. Le Rhône se déplace ensuite à l'Est pour gagner son tracé actuel.

Les grandes glaciations de l'époque quaternaires voient le Rhône charrier d'importantes alluvions fluviales et des galets. Les 12 000 dernières années ont laissé place à l'érosion éolienne et à l'action de l'homme depuis le 17^e siècle par l'assèchement des étangs.

² Le texte est extrait du rapport de synthèse de B.E. Letessier, *Tavel. Zonage des potentialités agricoles. Etude du milieu naturel sol topographie*, novembre 1993. Les schémas sont issus d'une conférence donnée en 2007-2008 au Castelas à Rochefort-du-Gard.



Plan orthophotographique des étangs asséchés. Source SMABVGR.

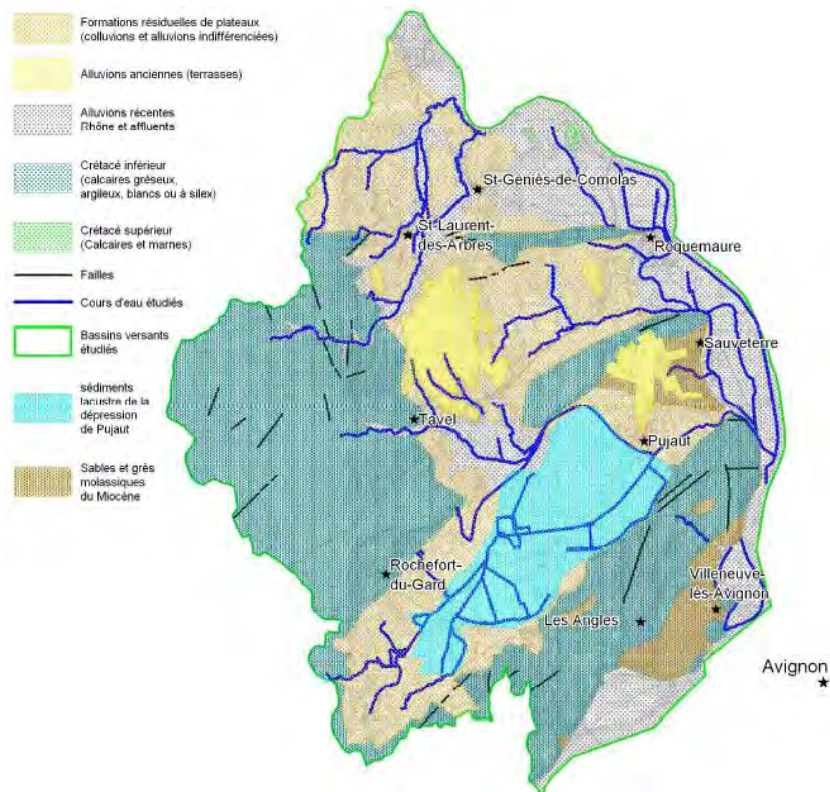
Les hauteurs des bassins versants s'inscrivent ainsi au sein des alternances de calcaire plus ou moins détritique, de marnes et de grès déposés au cours du crétacé.

Les parties médianes des cours d'eau cheminent au sein d'une série intercalée de formations colluviales et alluviales anciennes, (à noter les terrasses les plus étendues différenciées et cartographiées en jaune sur la carte ci dessous). Les parties avales des cours d'eau traversent les épaisse couches sédimentaires limoneuses récemment déposées par le Rhône.

On distingue sur la carte, ci-dessous, les sédiments lacustres déposés au sein de la dépression de Pujaut et Rochefort du Gard. Des limons, des craies et des couches de galets s'y intercalent sur parfois 5m d'épaisseur. Enfin, les sables et grès molassiques du miocène, présents à Villeneuve-Lès-Avignon et au nord de Pujaut, peu consolidés, offrent à la fois un potentiel important d'infiltration et de mise en suspension par les rares cours qui les traversent.

Les failles, représentées en noir, correspondent à des fractures affectant les couches géologiques et sujettes à d'éventuels déplacements. Leur jeu peut en certaines régions influencer très fortement le tracé des rivières et la forme des bassins versants, ce qui influe finalement sur les mécanismes de formation des crues.

La partie sud du Gard Rhodanien montre une direction préférentielle NE-SW clairement mise en valeur par l'alignement des anciens lacs de Rochefort et de Pujaut ; alignement qui se reflète aussi dans l'allongement du bassin versant correspondant.



Contexte géologique du bassin versant du Gard Rhodanien

B.2.2 Caractérisation hydrographique du Gard Rhodanien

Le système hydrologique du Gard Rhodanien est composé d'un ensemble de cours d'eau naturels et de chenaux (ou roubines) anthropiques recalibrés et plus ou moins entretenus pour l'évacuation des eaux de ruissellement des bassins vers le Rhône directement ou dans le contre canal qui longe ce dernier.

Les bassins versants de la zone sont décomposés en quatre principaux systèmes repris dans la plupart des études antérieures et récentes:

- ⇒ Le système Nizon- Galet
- ⇒ Le système Montflaucon – Roquemaure – Sauveterre
- ⇒ Le système Pujaut – Rocheford du Gard
- ⇒ Le système Villeneuve-lès-Avignon-Lès Angles

Ces quatre systèmes sont montrés sur la carte ci-dessous.

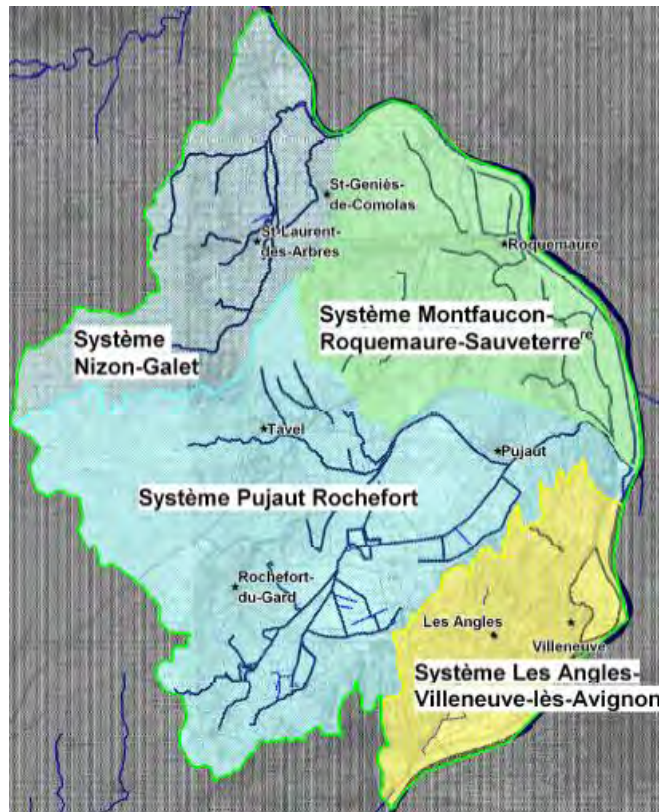


Figure B-6 : Système de bassins du Gard Rhodanien

Les roubines et le barrage du Planas de ce cadre d'étude se situent généralement dans le système **Pujaut-Rochefort du Gard** sauf le tronçon d'endiguement du Nizon situé dans le système **Nizon-Galet**.

A noter qu'à partir de Montfaucon et vers l'aval, la plaine inondable du Rhône est séparée et « protégée » de celui-ci par un système de digue. Au pied de celles-ci, un canal, nommé « contre canal », récupère les eaux des bassins versants décrits ci-dessus, ainsi que les eaux de percolation de la nappe, particulièrement abondantes étant donné la position surélevée de la surface libre de l'eau en amont des barrages hydroélectriques. Les eaux ainsi collectées sont rejetées dans le Rhône ou le Gardon en aval des barrages, parfois naturellement, parfois par pompage. Le dimensionnement du contre-canal, prévu pour évacuer les crues décennales, est insuffisant en cas de crue de débit supérieur.

La carte présentée ci-dessous permet d'identifier les unités topographiques traversées par les cours d'eau du Gard Rhodanien. On identifie en bleu foncé, sur la bordure orientale, une région peu élevée (entre 30m au nord, et 15m au sud), plane, correspondant à la plaine alluviale du Rhône. Les têtes de bassin (tons de couleurs marron à jaune) culminent à 265m d'altitude au Farlet. Entre les zones amont, légèrement accidentées, et la plaine alluviale rhodanienne, une zone de d'altitude médiane, (en vert et bleu clair) voit se détacher la large dépression de Pujaut, ancien lac dont les eaux ont été artificiellement guidées vers le Rhône par un tunnel. La seconde dépression, plus petite, au nord de celle de Pujaut est nommée Trasle-Puy. Ces dépressions ont des altitudes comprises entre 40 et 50m. Facilement inondables, elles constituent de grandes zones de stockage des eaux lors d'épisodes pluvieux importants.

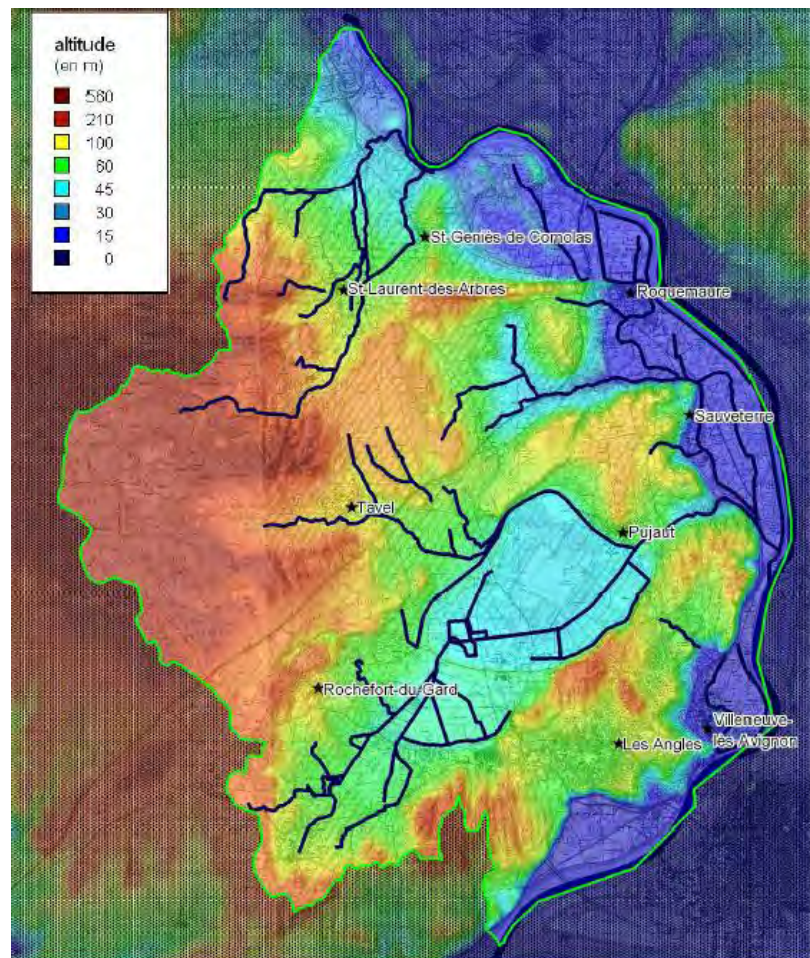


Figure B-7 : Données topographiques sur le bassin versant du Gard Rhodanien. Extrait de l'atlas des zones inondables du Gard Rhodanien et de la Camargue (Ginger & Ipseau, mars 2009).

B.2.3 Les projets de dessèchement des anciens étangs

B.2.3.1 Les premiers aménagements des anciens étangs

A l'origine, le dessèchement des anciens étangs n'avait d'autre enjeu que de garantir de meilleurs revenus aux communautés propriétaires ainsi que d'améliorer la salubrité de la zone concernée. Cependant, les moyens mis en œuvre: creusement de roubines, aménagement de tunnels ont généré des effets secondaires conduisant à des contraintes de maintenance, d'entretien et d'amélioration constants afin de minimiser les inondations récurrentes ou les risques de rupture de ces aménagements.

Les chercheurs s'accordent à penser que le niveau des étangs n'était pas fixe et fluctuait en fonction des saisons et des périodes. Par ailleurs, à une époque plus proche de nous, les traces textuelles nous apportent des mentions sur le projet de dessèchement de ces plans d'eau bien antérieurs au 16^e siècle. Alfred Coulandres³ dans sa notice sur le dessèchement de l'étang de Pujaut en publie des preuves.

³ Coulandres Alfred. *Notice sur le dessèchement des étangs de Pujaut*. Alès, 1877, page 29, V. Coulandres indique que les minutes de ce notaire ont disparu ; ce document a été vu dans les archives de M. Charlier de Chily à la fin du 19^e siècle.

Il est donc fort possible que les habitants de Saze, Rochefort et Pujaut aient évoqué et peut-être entrepris à maintes reprises avant la fin du 16^e siècle l'assèchement de ces étangs. L'étude de Jean-Loup Abbé montre que ces processus de dessèchement pour gagner des terres agricoles et améliorer subsistances et revenus sont une vaste opération enclenchée tout au long des 12^e-15^e siècles dans le Languedoc méditerranéen⁴. Mais l'hypothèse selon laquelle les trois étangs de Saze, Rochefort et Pujaut ont été desséchés pour des questions de salubrité et de piètre rendement a du sens.

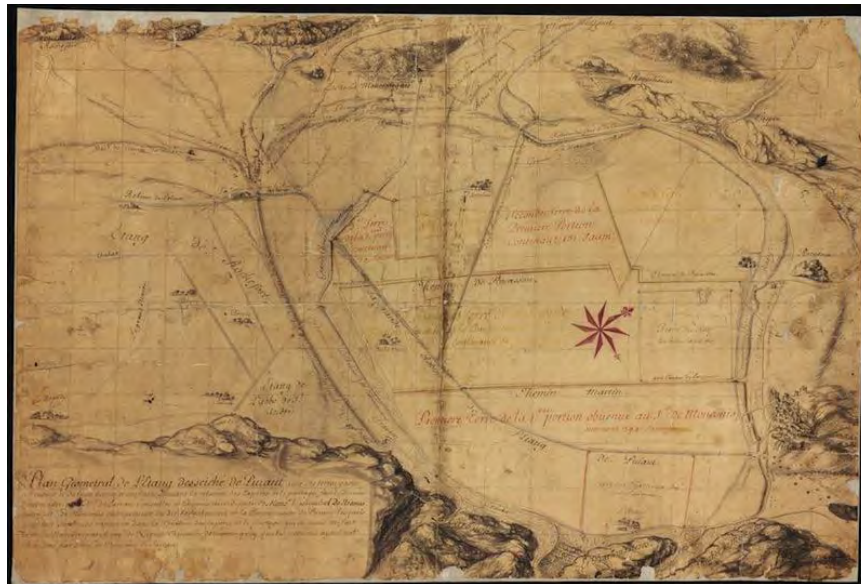
Les travaux commencent avec la convention passée le 8 janvier 1586 entre les consuls de Rochefort et Hughes Pelletier, ingénieur de Salon-de-Provence pour vider leur étang. Le marché de dessèchement est relancé en 1603 à Claude de Montconis, président et trésorier général au bureau des trésoreries générales de France à Lyon.

Le plan dressé en 1612, indique les roubines existantes à cette époque :

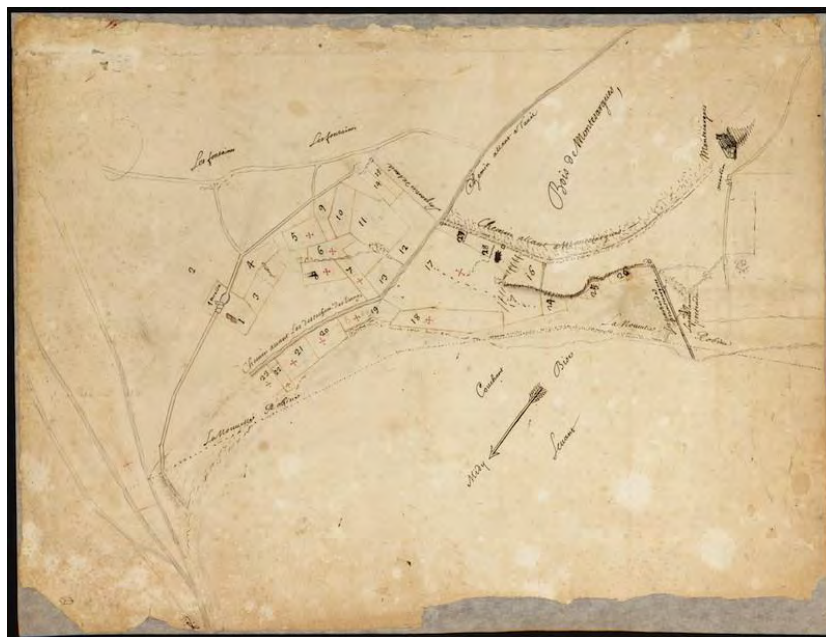
- ⇒ A l'emplacement de l'étang de Rochefort : Robine du Jolivet, Valat Blanc, la Grand Maire, (actuelle Vilcurde puis Grande roubine), en connexion avec le Valat Blanc
- ⇒ A l'emplacement de l'étang de Pujaut : la roubine des Carbonnières, en bordure de l'étang, succédant immédiatement à la bande de gravier ou carène séparant l'ancien étang de Rochefort de celui de Pujaut (actuelle roubine de Saint-Bruno à l'Est de la RD6580), la Grande Robine de l'étang, parallèle à la précédente (actuelle roubine de l'étang), disparaît dans *Le puits des Mines*, que l'on peut interpréter comme étant les tunnels creusés sous la montagne de Four qui ressurgissent plus de 1000 mètres plus loin, elle forme alors la roubine de Four, la Robinette (autrefois venant de Tavel), la Nouvelle Robine, qui suit le bord de l'étang au pied du rocher de Montesargues (actuelle roubine des Fontaines), Robine (venant de Tavel, alimentant le bief du moulin de Finel et se jetant dans) la Robine de Grès dit la Ceinture, dans laquelle se jette la Nouvelle Robine (actuelle roubine des Fontaines).

Ce plan de 1612, connu par cette copie datable autour de 1725, montre que la roubine du Grès a été alimentée par la roubine venant de Tavel. La roubine des Fontaines (nouvelle roubine) n'est pas encore creusée. Les écoulements provenant des fontaines et du Malaven vont vers la grande chaussée ou carène avant de se jeter dans la roubine de l'étang. Une martelière permettait de gérer les écoulements. La nouvelle roubine tracée en pointillés serait la roubine en projet de l'actuelle roubine des Fontaines. On peut alors se demander si le ruisseau du Malaven, sur lequel les archives sont dramatiquement muettes, aurait été dévié lors du creusement de la roubine des Fontaines, et pour quelles raisons ? La jonction tracée sur ce plan entre le Malaven et la nouvelle roubine n'est pas celle existante aujourd'hui.

⁴ Abbé, Jean-Loup. *A la conquête des étangs. L'aménagement de l'espace en Languedoc méditerranéen (12e-15e siècle)*. Presses Universitaires du Mirail, Tempus, 2006



Plan du partage des terres de l'étang desséché de Pujaut, 1725 ?
Archives Municipales Villeneuve-lès-Avignon II-5/50



Plan d'aménagement de roubines, ancien étang de Rochefort, 18e siècle.
Archives Municipales Villeneuve-lès-Avignon II-5/3

B.2.3.2 Des zones asséchées mais inondables

Les étangs sont desséchés, les terres reprises à l'eau, ensemencées, transformées en champs cultivés ou prés pour le bétail. Cependant, les péripéties ne font que commencer, les roubines et tunnels mis en œuvre nécessitant entretien et améliorations constants. On a vu que, à peine mises en œuvre, ces structures révèlent leur faiblesse et leur insuffisance. Sous la pression des eaux, les constructions cèdent régulièrement ; la nature du terrain, la cuvette et les escarpements favorisent le reflux des eaux dans leur ancien emplacement : les zones asséchées se transforment alors en zones inondables de manière récurrente.

Peu d'habitations sont construites dans les terres récupérées, vouées exclusivement à la pâture et à la culture, principalement celle de la vigne. D'ailleurs, les nouvelles constructions, particulièrement les trois fermes des Chartreux : Saint-Bruno, Saint-Hugues, Saint-Anthelme sont majoritairement bâties à la limite de l'ancien étang de Pujaut et non sur les terres autrefois immergées.

Les digues protégeant les terres asséchées sont des réalisations fragiles, ayant tendance à rompre facilement. La fragilité de ces ouvrages a pu amener à détourner une partie des eaux provenant des fontaines de Rochefort et de Tavel (ruisseaux de Malaven, Codoyère et Manissy), en créant une nouvelle roubine de ceinture dans l'étang de Rochefort (la roubine des Fonts) qui rejoint la roubine du Grès.

Dès le 17^e siècle, le réseau des roubines apparaît insuffisant pour assurer convenablement l'écoulement des eaux sans provoquer d'inondations régulières. Parmi ces roubines, celle dite « la Robine » semble inachevée. En 1663 est creusé un nouveau canal dans le quartier du Lauron, qui va faciliter pour les habitants de Pujaut l'évacuation des eaux : il s'agit de la roubine des Fonts ou Fontaines. En 1802 la préfecture édite un arrêté « ordonnant le recreusement de la robine qui conduit les eaux de l'étang de Pujaut au Rhône ». La roubine dont il s'agit est la roubine de l'Etang de Pujaut. C'est semble-t-il la roubine la plus réparée de tout le réseau, tout au moins celle pour laquelle les archives sont les plus bavardes. Elle est l'objet de réparations en 1810⁵.

De par sa position géographique, en contrebas des étangs de Rochefort et de Saze, la dépression de Pujaut récupère toutes les eaux qui viennent de ces zones. Les roubines sont établies selon un mode bien précis : les roubines pratiquées sur le bord extérieur des étangs, comme une ceinture, sont destinées à recevoir et évacuer les eaux des roubines intérieures, qui sont des roubines d'assainissement.

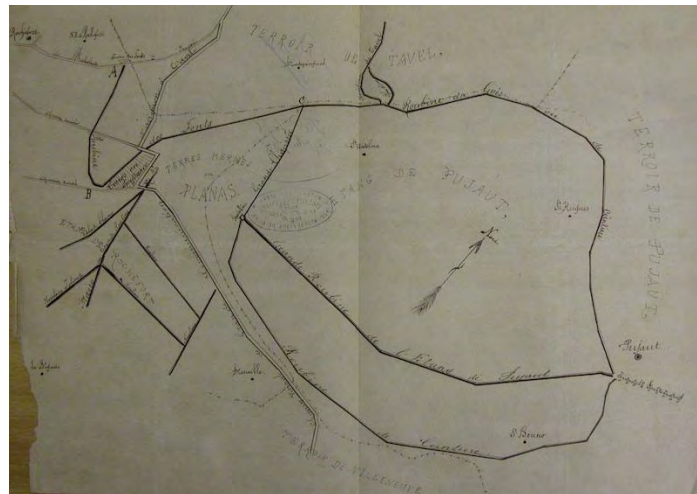
La question de l'efficacité de l'écoulement des eaux des étangs est donc une constante, et la solution souvent proposée est la création de nouvelles roubines. En 1916, le syndicat de l'étang de Pujaut propose la mise en œuvre d'une nouvelle roubine « *pour faciliter plus rapidement l'écoulement des eaux de ceinture de l'étang* ». Le conseil étudie les différents éléments du projet : main d'œuvre, coût, acquisition des terrains nécessaires. Devant l'ampleur du projet, les syndics proposent de « *conjuguer leurs efforts pour remettre tous les fossés, roubines et ouvrages existants en bon état et retarder les grandes dépenses* »⁶. Cette question de construction de nouveaux ouvrages reviendra régulièrement dans les délibérations.

⁵ AD 30, 7 S 494. Etang desséché de Saze. Réparations aux digues et fossés qui bordent l'étang desséché. Travaux à la roubine de l'étang durant l'été 1810, afin de protéger les récoltes d'automne.

⁶ AM Pujaut, 2 N 4. 11 juin 1916.



*Syndicat de Pujaut, entretien des ouvrages d'écoulage, plan des lieux, 1916.
AD 30 7 S 487.*



Plan du réseau des roubines des étangs, 1883. AD 30 7 S 396. Cliché E. Dandel.

B.2.3.3 Les dégradations sur le réseau

En 1918, il est constaté que l'entrée du souterrain de la roubine du Grès risque d'être obstruée par des graviers amenés par l'eau ruisselant de la route d'intérêt commun n° 77. Le syndicat propose de faire construire par l'administration des routes un fossé avec puisard, à l'endroit où les eaux déversent dans la roubine, de manière à les filtrer des graviers.

La dégradation du réseau continue encore aujourd'hui sur les digues de la roubine de la Javone, de Jolivet, de la Levade et des Fontaines, ainsi que sur le ruisseau du Malaven et la roubine du Grès ; les ruptures sont nombreuses, particulièrement lors des inondations de 2002.

Aujourd'hui, avec un Planas réhabilité lors de la construction du TGV, les écoulements en provenance de Tavel déviés vers la roubine du Grès, les problèmes de rupture ne se posent plus directement sur la roubine de l'Etang mais sont reportés sur les roubines de ceinture endiguées. Initialement non dimensionnées pour absorber des débits aussi importants, elles ne supportent pas non plus les surverses. Les aléas de ruptures se sont ainsi déplacés sur les roubines de ceinture ; la grande roubine des Etangs n'arrive pas à évacuer ses eaux à cause d'un exutoire et d'un dimensionnement insuffisants.

B.2.4 Eléments d'occupation du sol susceptibles d'influencer le fonctionnement hydraulique de la plaine alluviale

Les aménagements anthropiques ainsi que certains éléments du milieu naturel ont des incidences directes multiples sur la dynamique des écoulements au sein du champ d'inondation. Il ne s'agit de faire un relevé exhaustif de l'occupation des sols en zone inondable mais de faire apparaître les facteurs déterminants de l'occupation du sol sur la dynamique des crues.

De nombreux éléments anthropiques ont été cartographiés dans les différents documents publiés sur le sujet:

- ⇒ dans et aux abords du lit mineur : recalibrages et rectifications des lits, seuils, barrages, digues, protections de berge, autant d'ouvrages faisant obstacle aux écoulements ou favorisant l'évacuation des crues vers l'aval
- ⇒ les ouvrages de franchissement de la plaine alluviale (ponts, remblais des infrastructures routières, des voies ferrées, des canaux),
- ⇒ les aménagements divers (gravières, remblais),
- ⇒ les bâtiments isolés et les campings,

Il est important d'insister sur quelques particularités. Au sein des dépressions fermées de Pujaut, Rochefort et Tras-Le-Puy, les cultures annuelles et pérennes dominent.

Cependant, leurs apports sédimentaires sont négligeables en cas de crue puisque ces zones où la dynamique est faible fonctionnent en pièges à sédiments.

La région de Villeneuve-lès-Avignon est fortement urbanisée. Son réseau de drainage peu développé, non permanent se développait sur les sables et grès molassiques fortement perméables.

Sur cette carte apparaissent de plus les zones de développement urbain futur ou actuel compilé au sein des plans d'occupation des sols (BRLi, 2007). On note que l'imperméabilisation des sols se poursuivra sous l'effet de la pression foncière liée à la proximité de la ville d'Avignon. Les enjeux en cours d'installation correspondent à des logements et à des zones d'activité économiques

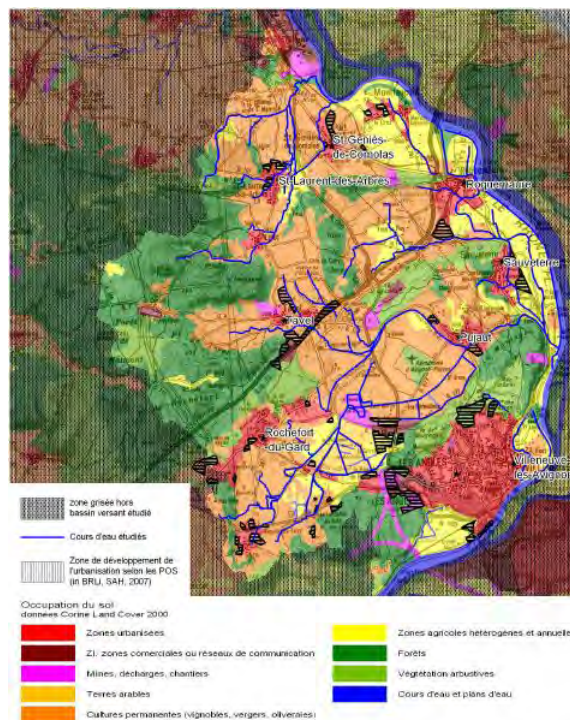


Figure B-8 : Contexte géologique du bassin versant du Gard Rhodanien

B.2.5 Données historiques des inondations des anciens étangs

Les inondations dans le Gard Rhodanien ont marqué tout autant le territoire que les habitants. La mémoire collective vivante ou les mentions dans les pièces d'archives en témoignent.



Figure 16 Inondation de décembre 2003. Pujaut. Fonds M. Joubert.

On verra à la lecture du tableau chronologique des crues que ces dernières concernent aussi bien le Rhône que la plupart de ses modestes affluents et résultent aussi bien de débordements que de ruissellements.

Les soixante-dix sept épisodes d'inondations cités dans les tableaux⁷, relevés dans les archives et autres documents sont hiérarchisés selon un indice de risque, emprunté aux auteurs de la monographie sur le Gardon du Gard (J.L. Ponce et al, Recherches historiques sur le Gardon d'Anduze, SMAGE des Gardons, septembre 2008).

- ⇒ **Indice 1** : crue locale, d'orage, avec dégâts limités (42 épisodes recensé)
- ⇒ **Indice 2** : crue signalée sur une ou plusieurs communes, dégâts importants, notamment à l'agriculture, locaux (21 crues)
- ⇒ **Indice 3** : crue couvrant plusieurs communes du bassin, de très grande ampleur, exceptionnelle, dégâts considérables (9 de 1790 à 2004)

Dans le tableau ci-dessous, nous résumons les crues ayant causé des dégâts sur les digues et des dommages dans le val protégé.

⁷ Extraits de Monographie historique des inondations – E. Dandel – Art2 Conseil

ANNEE	MENTION	COURS D'EAU	COMMUNE	SOURCE	INDICE
1641	Gelées, grêle, eaux (pluies, inondations ?) ; population appauvrie, état aggravant car épidémie de peste	Anciens étangs	Rochefort-du-Gard	AM Rochefort-du-Gard	1
1731	Ruissellement, accumulation. Semences perdues : près de 90 % des semis : grains, blés	Roubines	Rochefort	AM Rochefort-du-Gard	2
1754-1755	Chemins dégradés sur l'ensemble des diocèses de Nîmes et Alès	Tous systèmes	Toutes communes	AD 30	2
[1760]	Martellière du Planas	Digue du Planas	Pujaut	AD 30	1
1840	Dégradation des perrées et chaussées	Rhône ; accumulation anciens étangs	Villeneuve-lès-Avignon ; Rochefort-du-Gard ; Sauveterre	AD 30 ; AM Rochefort ; repère de crue	3
1886	Ruissellement, pluies torrentielles. Dégradation des chaussées, chemins vicinaux, ravinement, ensablement.	Roubines, affluents, Rhône	Pujaut ; Roquemaure ; Montfaucon ; Les Angles	AD 30 ; repère de crue	3
1891	Ruissellement, pluies torrentielles. Dégâts causés à la vicinalité par les inondations.	Rhône, roubines	Villeneuve-lès-Avignon ; Saze ; Pujaut ; Rochefort ; Roquemaure ; Saint-Geniès-de- Comolas ; Laudun ; Lirac	AD 30	2
1895	débordement des roubines, quartier Signargues, destruction des plantations	Anciens étangs	Rochefort-du-Gard	AD 30	2
1900	Pluies torrentielles. Importantes dégradations des chaussées	Roubines, affluents, Rhône	toutes les communes	AD 30	3
1907	Ruissellement, chaussée emportées sur plusieurs points, fossés comblés, accotements ravinés, fossés à ouvrir, chaussée à reconstruire, accotements à remblayer.	Roubines, affluents, Rhône	Villeneuve-lès-Avignon ; Sauveterre ; Roquemaure	AD 30 3 O 234 ; 7 S 587	2
1924	Pluies torrentielles, cyclone, modification des cours d'eau, déraillement locomotive, 3 morts	Galet, Nizon, Roubine du Grès	Roquemaure, Villeneuve-lès-Avignon, Laudun, Pujaut, Saint-Geniès-de-Comolas, St-Laurent-des- Arbres, Sauveterre, Tavel	BRLi, 1994, CG30, DDAF 30 ; AD 30	3
1929	Importantes dégradations du réseau des roubines des anciens étangs	roubines	Rochefort-du-Gard	AD 30	2
1932	Digue du Planas	Digue du Planas	Pujaut	AD 30	2
1933-1934	Brèche dans la digue du Planas	Digue du Planas	Pujaut	AD 30	1
1949	Les bergers font paître leurs troupeaux ce qui provoque des dégâts	Anciens étangs	Pujaut	AM Pujaut	1
1963	Gard rhodanien	(pas de précision sur les cours d'eau concernés)	(pas de précision sur les communes concernés)	H2Geau février 2006	1
1982	Gard rhodanien	(pas de précision sur les cours d'eau concernés)	(pas de précision sur les communes concernés)	H2Geau février 2006,	1

1987	Dégâts importants par ruissellement sur la voirie des Angles, Saze, les terrains de tennis furent couverts de boue. Déclaration de catastrophe naturelle.	ruissellements	Pujaut, Roquemaure, Villeneuve-lès-Avignon, Montfaucon, St Geniès, Les Angles, Saze	BRLi, 1994 ; CG30 ; DDAF 30 ; repère de crue	3
1992	Ruissellement. Déclaration de catastrophe naturelle.	Nizon-Galet / ruissellement	Laudun l'Ardoise	SDAH	1
1994	Déclaration de catastrophe naturelle.	Chartreuse ; anciens étangs ; Nizon-Galet ; Islons-Truel ; Rhône	Sauveterre ; Villeneuve-lès-Avignon ; Pujaut ; Montfaucon ; Laudun	Repère de crue	2
2002	Déclaration de catastrophe naturelle.	Ensemble des 4 systèmes	Toutes les communes	AM Roquemaure ; repère de crue	3
2011	Ruissellement	Tous cours d'eau	Toutes communes	Le Midi Libre	1

B.2.6 Les ouvrages

B.2.6.1 Situation des ouvrages

Sur ce territoire longtemps soumis aux caprices du Rhône, les digues conjointement aux pallières ou épis jetés dans le Rhône, ont été des moyens récurrents pour protéger riverains et terres des eaux fluviales ; les digues sont présentes sur le territoire des communes liées au fleuve : Montfaucon, Roquemaure, Sauveterre, Villeneuve-lès-Avignon. Elles sont également élevées pour canaliser les roubines creusées pour l'assèchement des étangs et quadrillent le territoire de ces derniers : Saze, Rochefort-du-Gard, Pujaut.

La plupart des ouvrages ponctuels recensés concernent des franchissements de routes ou d'accès aux champs et propriétés (voir cartes ci-dessous); les ouvrages de protection de berges ou de contrôle de la ressource en eau (prises d'eau, seuils...) ne représentent qu'une part infime qui reste anecdotique.

Selon le rapport de BRLi⁸, les états sont assez disparates d'une roubine à une autre, certaines d'entre elles présentent toutefois un nombre d'ouvrage très moyen à défectueux, relativement plus important par rapport au reste du réseau reconnu. C'est notamment le cas du ruisseau des Fontaines. Les dégâts sont le plus souvent liés à l'ancienneté de l'ouvrage avec des atteintes qui peuvent concerner la structure même : affaissements, déjointoiements, pierres désappareillées ou absentes, envahissements par la végétation avec fragilisation accrue de la structure.

Il s'agit principalement d'ouvrages bétonnés incorporés dans les ruisseaux pouvant réduire leur section et des buses de vidange qui ont un impact non négligeable sur le fonctionnement du système.

Noms ouvrage	Pm(m)	Section (m ²)
OFT14	0	0.3
OFT12	524	1.7
OFT11	730	0.7
OFT10	956	2.5
OFT9	1 160	2.8
OFT8	1 845	3
OFT6	2105	6.9
OFT5	2180	3
OFT4	2245	4.6
OFT3	2305	5.6
OFT2	2475	5
OFT1	2635	6

⁸ Schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien – Phase 1 – Etat des lieux et diagnostic – BRLi, mai 2007

ML6	0 (Malaven)	3
ML5	115	4
ML4	186	5
ML3	406	-
ML2	570	3.5
ML1	1 373	6
OGE1	Manissy RD6580	3.8
OGR6	750 (Grès)	6
OGR5	190	7
OGR2	1150	5.7
OGR1	1200	1.8

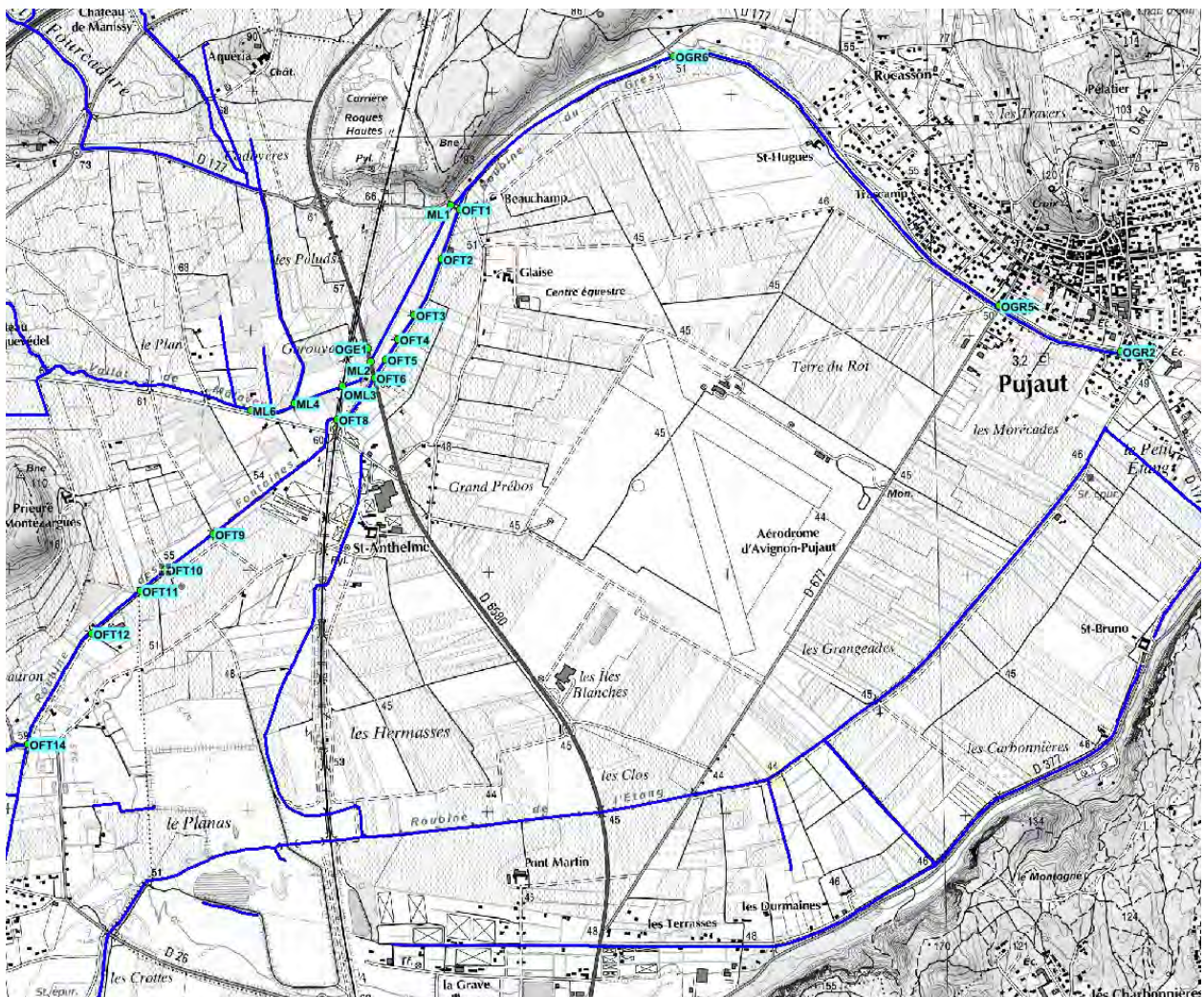


Figure B-9 : Position des ouvrages hydrauliques sur les endiguements des Fontaines/Malaven/Grès

B.2.6.2 Les dispositifs d'entretien

L'entretien des aménagements créés pour l'irrigation ou l'écoulement des eaux pour les cultures ou pour réguler les cours d'eau naturels est une préoccupation constante dans une zone géographique propice aux inondations.

Le réseau anthropique de fossés et roubines fait l'objet d'un entretien constant afin de minimiser le risque inondation. La charge en a incombé aux propriétaires, aux gestionnaires privés ou publics.

Aux 17^e et 18^e siècles, les Chartreux prévoyaient dans leurs contrats les clauses requises pour l'entretien du réseau hydraulique ; au siècle suivant, les syndicats, conjointement avec les communes, imposent les curages aux riverains à grand renfort d'arrêtés, de procès-verbaux et de règlements.

Tout au long du 19^e siècle, on assiste à une généralisation de l'entretien. Cette charge communautaire se cristallise de nos jours dans la gestion d'un syndicat unique agissant sur un territoire très élargi. Cette réunion sous une seule égide favorise l'appréhension de la question de manière plus globale et efficace et met en cohérence l'ensemble des réseaux des quatre bassins versants.

Pour les communes au bord du Rhône et le système des anciens étangs, la gestion communautaire mise en place dès la fin du 18^e siècle avec l'apparition des premiers syndicats de propriétaires permet une systématisation des entretiens dont la tâche incombe toutefois aux propriétaires riverains.

Si le curage et le faucardement s'effectuaient encore au début du 20^e siècle à la pioche et à la faux, l'introduction des engins mécaniques dans les années 60 induit la création de servitudes de passage supportées par les riverains et encadrées par la législation. Ainsi, pour les digues comme pour les cours d'eau, les roubines ou les bassins de retenue, l'entretien régulier reste le maître mot pour réduire et maîtriser le risque inondation.

A la fin du 20^e siècle, l'enrochement quasi systématique des rives, très souvent emporté par les crues ultérieures, s'est donc avéré aussi inefficace qu'intrusif.

Depuis 2005, le Syndicat mixte pour l'aménagement des bassins versants du Gard rhodanien met en œuvre des pratiques moins invasives, préconisant un retour aux rives arborées et à la restauration de la ripisylve, ainsi qu'un entretien sélectif d'une rive à l'autre d'une année sur l'autre. Ce qui va permettre au fil du temps à des cours d'eau très anthropisés de reprendre autant que possible un cours plus naturel.

C. Inspection visuelle

C.1 Inspection visuelle- Digue des FONTAINES

C.1.1 Description

Commune : Pujaut/Tavel

Gestionnaire : Syndicat Mixte pour l'Aménagement des Bassins Versants du Gard

Digue de classe : C (à confirmer par les services de l'Etat)

Précédentes visites : Octobre 2006 par BRLi.

Longueur en ml : 2135 m

Hauteur moyenne : 1.50 à 3 m

La digue des fontaines d'une longueur de 1760m présente des hauteurs variant entre 1,5m et 3m de haut. Elle se prolonge en aval sur 375 m par une route endiguée passant sous un ouvrage TGV. Elle se prolonge ensuite après la départemental 6580 par la digue du Grès. Les enjeux sous l'influence de cette digue sont principalement des habitations isolées, des infrastructures agricoles, un centre équestre, mais aussi un peu plus loin le hameau de St Anthelme.

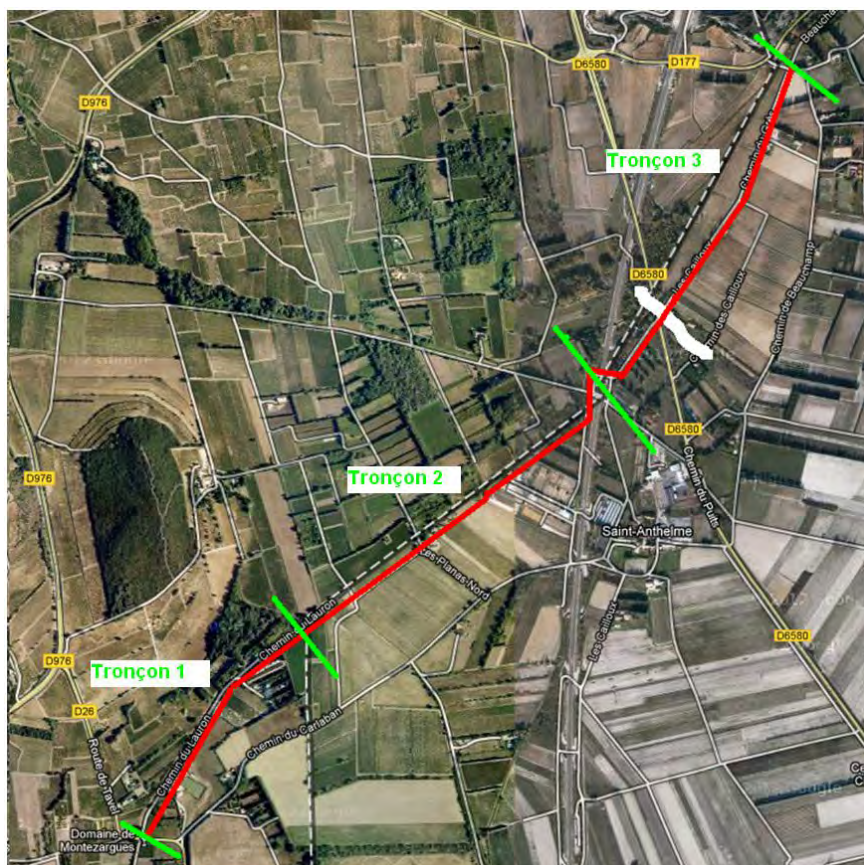


Figure C-1: Plan de situation digue des Fontaines

C.1.2 Etat général de l'ouvrage

L'ouvrage est caractérisé suite à l'inspection visuelle, « chapitre suivant », par l'indice d'état qui est à caractère technique, fonction de l'état mécanique et de l'usage de l'ouvrage, que nous pouvons définir comme indiqué dans le tableau suivant :

Indice d'Etat : IE	Etat de l'ouvrage
1	L'ouvrage est en limite de rupture : la sécurité immédiate de l'ouvrage ou de l'utilisateur n'est plus assurée
2	L'ouvrage présente des désordres mécaniques graves ou des dégradations très importantes qui peuvent mettre en cause à court terme l'état de service actuel
3	L'ouvrage demande des travaux importants ou spécialisés nécessaires pour arrêter le processus de dégradation qui à moyen terme le conduirait à passer en deuxième catégorie.
4	L'ouvrage nécessite un entretien courant non spécialisé

Tableau C-1: Détermination de l'Indice d'Etat

Les aléas de rupture de la protection s'apprécient par l'état mécanique de l'ouvrage. Ainsi avons nous préféré retenir le critère lié aux désordres observés.




La digue des Fontaines a été inspectée depuis la digue du Grès en aval de la RD6580 où l'on note principalement une route qui fait office de digue sans pour autant que sa plateforme constitue la crête de la digue sur tout le linéaire. En effet certaines parties, comme à l'aval immédiat de la RD6580, ont été rehaussées « côté val » par un merlon plus ou moins compacté avec des talus de mauvaise qualité. Il existe également des ouvertures dans le merlon rehaussé pour accès aux habitations et des poteaux électriques implantés dans celui-ci.



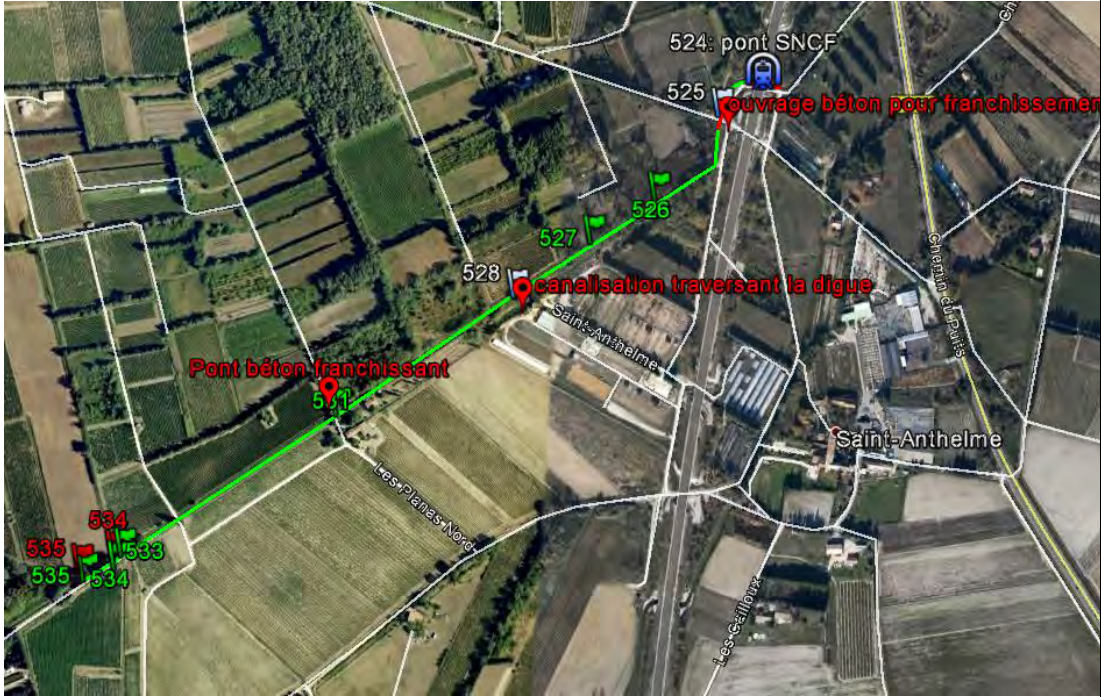
Dans la partie amont RD6580 communément appelée digues des Fontaines, la digue apparaît être généralement dans un état correct avec une crête assez large et bien entretenue (tronçon 2). Cependant, il existe des points particuliers où l'on note un état moins bon ou défectueux comme l'ouverture de brèche rebouchée déstabilisant ainsi le talus côté val (cf. Fiche FTN 10), la présence d'arbustes en pied de digue et la digue étroite en amont où le chemin ne fait plus office de digue (tronçon 3). Le risque d'ouverture de brèche est alors important en amont. (Les détails dans les fiches d'inspections ci-dessous).


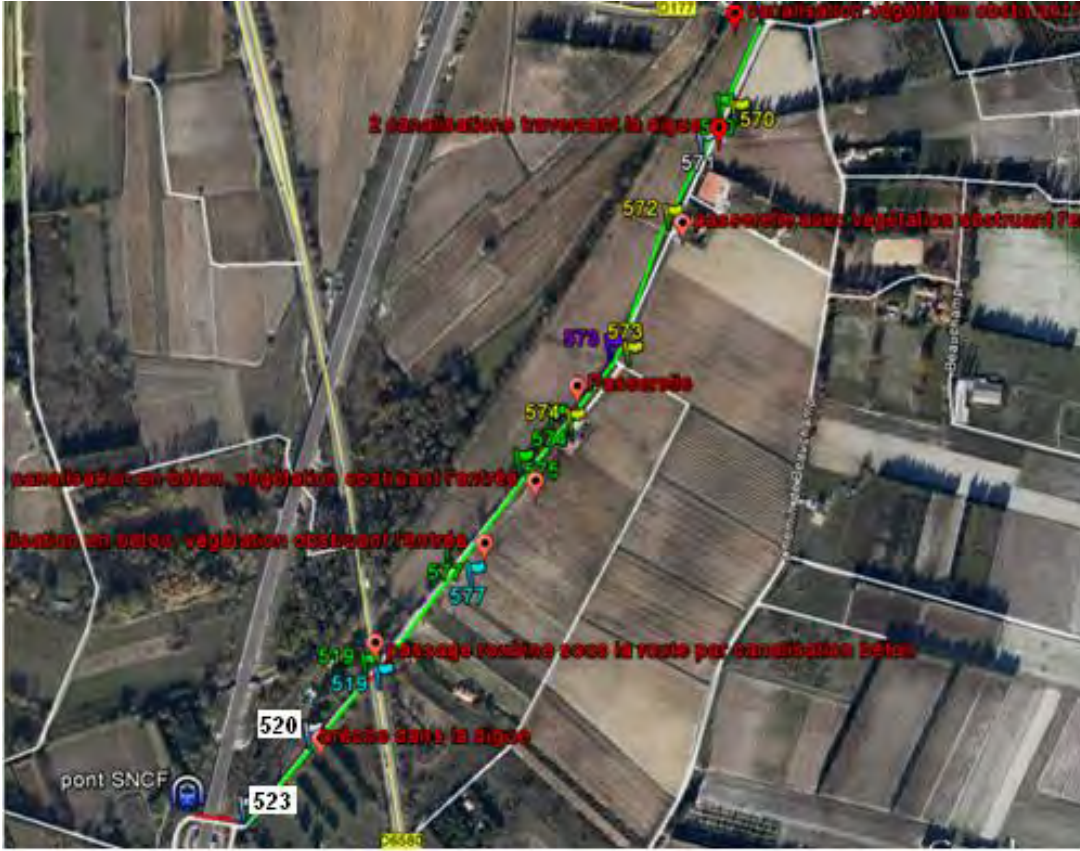
Désignation de l'ouvrage	Indice d'Etat
Digue des Fontaines – Tronçon 1	3
Digue des Fontaines – Tronçon 2	4
Digue des Fontaines – Tronçon 3	3

Tableau C-2: Indice d'Etat (IE)

C.1.3 Synthèse des fiches d'inspection

Tronçon 1 ; IE=3	Digue des Fontaines : Secteur situé au Nord de la D26
Fiches d'inspection	n°22 à 18 de l'amont vers l'aval
Type de digues	⇒ digue en terre enherbée 
Dégâts observés/Points singuliers	⇒ Poteaux électriques (548; 540; 537) ⇒ présence de végétation ligneuse (arbres, souches, etc.) (535) ⇒ niveau de crête irrégulier, points bas (537 et 536) ⇒ Ouvrages annexes 
Cartographie	

Tronçon 2 ; IE=4	Digue des Fontaines : Secteur situé à l'amont de la LGV,
Fiches d'inspection	n°17 à 11 de l'amont vers l'aval
Type de digues	⇒ digue en terre enherbée ▬ ⇒ Passage dans ouvrage en béton ▬
Dégâts observés/Poin ts singuliers	⇒ présence de végétation ligneuse (arbres, souches, etc.) (535 à 533 et 527 à 526) ⇒ Ouvrages annexes   ⇒ Pentés de talus trop raides (535 et 534)
Cartographie	

Tronçon 3 ; IE =3	Secteur situé à l'aval de la LGV, digue de la Fontaine
Fiches d'inspection	n°10 bis à 1 de l'amont vers l'aval
Type de digues	⇒ digue en terre enherbée — ⇒ Passage dans ouvrage en béton —
Dégâts observés/Poi nts singuliers	⇒ présence de végétation ligneuse. (519; 577; 575; 574; 570) ⇒ Ouvrages annexes  ⇒ Endiguement par un chemin + merlon fragile (520 et 523) ⇒ Poteaux électriques (574 à 572; 570) ⇒ Niveau de crête irrégulier, points bas (573) ⇒ Présence de végétation obstruant l'entrée de la canalisation (519 et 577)
Cartographie	

C.2 Inspection visuelle- Digue du MALAVEN

C.2.1 Description

Communes : Pujaut/Tavel

Gestionnaire : Syndicat Mixte pour l'Aménagement des Bassins Versants du Gard

Digue de classe : C (à confirmer par les services de l'Etat)

Précédentes visites : Octobre 2006 par BRLi.

Longueur en ml : 1100m

L'endiguement du Malaven de 1110m : sa partie aval sur 440m permet de dévier les eaux du Malaven vers la roubine du Grès en passant sous l'ouvrage TGV et l'ouvrage de la D 6580. Elle continue en suite vers le Grès sur une distance de 660m. Les enjeux sur cet ouvrage sont du même type que ceux de la roubine des Fontaines. La rupture de ces 2 ouvrages ont causés des dommages importants sur les ouvrages TGV, les serres tunnel et serres cathédrales ainsi que sur les habitations.

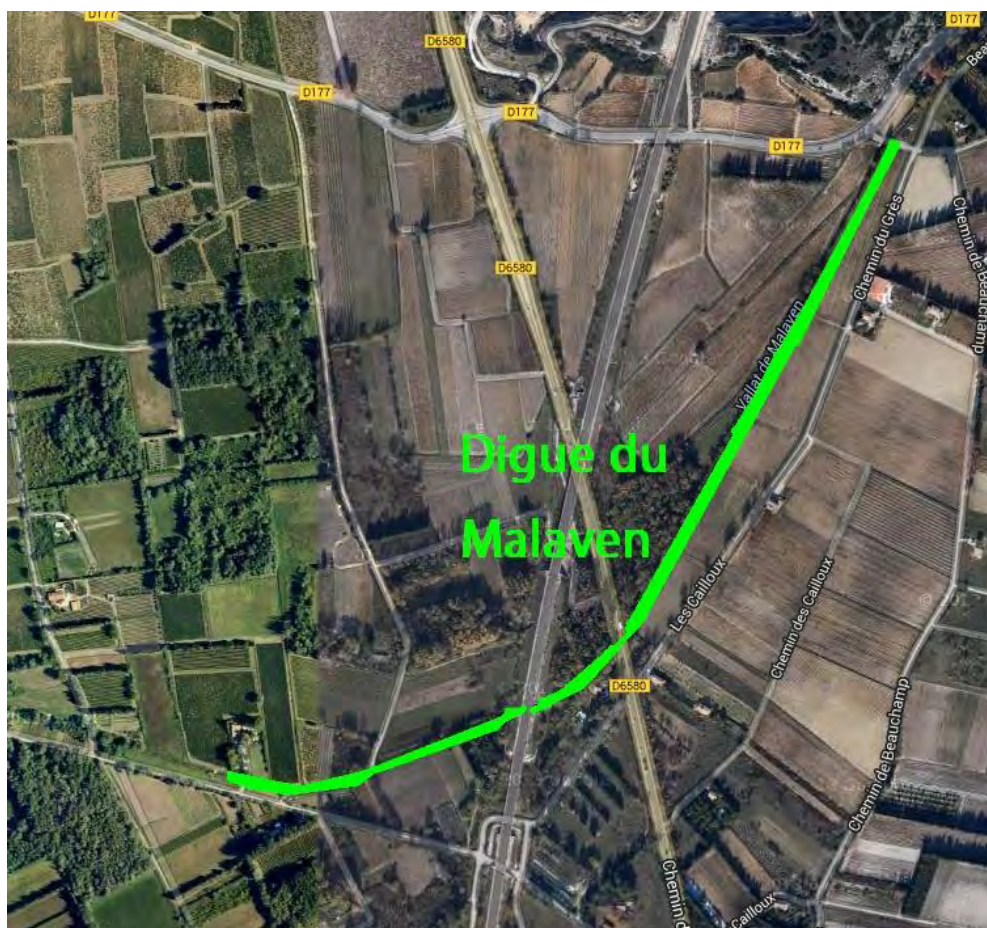


Figure C-2: Plan de situation digue du MALAVEN (en haut)

C.2.2 Etat général de l'ouvrage

L'ouvrage est caractérisé suite à l'inspection visuelle, « chapitre suivant », par l'indice d'état qui est à caractère technique, fonction de l'état mécanique et de l'usage de l'ouvrage, que nous pouvons définir comme indiqué dans le tableau suivant :

Indice d'Etat : IE	Etat de l'ouvrage
1	L'ouvrage est en limite de rupture : la sécurité immédiate de l'ouvrage ou de l'utilisateur n'est plus assurée
2	L'ouvrage présente des désordres mécaniques graves ou des dégradations très importantes qui peuvent mettre en cause à court terme l'état de service actuel
3	L'ouvrage demande des travaux importants ou spécialisés nécessaires pour arrêter le processus de dégradation qui à moyen terme le conduirait à passer en deuxième catégorie.
4	L'ouvrage nécessite un entretien courant non spécialisé

Tableau C-3: Détermination de l'Indice d'Etat


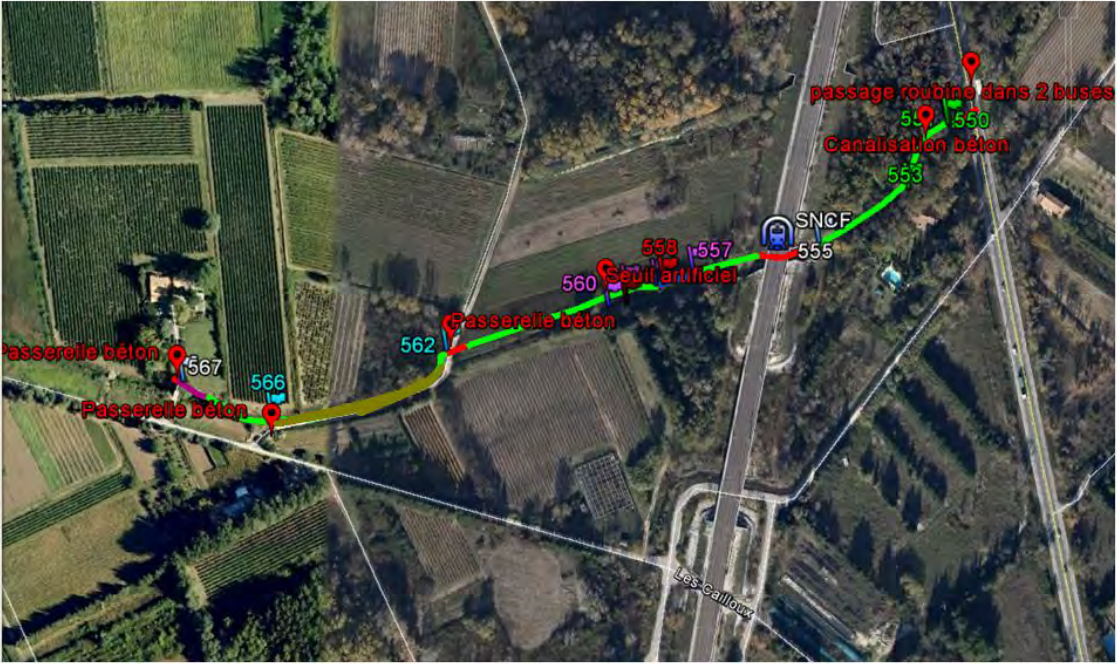
Les aléas de rupture de la protection s'apprécient par l'état mécanique de l'ouvrage. Ainsi avons nous préféré retenir le critère lié aux désordres observés.



Cette digue ne semble pas bénéficier d'un entretien courant vu son état de végétation partout sur la digue et de dégradation du talus côté roubine dans certains tronçons (cf Fiche MLV6) due à une érosion importante de la berge. On rappelle que l'ouvrage a déjà subi deux brèches dans le passé en amont de l'ouvrage TGV et en aval de la RD6580. Ces brèches sont colmatées par des sacs à cailloux sur lesquels on note des signes d'érosion. Le risque de bouchage des ouvrages hydraulique (cf. fiche MLV10) par des débits de végétaux est aussi important.

Désignation de l'ouvrage	Indice d'Etat
Digue du MALAVEN – Tronçon 1 (amont RD6580)	2
Digue du MALAVEN – Tronçon 2 (aval RD6580)	3

Tableau C-4: Indice d'Etat (IE)

C.2.3 Synthèse des fiches d'inspection

Tronçon 1 ; IE=2	Digue du Malaven ; amont RD6580
Fiches d'inspection	n°1 à 10
Type de digues	⇒ Endiguement et roubine fortement enherbée — ⇒ Passage dans ouvrage en béton — ⇒ Présence d'enrochements — ⇒ Endiguement quasi absent (chemin + merlon fragile) — ⇒ Brèche colmatée par des sacs de gabions + géotextile —
Dégâts observés/Point s singuliers	⇒ présence de végétation ligneuse (arbres, souches, etc.) (550 à 553) ⇒ Ouvrages annexes  ⇒ Berges fortement érodées (avec éboulements localisés) (574 à 572; 570) ⇒ Présence de végétation obstruant l'entrée de la canalisation (566 et 562) ⇒ Talus pente raide (558 et 559)
Cartographie	

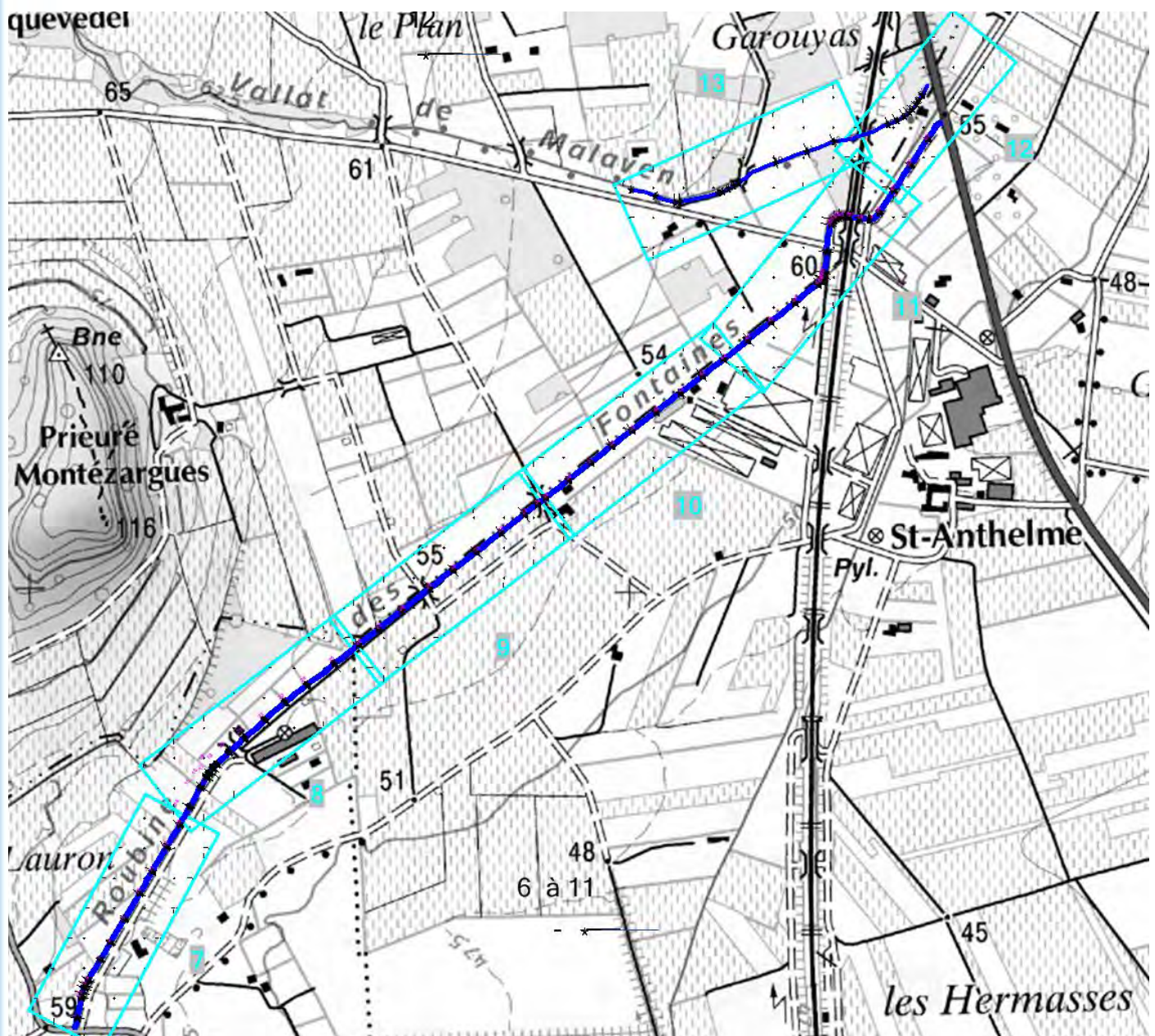
Tronçon 2 ; IE=3	Digue du Malaven ; aval RD6580
Fiches d'inspection	n°11 à 17 de l'amont vers l'aval
Type de digues	⇒ Digue fortement végétalisée avec des arbres de diamètre 10 à 20cm — ⇒ Ouvrages connexes — ⇒ Brèche colmatée par des sacs de gabions + géotextile —
Dégâts observés/Point s singuliers	⇒ présence de végétation ligneuse (arbres, souches, etc.) sur tout le linéaire ⇒ Ouvrages annexes  ⇒ Berges érodées (260 à 261) ⇒ Talus pente raide côté roubine sur tout le linéaire du tronçon
Cartographie	

D. Etude topographique complémentaire

Un levé topographique complémentaire a été réalisé sur le système d'endiguement. Le fichier est fourni sous format DWG.

Digues	Profil en long Exécuté (m)	Nombre de profils en travers
Fontaines	2198	63
Malaven	623	20

Vue en plan des Planches :



L E G E N D E

<ul style="list-style-type: none"> STATION TACHEOMETRIQUE BOUCHE DE LAVAGE AVALOIR E.P. PLAQUE PTT CAISSE SYPHOIDE REGARD EGOUT E.U. ou E.P. PLAQUE GDF POTEAU INCENDIE BORNES EDF GDF PTT COMPTEURS EDF GDF EAU PTT BOUCHE A CLEF BORNE DE PROPRIETE 	<ul style="list-style-type: none"> BORNE KILOMETRIQUE FEUX TRICOLORES POTEAU PTT POTEAU EDF Bois (BT) POTEAU EDF Béton (BT) POTEAU EDF Béton (MT) LAMPADAIRE FONTAINE (sortie d'eau) PANNEAU DE SIGNALISATION PYLONE EDF HT PANNEAU PUBLICITAIRE ARBRES, FEUILLUS, RESINEUX PALMIER, OLIVIERS 	<ul style="list-style-type: none"> TALUS RUPTURE DE PENTE TALUS ROCHEUX TALUS BETON AXE VOIE MARQUAGE AU SOL BANDE DE RIVE CHEMIN BORD GOUDRON MARQUAGE AU SOL SIGNALISATION CLOTURE RESEAU AERIEN (BT) RESEAU AERIEN (MT) RESEAU AERIEN PTT GLISSIERE DE SECURITE 	<ul style="list-style-type: none"> VEGETATION SENS DE PLANTATION HAIE D'ARBRES HAIE MUR MUR BAHUT MUR DE SOUTÈNEMENT BORDURE TROTTOIR CANIVEAU BATIMENT BETON, DIVERS BUSE COTE FIL D'EAU PLOT D'AMARRAGE
---	---	--	---

Planche 9 : Fontaines

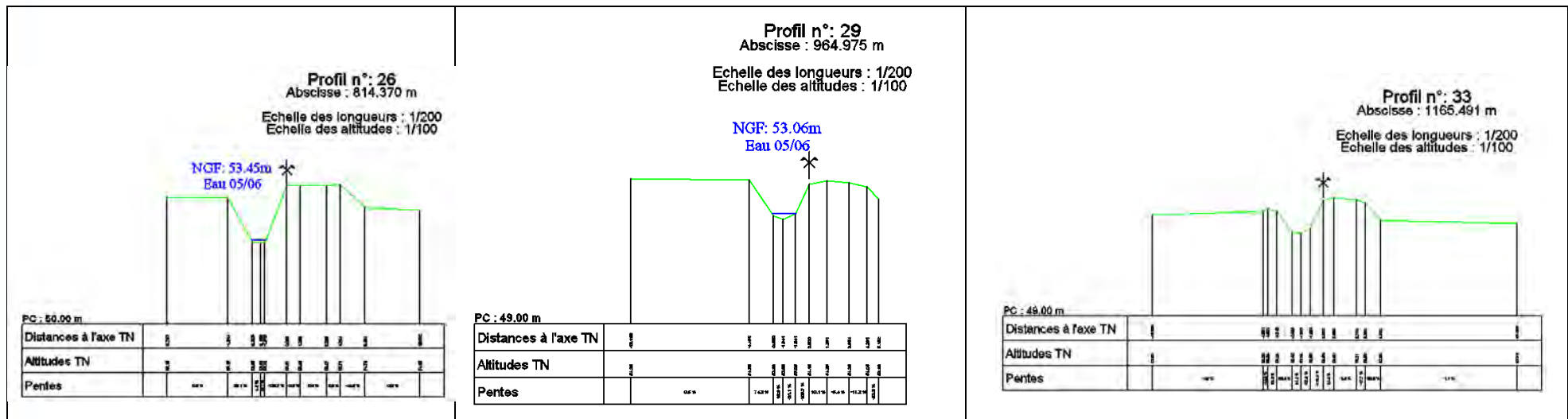
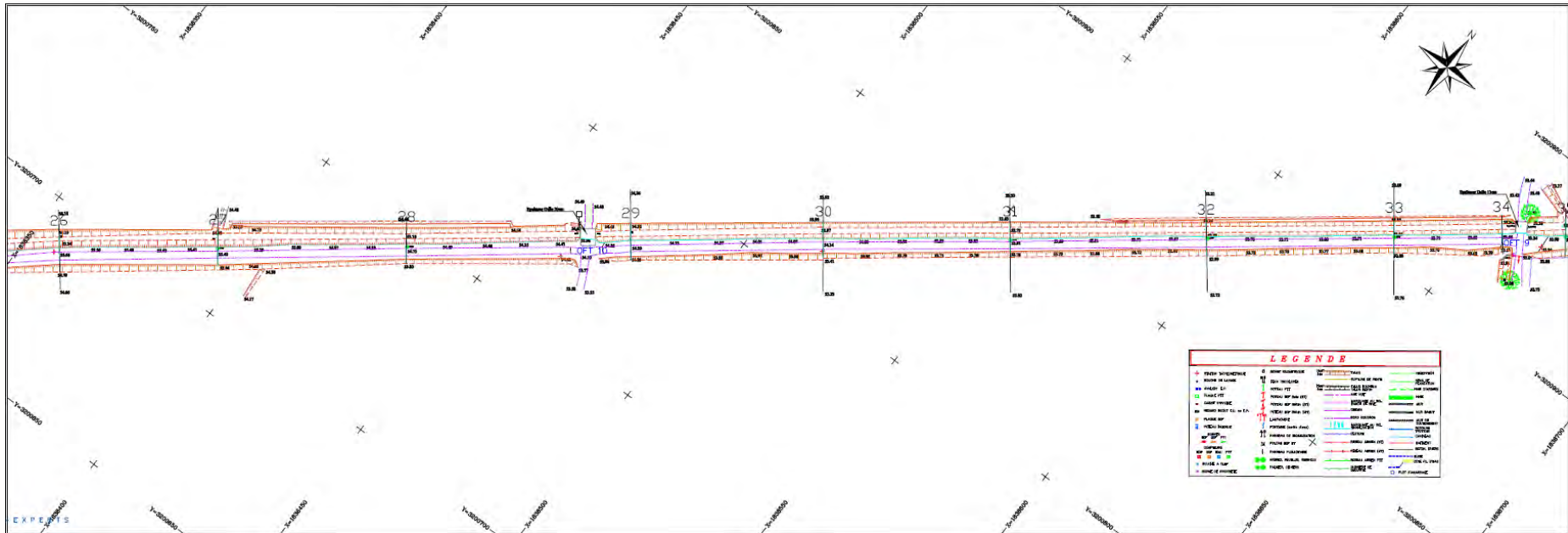


Planche 10 : Fontaines

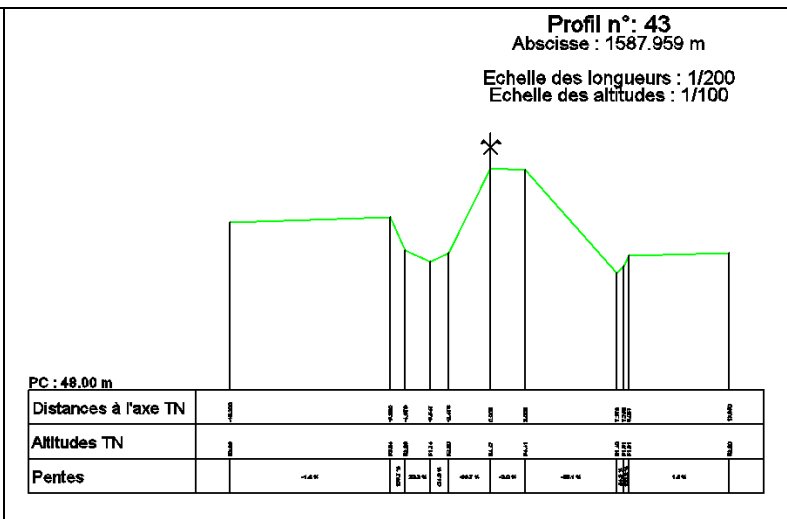
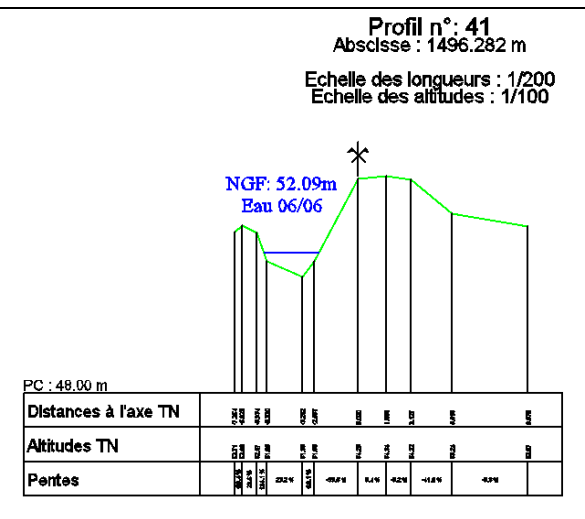
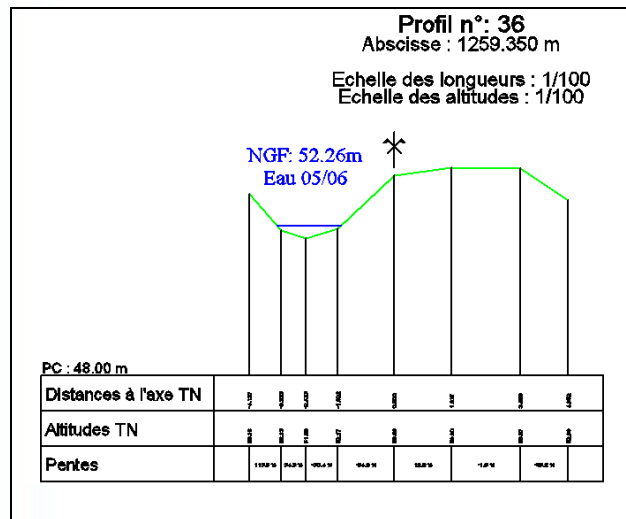
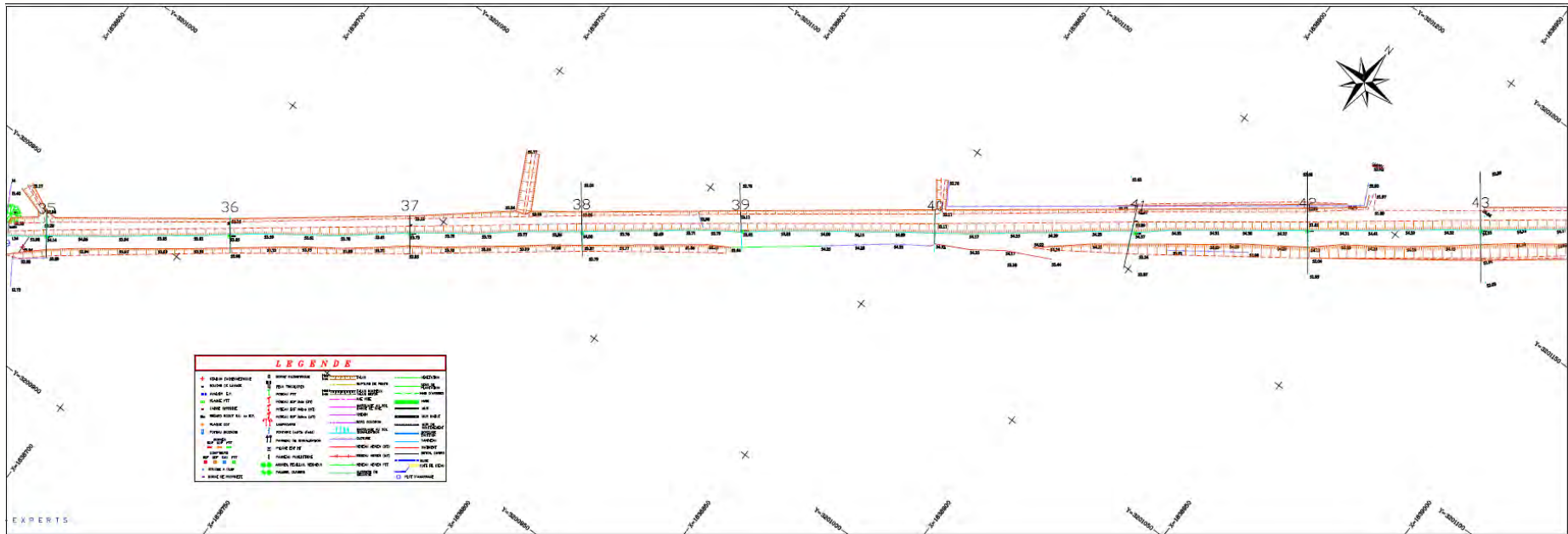


Planche 11 : Fontaines

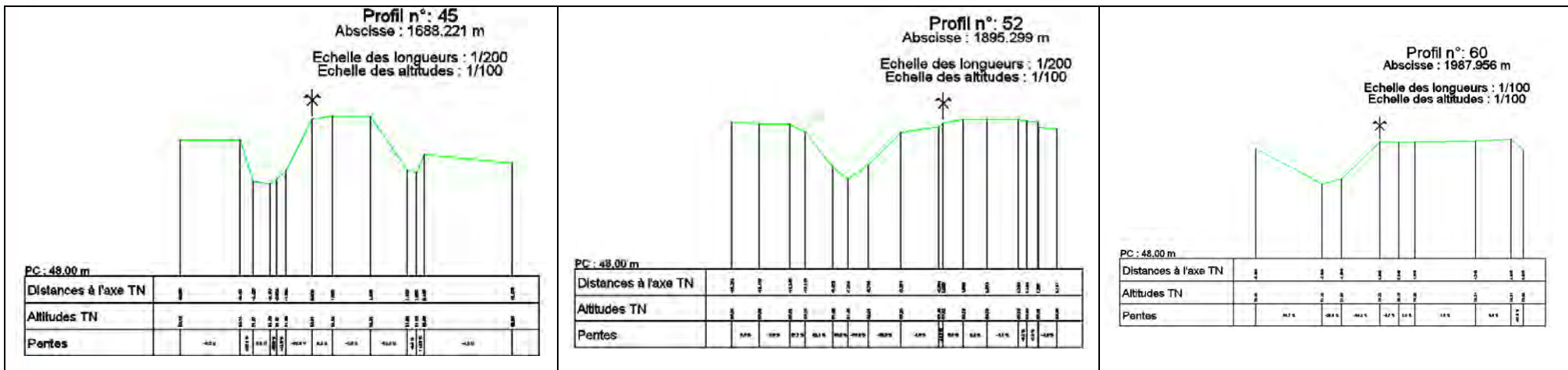
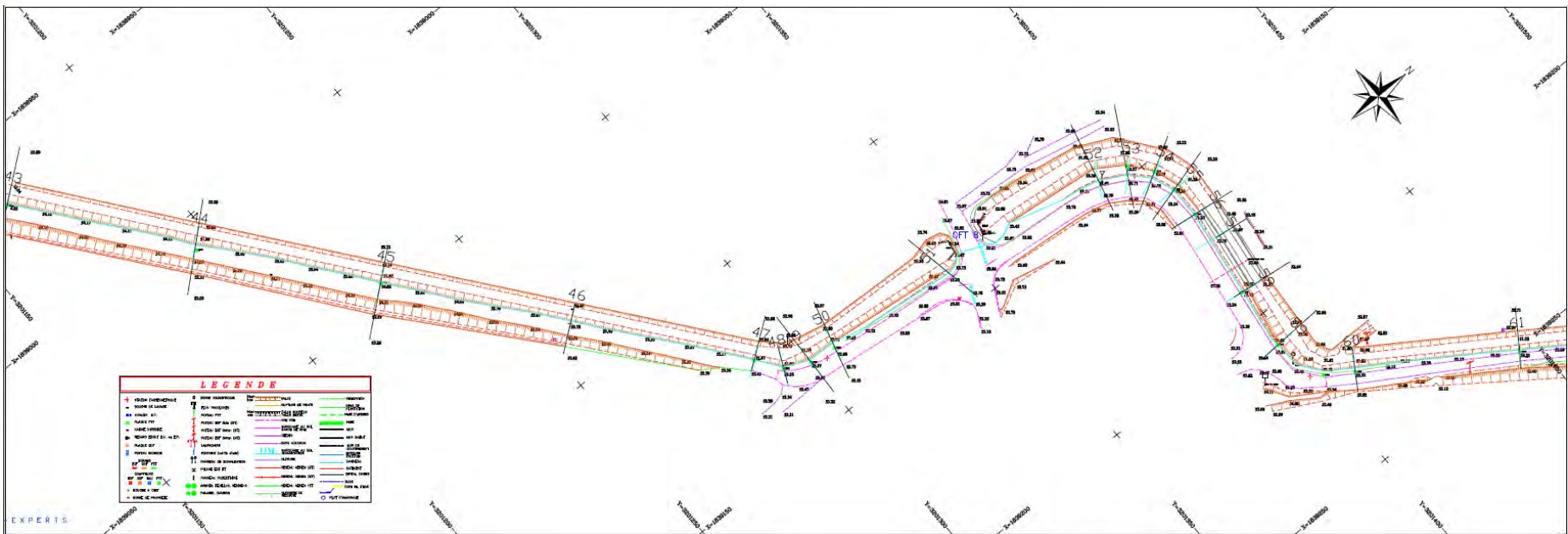
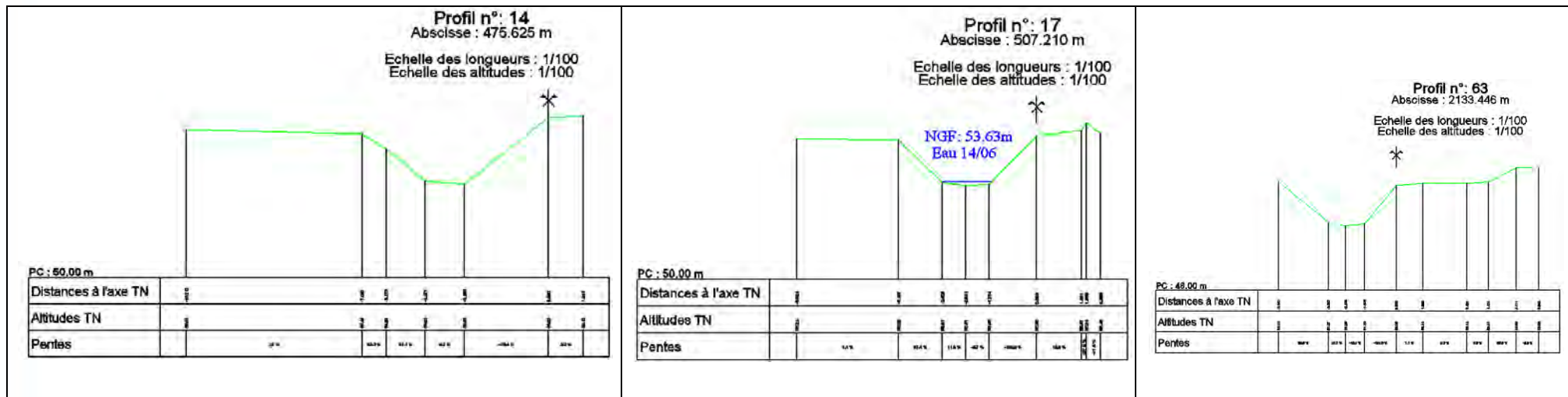
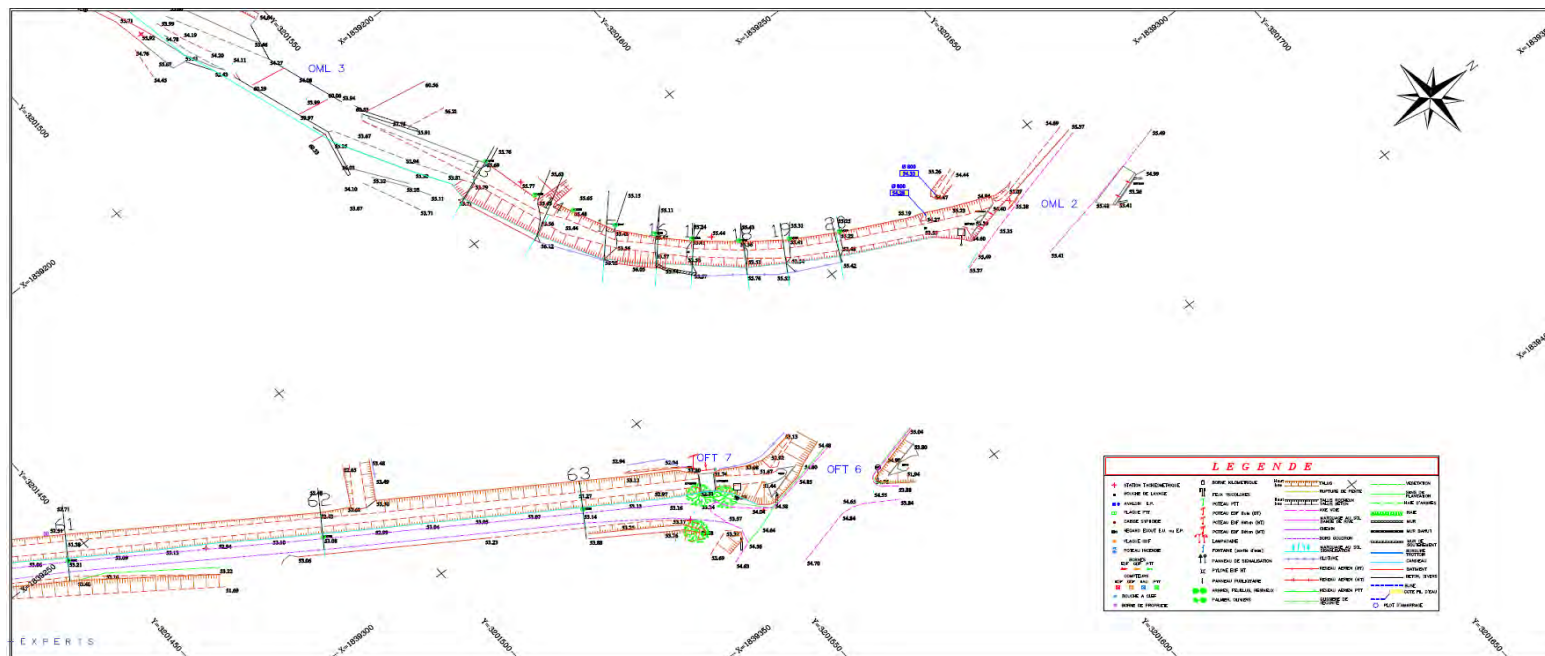


Planche 12 : Fontaines Sud – Malaven Nord (aval)



E. Etude morphodynamique

E.1 Méthode d'analyse morphodynamique des ouvrages de protection

E.1.1 L'approche générale

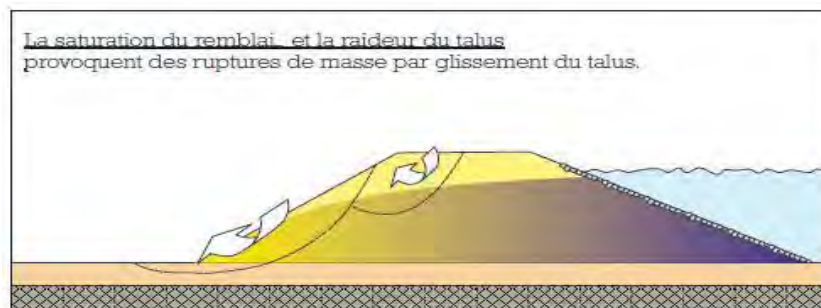
L'objectif de l'approche morphodynamique est d'identifier les zones à risque et les évolutions défavorables, relativement à l'action de l'eau lors des phases de crues et de décrues.

Le type de profil en travers des digues en remblai assure en général une stabilité d'ensemble qui est assez largement vérifiée dans les différents cas de charges hydraulique.

Le risque d'instabilité d'ensemble sous la charge hydraulique existe en particulier lorsque les trois facteurs suivants sont réunis :

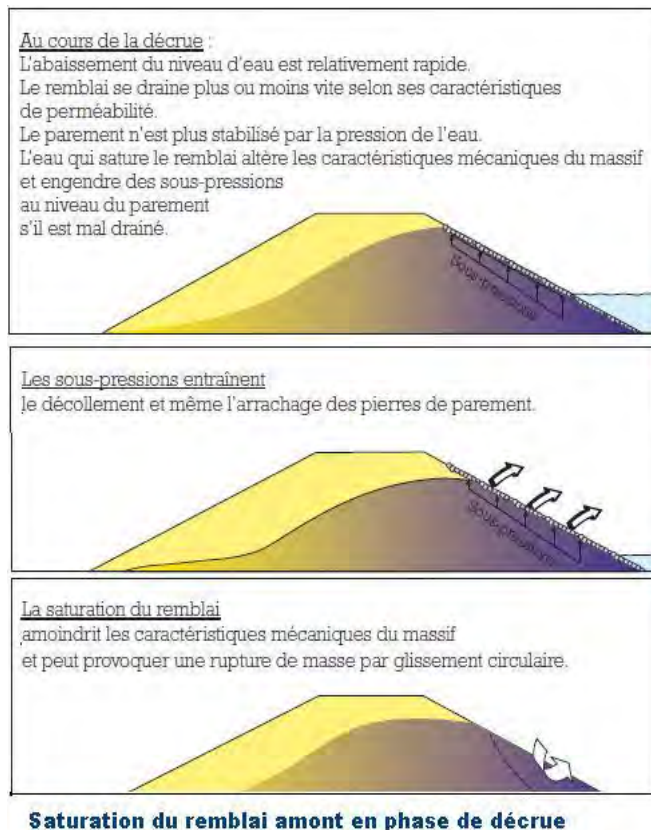
- ⇒ Un profil de digue étroit avec des pentes de talus fortes (pentes supérieurs à 2V /3H)
- ⇒ Piézométrie élevée dans la digue liée à l'absence de drainage et à la présence de couches hétérogènes
- ⇒ Faible compacité et donc faibles caractéristiques mécaniques des matériaux du remblai, ou présence d'une couche argileuse sous-consolidée au niveau de la fondation.

Ainsi, du côté terre, la saturation du remblai et la raideur du talus ont tendance à provoquer des ruptures de masse par glissement du talus.



Saturation du remblai et raideur du talus

Un autre type d'instabilité peut se produire sur le talus coté rivière, lors d'une phase de décrue rapide. Ce phénomène (cf. figure ci-dessous, saturation du remblai amont en phase de décrue), lié aux sous-pressions se développant pendant la période des hautes eaux, concernent surtout les digues constituées de matériaux argileux et dont les pentes sont raides ou des perrés trop étanches.



A noter par ailleurs que ces facteurs sont potentiellement réunis dans les zones d'anciennes brèches dont la réparation n'a pas toujours été menée dans les meilleures conditions. La recherche sur les causes de ruptures de digues lors de grandes crues montre que les brèches ont tendance à se produire à l'endroit ou à proximité d'ancienne brèche. Cette inégale répartition s'explique aussi par le fait que, dans certains tronçons, la digue tente de s'opposer à une évolution morphodynamique puissante du cours d'eau d'où il résulte une faiblesse chronique.

E.1.2 Le diagnostic de stabilité

Les digues faisant l'objet de la présente étude sont des ouvrages de hauteurs limitées. Leur stabilité est donc a priori moins critique que celles d'ouvrages de tailles plus importantes comme les barrages. Cependant et contrairement à ces derniers, les digues ne sont pas sollicitées en temps normal et on ne peut donc pas se fier à l'observation de leur comportement courant pour en déduire leur niveau de sécurité en situation extrême. Ceci nous amène à prendre des marges de sécurité plus importantes avec ce type d'ouvrage.

Pour ce faire, des critères géométriques sont proposés dans l'ouvrage du CEMAGREF intitulé « Surveillance, entretien et diagnostic des digues de protection contre les inondations - Guide pratique à l'usage des propriétaires et des gestionnaires, » de P. Mériaux et al.

La pente des talus de la digue et son volume constituent les premiers éléments à prendre en compte. Il existe ainsi deux critères fondamentaux qui permettent d'évaluer la stabilité des ouvrages :

- ⇒ Le rapport L/H , où L est la largeur en base de la digue et H la hauteur de la digue prise sur le val protégé. Il permet d'apprécier le risque d'instabilité lors d'écoulements

ou de filtrations d'eau à travers l'ouvrage lorsqu'il est en charge, on peut associer ce critère au gradient hydraulique. Les phénomènes d'écoulements au sein des ouvrages en terre sont naturels mais le gradient hydraulique doit rester relativement faible afin de limiter la vitesse d'écoulement, si cette vitesse est trop élevée, le risque d'initiation d'érosion interne type « renard » est élevé.

⇒ Le critère L/H doit avoir une valeur supérieure à 8 afin d'éviter le risque d'érosion interne.

⇒ La pente des talus à l'amont et à l'aval de la digue.

Le talus à l'amont doit rester avec une pente relativement faible. Comme indiqué plus haut, lors des phases de crue, le remblai se sature progressivement, les décrues sont généralement plus rapides et le remblai reste saturé. Le risque de glissement du talus amont est dans ce cas élevé si sa pente est trop élevée. Pour le talus à l'aval, la cinématique des phases de crues et décrues est la même. A ce phénomène de saturation du remblai, le talus à l'aval peut également subir une érosion de surface lors de surverse de la digue. Dans ce cas, une pente faible permet de limiter la vitesse d'écoulement à la surface du talus et de limiter le risque d'endommagement du talus aval pouvant conduire à l'ouverture d'une brèche.

Ainsi, des pentes de talus aval et amont supérieures 1(Vertical)/3(Horizontal) présentent des risques d'instabilité respectivement à la crue puis à la décrue du fait de la saturation du remblai. A noter qu'au delà de la valeur de 2V/3H, il y a un risque élevé de glissement des talus.

La suite du rapport présente l'analyse du risque d'instabilité pour chaque digue avec les deux critères précédents qui sont calculés par profils en travers. Ainsi, pour chaque profil en travers levé, les critères permettent d'évaluer les risques encourus par les digues vis-à-vis de leur stabilité hydraulique et géométrique.

E.2 Digue des Fontaines

E.2.1 Stabilité hydraulique

La digue de Fontaine est principalement réalisée en déblai dans le sol et est délimitée en rive droite par une digue au profil en travers caractéristique sur la majorité de son linéaire.

Le diagnostic basé sur le rapport L/H présenté dans la suite du document est basé sur les profils en travers caractéristiques de la roubine et la plupart des profils en travers levés sont à même d'être soumis à ce critère.

Les numéros de profils en travers sont basés sur les relevés topographiques (fichier autocad 12099) numérotés de 1 à 61. Seule la rive droite de la roubine présente un profil caractéristique, les rives sont définies dans le sens amont vers l'aval de l'écoulement.

- Rive droite

N° profil en travers	Hauteur (m)	Largeur de base (m)	Rapport L/H	N° profil en travers	Hauteur (m)	Largeur de base (m)	Rapport L/H
P1	1.35	5.4	4.0	P24	0.92	7.1	7.7
P2	1.71	5.2	3.0	P26	0.93	5.8	6.2
P3	1.53	4.8	3.1	P27	0.69	5.7	8.3

P4	1.5	4.9	3.3	P28	0.73	5.8	7.9
P5	1.43	4.8	3.4	P29	0.64	5.6	8.8
P6	1.24	4.2	3.4	P30	0.82	5.9	7.2
P7	1.25	4.1	3.3	P31	0.92	5.4	5.9
P8	1.44	4.4	3.1	P33	1.25	6.2	5.0
P9	1.64	4.8	2.9	P34	0.89	5.7	6.4
P10	1.64	4.9	3.0	P35	0.96	6.2	6.5
P11	1.75	4.7	2.7	P36	1.10	6.4	5.8
P12	1.52	4.9	3.2	P39	1.10	7.0	6.4
P13	1.53	5.2	3.4	P40	2.27	9.4	4.1
P14	1.83	5.4	3.0	P41	2.47	8.8	3.6
P15	2.05	5.7	2.8	P42	2.26	8.7	3.9
P16	2.16	5.4	2.5	P43	2.06	9.1	4.4
P18	0.98	3.7	3.8	P44	2.13	7.7	3.6
P20	1.64	6.3	3.8	P52	0.36	8.2	22.8
P21	1.60	4.9	3.1	P53	0.49	9.0	18.4
P22	1.55	4.7	3.0	P54	0.48	8.0	16.7
P23	0.67	4.9	7.3				

Tableau : Critère d'instabilité géométrique lié au gradient hydraulique. Les profils portés en rouge présentent un risque – Rive droite de la roubine de Fontaine

La plupart des tronçons de la digue en rive droite présentent un risque d'instabilité hydraulique. Ce risque est traduit par une possibilité d'érosion interne de la digue lié à des vitesses d'écoulement de l'eau trop importantes au cœur de la digue. L'érosion interne est initiée par un phénomène de renard et peut se développer jusqu'à créer une brèche à travers la digue. La valeur de 8 du critère est une valeur moyenne considérée pour des digues dont les matériaux contiennent une frange limoneuse. Une forte proportion de matériaux argileux et limoneux pourrait diminuer sensiblement cette valeur seuil et à contrario une forte proportion de matériaux sableux augmenterait cette valeur. Sur la portion de digue comprise entre les profils en travers P1 à P22, les valeurs moyennes relevées le long de la roubine présente un écart suffisamment significatif à la valeur de 8 pour que le rôle du matériau constitutif de la digue n'intervienne pas dans l'analyse de ce critère. Sur la portion de digue comprise entre P23 et P39, le niveau de criticité vis-à-vis du risque de renard est moindre.

E.2.2 Stabilité géométrique

On propose de retenir un niveau orange correspondant à un risque d'instabilité moyenne (pour des pentes de talus comprises entre 3H/1V et 3H/2V) et un niveau rouge pour un risque d'instabilité élevé (pour des pentes au delà de 3H/2V).

On s'intéresse aux talus intérieurs et extérieurs de la digue situé en rive droite de la roubine Fontaine. Le talus intérieur correspond à l'amont de la digue qui est soumis à l'écoulement hydraulique de la roubine. Le talus extérieur correspond à l'aval de la digue.

⇒ Profils en travers repérés de 1 à 61

N° de profil	Talus intérieur	Talus extérieur	N° de profil	Talus intérieur	Talus extérieur
P1	1.13	1.94	P33	0.78	1.70
P2	1.25	1.30	P34	1.05	1.54
P3	1.24	1.44	P35	1.22	2.15
P4	1.13	1.46	P36	1.28	1.56
P5	1.78	1.56	P37	1.28	-
P6	1.17	1.53	P38	1.16	-
P7	1.29	1.29	P39	1.02	2.73
P8	1.14	1.19	P40	0.94	1.39
P9	1.14	1.21	P41	1.03	1.78
P10	1.24	1.33	P42	1.06	1.21
P11	1.30	1.09	P43	1.00	1.32
P12	1.09	1.55	P44	0.89	1.01
P13	1.21	1.78	P45	0.98	-
P14	1.04	1.44	P46	1.17	-
P15	1.14	1.33	P47	2.11	18.87
P16	0.92	1.36	P48	1.54	19.23
P18	0.71	1.67	P49	1.53	18.87
P20	1.49	2.06	P50	2.00	3.62
P21	1.13	1.50	P51	2.16	4.67
P22	1.32	1.24	P52	1.36	3.64
P23	3.92	2.26	P53	1.62	3.50
P24	0.78	2.23	P54	1.43	2.04
P25	0.80	-	P56	1.39	-
P26	0.81	1.24	P57	1.71	-
P27	0.93	1.91	P58	1.02	-
P28	1.10	2.12	P59	0.73	-
P29	1.31	2.65	P60	0.80	-
P30	1.06	2.40	P61	0.83	-
P31	0.92	1.75			

Tableau : Critère d'instabilité géométrique. En rouge : risque élevé ; En orange : risque moyen.
Roubine de Fontaine

Les pentes des talus intérieurs et extérieurs de la digue parallèle à la roubine constituant la section d'écoulement sont généralement au delà des valeurs critiques. Le talus aval est également susceptible d'être endommagé en cas de surverse pouvant créer un phénomène d'érosion régressive.

E.3 Digue du Malaven

E.3.1 Stabilité hydraulique

La digue de Malaven est principalement réalisée en déblai dans le sol. Une portion en déblai présentant des sections d'écoulement trop faible a été renforcée par des digues et merlons en terre latéraux à l'écoulement de la roubine.

Le diagnostic basé sur le rapport L/H présenté dans la suite du document est basé sur les profils en travers caractéristiques de la roubine. Ainsi certains profils ne sont pas à même d'être soumis à ce critère.

Les numéros de profils en travers sont basés sur les relevés topographiques (fichier autocad 12099.dwg et 09-048_SAFEGE_Pujaut.dwg) numérotés de 1 à 20 pour le premier et PTx-bis pour le second. On distingue la rive droite et la rive gauche de la roubine, les rives sont définies dans le sens amont vers l'aval de l'écoulement. Seule la rive droite présente des profils caractéristiques.

- Rive droite

N° de profil en travers	Hauteur (m)	Largeur de base (m)	Rapport L/H
P4	0.23	1.6	7.0
P9	1.02	5.8	5.7
P10	0.97	4.0	4.1
P11	2.04	6.1	3.0
P12	2.13	5.4	2.5
PT1-bis*			
PT6-bis*			
PT7-bis*			
PT8-bis*	1.20	6.25	5.20
PT9*	0.97	5.97	6.15
PT10*			
PT11*	1.11	3.91	3.52

Tableau : Critère d'instabilité géométrique lié au gradient hydraulique. Les profils portés en rouge présentent un risque – Rive droite de la roubine de Malaven

* :_ Profils complémentaires issus des levés topographiques réalisés par SAFEGE.

Les tronçons de la digue en rive droite présentent un risque d'instabilité hydraulique. Le risque d'érosion interne initiée par un phénomène de renard est élevé.

E.3.2 Stabilité géométrique

On propose de retenir un niveau orange correspondant à un risque d'instabilité moyenne (pour des pentes de talus comprises entre 3H/1V et 3H/2V) et un niveau rouge pour un risque d'instabilité élevé (pour des pentes au delà de 3H/2V).

Etant donné la particularité de la roubine qui présente des sections d'écoulement en déblai dans le sol. Le critère de stabilité des pentes est significatif pour les talus des roubines soumis à l'écoulement. Ainsi, on s'intéresse aux talus de chaque rive (droite et gauche). Ce critère est significatif car il peut traduire un risque important de glissement et d'érosion de la section

d'écoulement de la roubine et éventuellement d'un colmatage partiel de cette section d'écoulement suite à un glissement.

⇒ Profils en travers repérés de 1 à 20

N° de profil	Talus rive gauche	Talus rive droite
P1	1.03	1.25
P2	0.87	0.88
P3	2.13	0.94
P4	1.23	1.03
P5	4.44	0.96
P6	1.56	1.95
P7	1.06	1.62
P9	0.98	0.70
P10	0.87	1.03
P11	0.66	0.99
P12	1.39	0.90
P13	2.54	2.10
P14	1.41	1.28
P15	1.25	1.06
P16	0.80	0.92
P17	0.98	1.03
P18	1.18	0.97
P19	0.99	0.63
P20	1.09	0.70
PT1-bis*		0.71
PT6-bis*	1.05	1.20
PT7-bis*		0.89
PT8-bis*	0.62	1.41
PT9*	1.02	1.16
PT10*	0.20	0.20
PT11	0.69	0.69

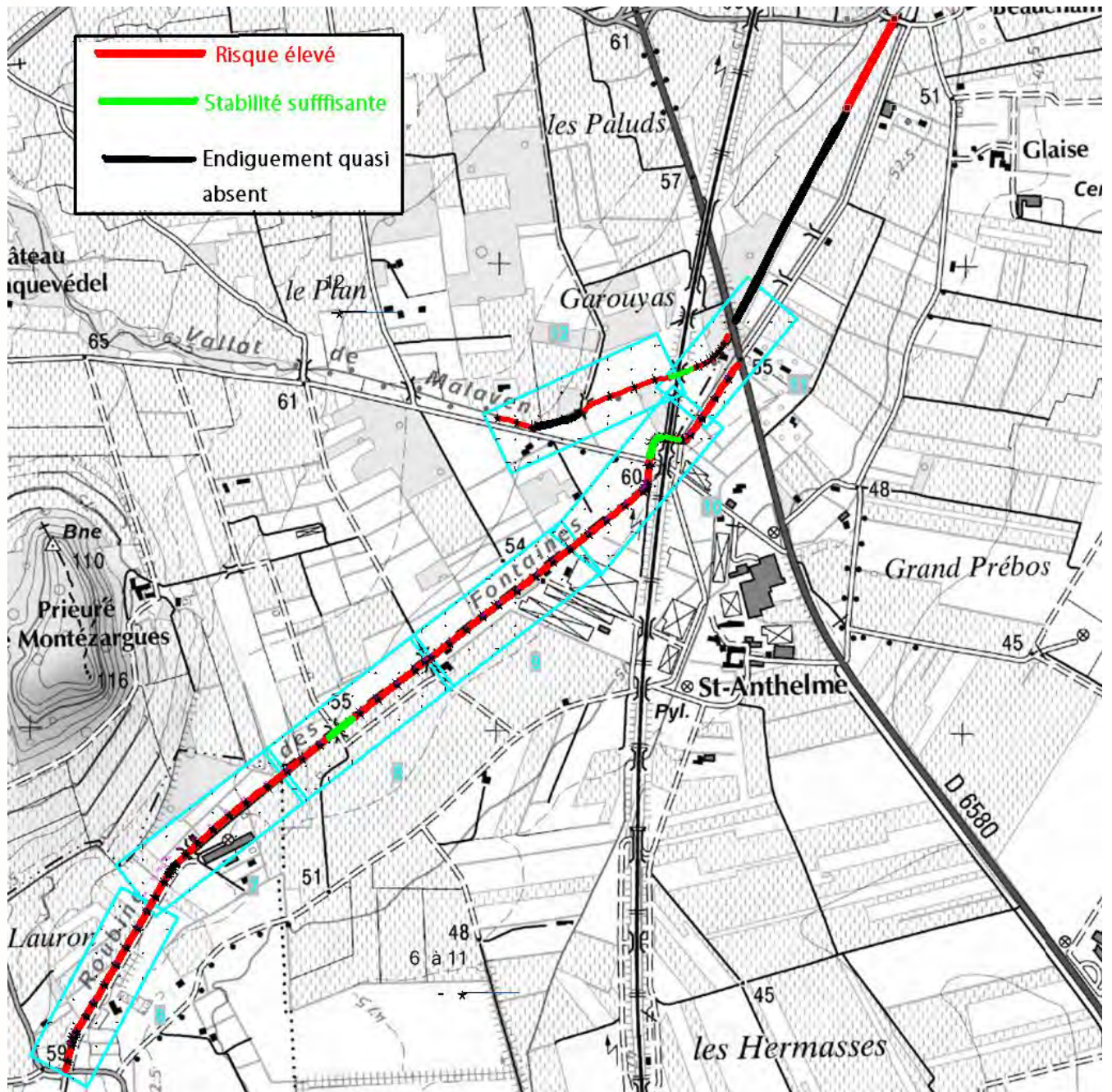
Tableau : Critère d'instabilité géométrique. En rouge : risque élevé ; En orange : risque moyen.
Roubine de Malaven

* : _ Profils complémentaires issus des levés topographiques réalisés par SAFEGE.

Les pentes de la roubine constituant la section d'écoulement sont au delà des valeurs critiques. Au delà de la stabilité même qui est mise en jeu avec un risque de brèche dans les portions contenant une digue ou merlon, ce critère indique également un risque important d'érosion des berges en relation avec les vitesses d'écoulement de l'eau dans la roubine.

E.4 Cartographie

Stabilité hydraulique:

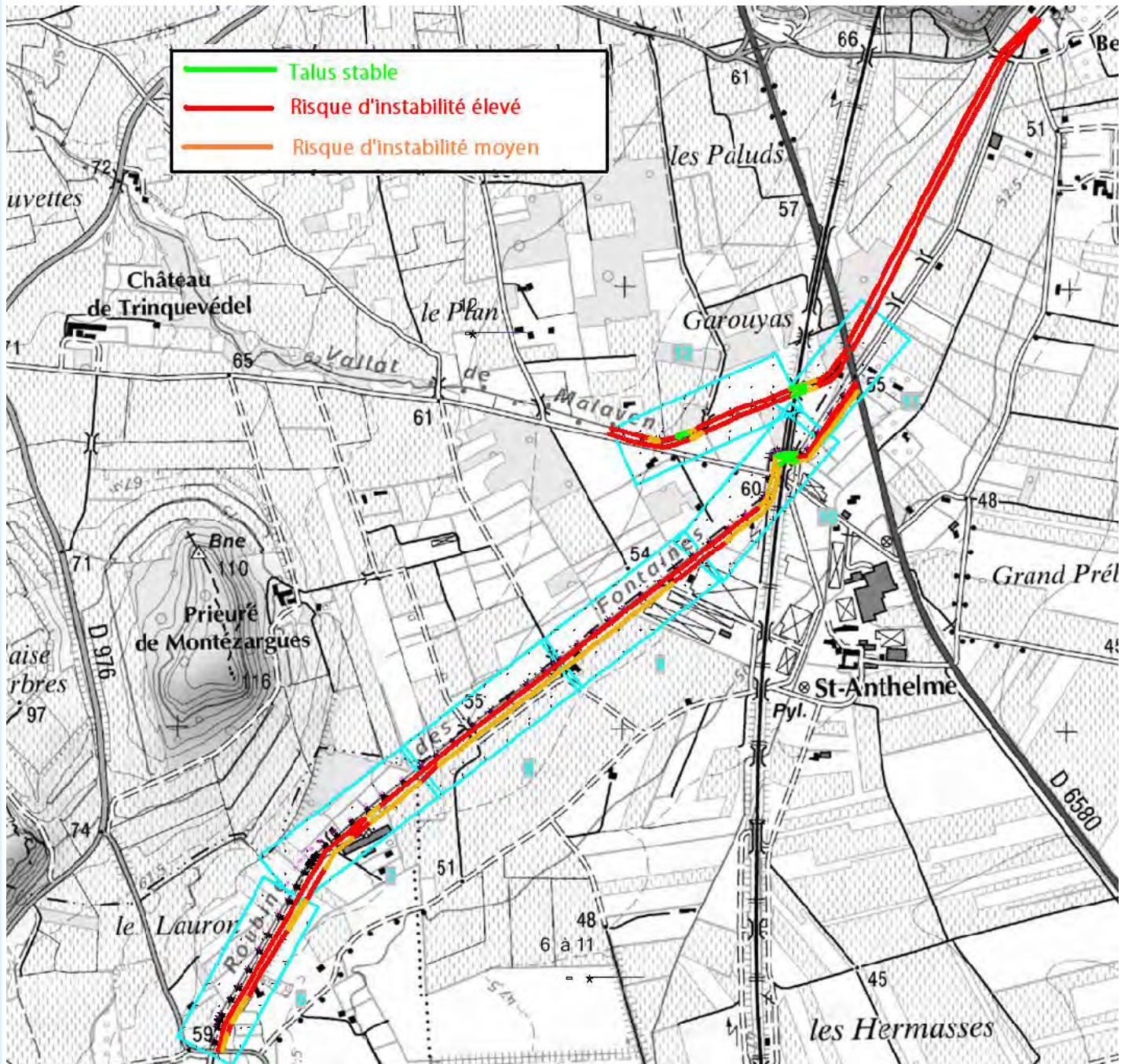


Stabilité géométrique :

Par convention :

- La ligne située en rive gauche désigne le talus en rive gauche.
- La ligne située en rive droite désigne le talus en rive droite.

En ce qui concerne le talus côté intérieur, en présence d'un merlon, la hauteur du talus est prise depuis la crête de digue.



F. Etude hydrologique

F.1 Caractérisation hydrographique du bassin versant des roubines

La digue des fontaines d'une longueur de 1760m présente des hauteurs variant entre 1,5m et 3m de haut. Elle se prolonge en aval sur 375 m par une route endiguée passant sous un ouvrage TGV. Elle se prolonge ensuite après la départemental 6580 par la digue du Grès. Les enjeux sous l'influence de cette digue sont principalement des habitations isolées, des infrastructures agricoles, un centre équestre, mais aussi un peu plus loin le hameau de St Anthelme.

L'endiguement du Malaven de 1110m : sa partie aval sur 440m permet de dévier les eaux du Malaven vers la roubine du Grès en passant sous l'ouvrage TGV et l'ouvrage de la D 6580. Elle continue en suite vers le Grès sur une distance de 660m. Les enjeux sur sont du même type que ceux de la roubine des Fontaines. La rupture de ces 2 ouvrages ont causés des dommages importants sur les ouvrages TGV, les serres tunnel et serres cathédrales ainsi que sur les habitations.

Le bassin versant alimentant les roubines des Fontaines et du Malaven peut être défini à partir de la carte (**BRLI, figure 1**) reprise ci dessous, il est composé des sous bassins BV12, BV13, BV14 et BV18 ayant pour exutoire PR2 sauf BV14 dont l'exutoire est PR1 (Amont Tavel). Le sous bassin BV11 a pour exutoire PR3 (roubine du four) mais il peut néanmoins contribuer sous forme d'apports latéraux dans la roubine partie aval de Malaven.

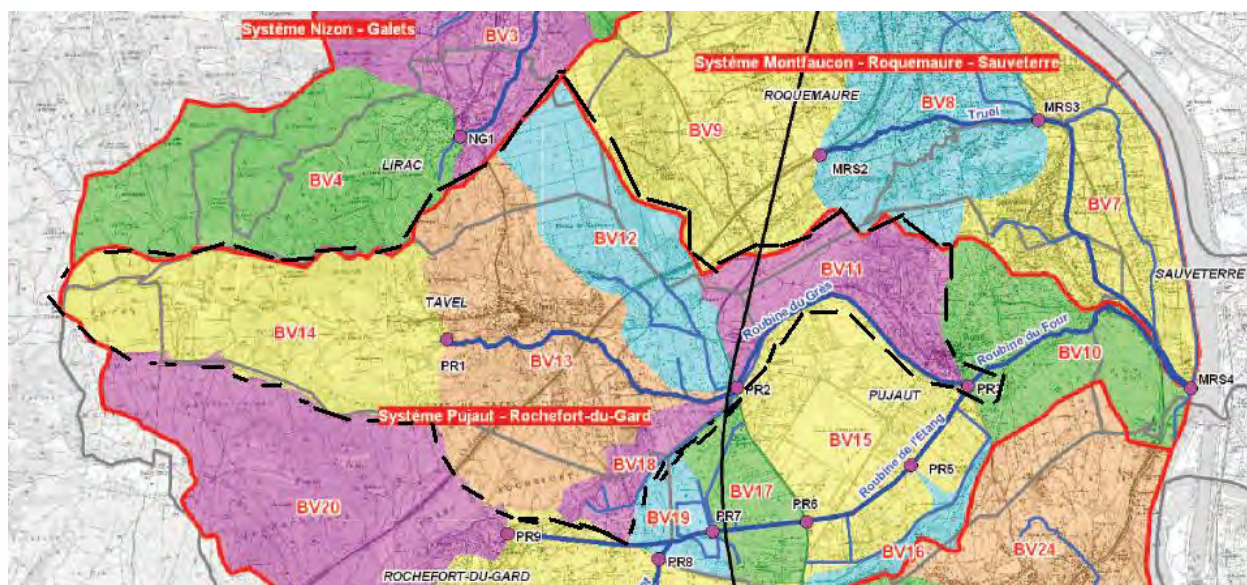


Figure F-1 : sous bassins versants (en pointillés noirs) du système Fontaines-Malaven

On s'intéresse alors dès à présent aux bassins BV11, BV12, BV13 et BV14, BV18. Les caractéristiques des sous-bassins versants de la zone d'études sont décrites dans le tableau suivant (source BRLi ; Mai 2007) :

Sous-bassin	Superficie drainée (ha)	Cheminement hydraulique le plus long(m)	Pente moyenne (m/m)	Occupation du sol			
				Zone urbanisée	Zone agricole	Zone naturelle	Autres
BV11	466	1 300	0.048	42	216	153	54
BV12	585	4 000	0.018	0	537	47	1
BV13	1062	4 800	0.031	75	412	526	49
BV14	603	3 300	0.026	0	290	313	0
BV18	162	3 000	0.018	5	139	18	0

Tableau F-1: Caractérisation du bassin versant des roubines de Malaven-fontaines

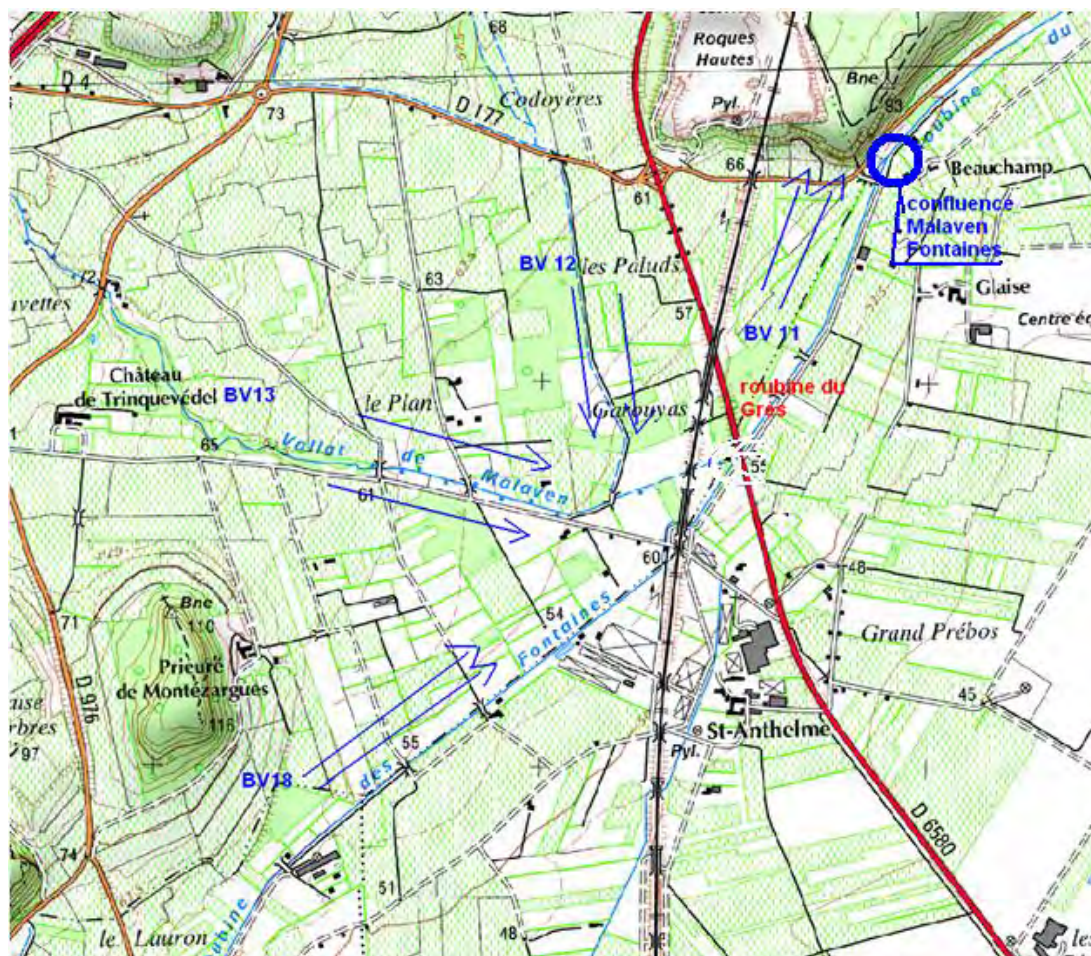


Figure F-2: Fonctionnement hydraulique des roubines

F.2 Phénomènes karstiques

Les informations suivantes issues de l'étude d'analyse des écoulements et des risques de transferts de polluants sur le bassin versant du Malaven (Terra sol et COPRAMEX 2011) ont été reproduites dans l'étude d'ARTELIA EAU & ENVIRONNEMENT-Mai 2012.

Le fonctionnement hydrogéologique est influencé par les terrains calcaires du Barrémien fissurés qui peuvent permettre la circulation d'eaux souterraines. Les formations pliocènes sableuses (pE et pF) et les cailloutis quaternaires (Fv1a) sont des milieux poreux relativement

perméables. Les cailloutis du plateau de Vallongue ne paraissent toutefois saturés qu'à leur base maintenant le Pliocène sous-jacent saturé de manière pérenne.

Sur la base des quelques éléments disponibles sur l'hydrodynamique souterraine, il peut être considéré que:

- Les calcaires urgoniens (n4bU) font l'objet de circulations souterraines profondes avec un drainage général probable vers l'ouest le nord et le sud de la combe du Malaven dès que l'on s'en éloigne de 1 à 2 km. Le système karstique proche de la combe devrait alors soutenir la charge hydraulique des fissures des calcaires Barrémien inférieurs (n4a).
- Les calcaires barrémiens inférieurs (n4a) seraient drainés pour partie au droit de la combe du Malaven.
- Les sables pliocènes du plateau de Vallongue sont le lieu d'écoulements souterrains vers le Sud qui soutiennent les débits des ruisseaux de La Genestière et du Manissy et maintiennent la présence de niveaux d'eaux proche de la surface (quelques mètres) dans les parties les plus basses du bassin (au-delà de l'Autoroute).

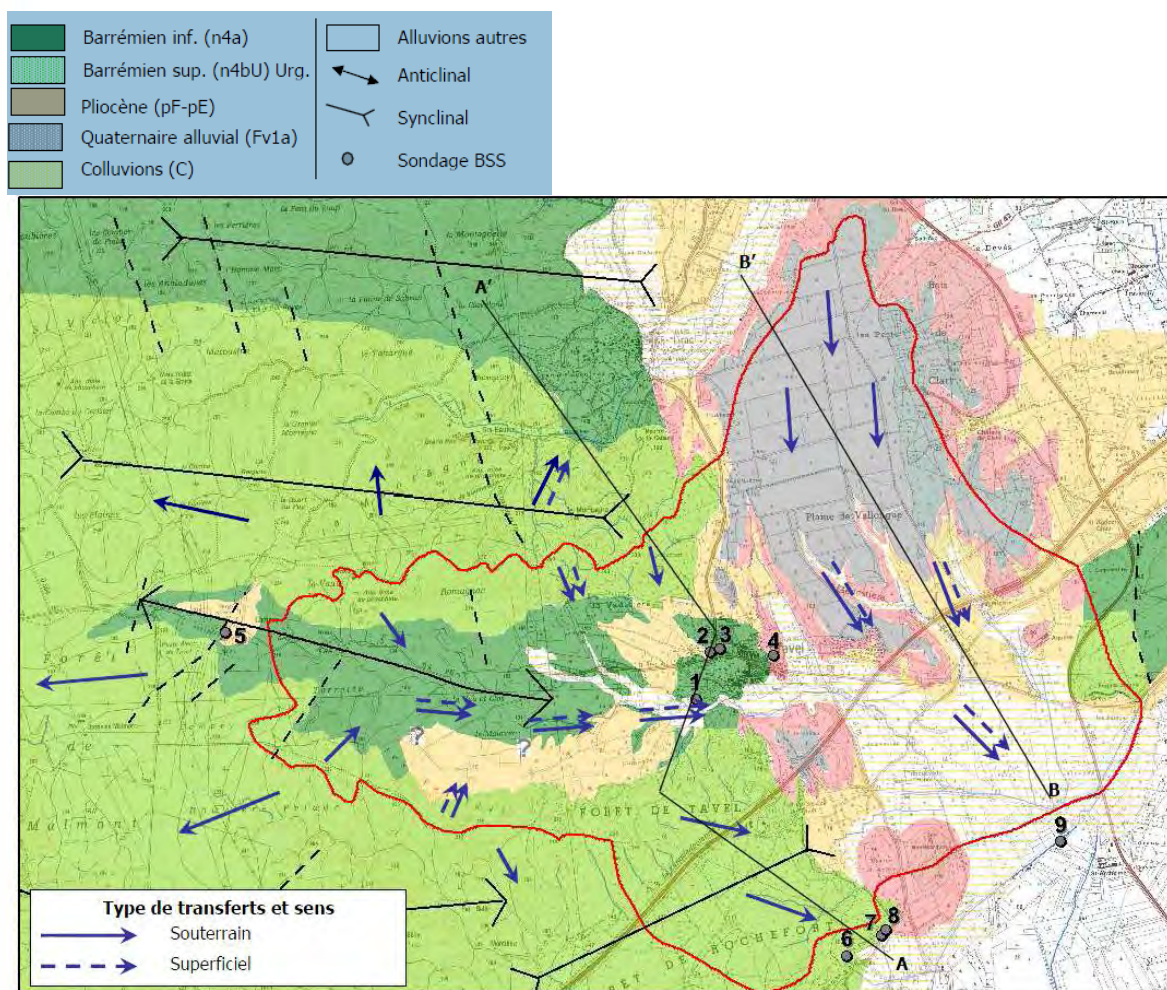


Figure F-3 : carte hydrogéologique (source : Cabinets TERRA SOL et COPRAMEX)

Les bassins karstiques sont caractérisés par la présence de réseaux souterrains parfois complexes. Pour ces types de formations géologiques, le bassin versant topographique ne correspond généralement pas au bassin versant hydrographique. Il devient alors difficile de prévoir la réponse du bassin en termes de débit à l'exutoire puisque la surface drainée peut être très différente de celle prévue. Les bassins karstiques sont caractérisés par leurs réserves dynamiques c'est-à-dire la capacité à stocker avant de réagir comme un bassin à ruissellement. La taille et le taux de remplissage des réserves dynamiques influent sur le temps de réponse des bassins versants. Une prise en compte avec certitude d'un tel phénomène nécessiterait un jaugeage en temps réel des débits de vidange à l'exutoire de chaque bassin.

F.3 Estimation des temps caractéristiques

F.3.1 Temps de concentration

Le temps de concentration représente le temps de parcours de la particule d'eau entre le point de précipitation le plus amont jusqu'à l'exutoire. Il est généralement assimilé au temps de réponse du bassin versant.

Quatre méthodes de calculs sont utilisées afin de déterminer les temps de concentration des sous-bassins versants. Ces équations empiriques sont déjà utilisées dans l'étude de zonage du risque de la commune de SAZE par SAFEGE en février 2012. Elles sont détaillées dans le Tableau suivant :

Méthode	Formule	Données d'entrée	Domaine de validité
Kirpich	$T_c = \frac{0,0195}{60} L^{0,77} P^{-0,385}$	Tc : Temps de concentration en heures L : longueur du plus long cheminement hydraulique en m P : Pente moyenne sur le plus long cheminement en m/m.	20 km ² < superficie < 100 km ² 3% < pente < 10%
Passini	$T_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{P}}$	Tc : temps de concentration en heures A : surface du bassin versant en km ² L : longueur du plus long cheminement hydraulique en km P : pente moyenne sur le plus long cheminement en m/m.	superficie > 40 km ²
Ventura	$T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{P}}$	Tc : temps de concentration en heures A : surface du bassin versant en km ² P : pente moyenne sur le plus long cheminement en m/m	superficie > 10 km ²
Bressand Golossov	$T_c = \frac{L}{\frac{V}{3600}}$ Si P < 1% : V = 1 m/s Si 1% < P < 10%, V = 1 + (P-1)/9 m/s Si P > 10% : V = 2 m/s	Tc : temps de concentration en heures L : longueur du plus long cheminement hydraulique en m V : vitesse moyenne des écoulements en m/s P : pente moyenne en m/m	superficie < 20 km ²

Tableau F-2: Méthodes de calcul du temps de concentration (Tc)

Il est à noter que les méthodes Kirpich, Passini et Ventura sont définies pour des grands bassins versants ruraux et que seule la méthode de Bressand Golossov semble adaptée au domaine d'étude. Cependant, dans l'étude de zonage du risque d'inondation de la commune de Saze, il est précisé par SAFEGE que : *Compte tenu de l'approximation de l'ensemble de ces formules et à défaut de données de calage du temps de concentration, il est communément admis, ainsi que le suggère la DISE du Gard⁹, de prendre par hypothèse la moyenne de ces résultats.*

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Sous bassin	Méthode Kirpich	Méthode Passini	Méthode Ventura	Méthode Golossov	Moyenne
BV11	0,26h	0,90h	1,25h	0,25h	0,67h
BV12	0,91h	2,30h	2,29h	1,02h	1,63h
BV13	0,84h	2,27h	2,35h	1,08h	1,64h
BV14	0,69h	1,81h	1,93h	0,78h	1,30h
BV18	0,73h	1,37h	1,21h	0,76h	1,02h

Tableau F-3: Estimation des temps de concentration (TC)

On note que les méthodes Passini et Ventura, qui sont dans le même ordre de grandeur, donnent des résultats majorés par rapport aux méthodes Kirpich et Golossov (similaires) généralement appliquées pour des petits bassins.

F.3.2 Temps de réponse

Le temps de réponse à la pluie d'un bassin versant désigne l'intervalle de temps qui sépare le centre de gravité de la pluie nette du centre de gravité de l'hydrogramme dû à l'écoulement de surface. Il représente, en d'autres termes, la différence entre les moments où surviennent le maximum de pluie et le maximum de débit.

Selon les préconisations de *Bressand Golossov dans le Gard*, ce paramètre, utilisé pour la mise en œuvre des modèles pluie-débit, a été estimé égale à la moitié des temps de concentration calculés par les formules de Kirpich, Passini, Ventura et Bressand Golossov (présentées précédemment).

Sous bassin	Tems de réponse
BV11	0.33h
BV12	0.81h
BV13	0.82h
BV14	0.65h
BV18	0.51h

Tableau F-4: Estimation du temps de réponse

F.3.3 Choix des périodes de retour des évènements naturels à étudier

L'étude des aléas naturels porte sur la caractérisation de ces aléas qui conduisent à leur cartographie. Pour la caractérisation de ces aléas, 3 périodicités d'évènement sont étudiées :

- ⇒ Evènement fréquent : C'est l'évènement historique ou causant les premiers dommages dont la période de retour est T = 2 ans et T = 10 ans.

⁹ Guide technique de réalisation des dossiers, DISE du Gard, octobre 2008

- ⇒ Evènement moyen : C'est l'évènement historique à documenter de période de retour $T = 30$ ans et $T = 100$ ans.
- ⇒ Evènement extrême : C'est l'évènement historique ou théorique de période de retour $T = 1000$ ans.

F.3.4 Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement (Cr) est le rapport entre la hauteur d'eau ruisselée à la sortie d'une surface considérée (dite "pluie nette") et la hauteur d'eau précipitée (dite "pluie brute").

Il est fortement influencé par l'imperméabilisation des surfaces mais aussi par la pente, le cloisonnement des surfaces de ruissellement (murs, remblais), la fréquence de la pluie.

Les coefficients de ruissellement sont estimés selon les hypothèses d'occurrence suivantes :

- ⇒ Pour des occurrences de pluies = 2ans et 10 ans : moyenne pondérée des coefficients de ruissellements évalués sur base de l'occupation du sol.
- ⇒ Pour des occurrences de pluies = 100 ans : utilisation de la méthode des experts
- ⇒ Pour des occurrences de pluies = 30 ans et 1000 ans ; adaptation de la méthode des experts.

F.3.4.1 Occurrence décennale (Cr_{10})

Le calcul du coefficient de ruissellement pour une occurrence égale à 10 ans s'effectue en fonction de l'occupation du sol définie dans le tableau F-1 par SAFEGE et reprise ci-dessous :

Sous-bassin	Superficie drainée (ha)	Occupation du sol (ha)			
		Zone urbanisée	Zone agricole	Zone naturelle	Autres
BV 11	466	42	216	153	54
BV 12	585	0	537	47	1
BV 13	1062	75	412	526	49
BV 14	603	0	290	313	0
BV 18	162	5	139	18	0

Tableau F-5: Occupation du sol

Pour déterminer le coefficient Cr_{10} , on se réfère aux coefficients issus de l'étude RFF de 2007. Les coefficients de ruissellement associés à chaque classe d'occupation du sol sont présentés dans le tableau suivant :

Occupation du sol	Cr_{10}
Zones urbaines	0.80
Zones industrielles et commerciales	0.70
Espaces verts artificiels	0.12
vignobles	0.30

vergers	0.15
Prairies-friches	0.11
Terres arables	0.15
Garrigues	0.11
Forêts	0.10

Tableau F-6: coefficients de ruissellement décennaux par type d'occupation du sol d'après étude RFF contournement ferroviaire de Nîmes et Montpellier-2007

En pondérant ces coefficients selon le type d'occupation du sol des sous bassins versants, on arrive aux coefficients Cr_{10} présentés dans le tableau suivant :

Sous bassin	Cr_{10}
BV11	0.26
BV12	0.28
BV13	0.23
BV14	0.20
BV18	0.29

Tableau F-7: Coefficients de ruissellement pour une occurrence décennale (Cr_{10})

Nota : Le coefficient de ruissellement est calculé comme suit :

Zone urbaine : $Cr = 0.8$

Zone agricole (la plus part des vignes) : $Cr = 0.30$

Zones naturelle et autres : $Cr = 0.11$ ou 0.10 (prairie-friches ou garrigues ou forêts)

F.3.4.2 Occurrence centennale (Cr_{100})

La méthode utilisée est celle dite « des Experts ». C'est une adaptation de la méthode rationnelle au contexte Gardois¹⁰. Elle évalue l'aptitude au ruissellement des bassins versants en fonction de la capacité de rétention initiale des sols P_0 , elle-même conditionnée par la nature du substrat et l'occupation des sols.

Le coefficient de ruissellement Cr_{100} est calculé comme suit :

$$Cr_{100} = 0.8 (1 - P_0/PJ_{100})$$

Avec : PJ_{100} : Pluie journalière centennale (en mm) égale à 296mm à Nîmes-Courbessac (1947-2009); P_0 : capacité de rétention initiale (en mm), voir ci-dessous.

Détermination de P_0 :

Le croisement des paramètres d'occupation du sol et de nature du substrat permet de déterminer la capacité de rétention initiale P_0 de chaque sous bassin versant. P_0 est tabulé et varie entre 0 et 90 selon la nomenclature suivante :

¹⁰ Cette méthode a été produite pour le compte de la SNCF par J. Astier, M. Desbordes, P. Lefort et A. Limandat (Méthodologie et principes de calcul pour le dimensionnement hydraulique des ouvrages de franchissement des petits bassins versants, décembre 1993)

Couverture végétale	Morphologie	Pente %	Terrain fortement perméable	Terrain perméable	Terrain peu perméable
Bois	presque plat	0-5	90	65	50
	ondulé	5-10	75	55	35
	montagneux	10-30	60	45	25
Pâturage	presque plat	0-5	85	60	50
	ondulé	5-10	80	50	30
	montagneux	10-30	70	40	25
Culture	presque plat	0-5	65	35	25
	ondulé	5-10	50	25	10
	montagneux	10-30	35	10	0

Tableau F-8: Valeurs de la rétention initiale P0 en fonction de l'occupation du sol et de la nature du sol

Ce tableau est présenté dans le document « **Guide technique de réalisation des dossiers rubrique 2.1.5.0 de la loi sur l'eau ; CETE Méditerranée** » de la préfecture du Gard.

La carte utilisée pour définir l'occupation du sol est celle définie par le BRGM et reprise dans les études antérieures récentes (BRLi, SAFEGE, etc.).

Compte tenu de l'hétérogénéité du terrain, la rétention initiale moyenne de chaque bassin est calculée en pondérant sur les types d'occupation du sol. La perméabilité du terrain se comprend par :

Terrain fortement perméable → Sable grossier

Terrain perméable → Limoneux

Terrain peu perméable → Argileux

P_0 est déterminé en analysant la carte « Figure F-4 » « géologique » établie par BRGM et reprise par BRLi ainsi que le tableau F-1 présenté ci-dessus concernant l'occupation du sol. Ces éléments caractérisent la nature du substrat nécessaire pour la méthode des experts.

F.3.4.3 Occurrence égale à 30 ans (Cr_{30})

Le calcul de Cr_{30} se fait en appliquant une adaptation de la formulation dite « des Experts ».

L'expression utilisée pour l'estimation du coefficient de ruissellement est la suivante :

$C = 0,6 (1 - P_0/PJ_{30})$; Avec : PJ_{30} : pluie journalière trentennale, soit 208,8 mm à Nîmes-Courbessac ;

P_0 : capacité de rétention initiale du sol (mm) définie au chapitre précédent.

Les coefficients de ruissellement pour une occurrence centennale (Cr_{100}) retenus sont présentés dans le tableau suivant :

Bassin versant	Superficie (ha)	Capacité de rétention initiale P_0	Cr_{100} (Nîmes-Courbessac 1947-2009)
BV11	466	56.84	0.64
BV12	585	63.76	0.63
BV13	1062	55.82	0.65
BV14	603	57.21	0.64
BV18	162	62.87	0.63

Tableau F-9: Estimation de Cr_{100}

F.3.4.4 Occurrence égale à 1000 ans (Cr_{1000})

Pour un évènement d'occurrence égale à 1000 ans, un cas très exceptionnel, il est prudent de considérer que le sol, quelle que soit sa nature, tend à ne plus s'infiltrer et à se comporter comme une structure imperméable ce qui tend à fixer Cr à 0.8 par adaptation de la méthode des experts.

On estime donc $Cr_{1000} = 0.8$.

F.3.4.5 Coefficients retenus

Le tableau ci-dessous donne les coefficients retenus par période de retour :

Bassin versant	Superficie (ha)	Capacité de rétention initiale P_0	Cr_2 et Cr_{10}	Cr_{30}	Cr_{100}	Cr_{1000}
BV11	466	56.84	0.26	0.44	0.64	0.8
BV12	585	63.76	0.28	0.42	0.63	0.8
BV13	1062	55.82	0.23	0.44	0.65	0.8
BV14	603	57.21	0.20	0.43	0.64	0.8
BV18	162	62.87	0.29	0.42	0.63	0.8

Tableau F-10: Estimation des coefficients de ruissellement

F.4 Pluviométrie extrême de référence

Les enregistrements de la station pluviométrique de Nîmes-Courbessac et de Roquemaure constituent les références dans la région pour la constitution de la pluviométrie « statistique » des études antérieures.

F.4.1 Analyse des données pluviométriques

F.4.1.1 Station pluviométrique de Nîmes-Courbessac

Deux enregistrements sont disponibles pour Nîmes-Courbessac : les périodes de **1964 à 2001** (étude BRLi) et de **1947 à 2009** (étude SAFEGE). Les ajustements statistiques de ces deux chroniques enregistrées sont respectivement présentés dans les tableaux suivants :

Période de 1964 à 2001:

Station de Nîmes - Courbessac : Ajustement de Gumbel avec échantillon de pluie de 6 minutes à 24 heures de 1964 à 2001 (unité mm)

Période de retour	6min	15 min	30 min	1h	2h	3h	6h	12h	24h
2 ans	10.1	18.0	27.1	36.9	45.1	51.4	63.1	73.3	83.2
5 ans	13.6	24.2	37.8	53.6	70.2	86.2	111.4	122.5	132.2
10 ans	15.9	28.3	44.9	64.7	86.9	109.2	143.3	155.0	164.6
20 ans	18.1	32.2	51.7	75.3	102.8	131.3	173.9	186.2	195.7
40 ans	20.2	36.1	58.3	85.7	118.4	153.0	204.0	216.8	226.2
50 ans	20.9	37.3	60.5	89.0	123.5	159.9	213.6	226.6	235.9
100 ans	23.1	41.1	67.0	99.3	138.9	181.4	243.3	256.8	266.1

Tableau F-11: Ajustement statistique (1964-2001)

Station de Nîmes - Courbessac : coefficients de Montana en fonction de la durée de la pluie (d) sur la période de 1964 à 2001

Période de retour	d<3h		d>3h	
	b	a	b	a
2 ans	0.53	33.60	0.77	40.73
5 ans	0.46	50.31	0.80	72.95
10 ans	0.44	61.28	0.81	94.38
20 ans	0.42	71.76	0.82	114.96
40 ans	0.41	82.02	0.82	135.16
50 ans	0.41	85.29	0.82	141.62
100 ans	0.40	95.42	0.83	161.62

Tableau F-12: Estimation du coefficient de Montana (1964-2001)

Période de 1947 à 2009:

Estimation renouvellement Nîmes	Cumuls pluviométriques (mm)								
	0.25	0.5	1	2	3	6	12	24	48
5 ans	23.3	37.2	52.1	70.2	72.5	89.1	103.1	116.9	134.0
10 ans	26.5	42.8	61.8	86.9	94.3	117.5	132.1	148.4	164.0
20 ans	29.3	47.6	70.7	102.8	120.1	152.3	165.9	184.7	196.0
30 ans	30.8	50.1	75.7	115	137.4	176.5	188.5	208.8	215.9
50 ans	32.6	53	81.7	123.5	162.3	211.7	220.4	242.7	242.5
100 ans	34.8	56.6	89.6	138.9	202.1	270	271.1	296	281.7

Tableau F-13: Ajustement statistique (1947-2009)

AJUSTEMENT MONTANA Nîmes Courbessac 1947-2009

T	0.1H < d < 1H		1H < d < 3H		3H < d < 48H	
	a	b	a	b	a	b
5 ans	53.561	0.4077	53.237	0.6853	58.9	0.7836
10 ans	62.576	0.4017	62.914	0.6038	79.74	0.8066
20 ans	70.513	0.4002	71.384	0.5115	106.08	0.8308
30 ans	76.636	0.3513	76.47	0.4509	124.72	0.8454
50 ans	79.864	0.4012	81.31	0.3783	152.58	0.8644
100 ans	86.19	0.4054	88.002	0.2712	199.76	0.8909

Tableau F-14: Estimation du coefficient de Montana

Les enregistrements de la période 1947 à 2009 sont plus représentatifs en termes de durée de pluie (jusqu'à 48h contre 24h pour les premiers enregistrements), de plus, ils couvrent une période plus large dans laquelle appartiennent les plus grands évènements de crues survenus dans la région comme 2002, 2003 et 2004.

F.4.1.2 Données pluviométriques issues de la station de Roquemaure

Les enregistrements de la station de Roquemaure datent de **1989** pour les premières données et ont été utilisés pour la définition d'un Schéma d'aménagement des bassins versants du Gard Rhodanien par BRLi dans son rapport phase 2 de Mai 2008.

Roquemaure – Hauteurs de pluie en mm

Période de retour	100 ans	50 ans	20 ans	10 ans	5 ans	2 ans
P 1HEURE	95.5	84.6	70.0	59.6	49.6	37.4
P 2HEURES	108.9	96.9	81.4	69.6	58.8	45.7
P 3HEURES	123.8	110.0	92.9	80.2	67.9	52.6
P 4HEURES	139.3	121.3	101.7	87.7	74.4	57.6
P 6HEURES	171.7	144.0	116.5	100.3	84.0	64.6
P 12HEURES	218.3	187.4	142.7	121.2	101.0	76.7
P 24HEURES	259.6	216.9	166.0	137.7	113.7	87.6
P 48HEURES	287.2	240.0	182.5	151.1	125.9	97.9
P 72HEURES	294.4	246.8	189.2	158.0	132.2	102.6

Tableau F-15: Ajustement statistique - Roquemaure (1989 -2001)

L'avantage d'utiliser ces données serait sur la durée de pluie qui atteint 72h contrairement aux données précédentes. Cependant, la période couverte (à partir de 1989) est trop courte par rapport à celles de Nîmes-Courbessac et il serait donc plus judicieux de se référer à la station

de Nîmes-Courbessac où l'on dispose également des coefficients de Montana utilisés pour déterminer l'intensité de la pluie (voir plus loin).

F.4.1.3 Comparaison avec les autres stations de la région

Dans l'étude de zonage du risque d'inondation à l'échelle communale de SAZE, SAFEGE a établi une étude comparative des différentes stations disponibles dans le Gard et a conclu à partir des tableaux et courbes ci-dessous qu'il est judicieux de considérer la station Nîmes-Courbessac particulièrement par la méthode GEV comme référence.

Méthode renouvellement Nîmes Courbessac						
<i>Durée de la pluie (h)</i>	1	3	6	12	24	48
P100 ans (mm)	89.6	202.1	270	271.1	296	281.7
P10 ans (mm)	61.8	94.3	117.5	132.1	148.4	164

Estimation SHYREG Nîmes						
<i>Durée de la pluie (h)</i>	1	3	6	12	24	48
P100 ans (mm)	97.4	128.4	180.5	234.5	284.5	315.8
P10 ans (mm)	60.4	83.8	95.6	103.6	152	168.6

Estimation SHYREG Saze						
<i>Durée de la pluie (h)</i>	1	3	6	12	24	48
P100 ans (mm)	95.2	121	166.6	208.5	245.4	271.4
P10 ans (mm)	60.3	78.8	98.2	118	133.5	146.7

Tableau F-16: Comparaison des cumuls pluviométriques estimés à Nîmes et Saze pour T=10 ans et 100 ans par différentes méthodes et sur une période de 48h.

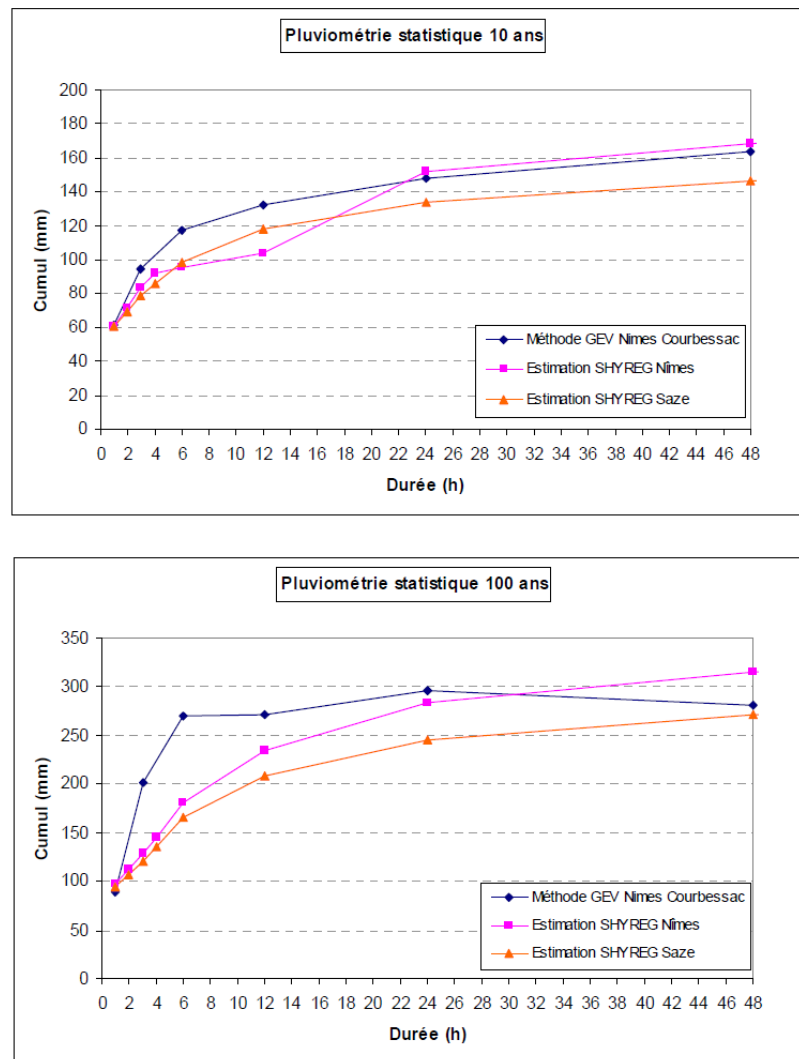


Figure F-5 : Comparaison des cumuls pluviométriques estimés à Nîmes et Saze pour $T=10$ ans et 100 ans par différentes méthodes et sur une période de 48h.

Globalement, on observe des courbes de tendance semblables pour les différentes méthodes. Les données SHYREG estimées au droit de la station de Saze sont généralement inférieures à celles calculées pour Nîmes, particulièrement par la méthode GEV.

Compte tenu des caractéristiques des bassins versant étudiés, nous nous intéresserons plus particulièrement aux pluies de faibles durées, inférieures à 6h. Nous avons donc décidé, pour ces raisons, de retenir pour la suite de l'analyse hydrologique les estimations statistiques obtenues par la méthode GEV sur Nîmes.

F.4.2 Analyse des événements historiques vis-à-vis des études statistiques

Les dates ci-dessous désignent les événements les plus forts depuis 1971 classés par ordre décroissant en termes d'ampleur et de dégâts.

- ⇒ 8 et 9 septembre 2002
- ⇒ Juillet 1991
- ⇒ Décembre 2003
- ⇒ 17 août 2004

F.4.2.1 Evènement des 8 et 9 septembre 2002

Cet évènement a touché un vaste secteur géographique du Vaucluse jusqu'à l'Hérault. La pluie qui s'est rapidement transformé en évènement orageux stationnaire s'est divisée en deux corps d'averse : Un pic très important le 8 dans la soirée et un second pic le 9 au matin.

L'image radar de Météo France traitée par le système Calamar permet d'estimer par interpolation la pluie au droit de Rochefort du Gard, de Pujaut et de Saint Génies de Comolas. Les cumuls pluviométriques estimés sont synthétisés dans le tableau suivant :

Situation	Pluie totale (mm)	Pluie max en 3h (mm)	Pluie max en 6h (mm)	Pluie max en 12h (mm)	Pluie max en 24h (mm)
Rochefort du Gard	310	117	176	179	280
Pujaut	315	111	161	178	276
Saint Génies de Comolas	264	264	289	400	422

Tableau F-17 : cumuls pluviométriques de la crue de 2002

Ramené aux études antérieures (station de Nîmes-Courbessac 1947-2009), cet évènement serait qualifié de centennal sur 24 heures, vicennal sur 3h, 6h et 12h.

En se référant de la durée (supérieure à 24h), de la quantité de pluie totale (un peu au dessus des valeurs centennales journalières) et de l'ampleur géographique, l'évènement de 2002 peut être qualifié de crue exceptionnelle d'ordre centennale.

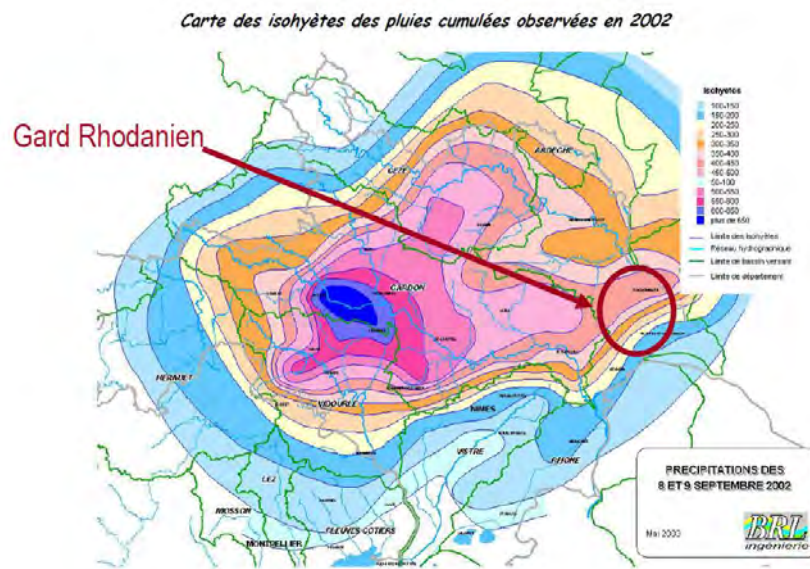


Figure F-6 : Isohyètes des pluies cumulées observées en septembre 2002

F.4.2.2 Evènement de juillet 1991

En juillet 1991, de fortes pluies (200mm en 6h Roquemaure) ont engendré des inondations importantes sur le secteur du Gard Rhodanien. Il est classé dans les 4 plus forts enregistrés depuis 1971 à Roquemaure.

Ramené aux études antérieures (station de Roquemaure 1989-2001), cet évènement serait qualifié de centennal sur 6 heures.

F.4.2.3 Evènement de décembre 2003

Il est intervenu après un mois de novembre 2003 particulièrement pluvieux, donc sur des sols saturés. Il tombé 300 mm de pluie dans le Gard en 3 jours. Il est souligné dans les études antérieures d'importants ruissellements dans le Gard qui seraient liés à la saturation des sols durant le mois de novembre. Dans la délimitation des zones inondées, on note les accumulations d'eau liées à la pluviométrie locale dans les étangs de Pujaut et Rochefort du Gard, dans la plaine de Villeneuve et Lès-Avignon et dans les cuvettes de Montfaucon.

Ramené aux études antérieures (station de Roquemaure 1989-2001), cet évènement serait qualifié de centennal sur 72 heures.

F.4.2.4 Evènement du 17 août 2004

Cet évènement du 17 Août 2004 est classé 4^{ème} parmi les 4 plus forts enregistrés depuis 1971. Il s'est produit de manière très brutale sur une courte durée de 4h un cumul de 128.9mm a été mesuré à la station de Pujaut.

Durée (h)	1	2	3	4
Cumul (mm)	59	94,2	121,3	128,9

Tableau F-18 : cumuls pluviométriques maximaux mesurés le 17 Août 2004

En cumul maximal et ramené aux statistiques antérieures (Nîmes-Courbessac 1947-2009), cet évènement serait qualifié de décennal sur une durée de 1 heure et de 2 heures, et de vicennal pour 2 heures et 3 heures.

F.4.3 Pluies de projet

Généralement pour une étude de dangers, trois occurrences (10 ans, 100 ans et 1000 ans) sont considérées pour la caractérisation des risques liés aux différents scénarii étudiés. La pluie de projet est alors définie pour ces trois occurrences et est censée produire les mêmes effets que la pluie réelle, bien que fictive, au niveau des bassins versants.

Parmi les données pluviométriques (GEV Nîmes) analysées ci-dessus, on retiendra celles issues de la station de Nîmes-Courbessac (1947 à 2009) pour sa période de mesure très étendue et de ses valeurs majorées de 10 à 15% par rapport aux autres (voir courbes ci dessous). Cela correspondrait au cas le plus défavorable.

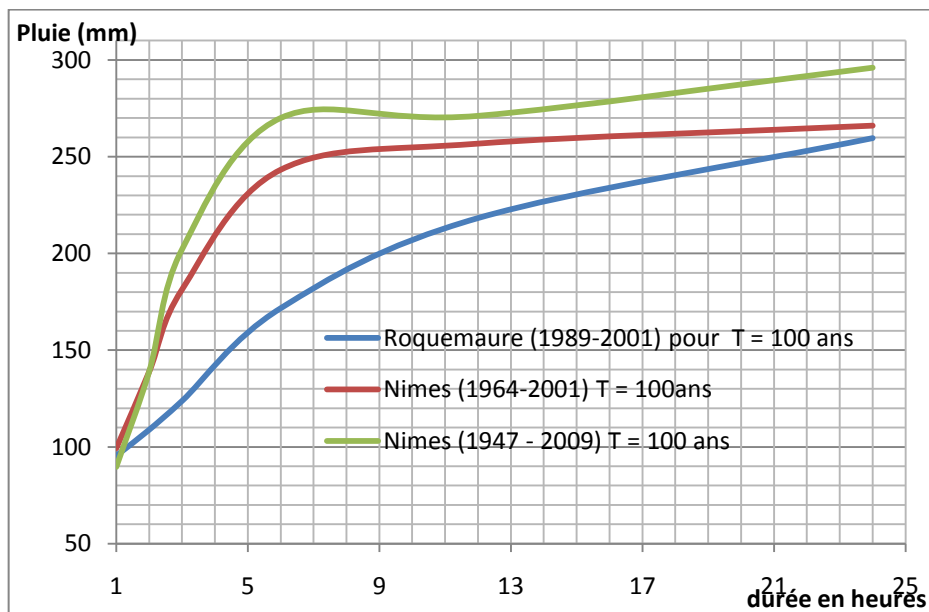


Figure F-7 : courbes de comparaison des ajustements statistiques des trois chroniques de données étudiées pour une occurrence centennale.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs pour les périodes d'occurrences 2ans, 10 ans (court terme), 30 ans, 100 ans (moyen terme) et 1000 ans (exceptionnelle) retenues pour estimer les débits au niveau des exutoires des sous-bassins versants.

T (années)	Durée en heures								
	0,25	0,5	1	2	3	6	12	24	48
2	19.25	30	38	47.19	53.40	66.86	78.92	91.56	116
10	26,5	42,8	61,8	86,9	94,3	117,5	132,1	148,4	164
30	30.8	50.1	75.7	115	137.4	176.5	188.5	208.8	215.9
100	34,8	53	89,6	138,9	202,1	270	271,1	296	281,7
1000	43,68	71,7	118	191,07	289,06	388,93	384,67	417,73	386,38

Tableau F-19 : Pluviométries extrêmes de référence en mm

Les coefficients de Montana associés sont alors :

T (années)	d < 3h		d > 3h	
	A	b	a	b
2	34.65	0.55	40.35	0.77
10	62.914	0.6038	79.74	0.8066
30	76.47	0.4509	124.72	0.8454
100	88.002	0.2712	199.76	0.8909
1000	115.03	0.0260	290.72	0.9687

Tableau F-20 : coefficients de Montana associé aux pluies de référence.

Nota : Les pluies pour T = 2 ans et 1000 ans ont été reconstituées à partir de la droite de Gumbel (loi statistique d'ajustement utilisée pour extrapoler les données à long terme avec la détermination de la courbe hauteur d'eau en fonction de la variable réduite de Gumbel.

Les estimations sont faites de 5 à 100ans, sachant que la méthode utilisée est la loi de Gumbel (ou Fisher- Tippett Type I, celle qui a la meilleure corrélation), il est facile de retrouver les coefficients de la droite ($P = a.Yr + b$, « P et Yr connus ! ») qui a conduit à un ajustement des niveaux extrêmes de 5 à 100 ans pour ensuite calculer les niveaux extrêmes pour les périodes de retour de 2 ans et 1000 ans.

Dans l'équation de la droite de Gumbel :

- ⇒ P est le niveau de pluie (mm) ;
- ⇒ $Yr = -LN(-LN(1 - 1/(\lambda T)))$ représente la variable réduite de Gumbel où T est la période de retour (années) et λ le nombre moyen de tempêtes (ou de niveaux extrêmes) survenues dans une année.
- ⇒ Il suffit alors de fixer T= 2 ans ou 1000 ans pour avoir la pluviométrie correspondante.

L'intensité de la pluie I(mm/h) de durée égale au temps de concentration (Tc) et fonction de la période de retour T est calculée par la formule de Montana : $I = (mm/h) = a Tc (h)^{-b}$.

T (années)	BV11 Tc = 0.67h	BV12 Tc = 1.63h	BV13 Tc = 1.64h	BV14 Tc = 1.30	BV18 Tc = 1.02
2	43.19	26.48	26.39	29.99	34.27
10	80.12	46.84	46.67	53.69	62.17
30	91.60	61.35	61.81	67.94	75.79
100	98.09	77.08	76.95	81.96	87.53
1000	116.23	113.58	113.56	114.25	114.97

Tableau F-21: Estimation de l'intensité de la pluie en mm/h de durée égale au temps de concentration.

Construction de la pluie de projet par la méthode du double triangle

Généralement, les pluies de projet sont caractérisées par des hyétogrammes de formes voisines. Ces derniers sont constitués d'une période de pluie relativement longue d'intensité soutenue, à l'intérieur de laquelle vient s'insérer un épisode plus court, caractérisé par une intensité très forte dont la période de retour est associée à la pluie de projet. L'intérêt de ce modèle, est que les caractéristiques de construction de la pluie de projet (la durée totale de la pluie, la durée de la période intense, les hauteurs précipitées), se déterminent à partir des caractéristiques du bassin versant et des courbes IDF (intensité-durée-fréquence) des précipitations locales.

Compte tenu des temps de concentration observés sur les bassins versants, il est choisi d'utiliser les trois pluies de projet suivantes en fonction de l'ordre de grandeur des temps de concentration pris comme la durée d'intensité pour chaque bassin:

- ⇒ Pluie double triangle d'une durée totale de 6h et d'intensité de 30mn associé aux bassins BV11.

- ⇒ Pluie double triangle d'une durée totale de 6h et d'intensité 1h associé aux bassins BV14 et BV18.
- ⇒ Pluie double triangle d'une durée totale de 6h et d'intensité 1h30 associé aux bassins BV12 et BV13.

La durée totale de pluie de 6h est choisie suffisamment pour dépasser le temps de concentration du bassin global. Il est toutefois à préciser que la hauteur précipitée en dehors de la période de pluie intense joue un rôle moindre sur la valeur du débit de pointe.

Les intensités de pluie (mm/h) calculés pour ces durées en fonction des coefficients de Montana sont présentées dans le tableau suivant :

Durée (h)	Intensité (mm/h)				
	2ans	10ans	30ans	100ans	1000ans
0.5	50.66	95.61	104.53	106.20	117.12
1	34.60	62.91	76.47	88.00	115.03
1.5	27.68	49.25	63.69	78.84	113.82
6 (pluie totale)	10.15	18.79	27.42	40.48	51.25

Tableau F-22: Estimation de l'intensité de la pluie en fonction de la durée et de la période de retour

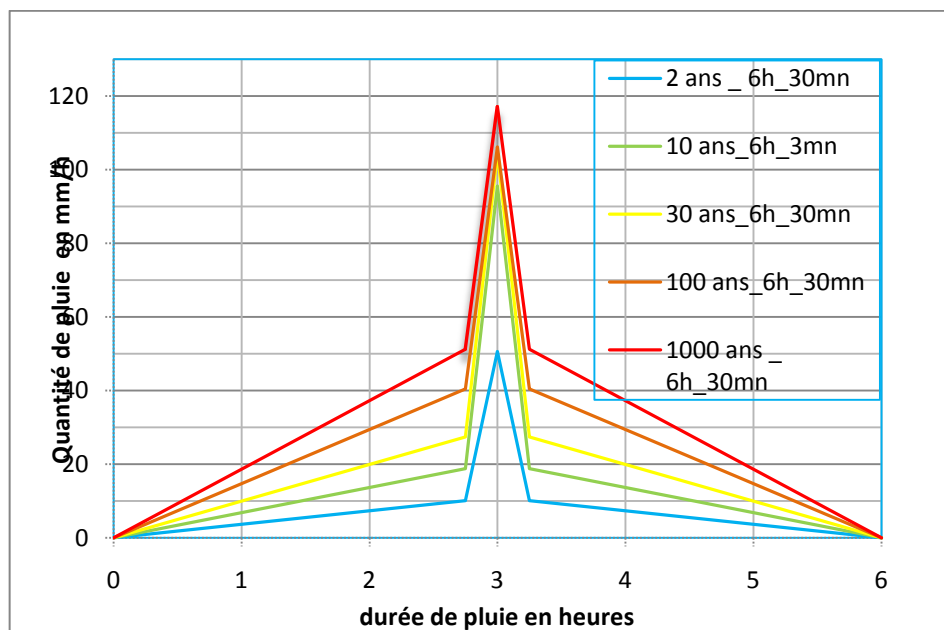


Figure F-8: Hyétoqramme de la pluie de projet (durée du pic: 30mn-pluie totale: 6h)

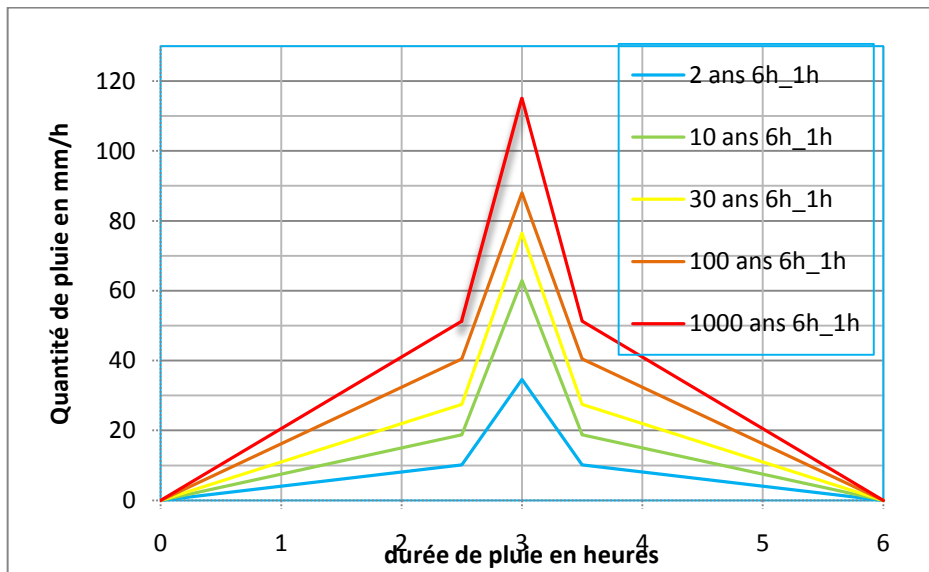


Figure F-9: Figure 36: Hyétogramme de la pluie de projet (durée du pic: 60mn-pluie totale: 6h)

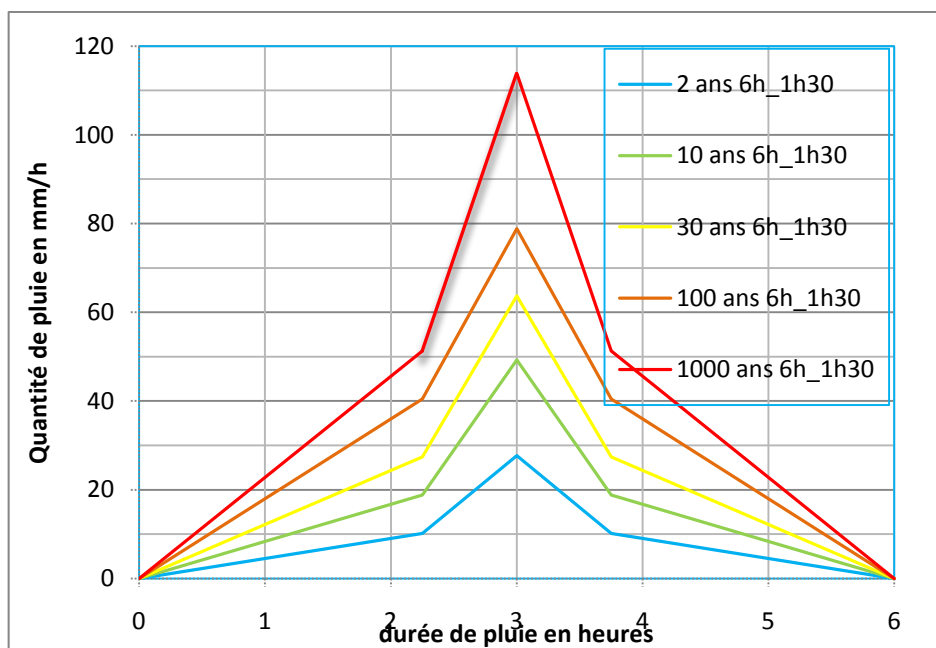


Figure F-10: Hyétogramme de la pluie de projet (durée du pic: 1h30- durée de la pluie: 6h)

F.5 Estimation des débits de crue

F.5.1 Méthode pseudo-empirique de la formule rationnelle

Le concept de la méthode rationnelle doit son origine à un ingénieur irlandais Mulvanay responsable de drainage agricole au siècle dernier (1850). Malgré de nombreuses hypothèses simplificatrices, c'est probablement de loin la formule la plus connue et la plus utilisée essentiellement à cause de sa simplicité, mais aussi du fait que les séries de pluies sont souvent plus longues que celles des débits.

Le débit de pointe est calculé en fonction des caractéristiques physiographiques des bassins versants et de l'intensité des précipitations (estimée à partir des courbes IDF) selon l'expression suivante :

$$Q = \mu . Cr . I . A$$

Avec :

Cr: Coefficient de ruissellement du bassin

I : Intensité de la pluie de durée égale, en générale, de temps de concentration (formule de Mantana) (mm/h)

A : Superficie du bassin versant (km²);

μ : Coefficient qui est fonction des unités choisies. Avec A en km², I en mm/h et $\mu=0.28$, on obtient Q en m³/s.

Cette méthode est appropriée pour les petits bassins et moyens bassins et est utilisée pour une occurrence **inférieure à la trentennale dans cette étude**.

La méthode rationnelle permet de calculer directement les apports de crue à l'exutoire (pic de crue) (Voir plus loin pour la construction de l'hydrogramme).

F.5.2 Méthode Bressand- Golosof

Cette méthode est à utiliser pour le calcul de débits de période de retour **centennale** ou **exceptionnelle** et comprend :

- ⇒ L'utilisation de la méthode rationnelle directement basée sur la pluviométrie centennale ou exceptionnelle.
- ⇒ L'intégration de notion de seuil de ruissellement ou de rétention initiale.

La formule est la suivante :

$$Q = (Cr . I . A) / 360$$

Avec :

Cr : coefficient de ruissellement de la méthode des experts (présentée précédemment)

I : Intensité moyenne pendant une durée, en générale, égale au temps de concentration du bassin versant (mm/h).

A : Superficie du bassin versant (ha).

Comme la méthode rationnelle, elle donne le débit de pic à l'exutoire.

Nota :

Nous nous limitons, pour cette étude, sur ces deux méthodes précédentes pour leur simplicité. En effet, l'analyse des études comparatives effectuées par SAFEGE¹¹ sur plusieurs méthodes dont la **méthode du réservoir linéaire**, du **SPC Grand Delta** et du **Bressand – Golossof** pour une occurrence centennale et la **méthode rationnelle** comparée à celle du **réservoir linéaire** pour une occurrence inférieure à la trentennale a permis de constater que les valeurs de débits maxima estimés à partir du modèle pluie-débit sont globalement similaires dans l'ensemble du domaine d'étude. Les différences observées sont faibles, de l'ordre de quelques pourcents en moyenne.

F.5.3 Débits et hydrogrammes de crues retenus

L'application des deux méthodes précédemment définies conduit aux résultats suivants :

Sous bassins versants	Superficie (ha)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₃₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
BV18	163	4.54	8.23	14.53	25.17	41.98
BV14	603	10.13	18.13	49.33	88.56	154.32
BV11	466	14.65	27.18	52.59	81.91	121.33
BV12	585	12.14	15.34	42.21	79.54	148.84
BV13	1062	18.05	31.92	80.87	148.73	270.15
Total_BV	2879	59.51	100.8	239.52	423.92	736.6
Q _{spécifique} (m ³ /s/km ²)	/	2.07	3.50	8.32	14.72	25.59

Tableau F-23 : Estimation des débits de pic des bassins en fonction des périodes de retour

Nota : En se référant de la carte ci-dessous, la répartition des débits calculés dans le tableau ci-dessous peut se faire comme suit :

⇒ Roubine Malaven, en amont, reçoit les eaux du BV14 (exutoire) PR1 et du BV13 par apports latéraux, en fonction du niveau de crête des deux bords.

Sous bassins versants	Superficie (ha)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₃₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
BV14	603	10.13	18.13	49.33	88.56	154.32
BV13	1062	18.05	31.92	80.87	148.73	270.15
Total_BV	1665	28.18	50.05	130.2	237.29	424.47
Q _{spécifique} (m ³ /s/km ²)	/	1.69	3.00	7.82	14.25	25.49

Tableau F-24: Estimation des débits SBV Malaven

¹¹ Zonage de risque d'inondation à l'échelle communale de SAZE et de Sauveterre – 2011-2012

⇒ Roubine Fontaines draine BV18 :

Sous bassins versants	Superficie (ha)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₃₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
BV18	163	4.54	8.23	14.53	25.17	41.98
Q_{spécifique} (m³/s/km²)	/	2.78	5.04	8.91	15.44	25.75

Tableau F-25: Estimation des débits SBV Fontaines

⇒ Roubine Malaven, en aval de la RD580 prolongement vers la roubine du Grès, en plus de la partie amont de Malaven, reçoit les eaux de ruissellement des bassins BV12 et une partie du BV11 (par apports latéraux à déterminer dans la phase modélisation hydraulique).

Sous bassins versants	Superficie (ha)	Q ₂ (m ³ /s)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₃₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
BV11	466	14.65	27.18	52.59	81.91	121.33
BV12	585	12.14	15.34	42.21	79.54	148.84
Total_BV	1051	26.79	42.52	94.8	161.45	270.17
Q_{spécifique} (m³/s/km²)	/	2.55	4.04	9.02	15.36	25.70

Tableau F-26: Estimation des débits SBV Vallat de Malaven

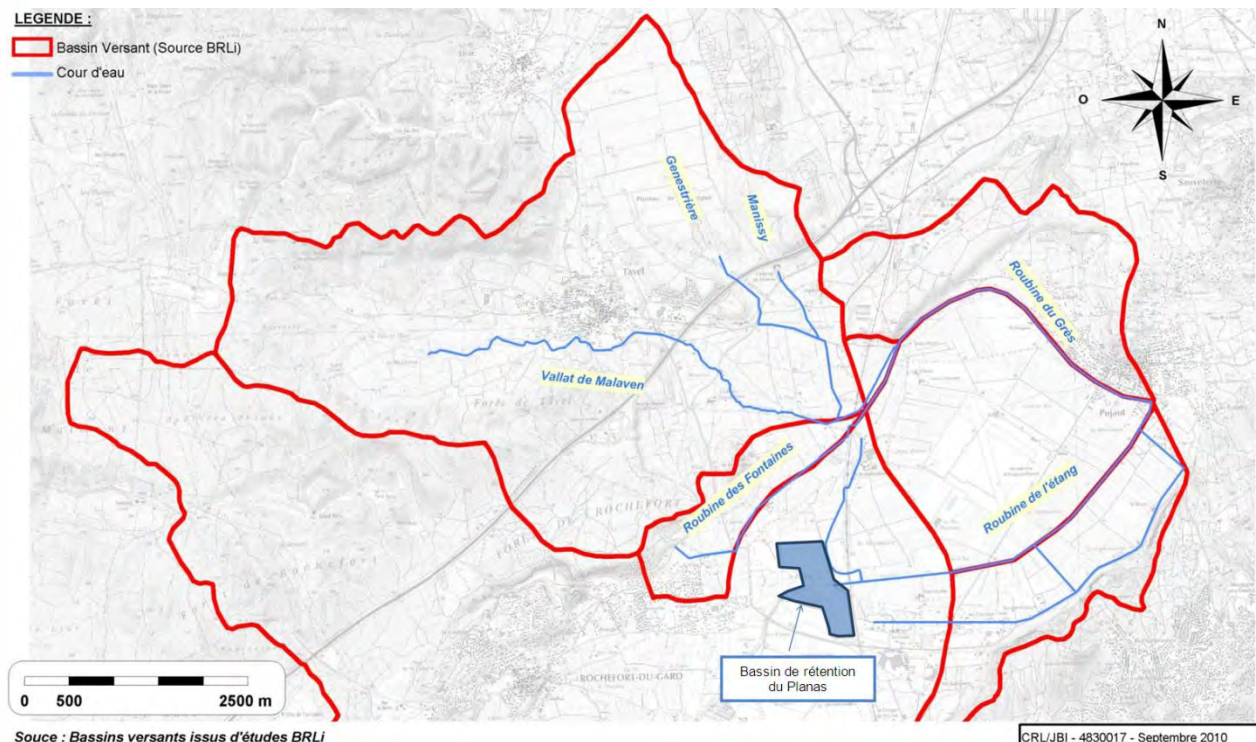


Figure F-11: Bassins versants du système Malaven Fontaines (source BRLi)

Hydrogrammes de crue

Les hydrogrammes de crue définissent la série chronologique des débits successifs enregistrés à un endroit donné à la suite de précipitation. La nomenclature utilisée pour le paramétrage et la représentation graphique est la suivante :

- ⇒ **Le temps de montée** : T_m est le temps écoulé entre les points B et C qui délimitent la courbe de concentration. (T_m = temps de concentration T_c).
- ⇒ **Le temps de base** : T_B est le temps écoulé entre les points B et D ; il représente la durée de ruissellement de surface. (T_B = durée de pluie + T_c). Le débit de base « hors période de pic » et « période de tarissement » est estimé à partir de l'intensité moyenne de la pluie calculée sur la durée de pluie de projet et des cumuls pluviométriques.
- ⇒ **Le temps de réponse** : Lag est le temps écoulé entre F et C, F représentant le centroïde de l'hyétoگرامme ;
- ⇒ **Le débit de pointe** : Q_p est le débit maximal atteint en période de crue (débit de pic).
- ⇒ **Courbe de tarissement** : Représente l'écoulement souterrain très lent. Sa contribution est très faible durant la période de crue mais peut être important du point de vue volume à l'échelle d'une année. cette courbe (estimée au-delà du temps de base) est souvent calculée selon la loi de Maillet ($Q(t) = Q_0 \exp(\alpha \cdot (t-t_0))$). Le coefficient α désigne le coefficient de tarissement calculé soit :
- ⇒ A partir de données expérimentales sur la vidange du bassin en dehors de la période pluviométrique. (**Pas de données suffisantes pour cette méthode**)
- ⇒ Par la relation : $\alpha = 1/T$; T étant le temps moyen de stockage de l'eau dans le bassin. Cette méthode est une simple approximation qui donne une valeur moyenne basée sur des expériences sans prise en compte de la géologie du bassin. (Source thèse : *Modélisation des crues de bassins karstiques* présentée Line Kong A Siou ; Université de Montpellier II). (méthode appliquée).

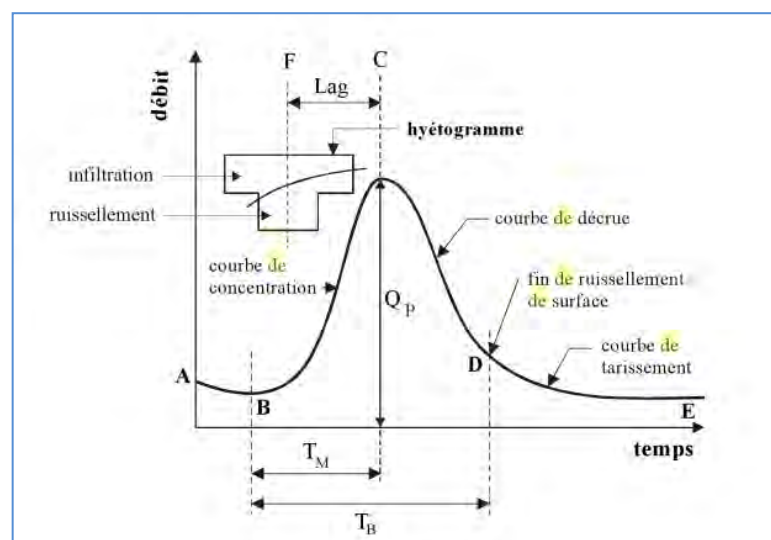


Figure F-12: Schéma d'un hydrogramme

F.5.4 Comparaison avec les études antérieures

SDAH par BRLi ; 2007 (méthode SCS):

Bassins versants	Localisation exutoire	Superficie (km ²)	Débits 10 ans (m ³ /s)	Débits 100 ans (m ³ /s)	débits spécifiques 10 ans (m ³ /s/km ²)	débits spécifiques 100 ans (m ³ /s/km ²)
Vallat de Malaven	Amont confluence roubine des fontaines	21.9	134	279	6.11	13
Fontaines	Amont confluence Malaven	1.87	14.1	29.1	7.54	16

Aménagement de la digue du Grès par ARTELIA EAU & ENVIRONNEMENT (Méthode Grososof)

Bassins versants	Superficie (km ²)	Q10	Q100	Q10 spécifiques (m ³ /s/km ²)	Q100 spécifiques (m ³ /s/km ²)
Vallat de Malaven	21.9	125/130	250 / 305	5.70/5.93	11.42
Fontaine	1.87	15	30	8.02	16.04

Rappel valeurs socotec (pour Vallat de Malaven et Fontaines):

Bassins versants	Q10 spécifiques (m ³ /s/km ²)	Q100 spécifiques (m ³ /s/km ²)
Vallat de Malaven	3.30	14.17
Fontaines	5.04	15.43

Commentaires :

Les débits centennaux sont en concordance avec les études antérieures sur le bassin versant de la roubine des Fontaines mais surestimés pour le Vallat de Malaven.

Les valeurs obtenues pour la décennale sont quand à elles minorées par rapport aux résultats des études antérieures.

Ces différences proviennent principalement des méthodes empiriques utilisées pour le calcul du temps de concentration (Tc) puisque les méthodes de calcul ne sont pas aussi loin l'une de l'autre et même identique pour socotec et Artelia. Il est donc important de préciser que TC a été calculé par Socotec par la moyenne de quatre formules empiriques (*recommandées même dans le Gard ; cf. rapport SAFEGE 2012 sur le zonage du risque d'inondation à l'échelle communale de Saze*). Une autre source de différence peut être aussi le coefficient de ruissellement dont on ne trouve pas les détails de calcul dans les études antérieures de BRLi et Artelia.

G. Etude hydraulique

Les inondations sont des phénomènes naturels qui constituent une menace susceptible de provoquer des pertes de vies humaines et/ou des perturbations d'activités économiques ou nuisibles à l'environnement. L'objectif de la présente étude est d'évaluer les situations d'inondations potentielles des enjeux en cas de crue des roubines des Fontaines et Malaven.

La digue des fontaines se situe en rive droite de la roubine du même nom drainant le sous bassin versant BV18 sur la carte ci-dessous.

Elle s'étend sur un linéaire de plus de 2km et présente une morphologie d'endiguement plus ou moins correcte avec des hauts et des bas en crête.

La digue avait cédé lors de la crue de septembre de 2002.

L'endiguement sur Malaven se situe en rive droite de la roubine du Malaven ; il est composé de deux parties, un tronçon amont sur 440m et passant sous l'ouvrage TGV et la D6580 et un tronçon aval de 660m à partir de la D6580 vers la roubine du Grès.

Les enjeux sur sont du même type que ceux de la roubine des Fontaines. La rupture de ces 2 ouvrages ont causés des dommages importants sur les ouvrages TGV, les serres tunnel et serres cathédrales ainsi que sur les habitations.

Systeme de modélisation utilisé :

La modélisation hydraulique est effectuée à l'aide des logiciels « Rubar3 et Rubar20 » commercialisés par IRSTEA. Ils sont spécialement conçus pour des calculs de propagation d'onde dans des systèmes topographie complexe intégrant des singularités non négligeables (barrages, ruisseaux, ouvrages, végétation, etc.).

Logiciel Rubar3 (1D) d'IRSTEA (ex CEMAGREF): (ruisseaux)

- ✓ Permet le calcul de propagation d'onde de rupture en une dimension et plus généralement tout écoulement qui suit les équations de Saint-venant.
- ✓ Il calcule les écoulements dans un bief et, par extension, dans un réseau de bief séparés par des confluences ou défluences.
- ✓ La topographie du ruisseau est décrite par une série de profils en travers.
- ✓ Prend en compte les ouvrages (passerelle, exutoire, etc.) installés dans les ruisseaux.
- ✓ Résultats pour sur chaque section demandée: Débit, vitesse, tirant d'eau, surface libre, etc.

Logiciel Rubar20 (2D) d'IRSTEA (ex CEMAGREF): (zone inondable)

- ✓ De manière générale, il permet de simuler tout calcul hydraulique ressortissant des équations de Saint-venant bidimensionnelles, en particulier, lorsque la crue est importante.
- ✓ Il prend en entrée: Un maillage 2D, des variations temporelles hydrauliques (hydrogramme de crue, apport de pluie, etc.)
- ✓ Prend en compte des ouvrages: Vidange, déversoir, etc.

- ✓ Résultats pour chaque pas de temps : Cartographie des débits, des vitesses, de la surface libre, des hauteurs d'eau, etc. Et les valeurs enveloppent (maxima) de tous ces éléments pendant les calculs.

G.1 Domaine d'étude et conditions aux limites

Le découpage en sous bassins versants du système Pujaut-Rochefort-du-Gard réalisé par BRLi, ci-dessous, est repris pour la caractérisation hydrographique de la zone d'étude.

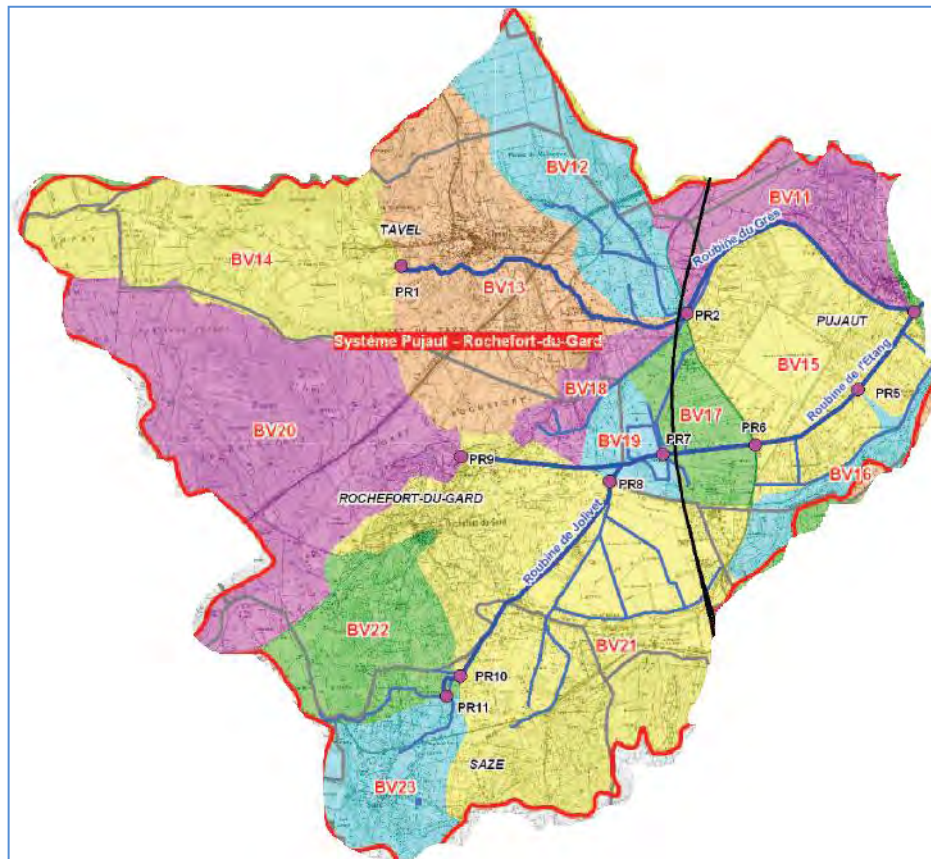


Figure G-1: sous bassins versants dans la zone d'étude : source BRLi

G.1.1 Maillage du domaine :

Les levés topographiques réalisés sur ces systèmes d'endiguement par SOCOTEC ont servi pour la modélisation. Sur les Fontaines, 53 profils en travers sur un linéaire de 2115m sont interpolés afin de créer des mailles de 10m longitudinalement et de pas d'espace transversal variant de quelques centimètres à 2 m en fonction de la morphologie du système (la crête de digue, les berges et le fond de roubine sont maintenus comme points durs qui ne bougeront pas lors de l'interpolation). Le nombre total de profils en travers après maillage est de 214 profils.

Le système d'endiguement du Malaven quand à lui compte 25 profils initiaux en travers interpolés avec un pas d'espace longitudinal de 10m et de quelques centimètres à 2m.

G.1.2 Conditions aux limites et paramètres de simulation hydrodynamique :

Débits et apports de pluies: Les hydrogrammes à l'exutoire des bassins et les hyétogrammes

de pluies sont calculés dans le chapitre étude hydrologique.

L'hydrogramme final injecté à chaque point d'injection du modèle est défini comme la superposition des hydrogrammes des sous-bassins situés en amont après avoir effectué une propagation (translation) sur ceux dont l'exutoire est différent du point d'injection.

Les hydrogrammes élémentaires et l'hydrogramme produit au point d'injection sont représentés ci-dessous.

NB : **H1** est l'hydrogramme résultant¹² des sous-bassins BV21, BV22 et BV23 limité au maximum à 16m³/s soit la capacité du tunnel des crottes et étalé dans le temps.

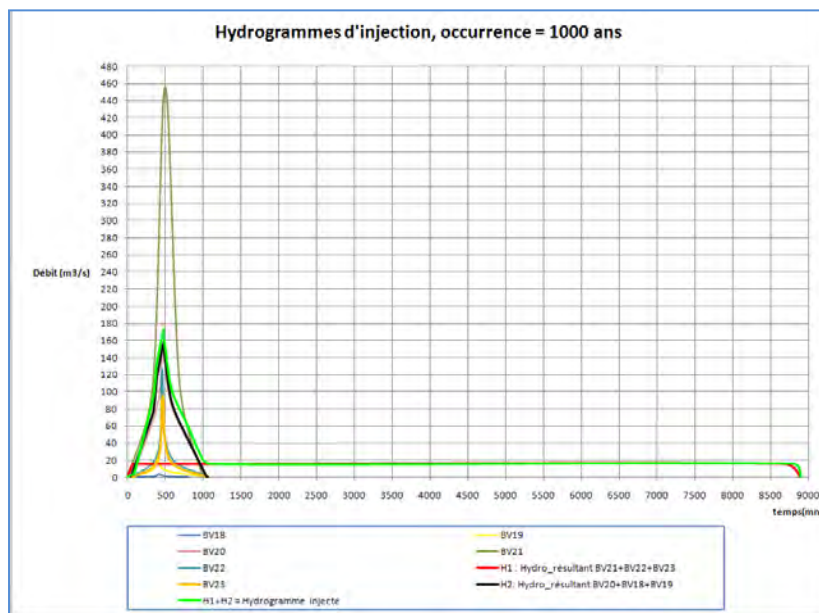
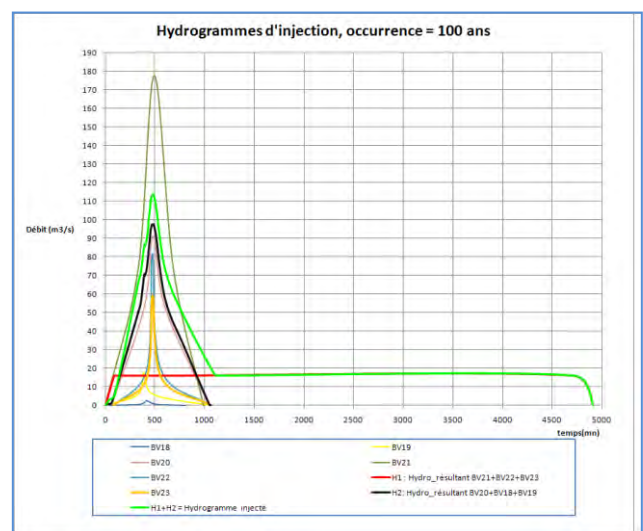
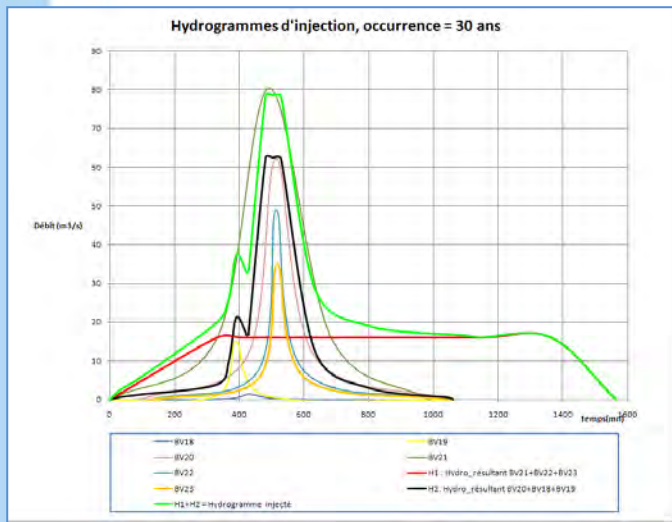
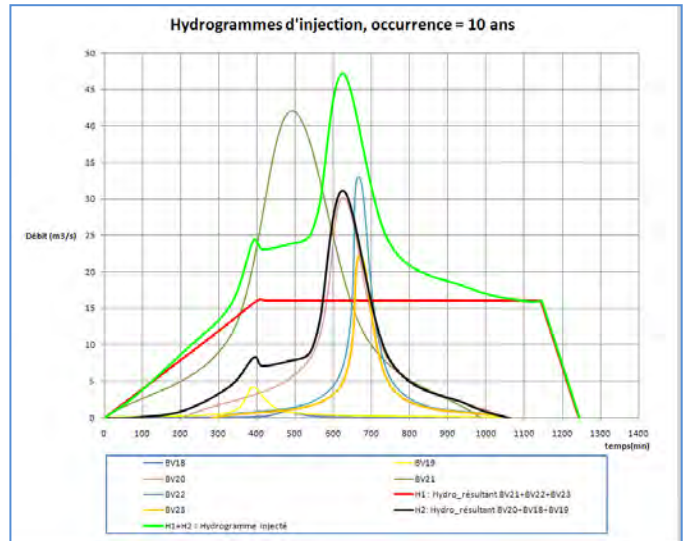
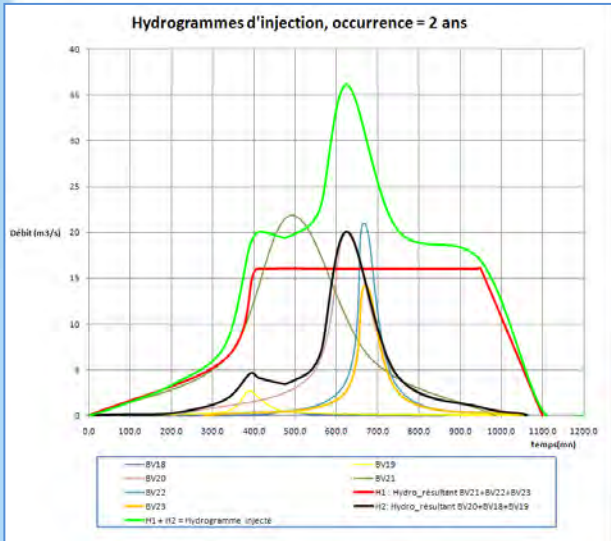
H2 est l'hydrogramme résultant¹³ des sous bassins BV20 (la Gorgue, avec écrêtement de l'A9), BV18 (partie amont environ 10% de BV18) et BV19 (sauf enceinte Planas).

La somme des deux (**H1 + H2**) est l'hydrogramme final injecté.

L'effet du tunnel des crottes et de l'A9 fait apparaître des paliers sur les hydrogrammes.

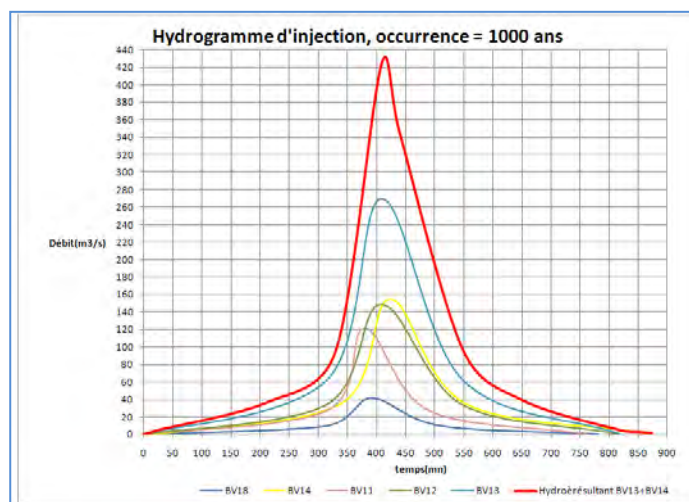
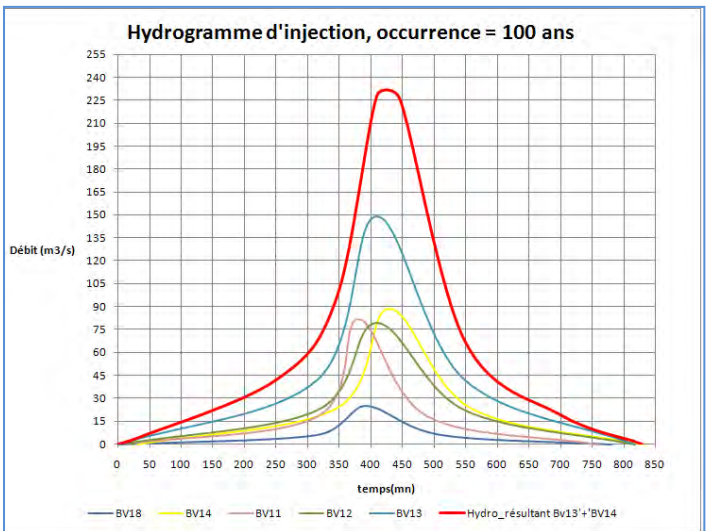
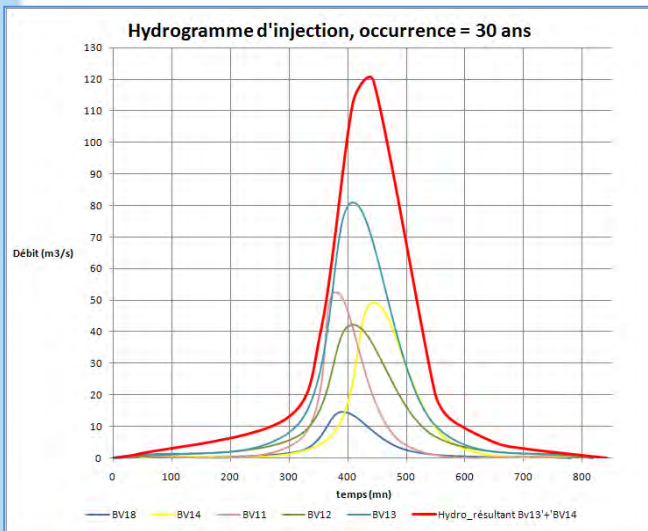
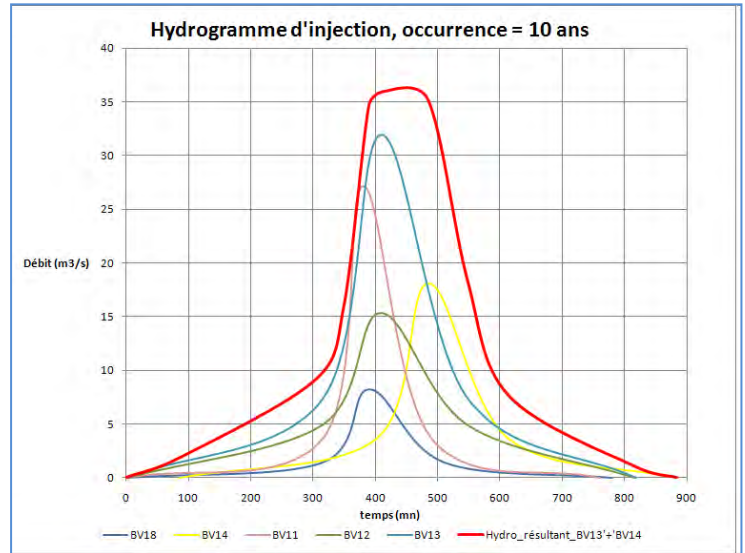
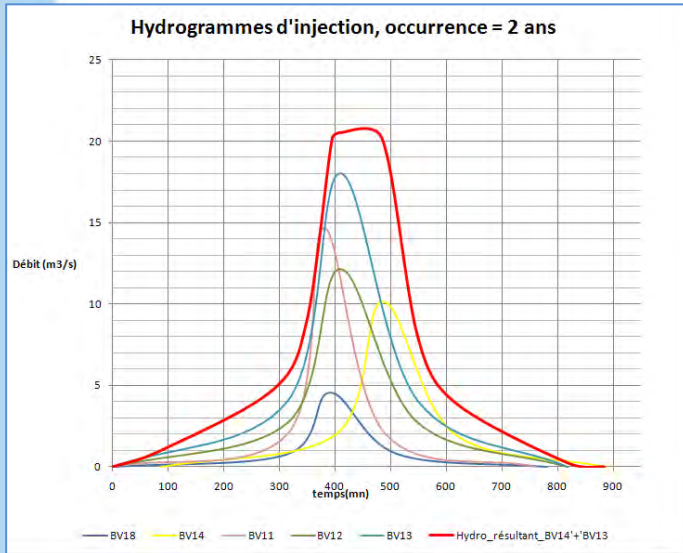
¹² : Hydrogramme résultant en amont du tunnel des crottes après routage nécessaire

¹³ : Hydrogramme résultant en amont à l'entrée du barrage après routage nécessaire



Les hydrogrammes élémentaires et l'hydrogramme produit aux différents points d'injection dans la zone des digues sont représentés ci-dessous.

NB : Hydro_résultant BV13+BV14 est l'hydrogramme produit par les sous-bassins, après routage de BV14, au point d'injection.



Injection des débits dans le modèle :

Les points d'injection sont donnés sur la carte ci-dessous

NB : Pour le modèle 1D, seuls les hydrogrammes des Fontaines et du Malaven sont pris en compte, on étudie, en effet, la capacité du lit endigué de ces deux systèmes.



Figure G-2 : Nœuds d'injection, de vidange et ouvrages dans le modèle

Liste des ouvrages : Il s'agit principalement d'ouvrages bétonnés incorporés dans les ruisseaux pouvant réduire leur section et des buses de vidange qui ont un impact non négligeable sur le fonctionnement du système. Le débit de ces ouvrages (orifice rectangulaire, orifice circulaire ou déversoir) est calculé, dans Rubar20. Seules les grandeurs géométriques des ouvrages (hauteur, largeur, diamètre, cote de seuil ...) et le coefficient de débit du seuil dénoyé (compris entre 0.32 et 0.5 selon que le seuil est mal ou bien profilé) pris à 0.4. La notion de seuil dénoyé ou noyé est gérée par le logiciel qui change de formulation au besoin.

Noms ouvrage	Pm(m)	Section (m ²)
OFT14	0	0.3
OFT12	524	1.7
OFT11	730	0.7
OFT10	956	2.5
OFT9	1 160	2.8
OFT8	1 845	3
OFT6	2105	6.9
OFT5	2180	3
OFT4	2245	4.6
OFT3	2305	5.6
OFT2	2475	5
OFT1	2635	6
ML6	0 (Malaven)	3
ML5	115	4
ML4	186	5
ML3	406	-
ML2	570	3.5
ML1	1 373	6
OGE1	Manissy RD6580	3.8
OGR6	750 (Grès)	6
OGR5	190	7
OGR2	1150	5.7
OGR1	1200	1.8
Désignation	Repère	Dimension
Buse de vidange	OV1	Φ1500 (obturé pour un même débit qu'une Φ700)
Buse sous LGV	OV2	Φ1000
Entrée tunnel	OV3	Vidange à 8m ³ /s
Buse	OV4	Φ1000
Déversoir de crue	Dev	113.5m en long
Déversoir de crue	Nord Est	85m

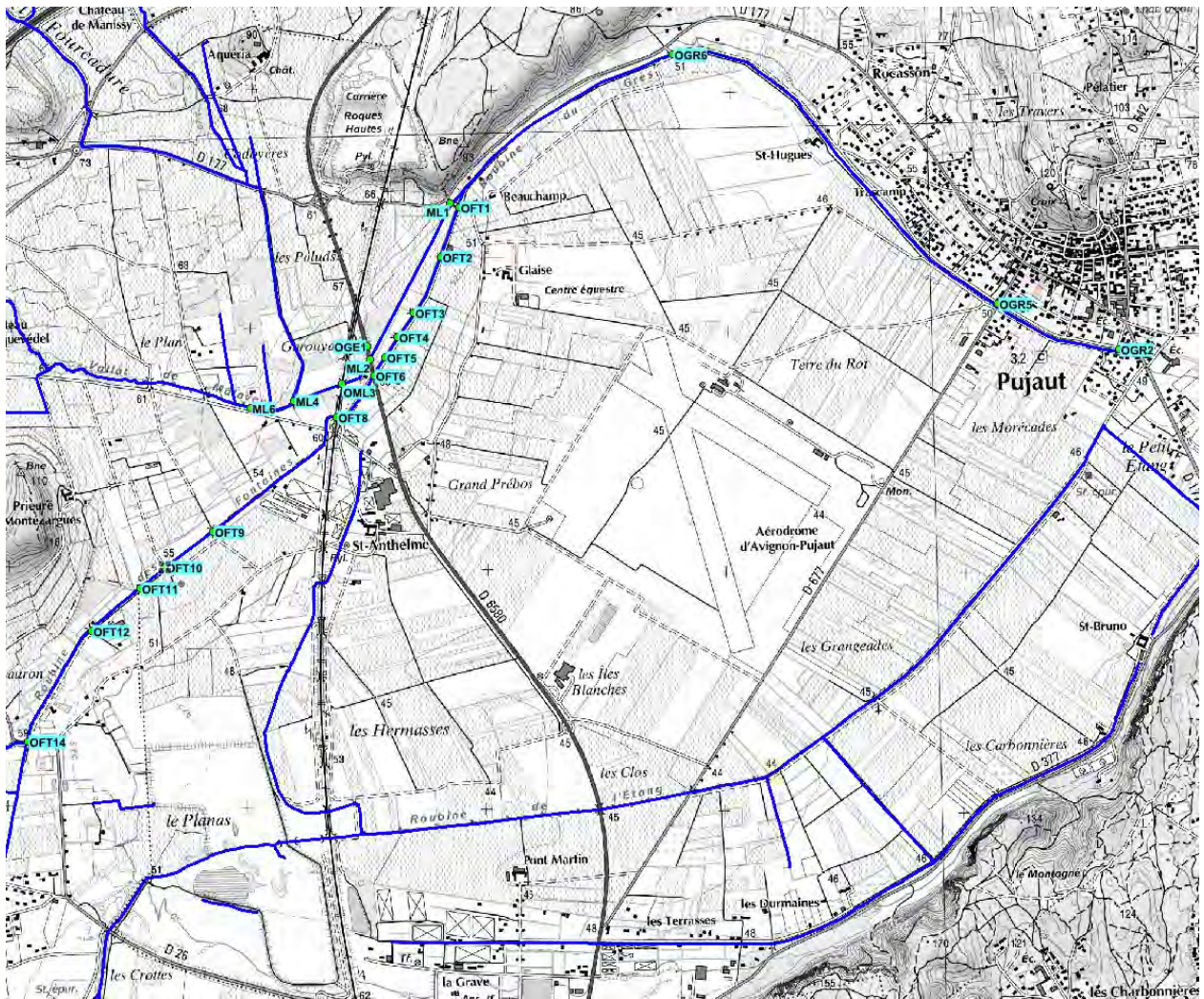


Figure G-3 : Position des ouvrages hydrauliques sur les endiguements

Frottement : Un frottement de Strickler K de $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ a été choisi dans le lit majeur (enherbé) et $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ dans les canalisations (roubines). (Valeurs proposées dans la notice d'explication du logiciel Rubar de CEMAGREF).

Viscosité dynamique de l'eau : $10^{-3} \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$

Pas de temps de calcul : 0.1s (initial)

Zones d'injection et de vidange du modèle: voir figure ci-dessus

Apports locaux de pluie : Plaine de Pujaut et enceinte du barrage.

G.2 Modélisation à l'état initial

Les modélisations sont effectuées à l'état actuel de la roubine, de la digue et des ouvrages hydrauliques incorporés dans le système tels que décrits dans l'inspection visuelle et les levés topographiques.

G.2.1 Calage du modèle sur la crue de 2002

La crue de référence dans le Gard Rhodanien est celle de 2002 qui a touché un vaste secteur

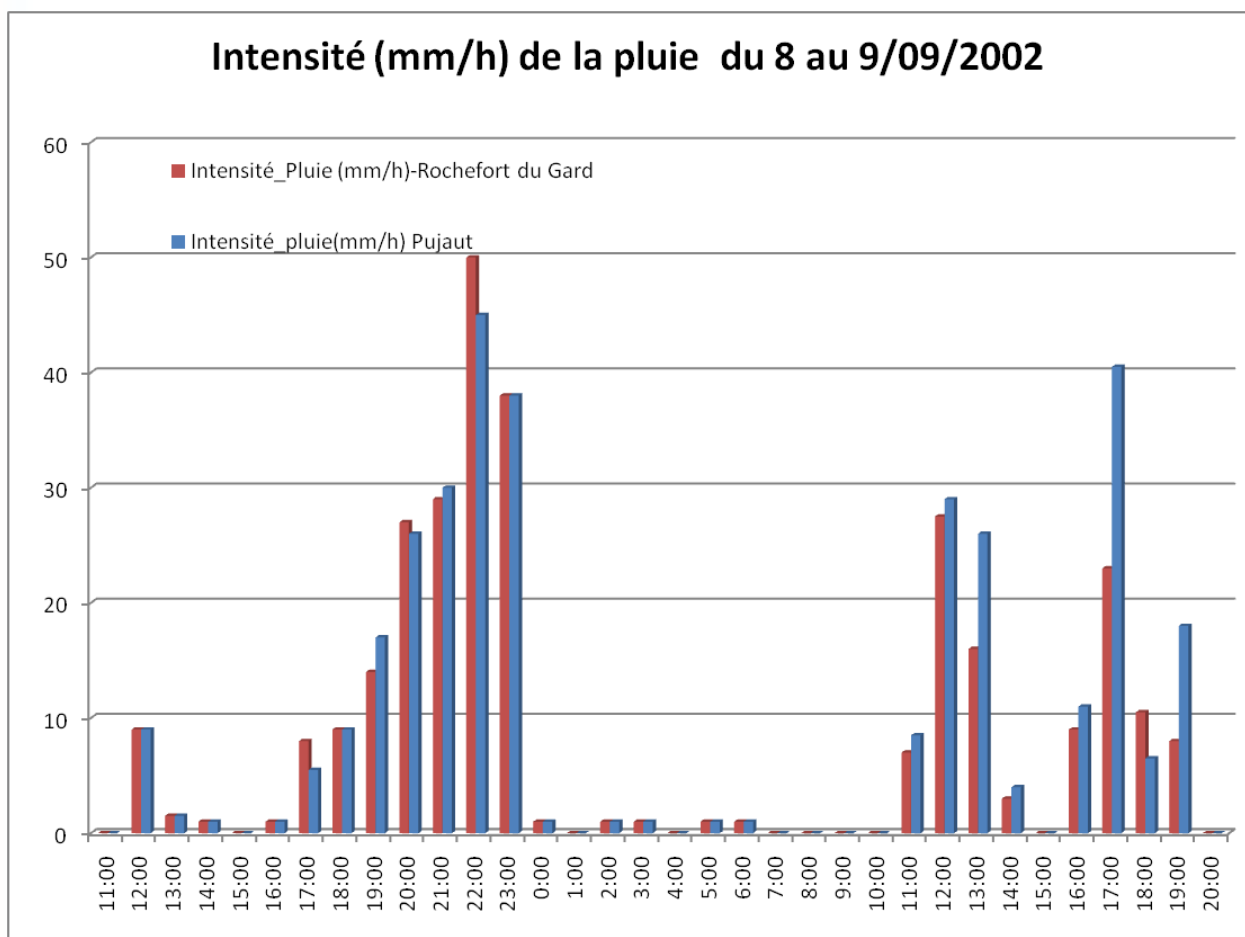
géographique du Vaucluse jusqu'à l'Hérault. Elle a duré environ 33 heures du 8 septembre vers 10-12heures le matin jusqu'au 9 septembre vers 19h le soir. L'évènement s'est divisé en deux corps d'averse :

- Un premier pic très important le 8 dans la soirée
- Un second pic le 9 au matin.

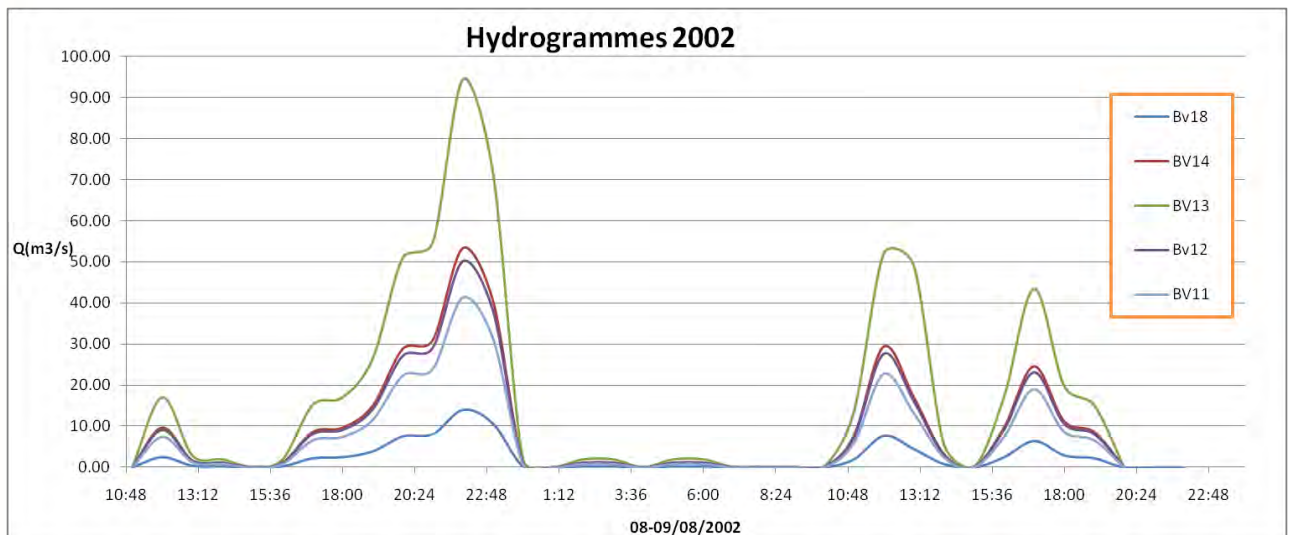
Il est généralement classé dans les études antérieures comme un évènement exceptionnel de par sa durée supérieure à 24h et son ampleur et dont la fréquence est de l'ordre de centennale.

Les pics atteints durant cette crue sont tous inférieurs à celui de la crue statistiques d'ordre centennale. Cependant, la durée de l'évènement (33 heures environ) est largement au dessus de celle des pluies statistiques choisies (entre 6h et 12h).

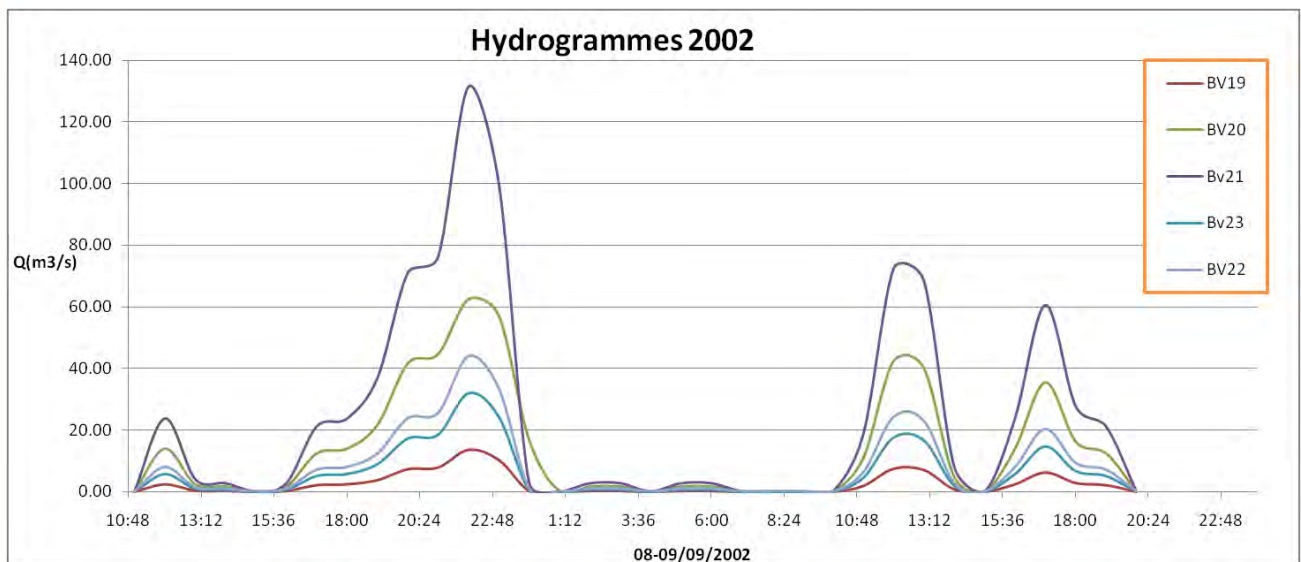
Les hyétogrammes correspondants par pas d'une heure à Pujaut et à Rochefort-du-Gard et les hydrogrammes produits par les différents bassins versants sont ci-dessous : (L'écrêtement du tunnel des crottes et de l'A9 pour la Gorgue sont pris en compte pour l'injection des débits).



Bassins en amont des digues :



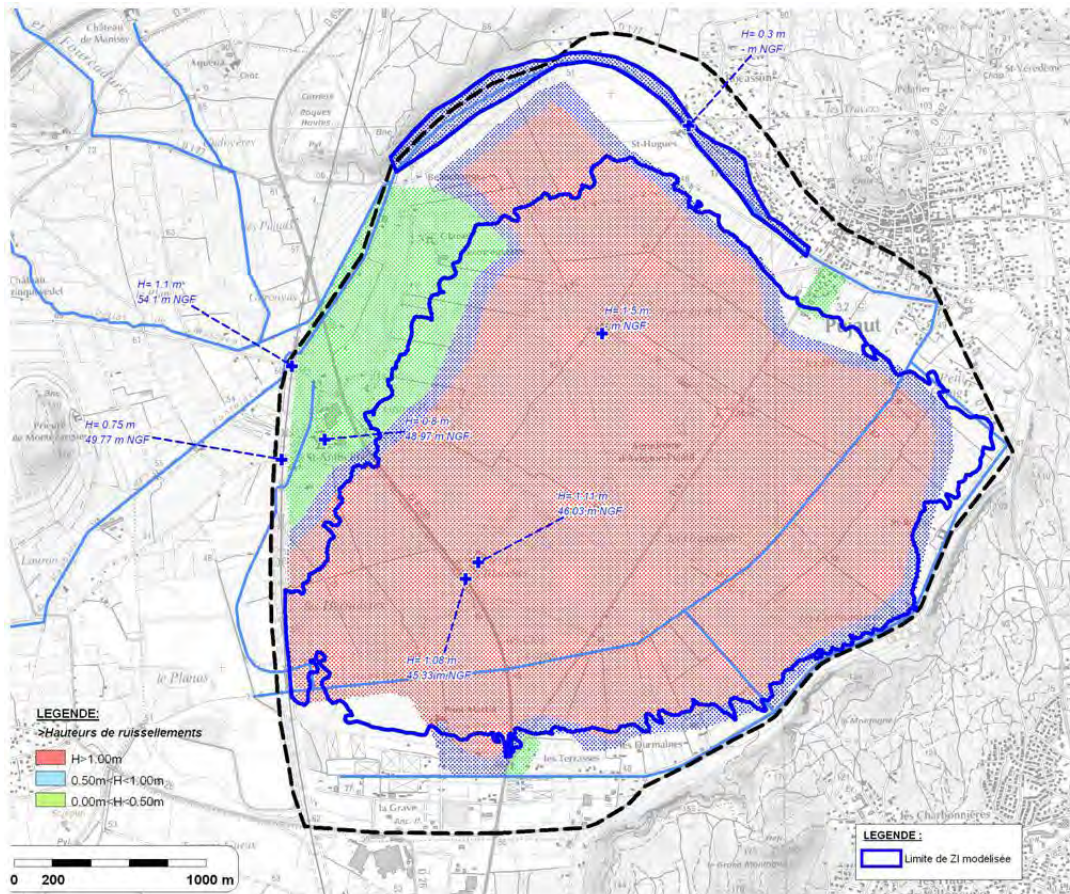
Bassins en amont du Planas :



Données recueillies dans les études antérieures :

Le nivellement de crues relevées par le SMABVGR dans le cadre de l'inventaire préalable à la mise en place de repères de crue, carte ci-dessous, est utilisé à titre informatif pour le calage du modèle.

L'évènement de 2002 est qualifié de centennal sur une durée de 24h avec beaucoup d'incertitudes de par sa durée exceptionnelle (une journée) selon les études antérieures (BRLi, ARTELIA, SAFEGE, etc.) et récentes.



IMPLANTATION DES PHE ETABLIS PAR LE SMABVGR

Figure G-4: Implantation des PHE établis par le SMABVGR ; source : étude ARTELIA

De même le tableau des hauteurs d'eau, ci-dessous, a été relevé à partir des photos prises lors de la crue de 2002. Il est extrait de l'étude BRLI Analyse de fonctionnement du barrage du Planas (2004). Ces données sont prises après le passage de la crue.

situation	Cote du terrain mNGF	Hauteur d'eau	Cote de l'eau mNGF
RD177-Pujaut	46.6 point bas	<0.5m le 09/09	47
Cave des Chartreux	44 – 44.50	1 à 1.5m le 13/09	45.50 à 46
Hangar aérodrome	44.50	1m le 2/10	45.50
Etang	44 à 44.50	1.50m	45.50 à 46
Entrée du tunnel de l'étang	45.80	-1m le 18/09	44.8

NB : Il n'y a pas eu de relevés débit métrique ou des photos de laisse de crue pour confirmer ces valeurs comme les maxima relevés. Elles peuvent, cependant, servir pour avoir un ordre de grandeur et l'ampleur des dégâts dans la zone d'étude.

NB : Pour mieux apprécier le modèle, les ouvrages (barrages du Planas et digues) sont ramenés à leur état en 2002. C'est-à-dire, le déversoir du barrage est arasé à la cote 47.50 – 48.30mNGF et les brèches des digues sont prises en compte dans la modélisation hydraulique.

Résultats du calage:

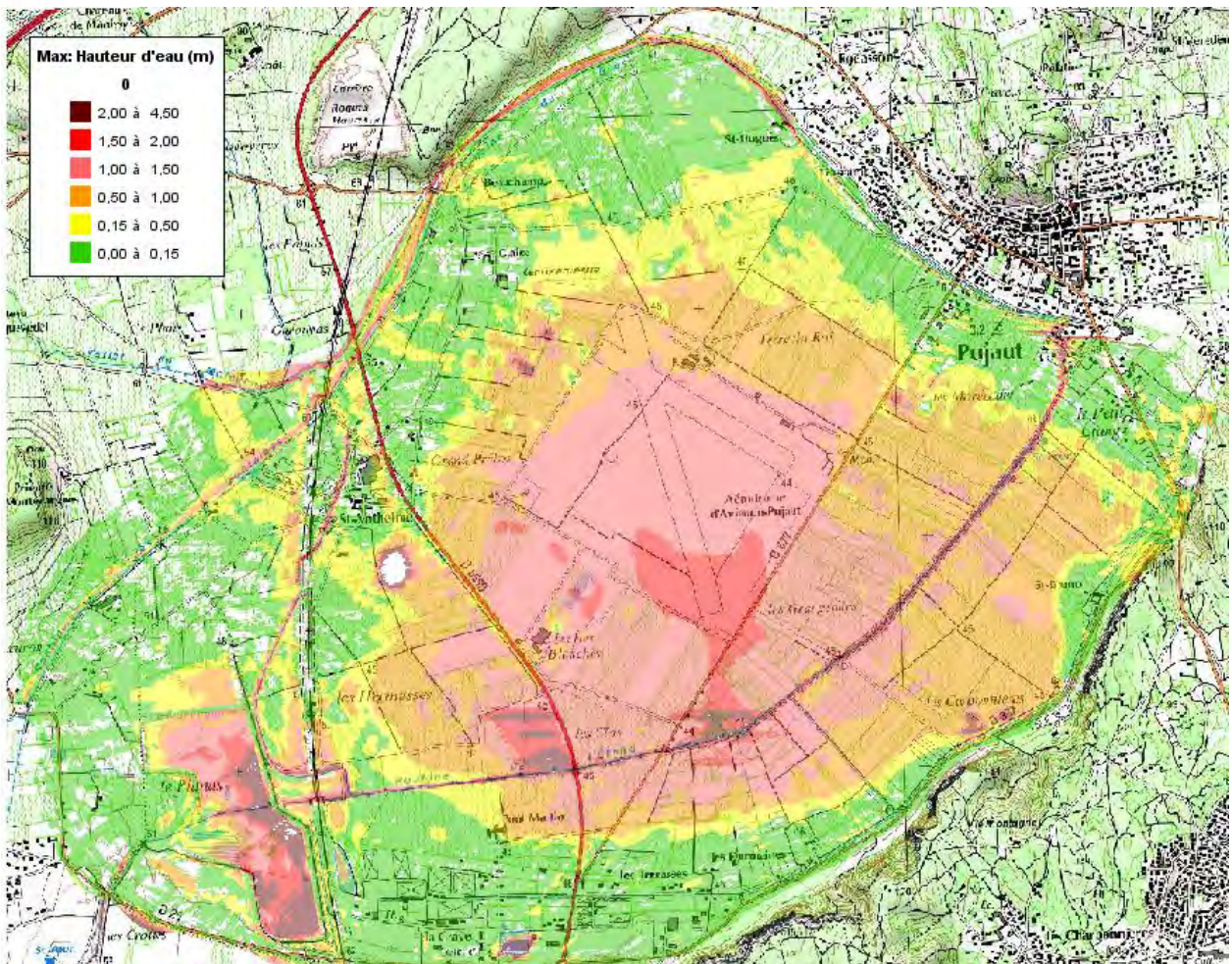


Figure G-5 : Maxima des hauteurs dans la plaine inondable

Les hauteurs d'eau relevées à l'issue de cette modélisation sont cohérentes par rapport à l'observation du SMABVGR présentée ci dessus.

La lame d'eau sur la départementale D6580 varie entre 0.80 m et 1.23m ; elle est de 1.16m au point le plus bas au niveau du cellier des chartreux et de 1m à 1.63m dans l'enceinte de l'aérodrome.

G.2.2 Évaluation de la capacité d'écoulement de la roubine des Fontaines

Une première série de simulations des écoulements dans la roubine des Fontaines a été faite au moyen du logiciel RUBAR 3 « 1D » afin de déterminer la capacité de celle-ci et voir éventuellement les cas de débordements sur les berges.

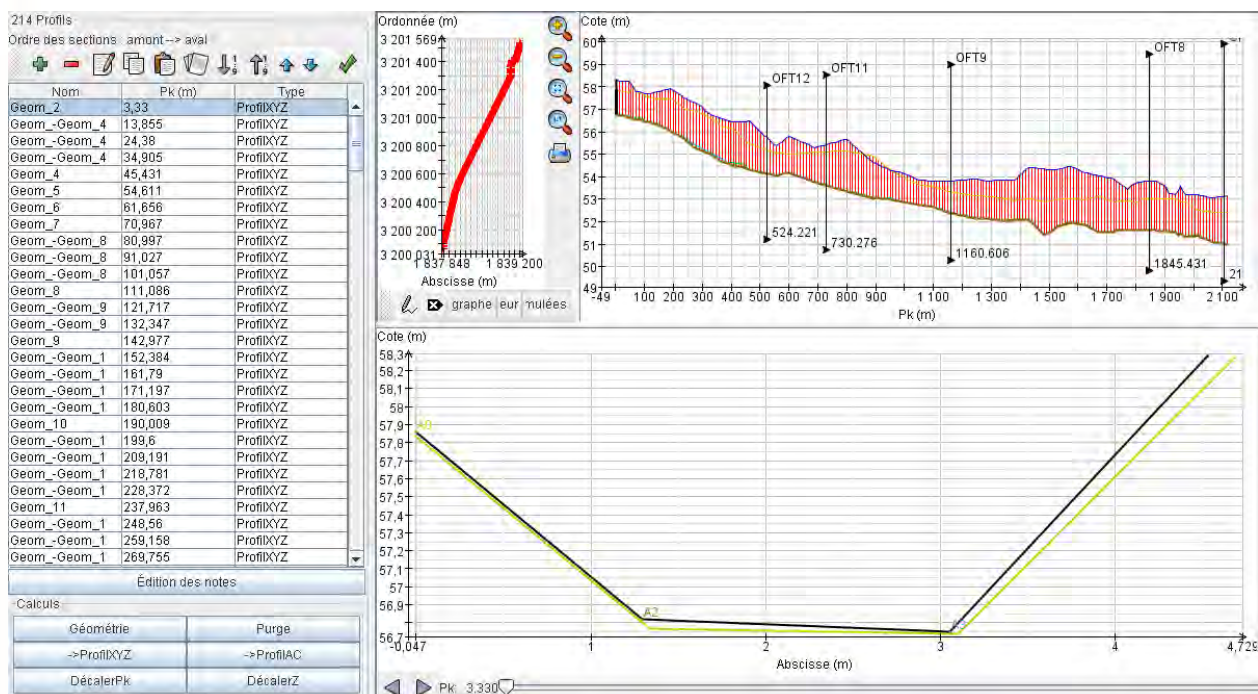


Figure G-6 : Jeux de sections du maillage 1D ; Fontaines

G.2.2.1 Evènement d'occurrence biennale T = 2 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
3	0.90	57.17	1.06	0.41
111	1.09	56.80	1.25	0.38
237	1.31	56.09	1.66	0.38
328	1.46	55.44	1.70	0.44
408	1.60	55.18	1.15	0.73
555	1.85	55.04	0.49	0.99
690	1.74	55.02	0.60	1.27
800	1.93	53.97	1.46	0.63
1000	2.24	53.55	1.22	0.69
1244	2.70	53.01	1.20	0.88
1429	3.00	52.87	1.15	0.78

1772	3.51	52.57	0.87	0.95
1900	3.70	52.35	1.04	0.77
2064	3.85	51.91	1.50	0.82
2115	3.85	51.84	1.38	0.84

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

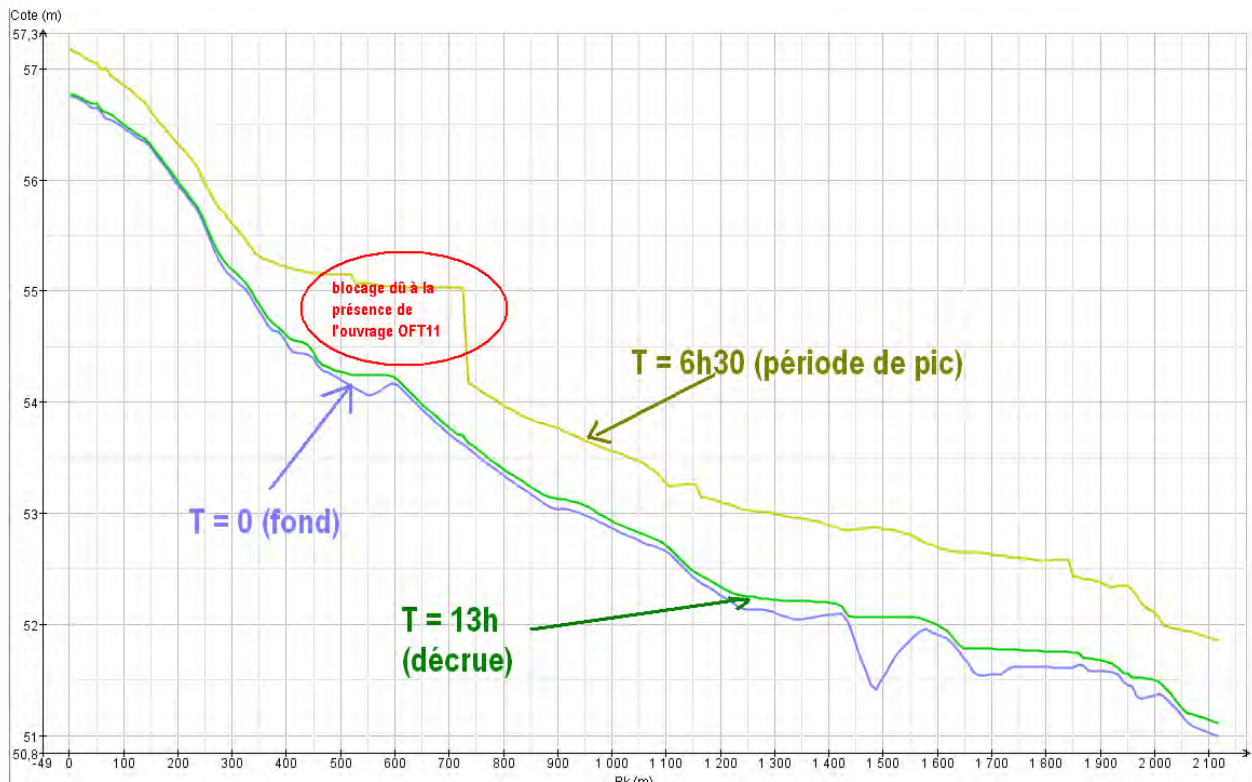


Figure G-7 : Lignes d'eau à l'état initial, à T = 6h30 (pic de crue) et à T = 13h00 (décrue).

G.2.2.2 Evènement d'occurrence décennale T = 10 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
3	1.59	57.32	1.26	0.57
111	1.92	56.95	1.49	0.52
237	2.30	56.24	1.92	0.53
328	2.58	55.60	1.96	0.60
408	2.82	55.35	1.48	0.90
555	2.91	55.08	0.75	1.03
690	1.79	55.08	0.63	1.33
800	2.14	54.04	1.46	0.70
1000	2.76	53.65	1.23	0.79
1244	3.25	53.16	1.19	1.03
1429	3.82	53.04	1.17	0.95
1772	4.52	52.79	0.87	1.17
1900	4.90	52.55	1.09	0.96
2064	5.24	52.08	1.73	0.99
2115	5.24	52.02	1.53	1.02

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

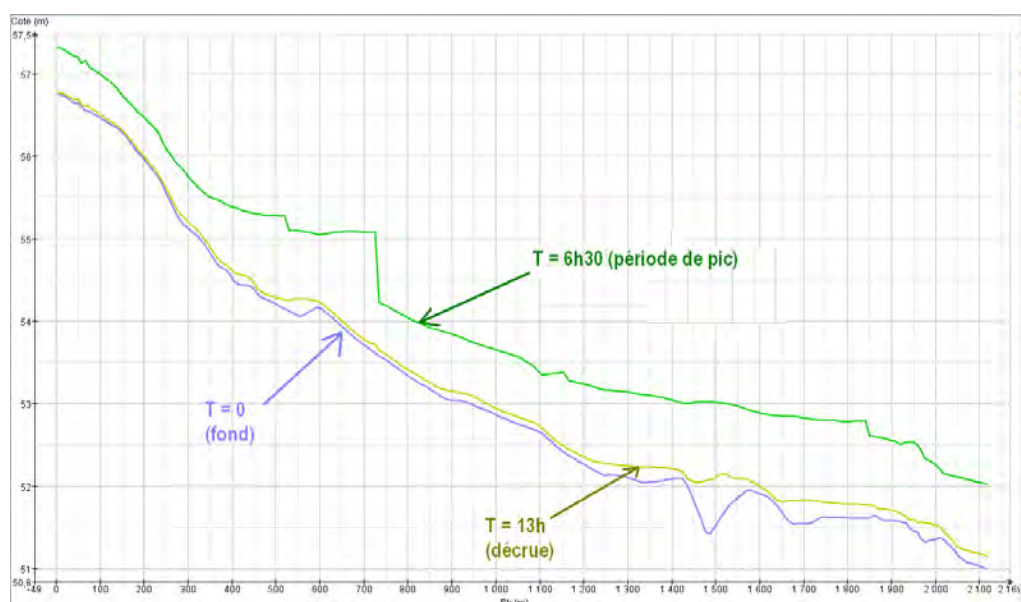


Figure G-8 : Lignes d'eau à l'état initial, à T=6h30 (forte crue) et à T = 13h00 (décrue).

G.2.2.3 Evènement d'occurrence trentennale T = 30 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
3	2.79	57.52	1.41	0.77
111	3.37	57.13	1.70	0.70
237	4.04	56.43	2.13	0.72
328	4.52	55.83	2.13	0.83
408	4.94	55.55	1.84	1.10
555	3.81	55.09	0.93	1.04
690	1.85	55.11	0.68	1.36
800	2.37	54.14	1.46	0.80
1000	3.45	53.75	1.28	0.89
1244	3.65	53.21	1.25	1.08
1429	4.39	53.05	1.32	0.96
1772	4.83	52.84	0.87	1.22
1900	5.22	52.61	1.07	1.03
2064	5.80	52.13	1.80	1.04
2115	5.80	52.08	1.57	1.08

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

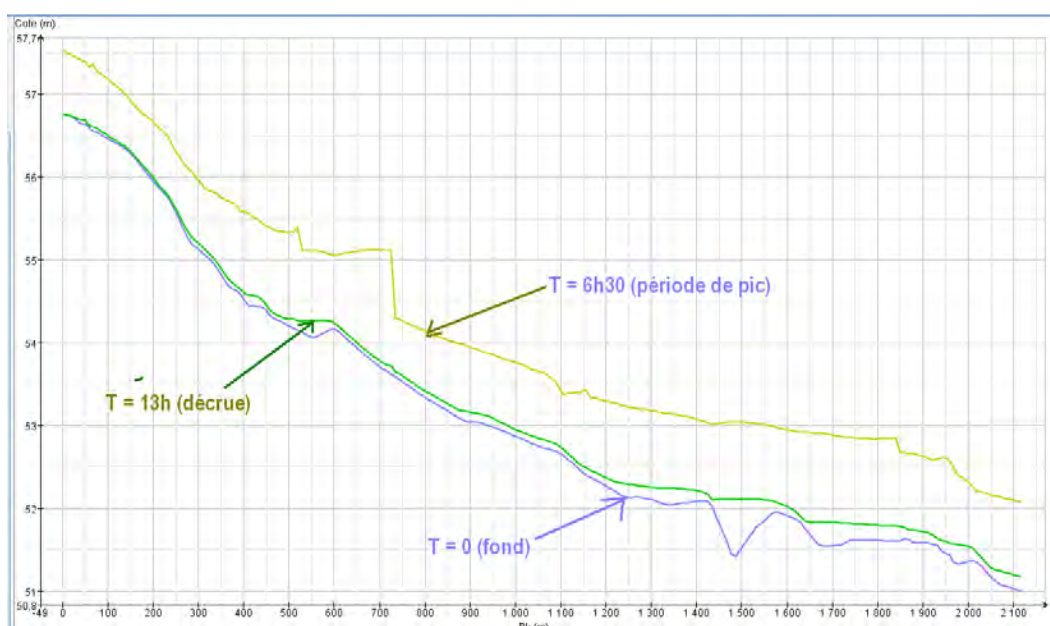


Figure G-9 : Lignes d'eau à l'état initial, à T = 6h30 (pic de crue) et à T = 13h00 (décrue).

G.2.2.4 Evènement d'occurrence centennale T = 100 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
3	4.99	57.80	1.70	1.05
111	6.02	57.38	2.07	0.95
237	7.23	56.70	2.46	0.99
328	8.08	56.20	2.26	1.20
408	8.85	55.85	2.30	1.40
555	5.14	55.12	1.26	1.07
690	1.85	55.15	0.68	1.40
800	2.74	54.29	1.47	0.95
1000	4.69	53.86	1.50	1.00
1244	3.97	53.24	1.33	1.11
1429	4.62	53.06	1.33	0.97
1772	5.04	52.86	0.89	1.24
1900	5.32	52.68	1.10	1.10
2064	6.33	52.17	1.88	1.10
2115	6.33	52.13	1.61	1.13

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :



Figure G-10 : Lignes d'eau à l'état initial, à T=6h30 (pic de crue) et à T=13h00 (décrue).

G.2.2.5 Evènement d'occurrence millénaire T = 1000 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
3	8.19	57.91	2.40	1.16
111	9.03	57.61	2.27	1.18
237	11.05	56.95	2.66	1.24
328	12.46	54.54	2.35	1.54
408	13.74	56.10	2.72	1.65
555	6.41	55.14	1.52	1.09
690	3.06	55.17	1.48	1.42
800	3.06	54.48	1.40	1.14
1000	6.48	53.96	1.80	1.10
1244	4.42	53.26	1.45	1.13
1429	4.88	53.08	1.41	0.99
1772	5.15	52.88	0.89	1.26
1900	5.28	52.75	0.91	1.17
2064	6.92	52.22	1.95	1.13
2115	6.91	52.18	1.65	1.18

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

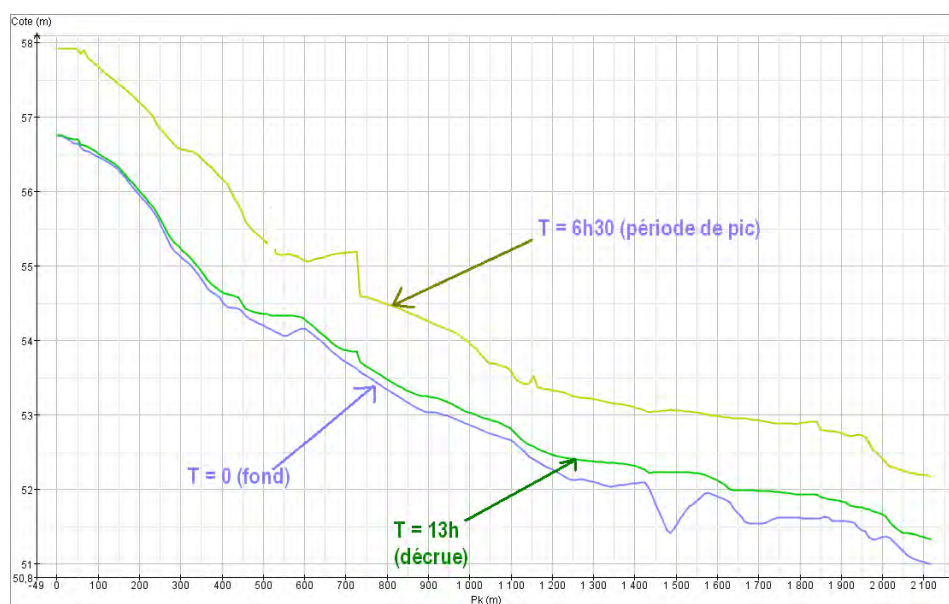


Figure G-11 : Lignes d'eau à l'état initial, à T=6h30 (pic de crue) et à T=13h00 (décrue).

G.2.2.6 Evolution des valeurs maxima en fonction des périodes de retour

Il s'agit d'une comparaison des valeurs maximales des différentes occurrences étudiées. Ces tableaux permettront de mieux apprécier la capacité de la roubine. Les signes « +, -, et = » sont utilisés pour suivre l'évolution de la capacité d'évacuation de la roubine d'une occurrence à une autre.

⇒ Débits maxima :

+ : croissant par rapport à l'évènement précédent

= : constant par rapport à l'évènement précédent

- : décroissant par rapport à l'évènement précédent

La capacité de la roubine correspond au débit maximal transité sans débordement (en crête de digue ou sur les berges) en fonction des occurrences étudiées. Au cas où aucun débordement n'est observé, c'est l'occurrence millénaire qui sera retenue.

Pm (m)	Q _{max} _T = 2 ans (m ³ /s)	Q _{max} _T = 10 ans (m ³ /s)	Q _{max} _T = 30 ans (m ³ /s)	Q _{max} _T = 100 ans (m ³ /s)	Q _{max} _T = 1000 ans (m ³ /s)	Capacité roubine (m ³ /s)
3	0.90	1.59+	2.79+	4.99+	8.19+	4.99
111	1.09	1.92+	3.37+	6.02+	9.03+	6.02
237	1.31	2.30+	4.04+	7.23+	11.05+	11.05
328	1.46	2.58+	4.52+	8.08+	12.46+	8.08
408	1.60	2.82+	4.94+	8.85+	13.74+	8.85
555	1.85	2.91+	3.81+	5.14+	6.41+	5.14
690	1.74	1.79+	1.85+	1.85=	3.06+	3.06
800	1.93	2.14+	2.37+	2.74+	3.06+	3.06
1000	2.24	2.76+	3.45+	4.69+	6.48+	6.48
1244	2.70	3.25+	3.65+	3.97+	4.42+	4.42
1429	3.00	3.82+	4.39+	4.62+	4.88+	4.88
1772	3.51	4.52+	4.83+	5.04+	5.15+	5.04
1900	3.70	4.90+	5.22+	5.32+	5.28-	5.32
2064	3.85	5.24+	5.80+	6.33+	6.92+	6.92
2115	3.85	5.24+	5.80+	6.33+	6.91+	6.91

Les apports locaux du BV18 tout au long du ruisseau fait accroître le débit. Seulement 10% environ de la superficie du bassin (Bv18) se situe en amont de la roubine. La capacité de la roubine est évaluée autour des 4 à 6m³/s en moyenne.

De part sa position stratégique, la digue des fontaines constitue une ceinture de sécurité pour amortir les eaux du Malaven en cas de rupture ou de débordements de la digue du Malaven. Cette situation ne peut pas être prise en compte dans le modèle 1D.

⇒ Cotes maxima :

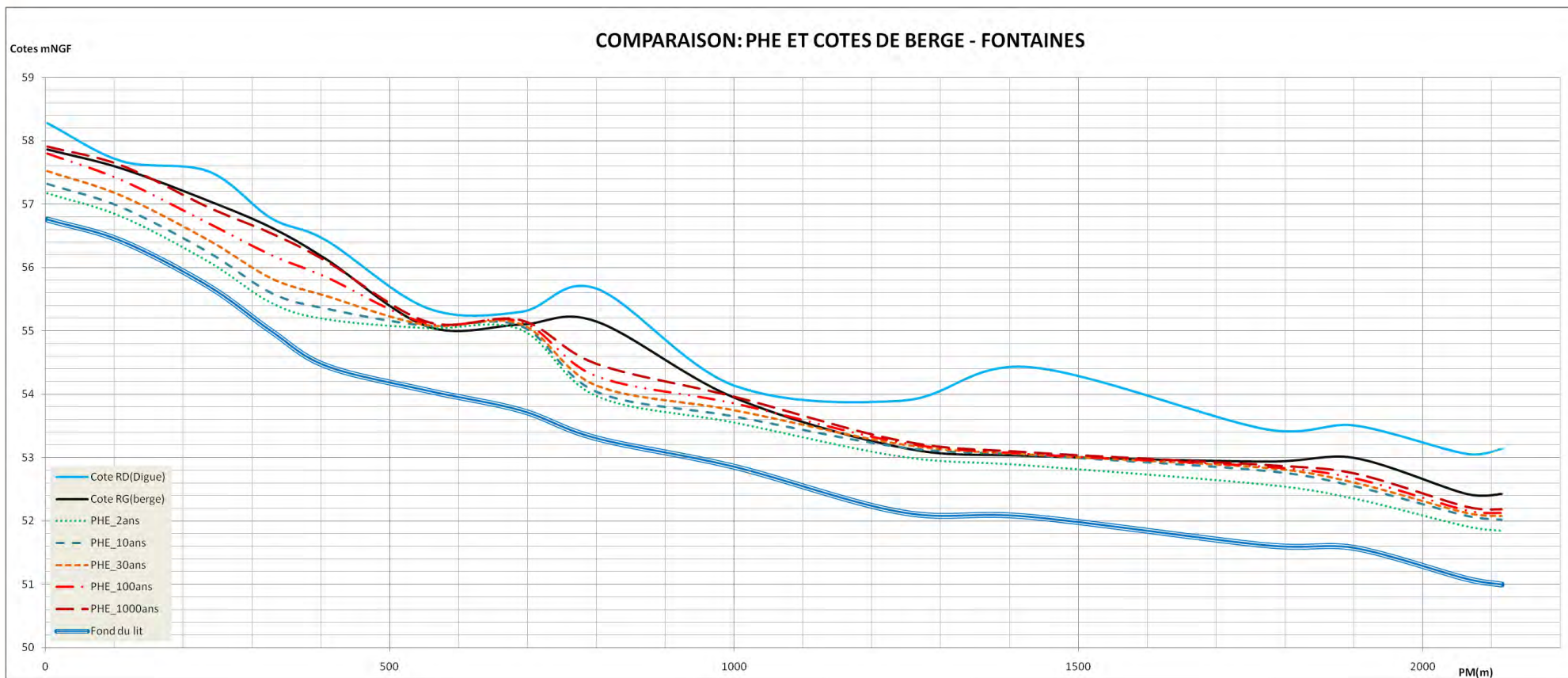
+ : croissant par rapport à l'évènement précédent

= : constant par rapport à l'évènement précédent

- : décroissant par rapport à l'évènement précédent=

Pm (m)	PHE_T = 2 ans (mNGF)	PHE_T = 10 ans (mNGF)	PHE_T = 30 ans (mNGF)	PHE_T = 100 ans (mNGF)	PHE_T = 1000 ans (mNGF)
3	57.17	57.32+	57.52+	57.80+	57.91+
111	56.80	56.95+	57.13+	57.38+	57.61+
237	56.09	56.24+	56.43+	56.70+	56.95+
328	55.44	55.60+	55.83+	56.20+	56.54+
408	55.18	55.35+	55.55+	55.85+	56.10+
555	55.04	55.08+	55.09+	55.12+	55.14+
690	55.02	55.08+	55.11+	55.15+	55.17+
800	53.97	54.04+	54.14+	54.29+	54.48+
1000	53.55	53.65+	53.75+	53.86+	53.96+
1244	53.01	53.16+	53.21+	53.24+	53.26+
1429	52.87	53.04+	53.05+	53.06+	53.08+
1772	52.57	52.79+	52.84+	52.86+	52.88+
1900	52.35	52.55+	52.61+	52.68+	52.75+
2064	51.91	52.08+	52.13+	52.17+	52.22+
2115	51.84	52.02+	52.08+	52.13+	52.18+

L'évolution des lignes d'eau d'une occurrence à une autre est représentée sur la figure ci-dessous. Pour cette modélisation 1D, il n'y a pas eu de deversement en crête de la digue (ligne bleue). On rappelle que seul le bassin versant des Fontaines est pris en compte. Un ruissellement en provenance de Malaven, mis en évidence dans le modèle 2D ci-dessous, entraîne des franchissements en crête de digue.



⇒ Vitesses maxima :

+ : croissant par rapport à l'évènement précédent

= : constant par rapport à l'évènement précédent

- : décroissant par rapport à l'évènement précédent

Pm (m)	V _{max} _T = 2 ans (m/s)	V _{max} _T = 10 ans (m/s)	V _{max} _T = 30 ans (m/s)	V _{max} _T = 100 ans (m/s)	V _{max} _T = 1000 ans (m/s)
3	1.06	1.26+	1.41+	1.70+	2.40+
111	1.25	1.49+	1.70+	2.07+	2.27+
237	1.66	1.92+	2.13+	2.46+	2.66+
328	1.70	1.96+	2.13+	2.26+	2.35+
408	1.15	1.48+	1.84+	2.30+	2.72+
555	0.49	0.75+	0.93+	1.26+	1.52+
690	0.62	0.63+	0.63=	0.68+	0.70+
800	1.46	1.46=	1.46=	1.47+	1.48+
1000	1.22	1.23+	1.28+	1.50+	1.80+
1244	1.20	1.20+	1.25+	1.33+	1.45+
1429	1.15	1.17+	1.32+	1.33+	1.41+
1772	0.87	0.87+	0.87=	0.89+	0.89=
190	1.04	1.09+	1.07+	1.10+	0.91+
2064	1.50	1.73+	1.80+	1.88+	1.95+
2115	1.38	1.53+	1.57+	1.61+	1.65+

La vitesse d'écoulement se stabilise autour de 1m/s et se démunie en amont de certains ouvrage (OFT 7 et OFT8). Le premier a une section assez faible tandis que le second correspond à un détournement (un coude) du lit mineur à son passage sous la LGV.

Les vitesses sont très proches de 2m/s en amont de la RD6580 et c'est à ce niveau que la digue est fragile et a même subit la brèche lors des événements de septembre 2002 sur les Fontaines.

⇒ Tirants d'eau maxima

+ : croissant par rapport à l'évènement précédent

= : constant par rapport à l'évènement précédent

- : décroissant par rapport à l'évènement précédent

Pm (m)	H _{max_T = 2 ans} (m)	H _{max_T = 10 ans} (m)	H _{max_T = 30 ans} (m)	H _{max_T = 100 ans} (m)	H _{max_T = 1000 ans} (m)
3	0.41	0.57+	0.77+	1.05+	1.16+
111	0.38	0.52+	0.70+	0.95+	1.18+
237	0.38	0.53+	0.72+	0.99+	1.24+
328	0.44	0.60+	0.83+	1.20+	1.54+
408	0.73	0.90+	1.10+	1.40+	1.65+
555	0.99	1.03+	1.04+	1.07+	1.09+
690	1.27	1.33+	1.36+	1.40+	1.42+
800	0.63	0.70+	0.80+	0.95+	1.14+
1000	0.69	0.79+	0.89+	1.00+	1.10+
1244	0.88	1.03+	1.08+	1.11+	1.13+
1429	0.78	0.95+	0.96+	0.97+	0.99+
1772	0.95	1.17+	1.22+	1.24+	1.26+
190	0.77	0.96+	1.03+	1.10+	1.17+
2064	0.82	0.99+	1.04+	1.10+	1.13+
2115	0.84	1.02+	1.08+	1.13+	1.18+

G.2.3 Evaluation de la capacité d'écoulement de roubine du MALAVEN

Une première série de simulations des écoulements dans la roubine du Malaven a été faite au moyen du logiciel RUBAR 3 « 1D » afin de déterminer la capacité de celle-ci et voir éventuellement les cas de débordements sur les berges.

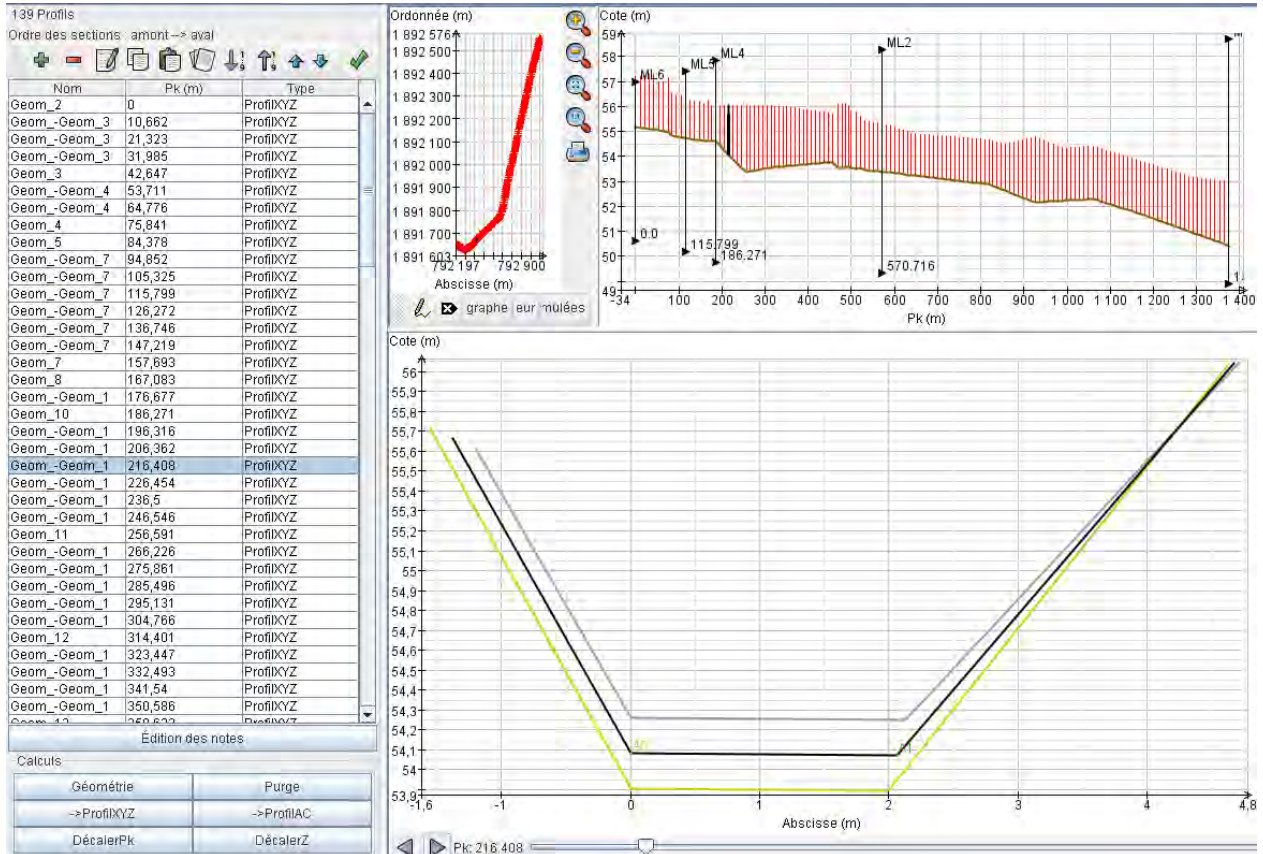


Figure G-12 : Jeux de sections du maillage 1D – MALAVEN

G.2.3.1 Evènement d'occurrence biennale T = 2 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
42	7.6	56.55	1.49	1.48
84	7.5	56.34	1.41	1.56
157	4.55	55.51	1.59	1.18
226	3.40	55.26	1.01	0.96
455	3.50	55.40	0.90	1.62
639	8.29	54.60	1.25	1.44
818	7.39	54.00	1.65	1.31
926	7.50	53.90	1.04	1.80
1059	7.72	53.63	1.49	1.40
1170	7.84	53.04	2.05	1.35
1373	8.63	52.20	2.06	1.76

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

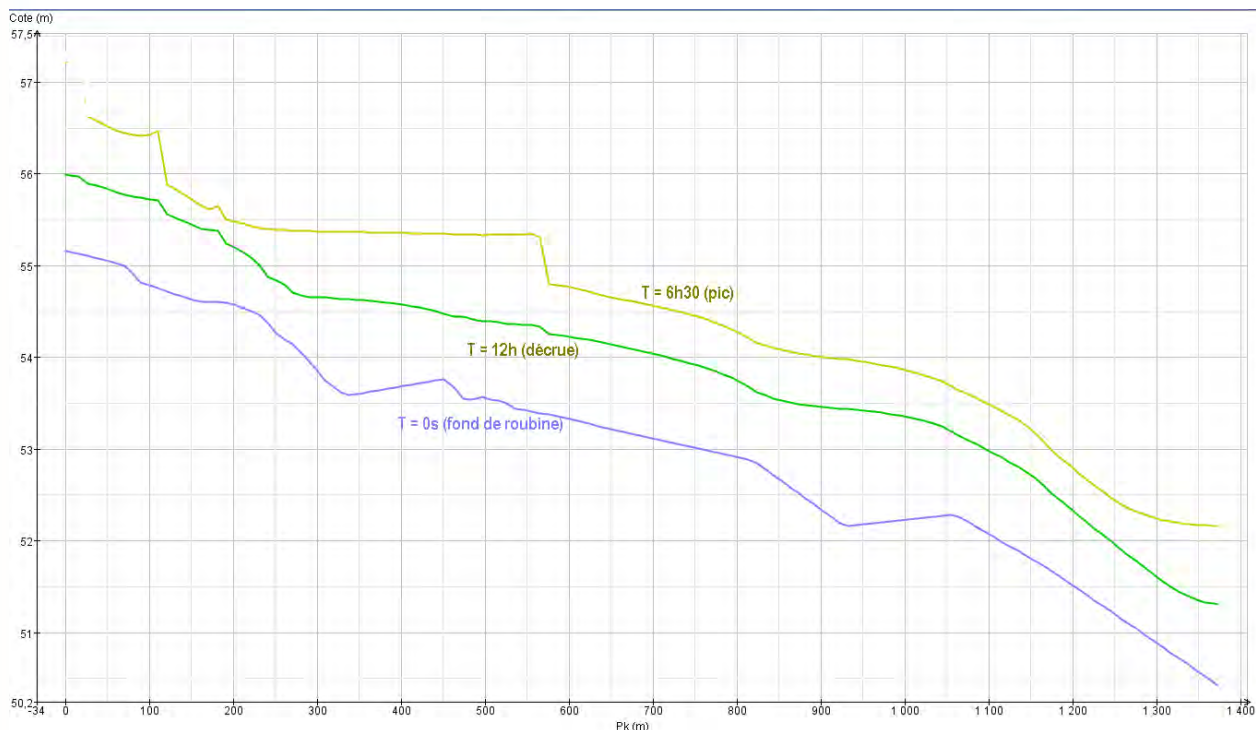


Figure G-13 : Lignes d'eau à l'état initial, à T = 6h30 (pic de crue) et à T = 12h00 (décrue).

G.2.3.2 Evènement d'occurrence décennale T = 10 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
42	9.71	56.47	2.06	1.62
84	9.71	56.36	1.89	1.72
157	5.38	55.53	2.39	1.22
226	4.04	55.29	1.95	0.98
455	4.08	55.40	1.40	1.65
639	9.30	54.62	1.55	1.50
818	9.50	54.03	2.63	1.51
926	9.66	53.93	1.45	1.89
1059	9.86	53.64	2.21	1.59
1170	10.01	53.04	2.81	1.76
1373	10.52	53.04	2.82	2.40

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

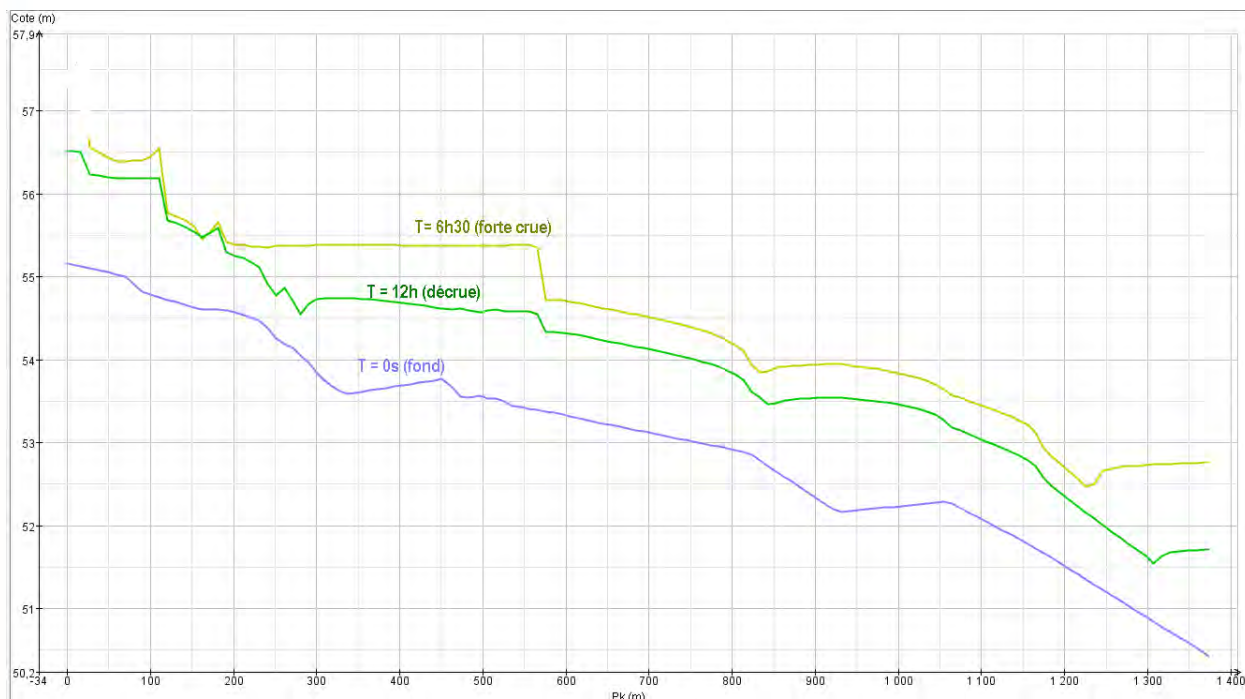


Figure G-14 : Lignes d'eau à l'état initial, à T = 6h30 (pic de crue) et à T = 12h00 (dégrue).

G.2.3.3 Evènement d'occurrence trentennale T = 30 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
42	18.50	56.77	2.94	2.15
84	18.00	56.37	3.47	2.16
157	7.45	55.61	2.47	1.32
226	4.54	55.63	1.94	1.20
455	4.51	55.59	1.1	1.90
639	15.00	54.69	2.25	1.71
818	12.52	54.19	2.80	1.71
926	13.16	54.11	1.60	2.10
1059	13.70	53.81	2.30	1.80
1170	14.24	53.22	3.00	2.00
1373	15400	52.92	3.00	2.55

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

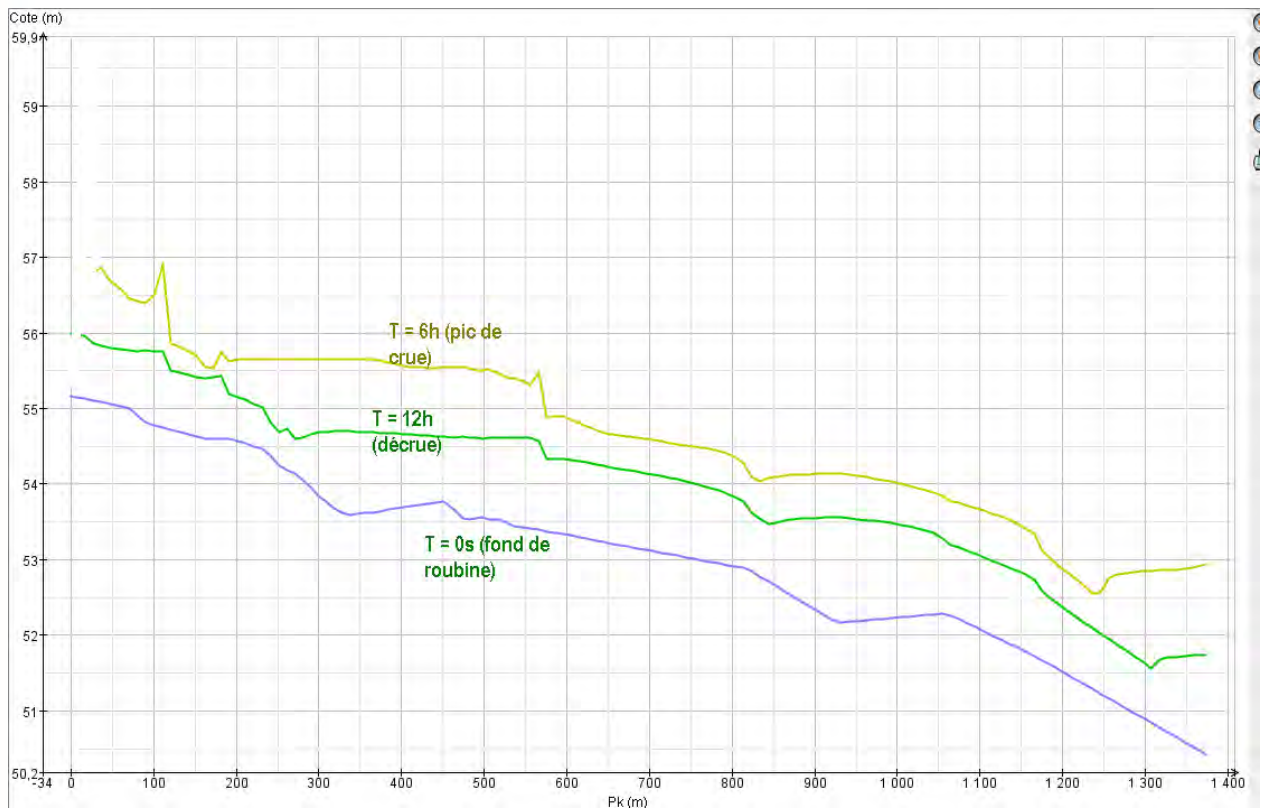


Figure G-15 : Lignes d'eau à l'état initial, à T = 6h30 (pic de crue) et à T = 12h00 (décrue).

G.2.3.4 Evènement d'occurrence centennale T = 100 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
42	20.00	56.80	3.13	2.22
84	19.30	56.38	3.66	2.23
157	6.78	55.95	2.50	1.42
226	4.50	55.78	1.99	1.51
455	4.40	55.70	1.40	2.25
639	21.00	54.75	3.00	1.91
818	15.40	54.35	3.00	1.86
926	16.01	54.20	1.86	2.19
1059	15.55	53.86	2.45	1.87
1170	15.56	53.24	3.03	2.07
1373	14.50	52.94	3.02	2.60

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

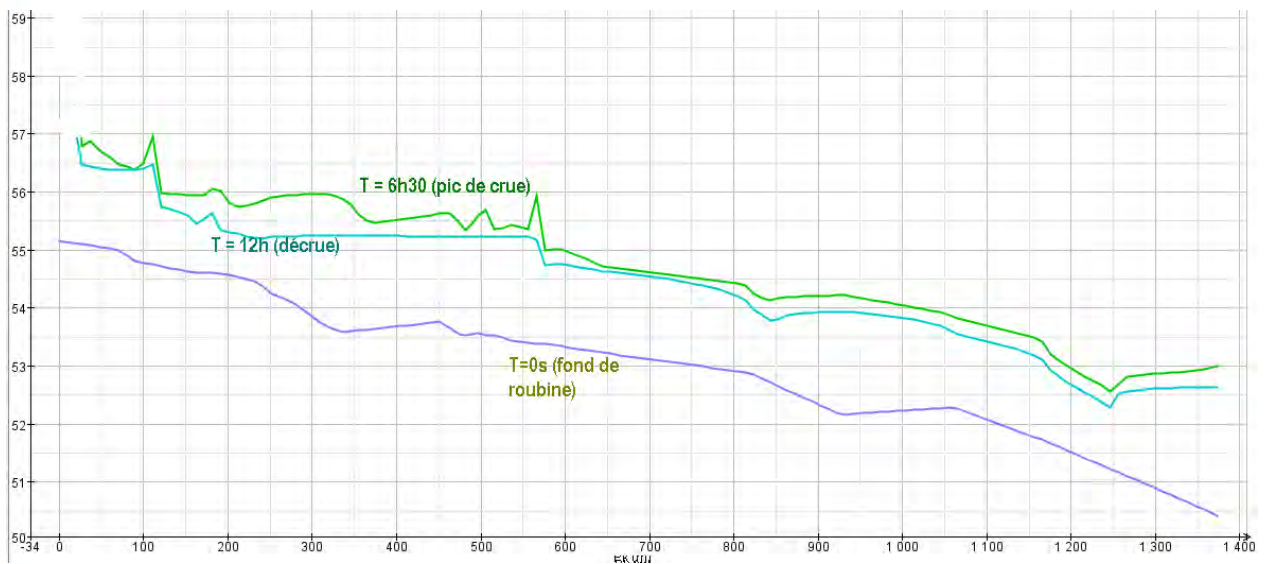


Figure G-16 : Lignes d'eau à l'état initial, à T = 6h30 (pic de crue) et à T = 12h00 (décrue).

G.2.3.5 Evènement d'occurrence millénaire T = 1000 ans

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Pm (m)	Q _{max} (m ³ /s)	PHE (mNGF)	V _{max} (m/s)	Hauteur d'eau maxi (m)
42	26.69	56.85	3.72	2.60
84	24.00	56.41	4.19	2.59
157	6.82	56.17	2.50	1.63
226	4.50	55.89	2.00	2.50
455	5.01	55.67	1.85	3.45
639	18.49	54.72	2.65	1.85
818	14.23	54.28	2.80	1.82
926	15.53	54.18	1.76	2.20
1059	15.48	53.86	2.40	1.86
1170	15.59	53.29	3.05	2.09
1373	14.62	53.00	3.02	2.61

Les lignes d'eau (cote en fonction des Pm) pour différents moments de la simulation d'une crue de durée de pluie égale à 12h sont données sur le graphe suivant :

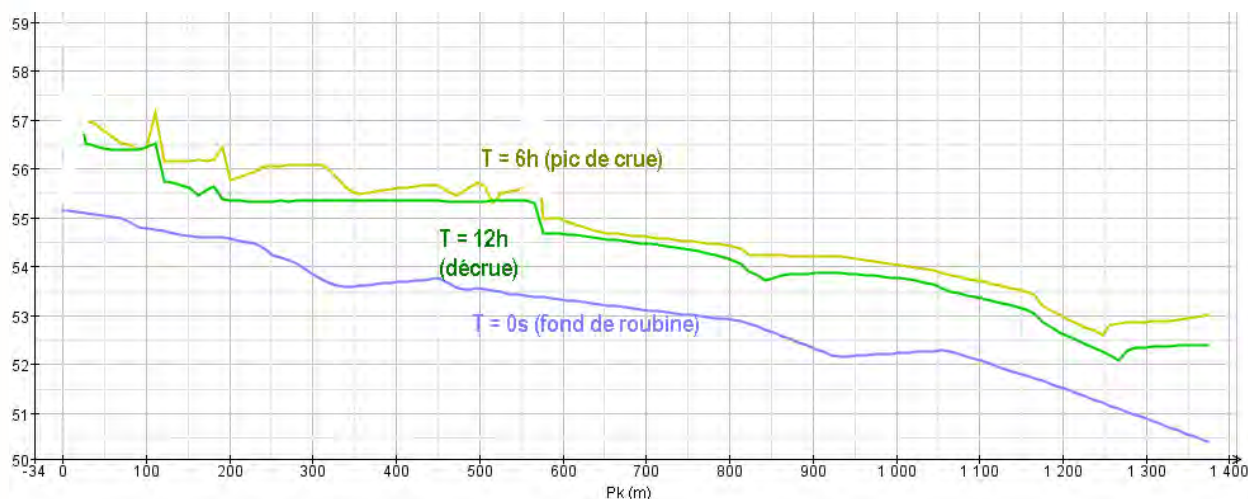


Figure G-17 : Lignes d'eau à l'état initial, à T = 6h30 (pic de crue) et à T = 12h00 (décrue).

G.2.3.6 Evolution des valeurs maxima en fonction des périodes de retour

Il s'agit d'une comparaison des valeurs maximales des différentes occurrences étudiées. Ces tableaux permettront de mieux apprécier la capacité de la roubine. Les signes « +, -, et = » sont utilisés pour suivre l'évolution de la capacité d'évacuation de la roubine d'une occurrence à une autre.

⇒ Débits maxima :

+ : croissant par rapport à l'évènement précédent

= : constant par rapport à l'évènement précédent

- : décroissant par rapport à l'évènement précédent

La capacité de la roubine correspond au débit maximal transité sans débordement (en crête de digue ou sur les berges) en fonction des occurrences étudiées. Au cas où aucun débordement n'est observé, c'est l'occurrence millénaire qui sera retenue.

A noter que la roubine du Malaven fait confluence avec celle de Manissy en aval de la D6580 et reçoit également des apports latéraux de la partie amont du SBV11 (en aval de la D6580). D'où un accroissement du débit transité sur le tronçon situé entre la D6580 et la digue du Grès.

Pm (m)	Q _{max_T = 2 ans} (m ³ /s)	Q _{max_T = 10 ans} (m ³ /s)	Q _{max_T = 30 ans} (m ³ /s)	Q _{max_T = 100 ans} (m ³ /s)	Q _{max_T = 1000 ans} (m ³ /s)	Capacité roubine (m ³ /s)
42	7.6	9.71+	18.50+	20.00+	26.69+	9.71
84	7.5	9.71+	18.00+	19.30+	24.00+	9.71
157	4.55	5.38+	7.45+	6.78+	6.82+	5.38
226	3.40	4.04+	4.54+	4.50-	4.50=	4.50
455	3.50	4.08+	4.51+	4.40-	5.01+	4.51
639	8.29	9.30+	15.00+	21.00+	18.49-	9.30
818	7.39	9.50+	12.52+	15.40+	14.23-	14.23
926	7.50	9.66+	13.16+	16.01+	15.53-	15.53
1059	7.72	9.86+	13.70	15.55+	15.48-	13.70
1170	7.84	10.01+	14.24+	15.56+	15.59+	15.59
1373	8.63	10.52+	14.00+	14.50+	14.62+	14.62

L'une des roubine les plus sollicitées dans le secteur, le Malaven se décompose en deux tronçons vis-à-vis de son fonctionnement hydraulique. Un tronçon amont RD6580 recevant les eaux du Malaven et un tronçon aval RD6580 où la roubine fait confluence avec Genêtieres. Des ouvrages de franchissement sont incorporés sur le premier tronçon tandis que sur le second l'écoulement est presque sans contrainte. La limite de ces deux tronçons se situe entre les points PM 455.611m et Pm 639.409m.

En observant les débits, on constate une diminution sur le premier tronçon qui tend vers une valeur limite de 4.50m³/s suite au franchissement des ouvrages et aussi à cause de la morphologie de la roubine (pas tout à fait droite). Quand au second tronçon, l'apport latéral du

bassin des Genêtères se fait sentir par une augmentation de débit jusqu'à 15.50m³/s en moyenne avant de chuter légèrement au point de confluence avec les Fontaines (amont roubine du Grès).

⇒ Cotes maxima :

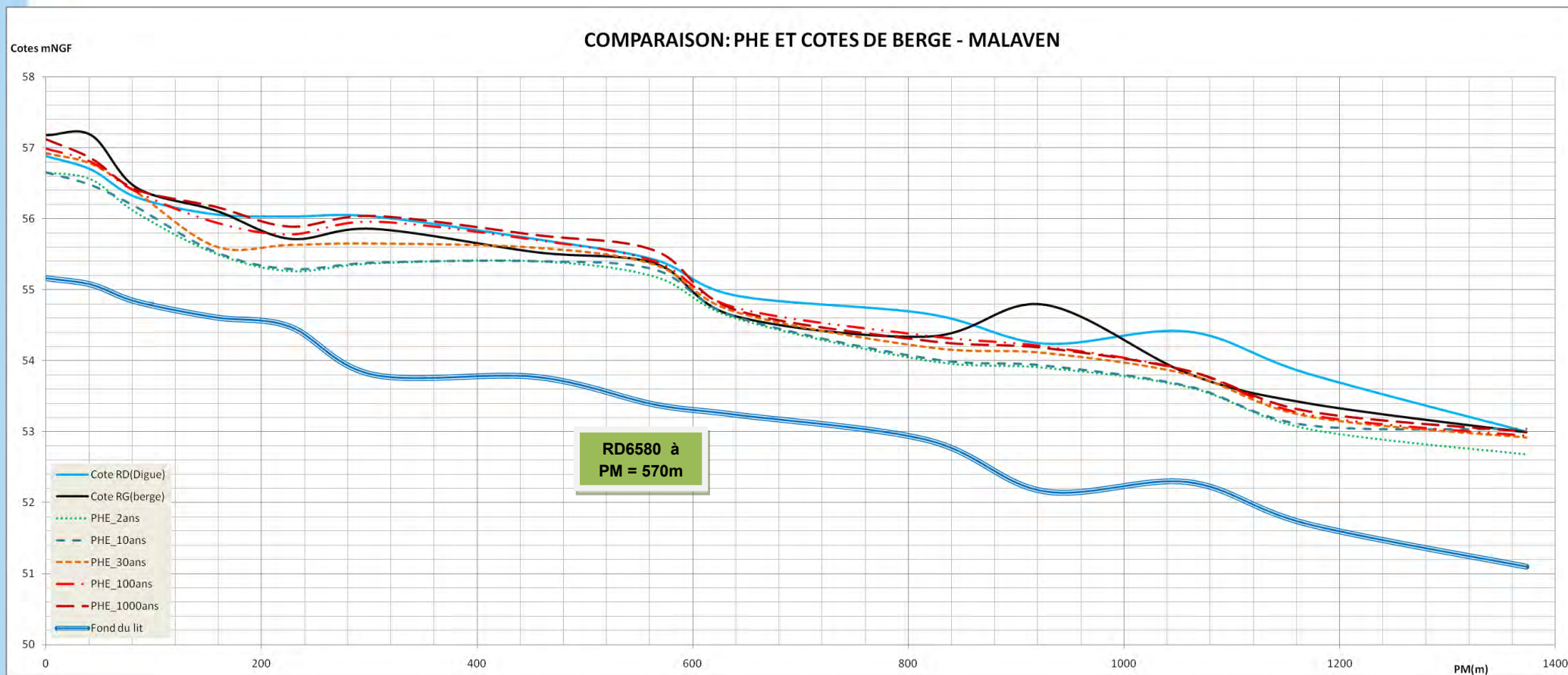
+ : croissant par rapport à l'évènement précédent

= : constant par rapport à l'évènement précédent

- : décroissant par rapport à l'évènement précédent

Pm (m)	PHE T = 2 ans (mNGF)	PHE T = 10 ans (mNGF)	PHE T = 30 ans (mNGF)	PHE T = 100 ans (mNGF)	PHE T = 1000 ans (mNGF)
42	56.55	56.47+	56.77+	56.80+	56.85+
84	56.34	56.36+	56.37+	56.38+	56.41+
157	55.51	55.53+	55.61+	55.95+	56.17+
226	55.26	55.29+	55.63+	55.78+	55.89+
455	55.40	55.40=	55.59+	55.70+	55.67-
639	54.60	54.62+	54.69+	54.75+	54.72-
818	54.00	54.03+	54.19+	54.35+	54.28-
926	53.90	53.93+	54.11+	54.20+	54.18-
1059	53.63	53.64+	53.81+	53.86+	53.86=
1170	53.04	53.04=	53.22+	53.24+	53.29+
1373	52.20	53.04+	52.92-	52.94+	53.00+

La figure ci-dessous représente les niveaux PHE atteints après simulation 1D des occurrences étudiées et la position des berges. Un niveau d'eau supérieur à une cote de berge se traduit par un déversement sur celle-ci.



⇒ Vitesses maxima :

+ : croissant par rapport à l'évènement précédent

= : constant par rapport à l'évènement précédent

- : décroissant par rapport à l'évènement précédent

Pm (m)	V _{max} _T = 2 ans (m/s)	V _{max} _T = 10 ans (m/s)	V _{max} _T = 30 ans (m/s)	V _{max} _T = 100 ans (m/s)	V _{max} _T = 1000 ans (m/s)
42	1.49	2.06+	2.94+	3.13+	3.72+
84	1.41	1.89+	3.47+	3.66+	4.19+
157	1.59	2.39+	2.47+	2.50+	2.50=
226	1.01	1.95+	1.94-	1.99+	2.00+
455	0.90	1.40+	1.10-	1.40+	1.85+
639	1.25	1.55+	2.25-	3.00+	2.65-
818	1.65	2.63+	2.80+	3.00+	2.80-
926	1.04	1.45+	1.60+	1.86+	1.76-
1059	1.49	2.21+	2.30+	2.45+	2.40-
1170	2.05	2.81+	3.00+	3.03+	3.05+
1373	2.06	2.82+	3.00+	3.02+	3.02=

Les vitesses suivent le même principe que les débits.

⇒ Tirants d'eau maxima

+ : croissant par rapport à l'évènement précédent

= : constant par rapport à l'évènement précédent

- : décroissant par rapport à l'évènement précédent

Pm (m)	H _{max} _T = 2 ans (m)	H _{max} _T = 10 ans (m)	H _{max} _T = 30 ans (m)	H _{max} _T = 100 ans (m)	H _{max} _T = 1000 ans (m)
42	1.48	1.62+	2.15+	2.22+	2.60+
84	1.56	1.72+	2.16+	2.23+	2.59+
157	1.18	1.22+	1.32+	1.42+	1.63+
226	0.96	0.98+	1.20+	1.51+	2.50+
455	1.62	1.65+	1.90+	2.25+	3.45+
639	1.44	1.50+	1.71+	1.91+	1.85-
818	1.31	1.51+	1.71+	1.86+	1.82-
926	1.80	1.89+	2.10+	2.19+	2.20+
1059	1.40	1.59+	1.80+	1.87+	1.86+
1170	1.35	1.76+	2.00+	2.07+	2.09+
1373	1.76	2.40+	2.55+	2.60+	2.61+

G.2.4 Evaluation des situations d'inondation du val protégé par les roubines

Pour évaluer les cas de franchissements des roubines des Fontaines et du Malaven et d'inondation du val protégé, des simulations en plan au moyen de RUBAR 2D a été faite. Le modèle 2D consiste à faire un maillage de la plaine inondable du val protégé. Les profils en travers tirés du levé topographique y sont intégrés dans le maillage 2D pour une meilleure précision dans ces cours d'eau. Les résultats pour les différentes occurrences statistiques simulées sont donnés ci-dessous.

Pour chaque occurrence, les cartographies fournies correspondent successivement à une inondation à la fin de la simulation (stabilisation), aux valeurs maximales des hauteurs d'eau et de l'intensité des vitesses obtenues au cours de la simulation.

En effet, le niveau de sécurité des personnes peut être défini comme le niveau à partir duquel le seuil de son déplacement devient critique. Ce seuil de déplacement donné en fonction de la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement de l'eau semble être un critère pertinent. La grille d'aléas donnée dans le tableau 1 ci-dessous, tirée des *PPRI du fleuve Rhône et de ses affluents à crue lente. Doctrine commune – DREAL Rhône Alpes (2006)*, permet d'apprécier le niveau de sécurité des personnes.

L'atteinte du niveau de sécurité correspond au passage en aléa fort.

TABLEAU 1: ALÉA POUR UNE CRUE RAPIDE EN FONCTION DE LA HAUTEUR ET DE LA VITESSE [4]

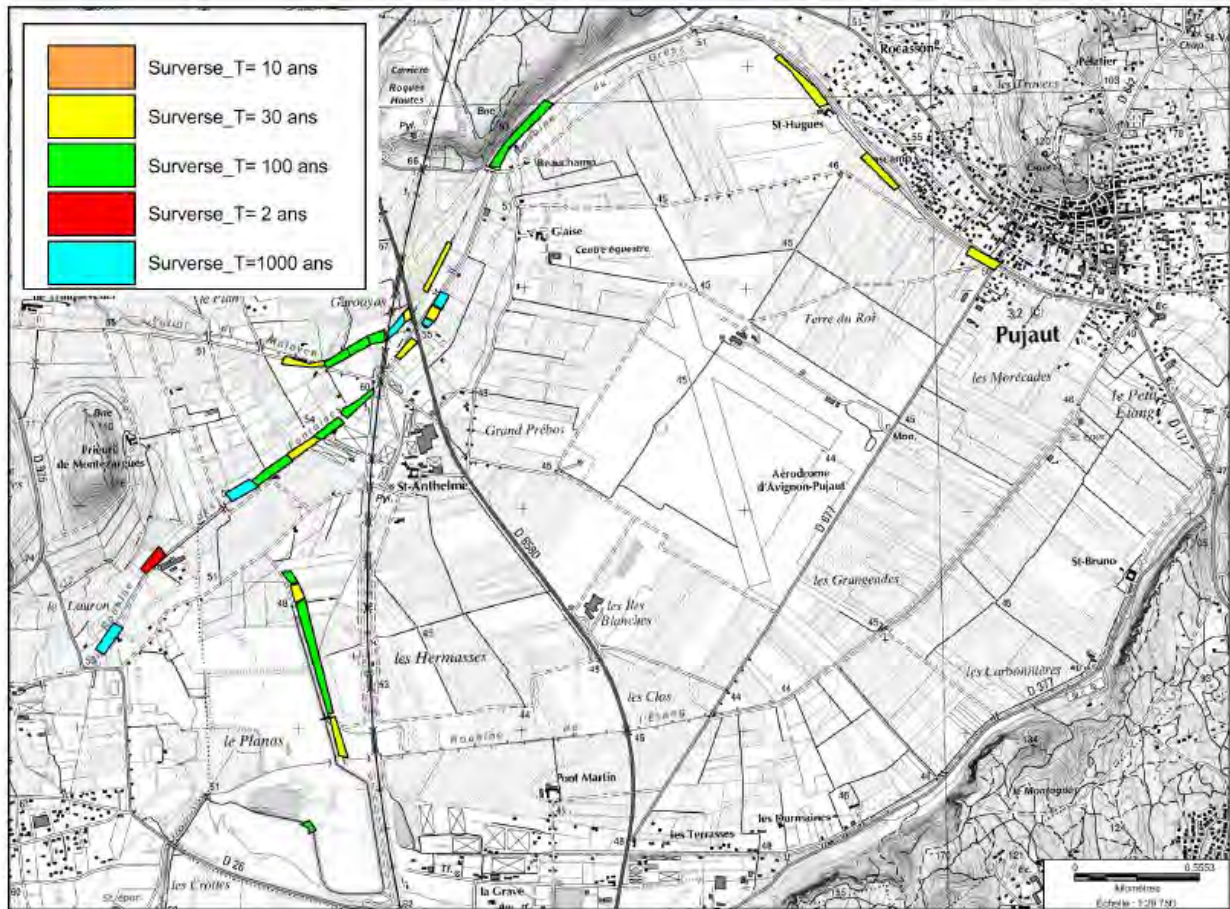
Grille à deux paramètres Zones de confluences		Vitesse d'écoulement		
		Faible (< 0.2 m/s) (stockage)	Moyenne (écoulement)	Forte (> 0.5 m/s) (grand écoulement)
Hauteur de submersion	H < 0.50 m	Modéré	Modéré	Fort
	0.50 m < H < 1 m	Fort	Fort	Fort
	H > 1 m	Fort	Fort	Fort

Les limites des terrains inondables et les vitesses des écoulements sont données par le **code couleur vert**, pour lequel la hauteur d'eau et la vitesse sont respectivement inférieures à 15cm et 15cm/s.

Le danger pour les infrastructures et la mobilité des personnes, dans la zone inondée, est identifié dans les zones où l'on obtient une hauteur d'eau supérieure à 0.50m (hauteur dite critique) et/ou une vitesse de propagation supérieure à 0.50m/s (vitesse critique). Ces zones sont identifiées à partir du **code couleur orange**.

Après simulation hydraulique (2D) des différentes occurrences étudiées, des zones de surverse ont été localisés sur les endiguements en fonction des occurrences. La cartographie ci-dessous synthétise le déversement en crête de digue. La période de retour donnée en légende correspond à l'occurrence minimale à partir de la quelle la digue n'assure plus sa fonction de protection en toute sécurité.

LOCALISATION DES ZONES DE SURVERSE EN FONCTION DES OCCURENCES



Cartographie G-1 : Localisation des zones de surverse en fonction des occurrences étudiées

Remarque 1 : Pour donner une idée sur le rôle des digues des Fontaines et du Malaven sur l'inondation du val protégé, une modélisation de la crue milléniale a été effectuée en désactivant les sources d'inondation autres que les digues Fontaines/Malaven. Ainsi, le barrage du Planas, la plaine de Pujaut et la partie nord du Grès ont été désactivés (pas d'apports). Le résultat obtenu est cartographié ci-dessous. La zone touchée est effectivement la zone d'enjeux de ces digues à l'état actuel.

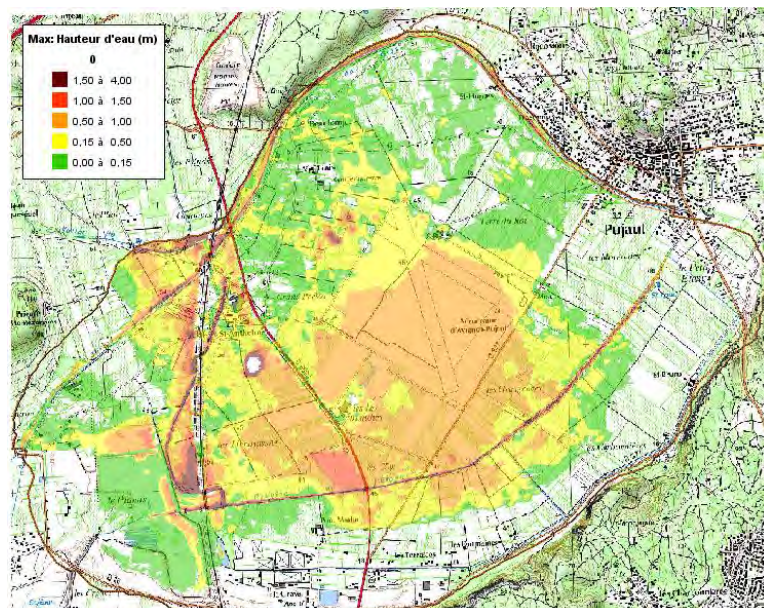


Figure G-18 : Inondation due au dysfonctionnement des digues Fontaines/Malaven

Remarque 2 : Toutes les modélisations ci-dessous sont effectuées en prenant en compte le barrage du Planas, la plaine de pujaut et la partie nord de la digue du Grès.

G.2.4.1 Evènement d'occurrence biennale (2 ans)

Des débordements commencent à apparaître au droit de la zone de stockage dû à une insuffisance de l'ouvrage et du passage sur la digue du chemin d'accès aux habitations qui est à un niveau plus bas que la digue.

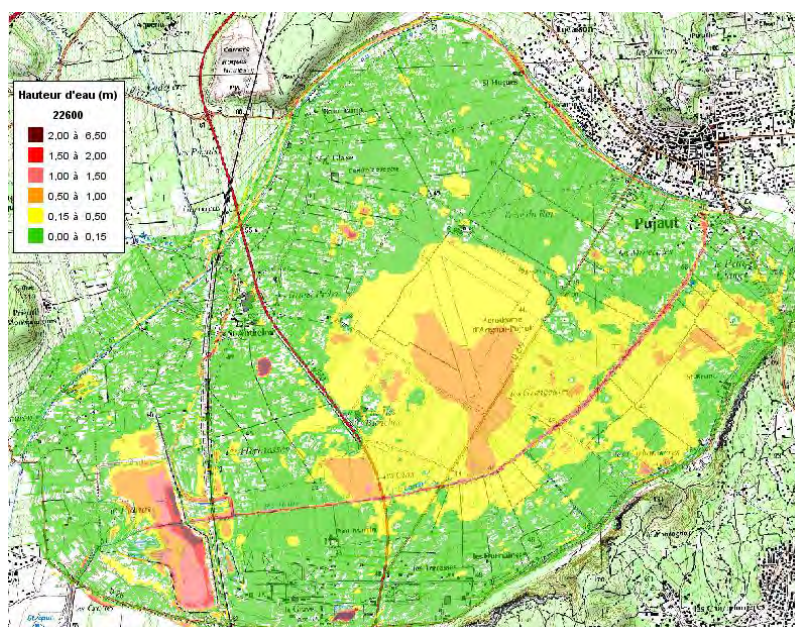


Figure G-19: Hauteur d'eau dans les zones inondables pour un évènement d'occurrence biennale après 12h de pluie

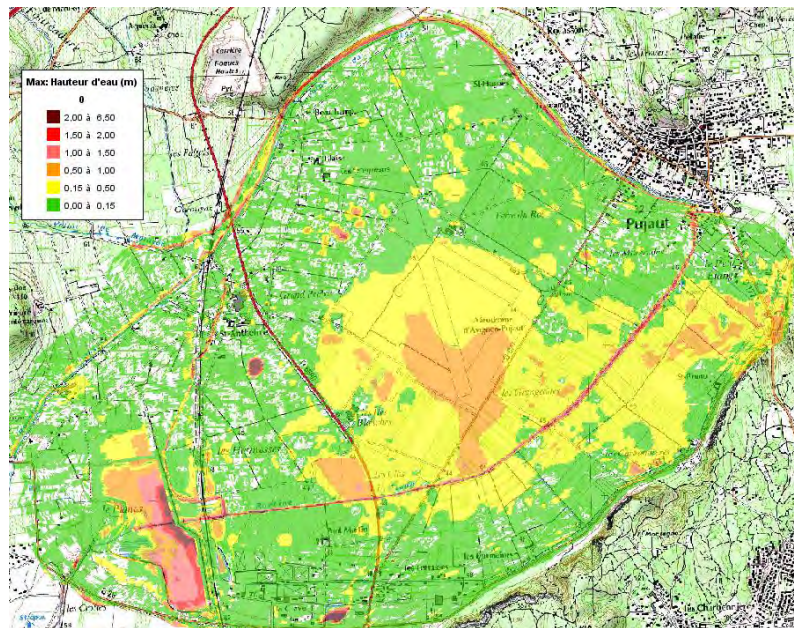


Figure G-20 : Maxima des hauteurs d'eau obtenues en chaque point ; occurrence=2 ans

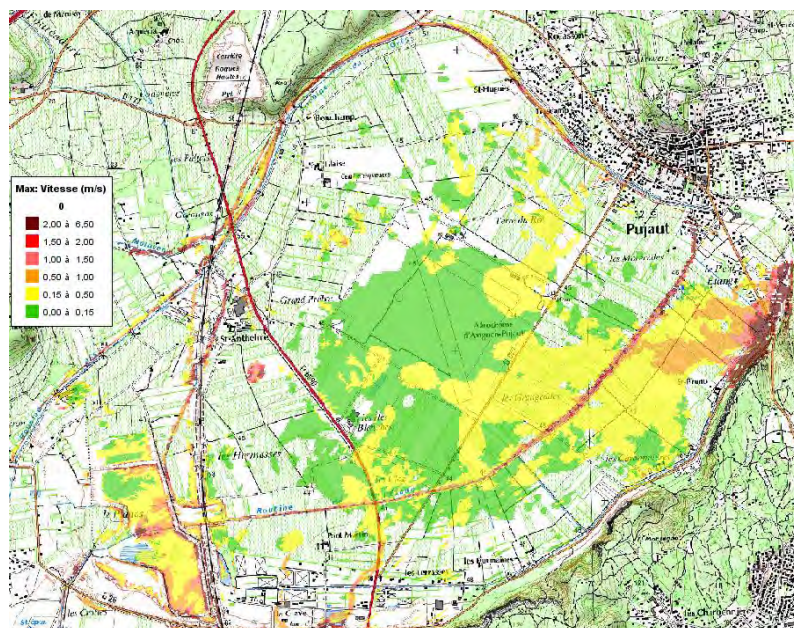


Figure G-21 : Intensité maximale des vitesses d'écoulement pendant la crue, occurrence = 2 ans

G.2.4.2 Evènement d'occurrence décennale (10 ans)

Le scénario reste identique au précédent.

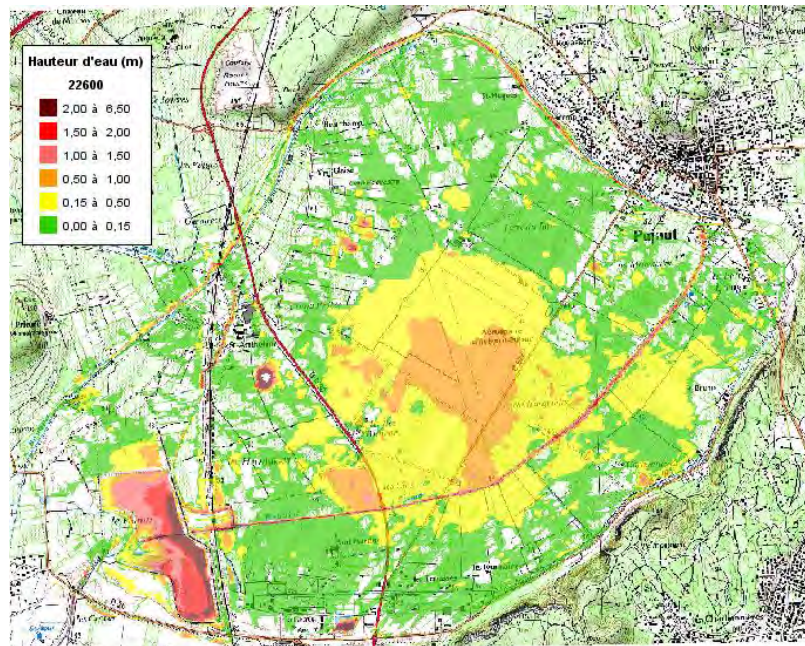


Figure G-22 : Hauteur d'eau dans les zones inondables pour un évènement d'occurrence décennale après 12h de pluie

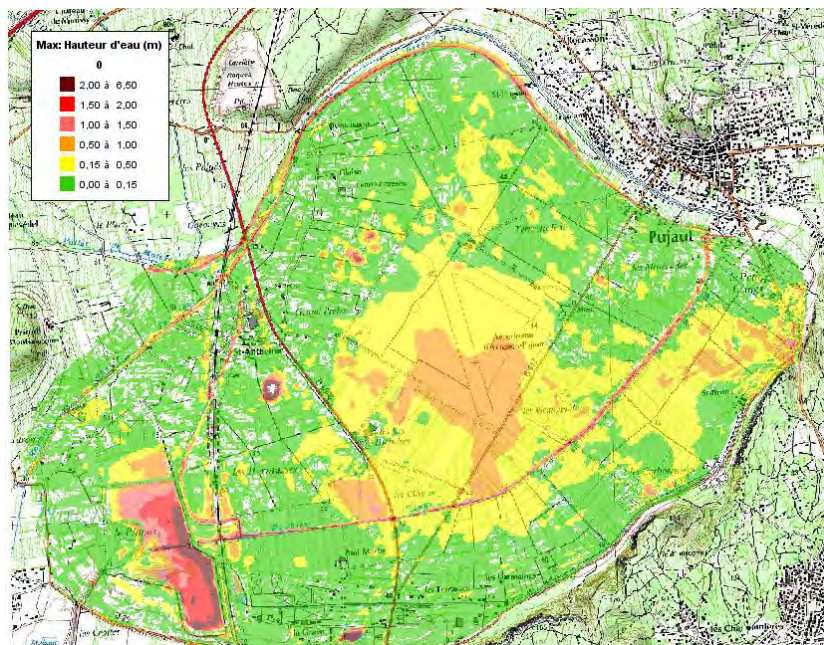


Figure G-23 : Maxi des hauteurs d'eau obtenues en chaque point ; occurrence=10 ans

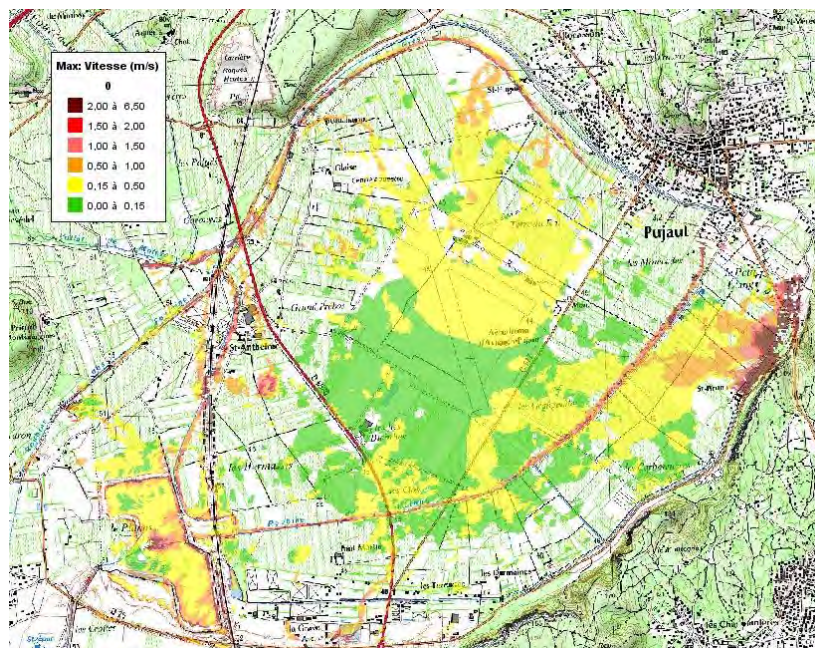


Figure G-24 : Intensité maximale des vitesses d'écoulement pendant la crue, occurrence = 10 ans

G.2.4.3 Evènement d'occurrence trentennale (30 ans)

La trentennale est le scénario de début de surverse en crête des digues des Fontaines et du Malaven. Les zones de déversement sont : amont de la RD6580 (blocage des ouvrages et du remblai), aval RD6580 dû à la confluence Malaven – Manissy et des apports latéraux du sous bassin au nord au large de la digue Grès.

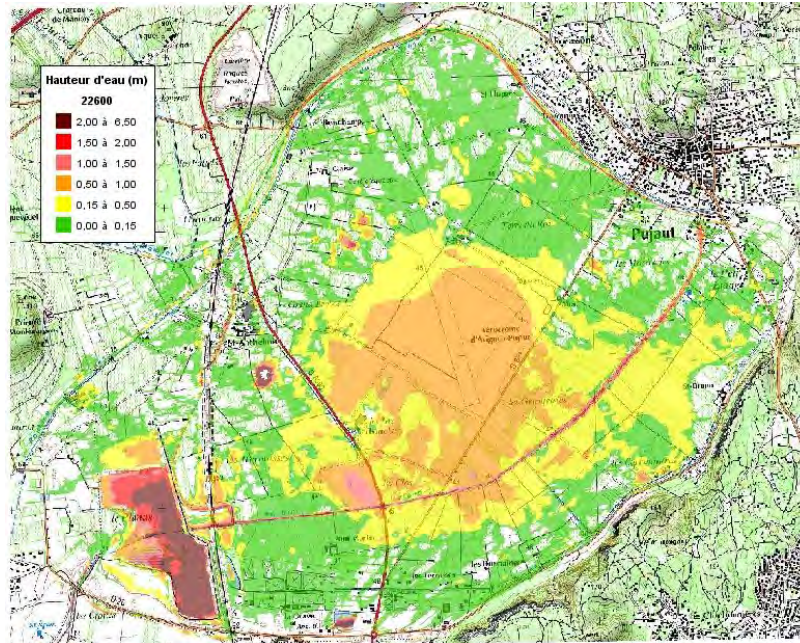


Figure G-25 : Hauteur d'eau dans les zones inondables pour un évènement d'occurrence trentennale après 12h de pluie (après stabilisation)

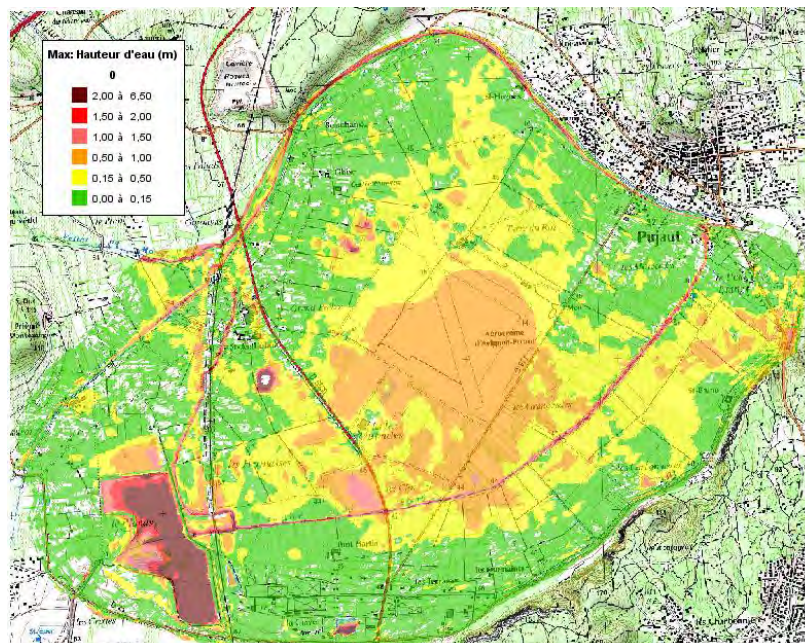


Figure G-26 : Maxima des hauteurs d'eau obtenues en chaque point ; occurrence=30 ans

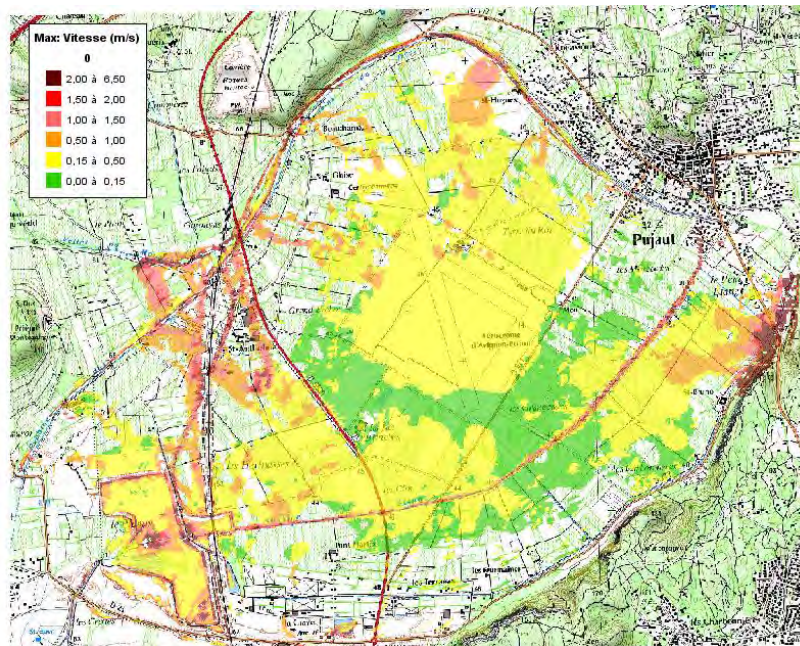


Figure G-27 : Intensité maximale des vitesses de l'écoulement pendant la crue, occurrence = 30 ans

G.2.4.4 Evènement d'occurrence centennale (100 ans)

Les zones de débordements précédemment citées s'élargissent et d'autres tronçons commencent à déborder également. Les deux roubines semblent être très faibles face à la crue centennale. L'inondation touche le quartier ST Anthelme, le pied du remblai RFF

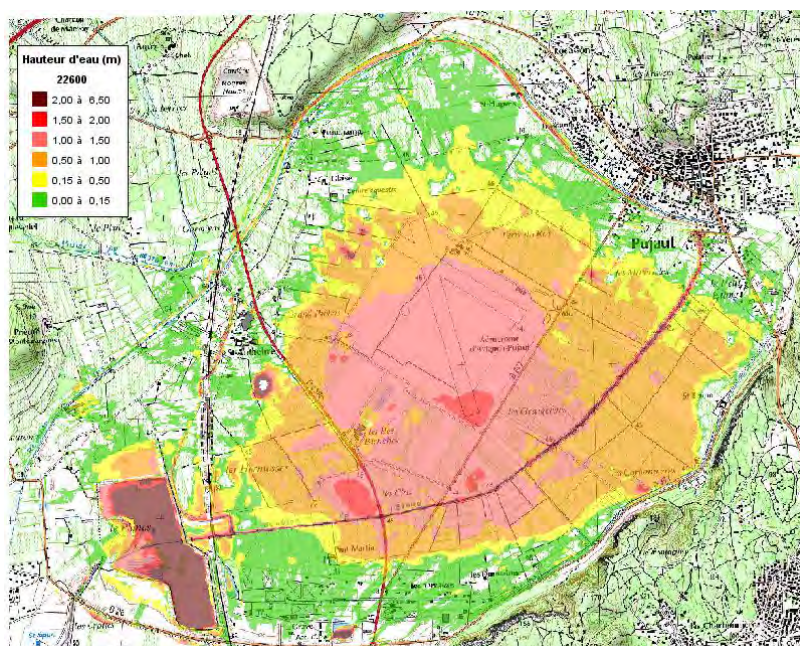


Figure G-28 : Hauteur d'eau dans la zone inondable pour un évènement d'occurrence centennale après 12h de pluie (après stabilisation)

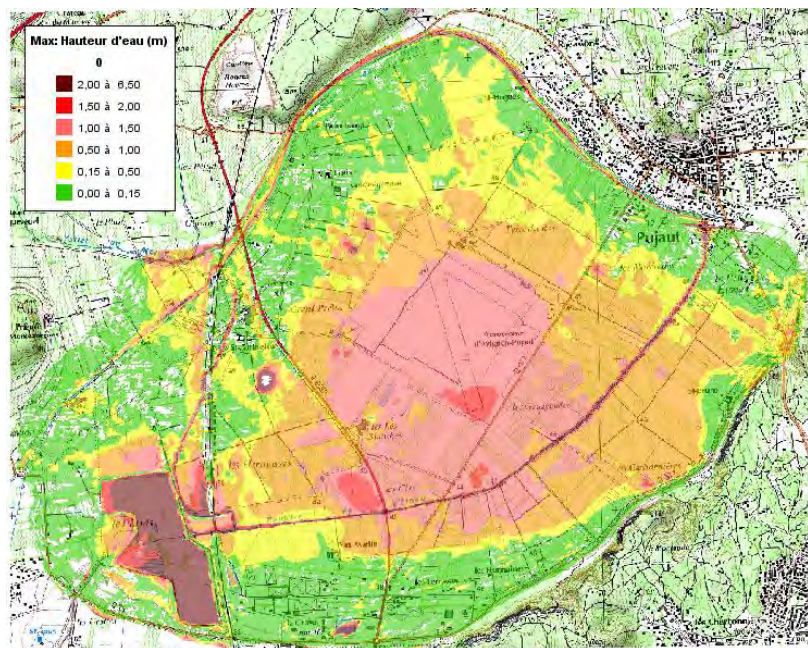


Figure G-29 : Maxima des hauteurs d'eau obtenues en chaque point ; occurrence=100 ans

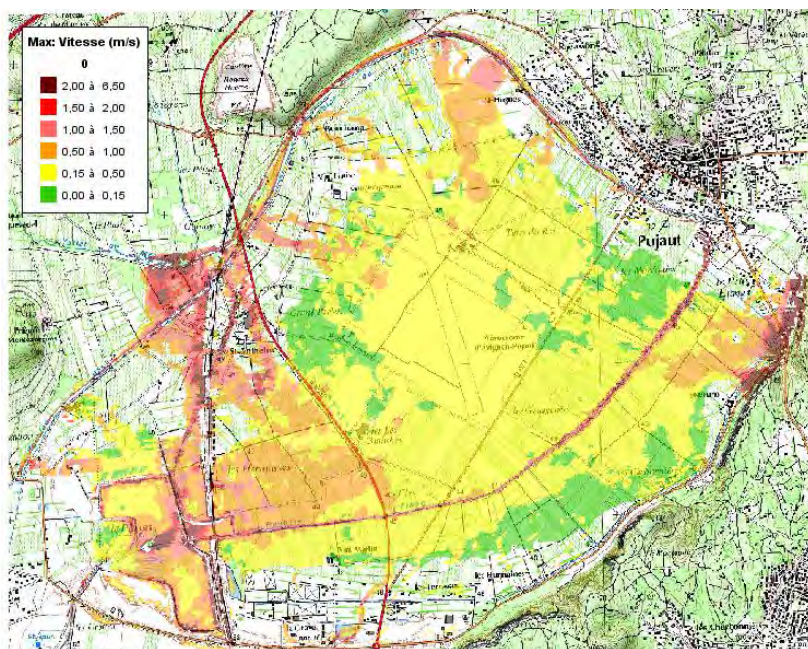


Figure G-30 : Intensité maximale des vitesses d'écoulement pendant la crue, occurrence = 100 ans

G.2.4.5 Evènement d'occurrence exceptionnelle (1000 ans)

On arrive à un évènement où la présence des digues (Fontaines et Malaven) entre le centre Equestre et la confluence Malaven-fontaines ne se fait presque plus sentir. Le débordement se fait partout dans ce secteur et les vitesses dépassent souvent les 2m/s ce qui présente un risque important de dégât.

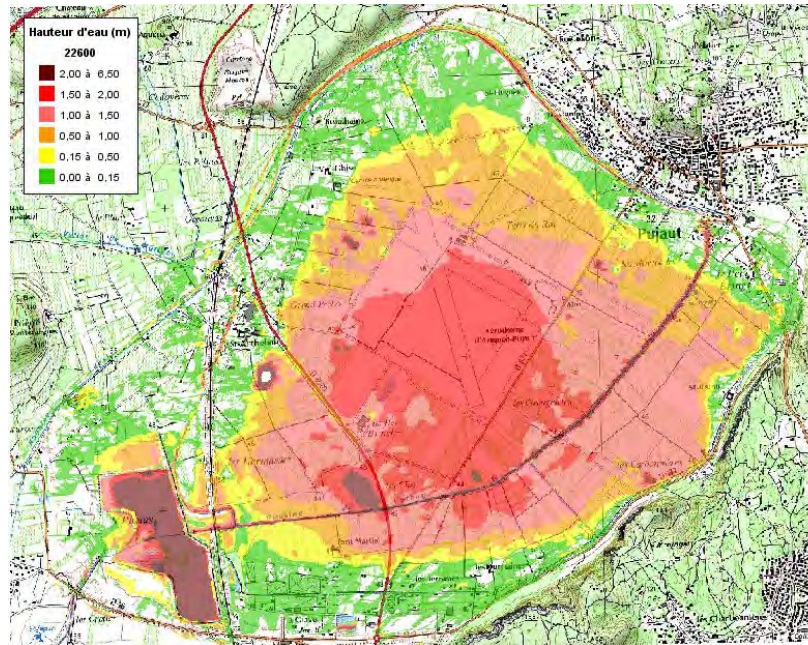


Figure G-31 : Hauteur d'eau dans les zones inondables pour un évènement d'occurrence millénaire après 12h de pluie (après stabilisation)

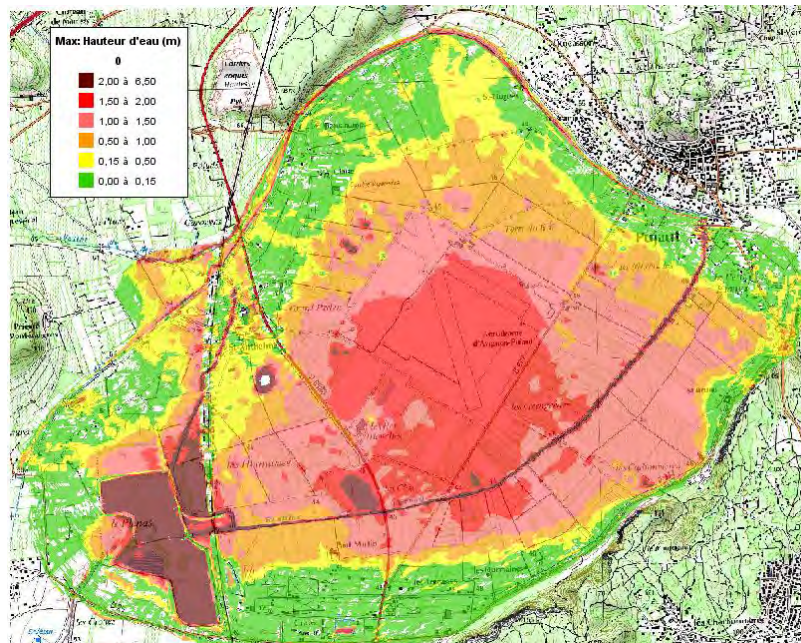


Figure G-32 : Maxi des hauteurs d'eau obtenues en chaque point ; occurrence=1000 ans

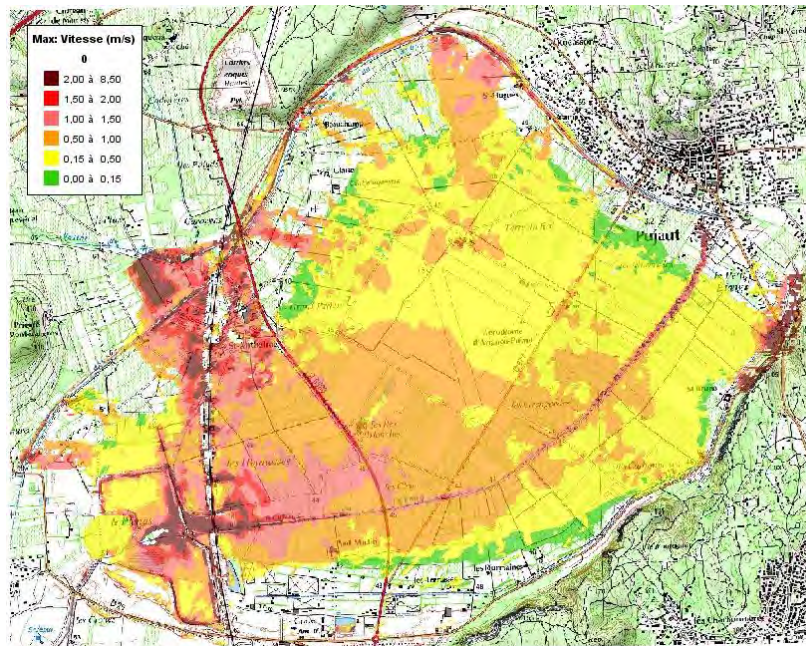


Figure G-33 : Intensité maximale des vitesses d'écoulement pendant la crue, occurrence = 1000 ans

G.2.5 Etude de cas de rupture des digues du Malaven et des Fontaines

G.2.5.1 Historique des brèches

Les événements 2002 et 2011 ont pu provoquer des ruptures de digue sur Fontaines/Malaven. Les brèches ont été localisées lors de l'inspection visuelle et se situent en amont de la LGV sur un linéaire de 15m pour Malaven (2011), en amont de la RD6580 sur 15m environ pour les Fontaines, en aval de la RD6580 (Malaven) et au droit du centre Equestre (Fontaines).

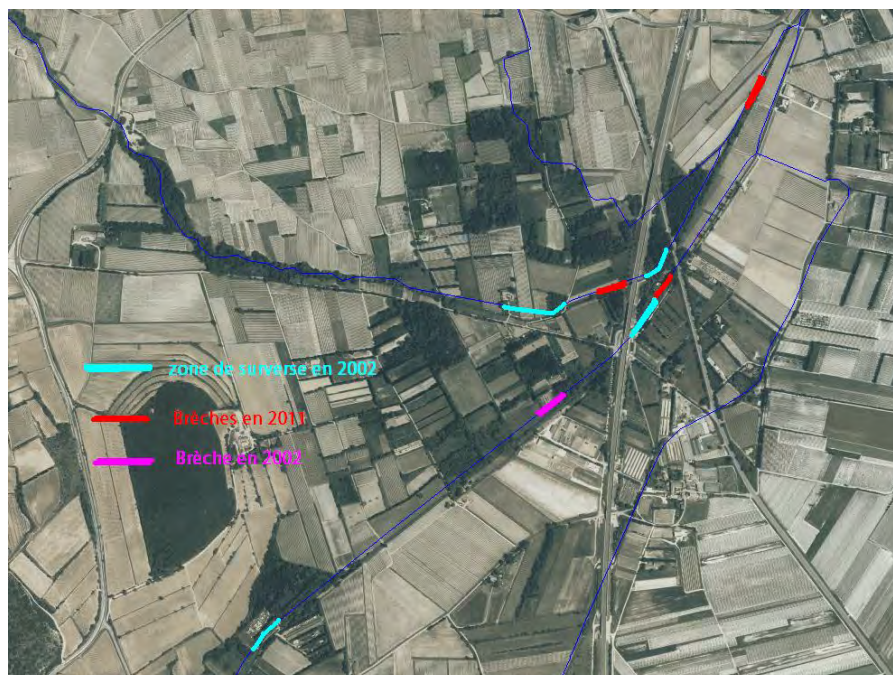


Figure G-34 : Ruptures de digue lors des événements de 2011 et de 2002

G.2.5.2 Zones de surverse

Les zones de surverse recensées dans l'étude hydraulique sont représentées sur la cartographie ci-dessous en fonction des occurrences étudiées. Ces zones sont les plus vulnérables à une rupture de digue.

LOCALISATION DES ZONES DE SURVERSE EN FONCTION DES OCCURENCES

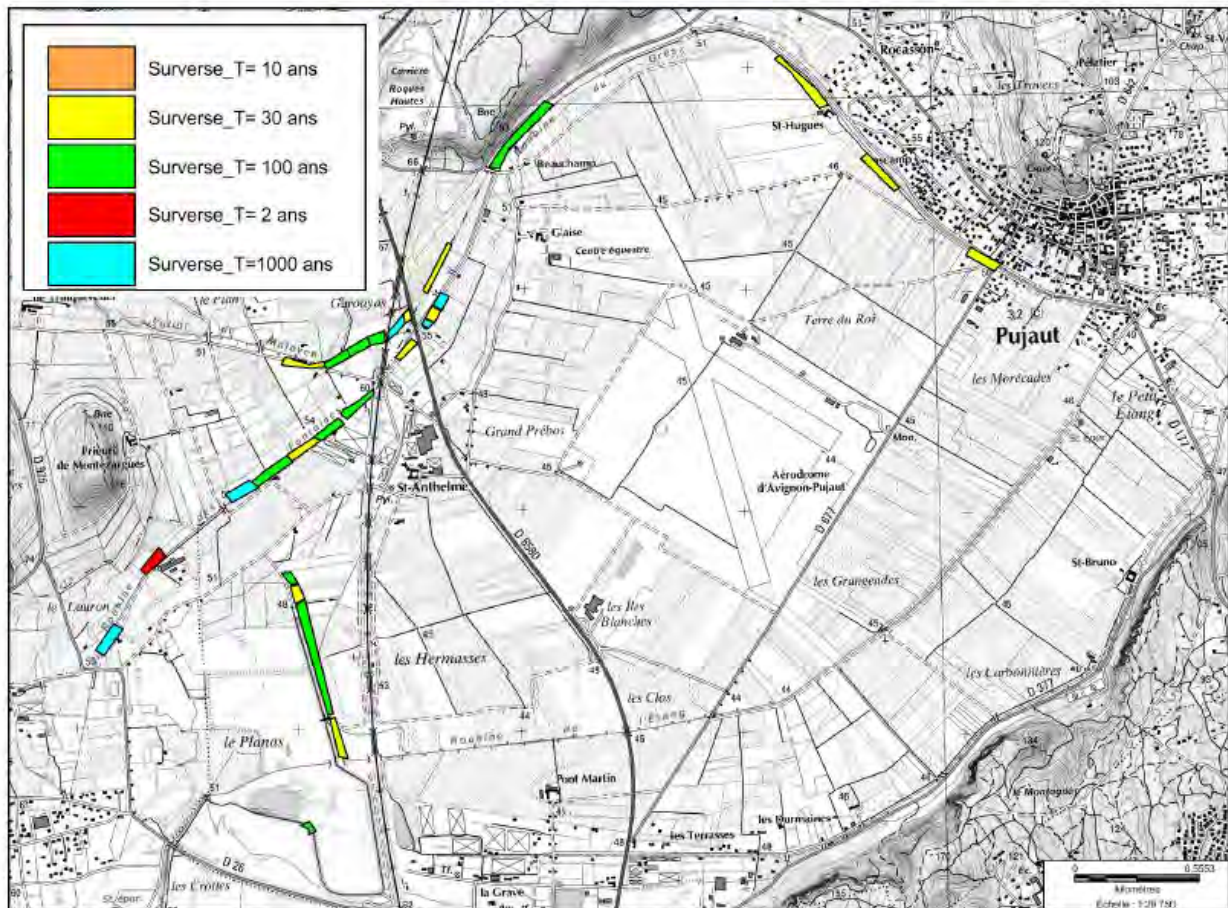


Figure G-35 : Zones de surverse

G.2.5.3 Définition et localisation des brèches

Le type de rupture simulée est une rupture par submersion de la digue. La « surverse », consistant en un débordement de la crête, conduit en général rapidement à une brèche. Quelques temps après le débordement, le parement aval commence à s'éroder. Les matériaux sont arrachés par la force du courant en pied de digue (côté aval). La fouille qui apparaît alors en pied de digue contribue à imprégner le corps de celle-ci. Saturé d'eau, le parement glisse alors par pans entiers. Les matériaux sont emportés par le courant, ce qui conduit rapidement à l'ouverture d'une brèche.

Une brèche de 100m est étudiée dans les zones de surverse (au même endroit que les brèches de novembre 2011) pour les digues des Fontaines et du Malaven. Les emplacements de ces brèches sont des zones de risque majeurs du fait de la présence dans le val protégé des ouvrages SNCF et routier ainsi que des habitations et des lieux agricoles à quelques dizaines de mètres.

Les occurrences étudiées seront les minimales pour qu'il y ait un déversement sur le tronçon considéré.

Les zones de brèche sont représentées, en rouge, sur la carte ci-dessous.

Les brèches étudiées se situent à :

- **Malaven** : Amont LGV (2011) et amont RD6580
- **Fontaines** : Centre Esquestre et amont RD6580



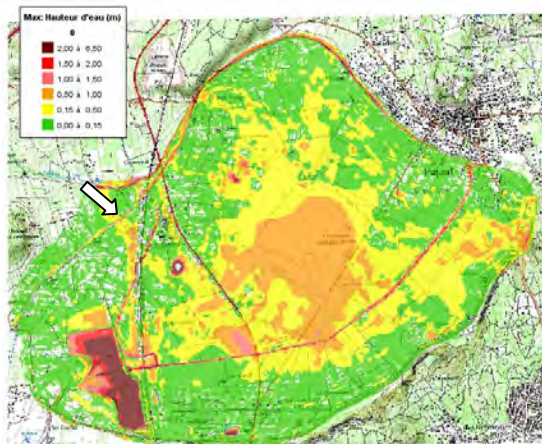
Figure G-36 : Localisation des brèches

G.2.5.4 Brèche sur FONTAINES « Equestre »

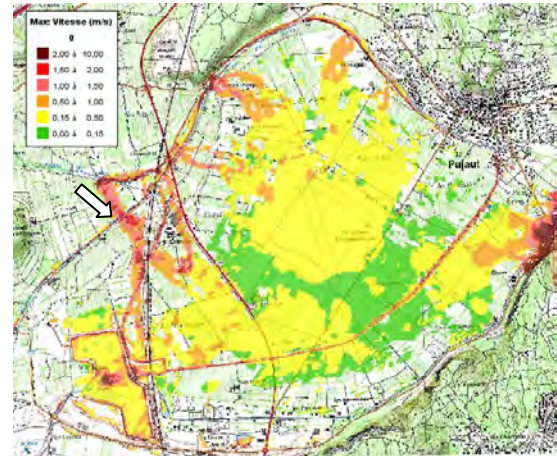
Cette zone est saturée par les eaux du Malaven qui pourraient provoquer la rupture de la digue des Fontaines. Donc la brèche n'est pas seulement liée aux eaux de ruissellement en provenance du sous bassin des Fontaines.

Les résultats sont présentés ci-dessous :

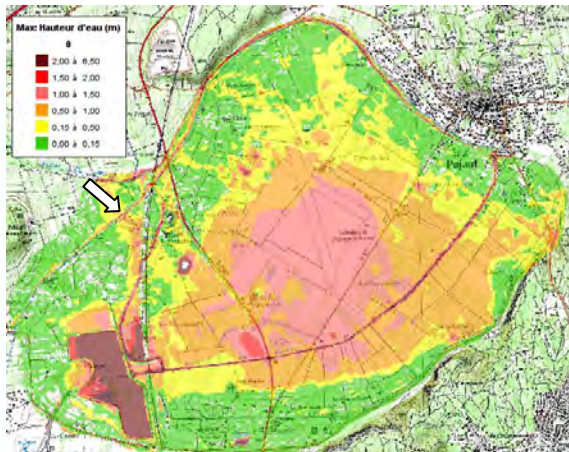
Période de retour 30 ans - Maxima des hauteurs d'eau



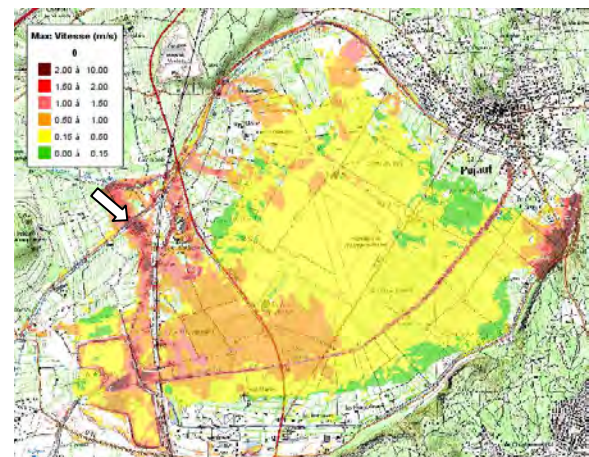
Période de retour 30 ans - Maxima des vitesses



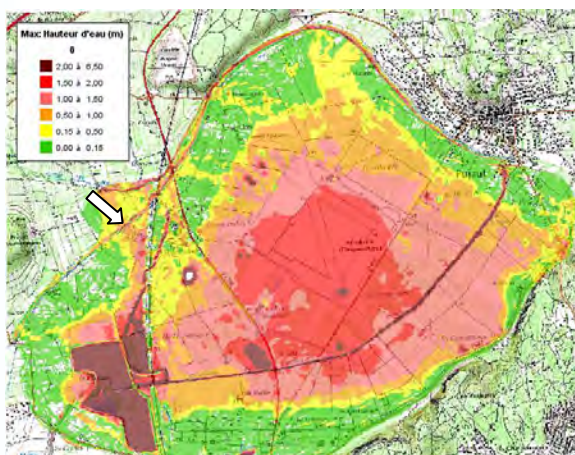
Période de retour 100 ans - Maxima des hauteurs d'eau



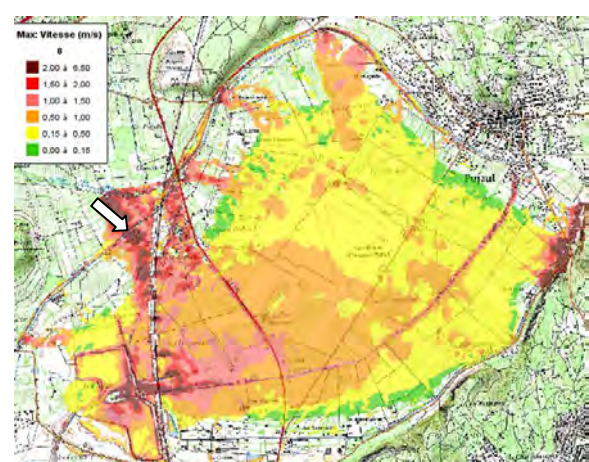
Période de retour 100 ans - Maxima des vitesses



Période de retour 1000 ans
Maxima des hauteurs d'eau



Période de retour 1000 ans
Maxima des vitesses



La zone d'impact de la rupture de la digue des Fontaines au niveau au niveau du centre Equestre est le secteur amont de la LGV jusqu'au bassin du Planas. Le ruissellement gagne ensuite la plaine de Pujaut en se mélangeant avec les eaux du Planas. En conclusion, la digue

des Fontaines protège également la plaine de Pujaut contre les inondations

Commentaires :

La rupture de la digue (déjà submergée par les occurrences centennale et millénaire) se traduit par une forte augmentation de vitesse en aval de la zone de rupture. Ce scénario paraît ainsi très dangereux pour le centre Equestre et l'ouvrage LGV qui subissent immédiatement les conséquences.

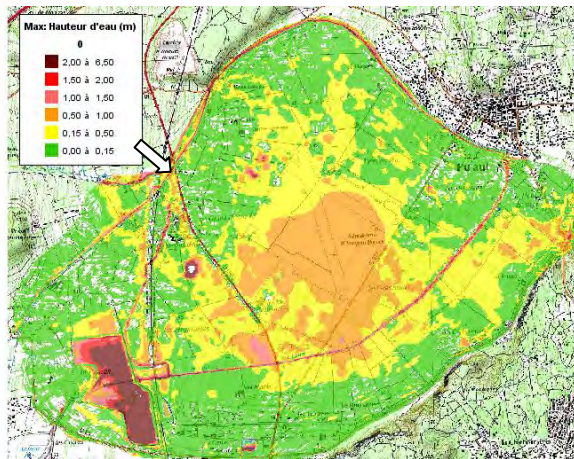
La rupture des Fontaines à ce niveau comme le déversement contribue énormément à l'inondation de la plaine de Pujaut et du ruissellement en pied amont de la LGV vers le secteur du Planas (sans entrer dans le bassin).

G.2.5.5 Brèche sur FONTAINES « amont RD6580, rupture en 2011 »

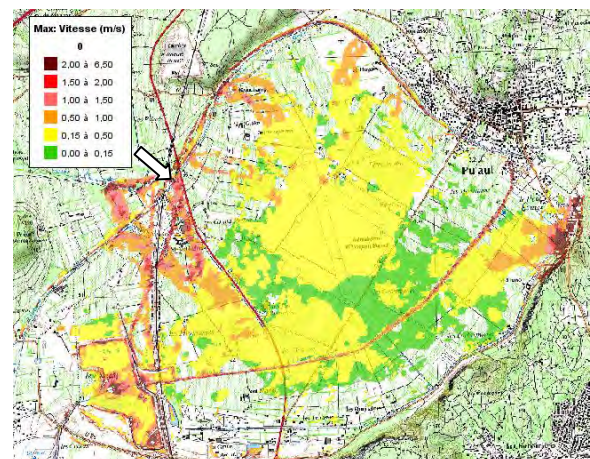
C'est une section de digue en mauvais état structurel qui avait cédé en 2011 lors des événements. La brèche, 15m environ, a été colmatée avec des enrochements non stables aujourd'hui.

L'étude hydraulique montre une importante accumulation d'eau (jusqu'à 1m et plus) devant la digue en provenance du Malaven et des Genêtères.

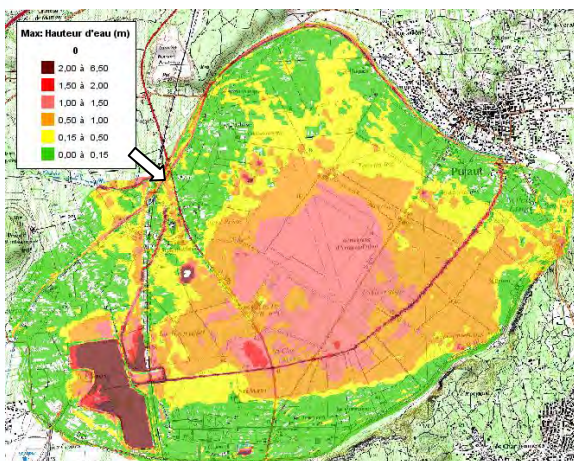
Période de retour 30 ans - Maxima des hauteurs d'eau



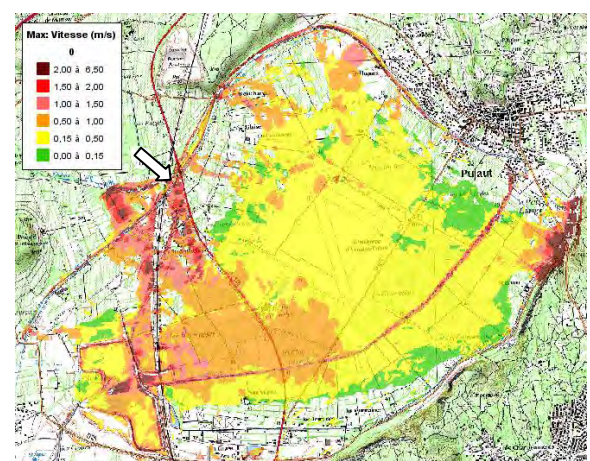
Période de retour 30 ans - Maxima des vitesses



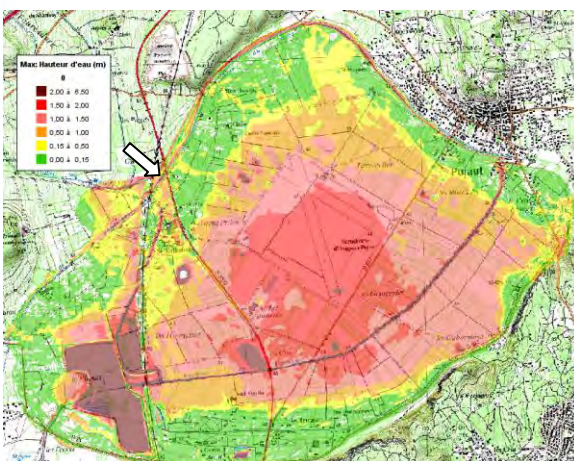
Période de retour 100 ans - Maxima des hauteurs d'eau



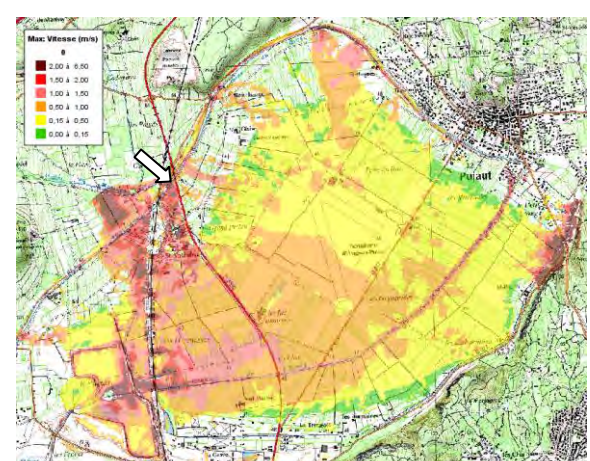
Période de retour 100 ans- Maxima des vitesses



Période de retour 1000 ans
Maxima des hauteurs d'eau



Période de retour 1000 ans
Maxima des vitesses



La zone d'impact de la rupture de la digue des Fontaines en amont de la RD6580 est tout d'abord le quartier de ST Anthelme. Le ruissellement longe la départementale et finit par se propager dans la plaine de Pujaut.

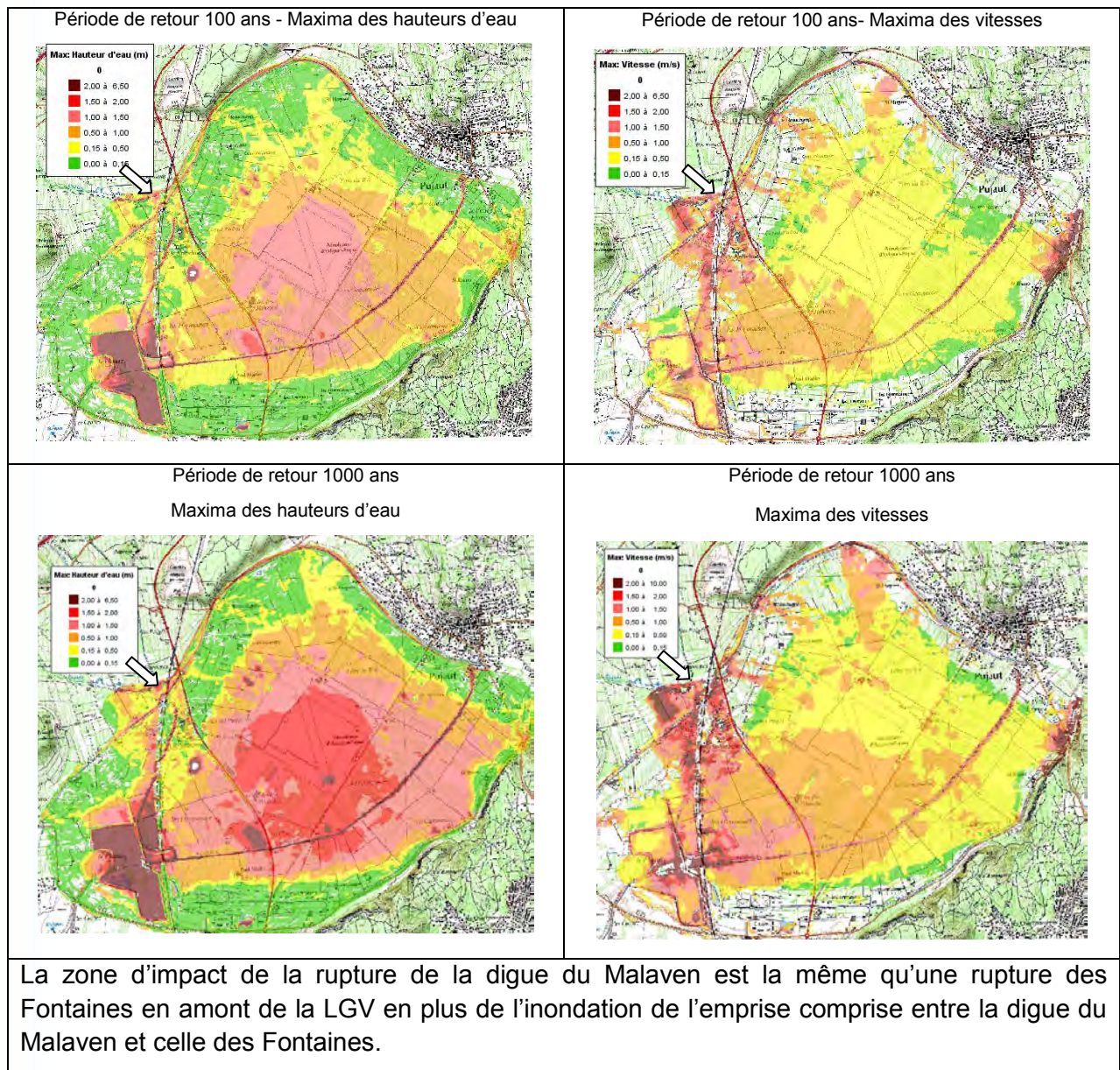
Commentaires :

Comme pour la brèche au droit du centre Equestre, la rupture des Fontaines en amont de la RD6580 est dangereuse pour les biens dans la zone protégée par ce tronçon de digue. La cinématique d'écoulement est forte avec des vitesses de 1.5 à 2m/s à la traversé de la départementale et du quartier St Anthelme.

G.2.5.6 Brèche sur MALAVEN « Amont LGV ; rupture en 2011 »

La digue avait cédé à ce même endroit en 2011 sur un linéaire de 30m. Par la suite la brèche a été colmatée lors des travaux de confortement entrepris par la SIARP dans la même année.

Le confortement qui a été choisi est fait avec des sacs de graviers posés sur la digue et recouverts d'une grille anti fouisseur. Le pied de digue, sous les sacs, fait apparaître aujourd'hui des traces d'érosion : élément déclencheur de rupture de digue.



Commentaire :

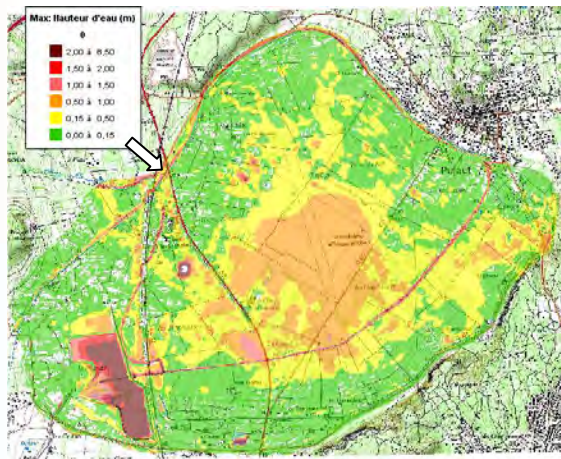
La position de la brèche donne directement sur le remblai LGV où un volume important des eaux a ruisselé en pied aval du remblai et le reste passe par l'ouverture sous la LGV en franchissant ensuite la digue des fontaines pour arriver sur le quartier de Saint Anthelme.

Les deux occurrences (100 ans et 1000ans) sont largement au dessus des capacités de la digue du Malaven. Il y a de l'urgence pour cette digue, car, en plus de son état non entretenu et l'érosion des berges en cours (cf. fiches d'inspections), son dysfonctionnement entraine immédiatement une rupture sur les fontaines.

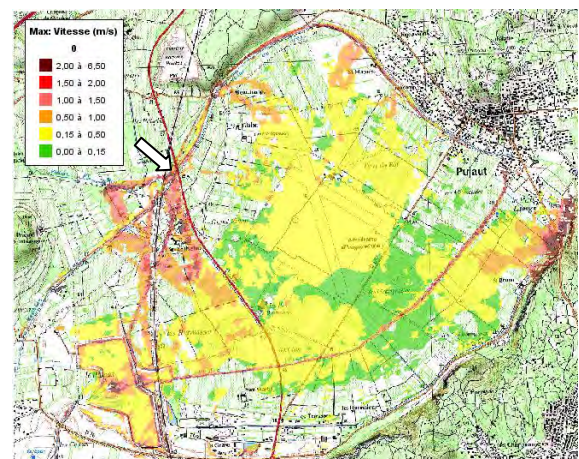
G.2.5.7 Brèche sur MALAVEN « amont RD6580 »

C'est une zone où l'on observe un déversement en crête et le risque de rupture existe en conséquence.

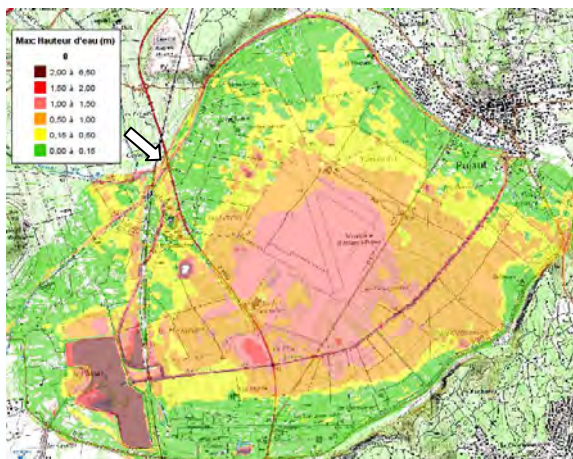
Période de retour 30 ans - Maxima des hauteurs d'eau



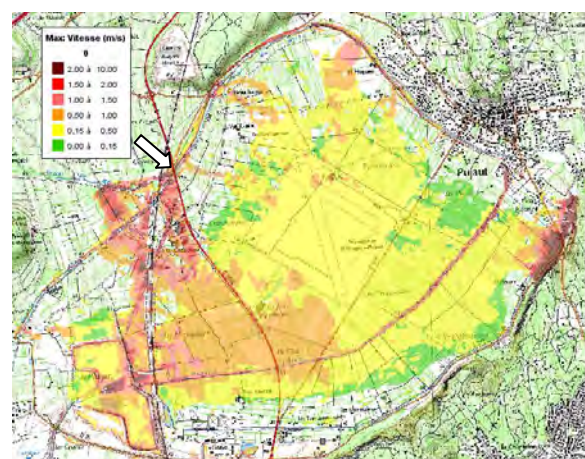
Période de retour 30 ans - Maxima des vitesses



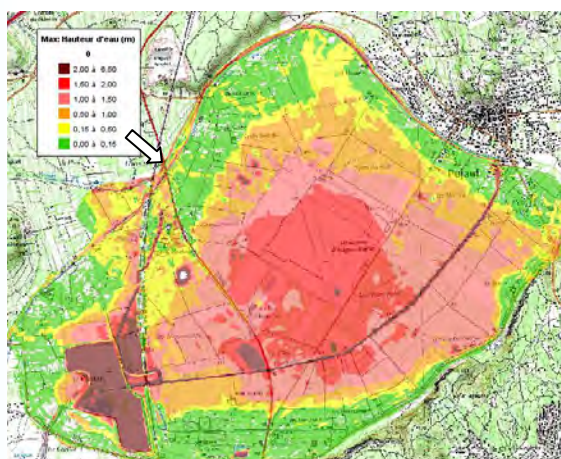
Période de retour 100 ans - Maxima des hauteurs d'eau



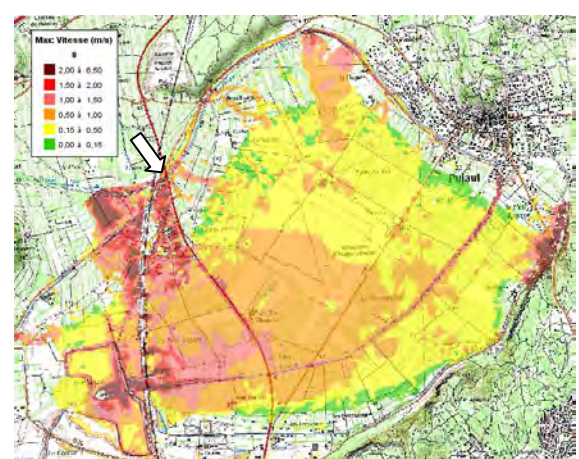
Période de retour 100 ans- Maxima des vitesses



Période de retour 1000 ans - Maxima des hauteurs d'eau



Période de retour 1000 ans - Maxima des vitesses



La zone d'impact de la rupture de la digue du Malaven en amont de la RD6580 est tout d'abord le quartier de ST Anthelme. La digue des Fontaines ne peut pas maîtriser les débordements en provenance de Malaven. Le ruissellement longe la départementale et finit par se propager dans la plaine de Pujaut.

Commentaire :

Même scénario que la rupture des Fontaines en amont de la RD6580.

Le ruissellement d'une rupture de Malaven à ce niveau se fait comme si la digue des fontaines n'existait pas. Le ruissellement franchi cette dernière et se propage dans la plaine de Pujaut en touchant le quartier de Saint Anthelme.

Conclusion:

L'étude des cas de rupture et même le déversement pour des occurrences supérieures à la trentennale montrent que les digues des fontaines et du Malaven participent activement à l'inondation de la Plaine de Pujaut et la zone amont de la ligne LGV entre les digues et le barrage du Planas.

On rappelle que les différents cas de simulation hydraulique ont été fait en prenant en compte le barrage du Planas, la digue du Grès et les apports de pluie dans la plaine de Pujaut elle-même. Les mesures de réduction du risque d'inondation qui seront prises devront prendre en compte l'ensemble de ce système pour gagner en efficacité.

Par ailleurs, pour connaître la zone effectivement touchée par les eaux des Fontaines, du Malaven et des Genêtiers (objet de cette analyse), un calcul hydraulique est effectué en ne prenant en compte que les apports issus de ces derniers et en intégrant plusieurs brèches dans les digues pour une occurrence millénaire (la plus critique parmi les cinq occurrences étudiées). Aucun déversement n'est autorisé sur la digue du Grès. Le résultat obtenu est le suivant, il permet de délimiter la zone d'étude à prendre en compte dans l'analyse des enjeux et les orientations.

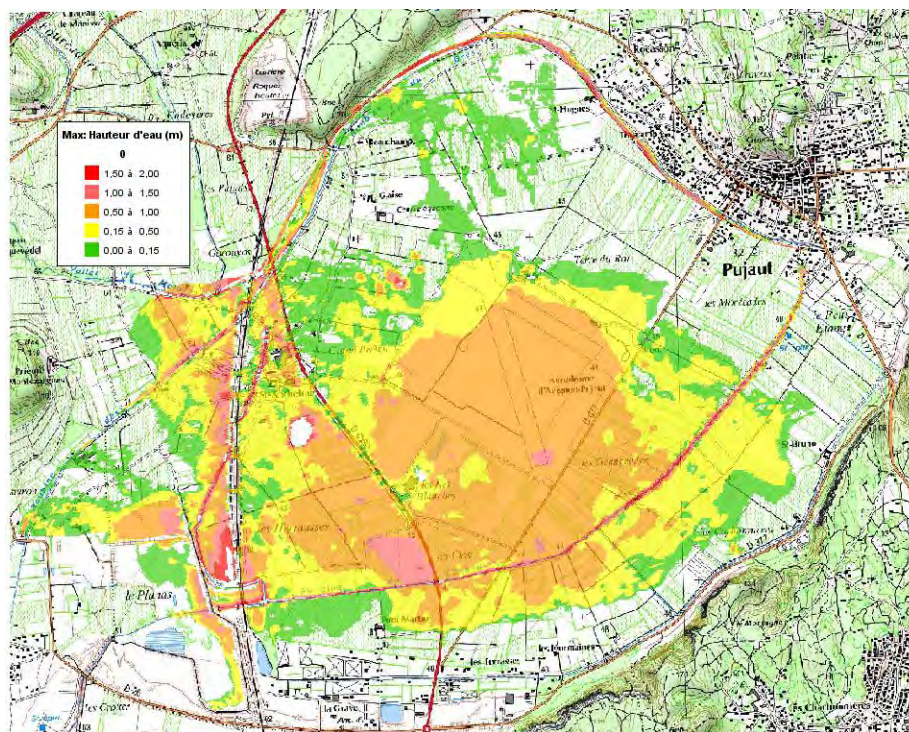
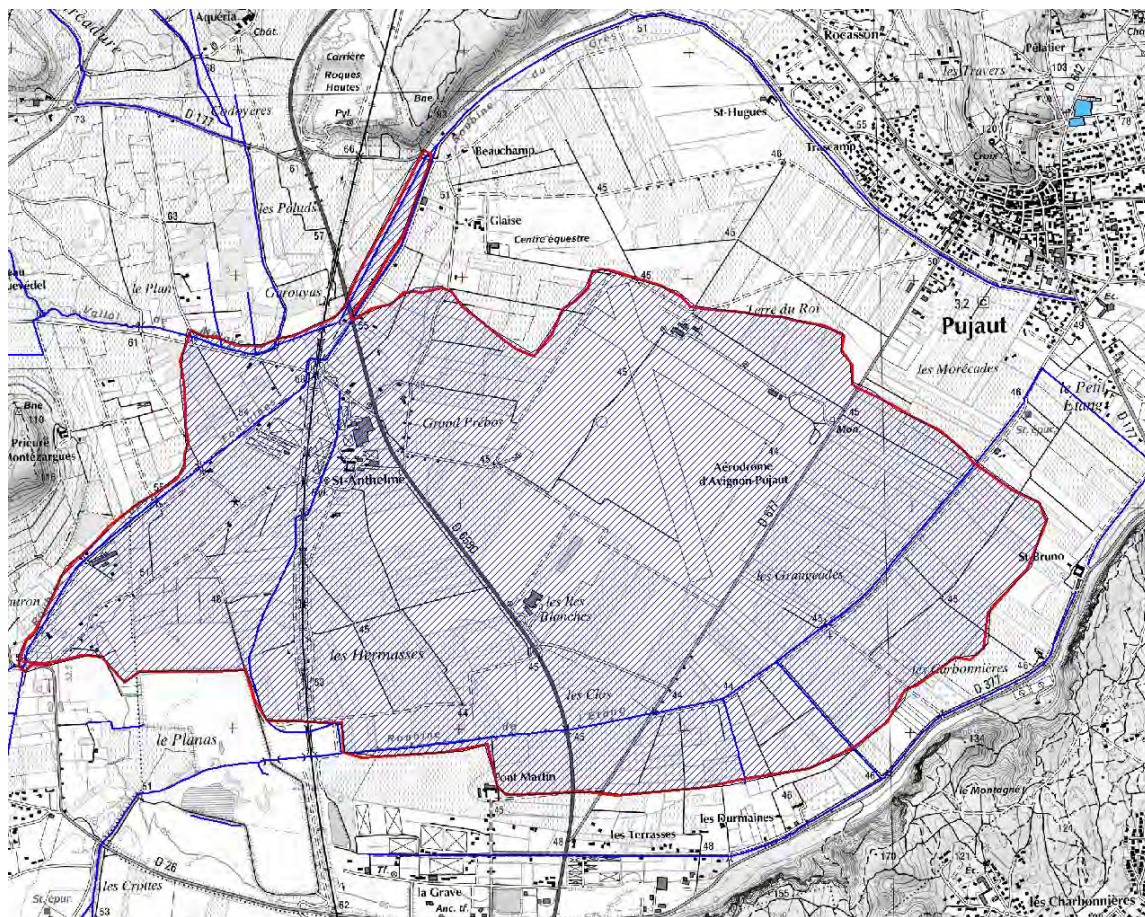


Figure G-37 : Zone inondée uniquement par les digues des Fontaines et du Malaven



Cartographie G-2 : Cartographie de la zone d'étude pour l'analyse des enjeux des digues des Fontaines et du Malaven

H. Analyse des enjeux

H.1 Recueil des données disponibles

Les données disponibles sont généralement recueillies dans des études couvrant un secteur plus vaste ou à proximité des Fontaines/Malaven. Les études à notre disposition dans lesquelles des données peuvent être recueillies sont :

Etudes :

Documents/Etudes	année	Maitrise d'œuvre	Maitre d'ouvrage
Evènement pluvieux du 04,05 et 06 Novembre 2011 ; Rupture de digue sur le Malaven	Non daté	Non précisée	Non précisé
Maitrise d'œuvre de l'aménagement de la digue du Grès	2011-2012	ARTELIA	SMABVGR
Monographie historique des inondations	2012	ART2 Conseil	SMABVGR
Schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien (SDAH) Phase I et II + Fiches ouvrages et tronçons.	2007	BRLI	CG30
Atlas des zones inondables	2009	DIREN LR	
Recensement cartographique des dégâts de la crue des 8 et 9 septembre 2002	2002	DIREN	
Schéma hydraulique	1994	BRLi	CG30
Plans Cadastres ; BD Topo ; SCAN 25			CG30

Données cartographiques :

Les enjeux dans le secteur sont identifiables à partir des plans cadastraux mais avec une précision assez limitée. Par exemple les types de maisons (nombre d'étage, hauteur de construction du RDC) ou l'activité principale dans les bâtiments industriels ne sont pas précisées.

Projets d'urbanisme et de développement :

Il faut noter que les digues des Fontaines et du Malaven se situent dans le secteur Tavel mais les enjeux sont principalement dans le domaine de Pujaut.

Secteur Tavel :

Il dispose d'un POS (Plan d'Occupation de Sol) et d'un PLU (Plan Local d'Urbanisme) en cours d'élaboration. La dernière modification du POS date de Février 1995. Le POS actuel ne comprend pas de clauses ou de préconisations particulières concernant les risques d'inondations (en dehors de la garantie des aménagements réalisés au libre écoulement des eaux pluviales dans le réseau public). Il n'y a pas de zones inondables définies dans le POS. Les zones IINA, destinées à une urbanisation à court terme présentent 26 ha, pour une superficie constructible totale de 94 ha (le reste étant des secteurs déjà urbanisés) et une superficie de la commune de 1996 ha.

Les zones IINA sont situées en périphérie du secteur déjà urbanisé, et sont essentiellement réparties sur 3 secteurs : au Nord, au Sud et à l'Ouest, la zone IINA du Sud étant située immédiatement en rive gauche du Malaven. Les objectifs s'articulent autour de la protection des espaces naturels, de la maîtrise du développement urbain, (en concentrant ce dernier aux abords du village) et du développement des activités économiques (activité agricoles, exploitation de carrières et activités commerciales et artisanales).

PPRI (Tavel) : en cours d'élaboration 2012-2014.

PCS (Tavel) : commune sans PCS soumis à obligation

Secteur Pujaut :

Pujaut dispose d'un POS, révisé en 2000 et la dernière modification date de mars 2003. Le POS définit 3 zones de risque lié aux inondations :

La plaine de Pujaut (notamment la roubine du Grès) (*zone en partie inondée par les digues du Malaven et des Fontaines*).

Les eaux de ruissellement des coteaux, sur les collines entourant la Plaine (secteurs de l'Aspre, la Montagne, la Coline, le Canon).

Les risques d'inondation de la plaine du Rhône (non concernée par les digues).

Le document limite par contre les zones inondables aux abords immédiats de la roubine du Grès, classés en zone non constructible.

PPRI (Pujaut) : Ancienne génération

PCS (Pujaut) : commune avec un PCS finalisé soumis à obligation.

Schéma hydraulique 1994

Le schéma d'aménagement hydraulique proposé repose sur la mise en place de bassins de rétention permettant de différer les écoulements et d'offrir une protection décennale (vingtennale dans les zones urbaines) de la zone. Il est ainsi proposé sur le secteur de Pujaut :

- ⇒ La création d'un bassin de rétention au niveau de Garouyas (0.2 Mm³) et le délestage d'une partie du Malaven vers le Planas. Cet aménagement est plutôt favorable à la digue du Grès située en amont de Fontaines/Malaven.

Projets d'aménagements hydrauliques « communaux » – (rapport BRL 2007)

Il s'agit du même projet de détournement du Malaven vers le Planas. En effet, les eaux arrivent très rapidement dans la roubine du Grès.

Le bassin préconisé par BRL au Garouyas semble inutile à la commune : La zone est déjà inondée et la nappe est très proche d'après l'étude BRL de 2007.

Schéma d'aménagement hydraulique des bassins versants du Gard Rhodanien (BRL 2007)

- ⇒ Phase de diagnostic

Cette étude comprend une première phase de diagnostic de l'ensemble des bassins versants du Gard Rhodanien. Elle présente le fonctionnement des cours d'eau, l'évolution démographique, l'occupation du sol et les aménagements possibles. Un zoom sur le secteur de Pujaut appartenant au système Pujaut-Rochefort permet de faire la synthèse ci-dessous :

- ⇒ Les Roubines ont autant un rôle de drainage et de ressuyage des terres que d'évacuation des eaux pluviales.
- ⇒ La commune de Tavel est drainée par le Malaven, cours d'eau à forte pente. Elle est donc soumise à des crues torrentielles avec des problèmes d'érosions et d'embâcles (amont et aval autoroute et ouvrages RN580). Les débits évalués à la confluence des roubines du Malaven, des Fontaines et du Genestière/Manissy sont importants (exemple $Q_{10} = 153 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{100} = 430 \text{ m}^3/\text{s}$).
- ⇒ Le Malaven s'apparente à un cours d'eau naturel méditerranéen classique avec des débordements en lit majeur qui se prolongent jusqu'à la plaine de Saint Anthelme.
- ⇒ Ecoulement vers les anciens étangs de Pujaut drainés par un réseau dense de roubines mais limités par des exutoires (tunnels).
- ⇒ Les étangs présentent un intérêt écologique important.
- ⇒ Des ruptures fréquentes de digue.

Dans le cadre du SDAPI, des aménagements hydrauliques ont été proposés et analysés. Ceux intéressant les communes de Tavel/Pujaut et pouvant affectés le fonctionnement des digues des Fontaines/Malaven sont les suivants :

- ⇒ Construction d'un bassin de rétention en amont de la commune de Tavel. 370 000 m³ (efficacité hydraulique faible pour 20 ans).
- ⇒ Recalibrage de la roubine du Malaven au droit de Tavel
- ⇒ Délestage du Malaven vers le bassin du Planas (non retenu dans le scénario final).
- ⇒ Définition d'un schéma hydraulique d'aménagement

Les actions référencées dans ce schéma ont été triés afin de faire ressortir celles qui concernent directement Rochefort du Gard.

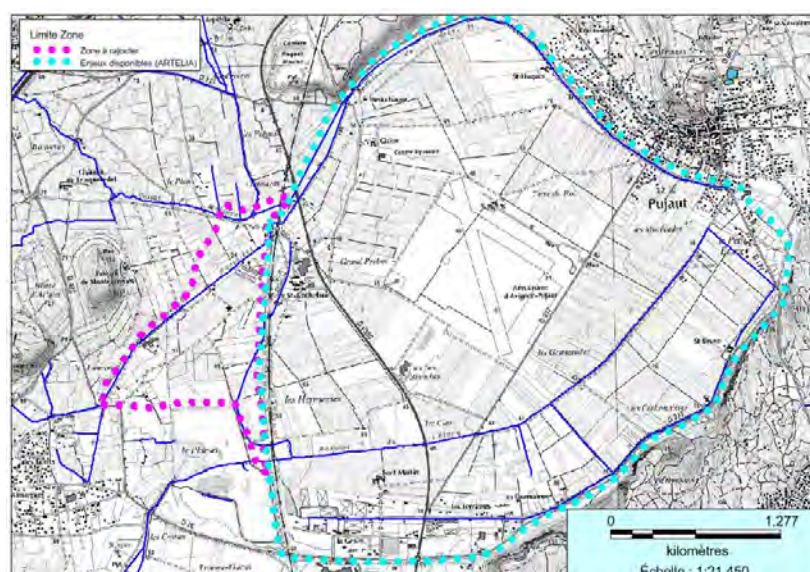
- ⇒ Action générale n°1 : Réaliser des études de zonage du risque inondation et des schémas pluviaux dans les centres urbanisés. Cartographie des zones inondables par modélisation mathématique et aléa de type PPRi.
- ⇒ Action générale n°2 : Adapter les pratiques culturelles pour diminuer les apports et les risques de pollution.
- ⇒ Action générale n°3 : Réaliser des protections locales des habitations ou les délocaliser dans le but de réduire les risques sur les lieux habités et les infrastructures économiques pour les crues fréquentes (diminuer l'aléa). (habitations sur les berges du Malaven à l'aval du centre urbain de Tavel).
- ⇒ Action générale n°4 : Mettre en place des mesures locales de réduction de la vulnérabilité (quartiers concernés : aval Gorgue). Ces mesures peuvent porter sur les équipements des logements contre les inondations, le choix des techniques et des matériaux de construction, la conception et l'organisation des locaux etc.
- ⇒ Action générale n°5 : Améliorer l'information et l'alerte, réaliser un Plan Communal de

Sauvegarde et sensibiliser la population

- ⇒ Action générale n°6 : Mettre en place un plan de restauration et d'entretien sélectif des roubines et y sensibiliser les riverains, et enlever les embâcles. Cette action est valable sur toutes les roubines de Rochefort.
- ⇒ Action générale n°7 : Imposer dans les PLU des bassins de rétention de 200l/m² en cas d'urbanisation, quel que soit la superficie et une urbanisation par aménageurs.
- ⇒ Action générale n°8 : rendre le schéma opposable lors de tout aménagement.
- ⇒ Action générale n°9 : Etudier en partenariat avec le monde agricole les conditions d'une exploitation compatible avec l'inondabilité – Réaliser un plan de gestion agricole des plaines.
- ⇒ Action générale n°10 : intégrer les périmètres à risques dans les PLU et réglementer l'urbanisation : interdire toute nouvelle construction en zone inondable selon la doctrine PPRi du Gard.
- ⇒ Action particulière n°29 : Délestage du Malaven vers le Planas et augmentation de la capacité du Planas. L'objectif de cette mesure est de réduire le risque sur les lieux habités pour des crues fréquentes et la durée de submersion.
- ⇒ Action particulière n°30 : Réaménager la roubine du Grès.
- ⇒ Action particulière n°31 : Réaliser un tunnel de Pujaut vers le Rhône.

H.2 Analyse des données disponibles

Les données disponibles sur les enjeux dans la zone sont issues de l'étude de Maitrise d'œuvre de la digue du Grès réalisées par ARTELIA. Cette étude se limite par conséquent dans le secteur de la plaine de Pujaut protégé par la digue du Grès. Les données mentionnées sont réutilisables pour notre analyse d'enjeux. Cependant un complément d'analyse sera nécessaire pour prendre en compte le secteur amont de la RD6580 protégé par les digues des Fontaines / Malaven. La carte ci-dessous donne les limites de l'étude d'ARTELIA et la partie à rajouter.



Cartographie H-1 : Limite des données disponibles

H.3 Identification de secteurs d'enjeux homogènes et qualification de ces enjeux

Les secteurs d'enjeux homogènes sont identifiés sur la cartographie H-1 ci-dessous de type SCAN 25. Le principe du découpage consiste à localiser en unités structurales homogènes des éléments d'occupation du sol dans la zone d'étude à proximité immédiat des endiguements.

La méthodologie utilisée est la démarche décrite en Annexe 1 du guide éditée par la DIREL LR « *Identification de secteur d'enjeux homogènes – Principes et exemples* ».

La démarche consiste à faire:

- ⇒ Dans un premier temps, une réalisation d'un premier découpage en unités structurales homogènes d'occupation du sol, en termes de population et d'activité humaine, de type d'habitat et d'espaces environnementaux.
- ⇒ Dans un second temps de compléter la première approche par des visites de terrain et des entretiens menés auprès des services techniques des communes. (Notre analyse se base sur la documentation pour ce second point)

Cette analyse territoriale permet de déterminer des secteurs d'enjeux homogènes et d'identifier les éléments susceptibles d'influer sur l'aléa inondation et donc sur les risques. Ces secteurs sont :

- ⇒ Des zones d'habitations individuelles ;
- ⇒ Des zones d'habitations collectives ;
- ⇒ Des zones d'habitations mixtes (individuelle et collective)
- ⇒ Des zones d'activité (industrielle, commerciale, agricole, ...)
- ⇒ Des zones d'équipement et de services (services publics, établissements scolaires et sportifs, loisirs, ...)

Les enjeux identifiés (à partir des photos aériennes, carte SCAN25 et BDTPOPO du CG30) dans le voisinage immédiat des digues sont généralement des maisons isolées, un tissu urbain discontinu (Saint Anthelme), des infrastructures routières et ferroviaires, des espaces agricoles, etc.

L'aérodrome de Pujaut Avignon et le cellier des chartreux, un peu éloignés des digues, sont aussi dans la zone inondable en cas de dysfonctionnement des digues.

L'activité dominante reste la culture des vignes qui s'étend sur tout le val protégé par les digues.

H.4 Caractérisation des enjeux

L'exploitation de la carte d'occupation du sol a permis de distinguer six classes d'enjeux :

- ⇒ Habitats
- ⇒ Activités agricoles (Parcelles agricoles, serres, bâtiments)
- ⇒ Activité d'élevage et stockage de bungalow (au droit de la digue des fontaines en amont « légende construction ponctuelle»)
- ⇒ Infrastructures de transport
- ⇒ Bâtiments industriels (cellier des chartreux)
- ⇒ Espace de transport aérien

La majeure partie des habitations est concentrée dans le quartier de Saint Anthelme en rive droite de la digue des Fontaines au niveau de la voie ferrée et de la route. Les serres sont également regroupées dans ce secteur. Les habitations sont discontinues entre les parcelles agricoles.

Des maisons individuelles sont réparties le long de la rive droite de la digue des fontaines.

L'activité agricole est dominée par la culture de vignes. Des serres sont implantées dans le quartier de Saint Anthelme et entre les deux digues à proximité de la voie ferrée.

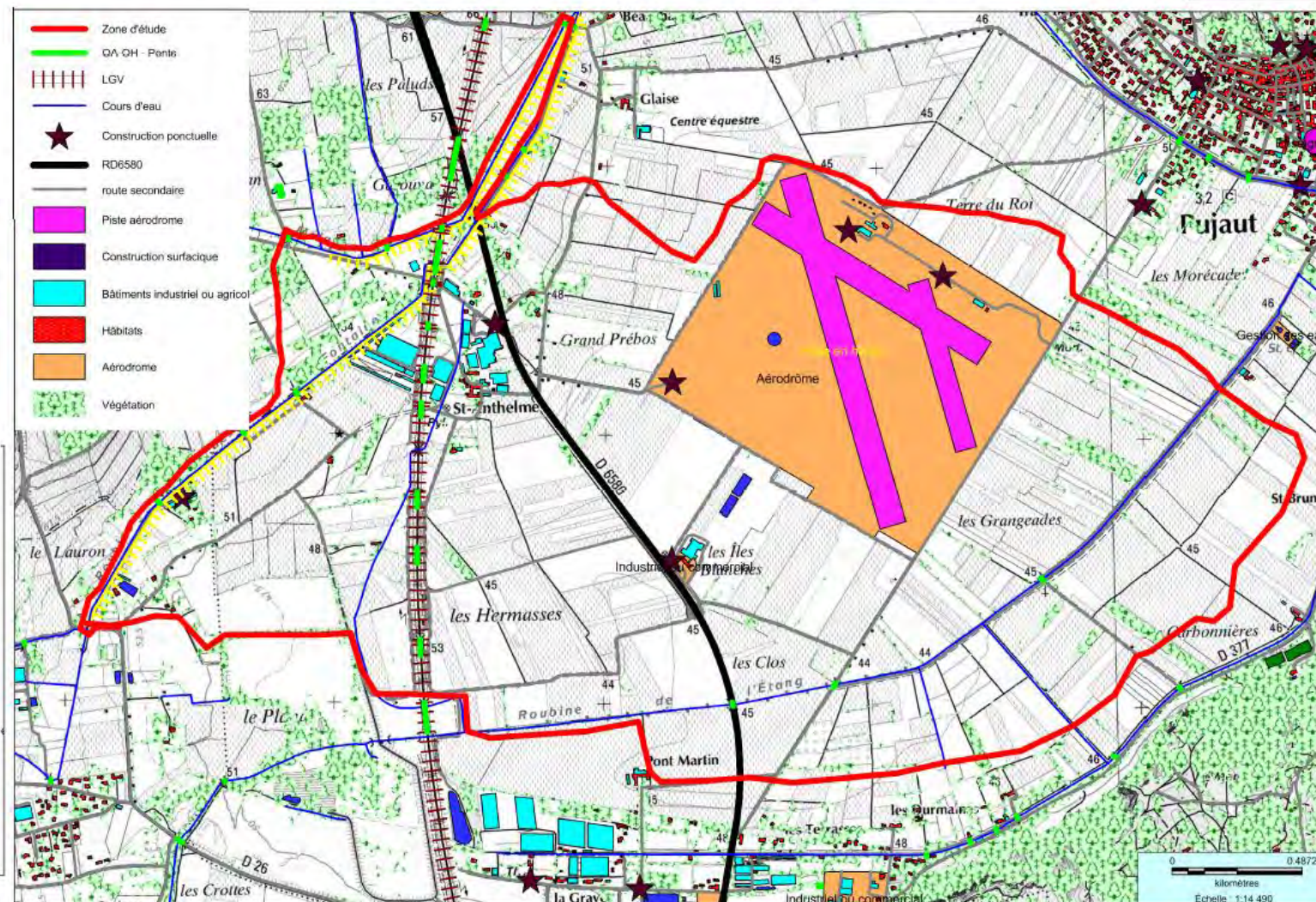
L'activité d'élevage est faible et se situe dans le même espace que la zone de stockage de bungalows au droit de la digue des fontaines en amont.

Les infrastructures de transport comprennent la ligne LGV et la départementale D6580. Elles franchissent les deux digues et traversent le secteur du Nord au Sud. Le trafic est considéré comme fort sur ces deux voies.

Les enjeux dans la zone inondables en cas de dysfonctionnement des digues sont représentés ci-dessous :



ENDIGUEMENTS FONTAINES/MALAVEN: CARTOGRAPHIE DES ENJEUX



Cartographie H-1 : Cartographie des enjeux dans la zone protégée

H.4.1 Secteur urbain

La zone d'étude est occupée par un habitat diffus principalement des bâtiments appartenant à d'anciennes exploitations agricoles (aval LGV) et des maisons individuelles.

Ces secteurs sont découpés comme présentés dans le tableau ci-dessous (source ARTELIA) :

occupation du sol - Etude Globale Rhône		reprise de la classification	Localisation	
classe	Sous - classes	Descriptif		
habitat	Habitat collectif (mas transformés)	Transformation de mas en habitat collectif	Saint Anthelme et Glaise	Dépression de Pujaut
	Habitat discontinu - Pavillonnaire diffus	Parcelles non jointives, présence de bois, champs, prairies entre les parcelles	Rive droite digue des Fontaines avant la ligne LGV	Nord du Planas

Tableau H-1 : Choix de la classification d'occupation du sol, volet « secteur urbain »

Les types d'habitations ont été classés selon la classification suivante :

- Type 1 : habitation de plain-pied sans vide-sanitaire
- Type 2 : habitation de plain-pied avec vide sanitaire
- Type 3 : habitation avec étage sans vide sanitaire
- Type 4 : habitation avec étage avec vide sanitaire.

Ces secteurs d'habitat ont fait l'objet d'un recueil d'informations complémentaires dans l'étude d'ARTELIA et par SOCOTEC permettant de caractériser leur vulnérabilité à l'inondation.

Dans les hameaux de St Anthelme et de Glaise, les habitations, très anciennes, sont majoritairement de type 3 (avec étage sans vide sanitaire). Dans le quartier des Morécades, les habitations sont plus récentes et se rapprochent plus d'une configuration de **type 3**.



Photo H-1 : Habitations collectives à St Anthelme et Glaise

L'analyse d'ARTELIA conclut qu'il existe en rive droite et en rive gauche des habitations très sensibles au risque d'inondation (car implantées au niveau du terrain naturel, sans vide sanitaire et étage refuge). Par contre, les habitations en rive droite sont assujetties au risque de rupture de digue.

Des maisons individuelles sont réparties au long de la digue des Fontaines dans la zone protégée. Elles ont été caractérisées (niveau du plancher bas et nombre de bâtis) lors de la visite de terrain effectuée le 13 novembre 2013.

En remarques générales, ces maisons individuelles se rapprochent des configurations type 1 et type 3. Le moitié des bâti a un niveau de plancher bas à 80cm et l'autre moitié à 30cm environ.

Habitas rive droite des fontaines en amont de la LGV :

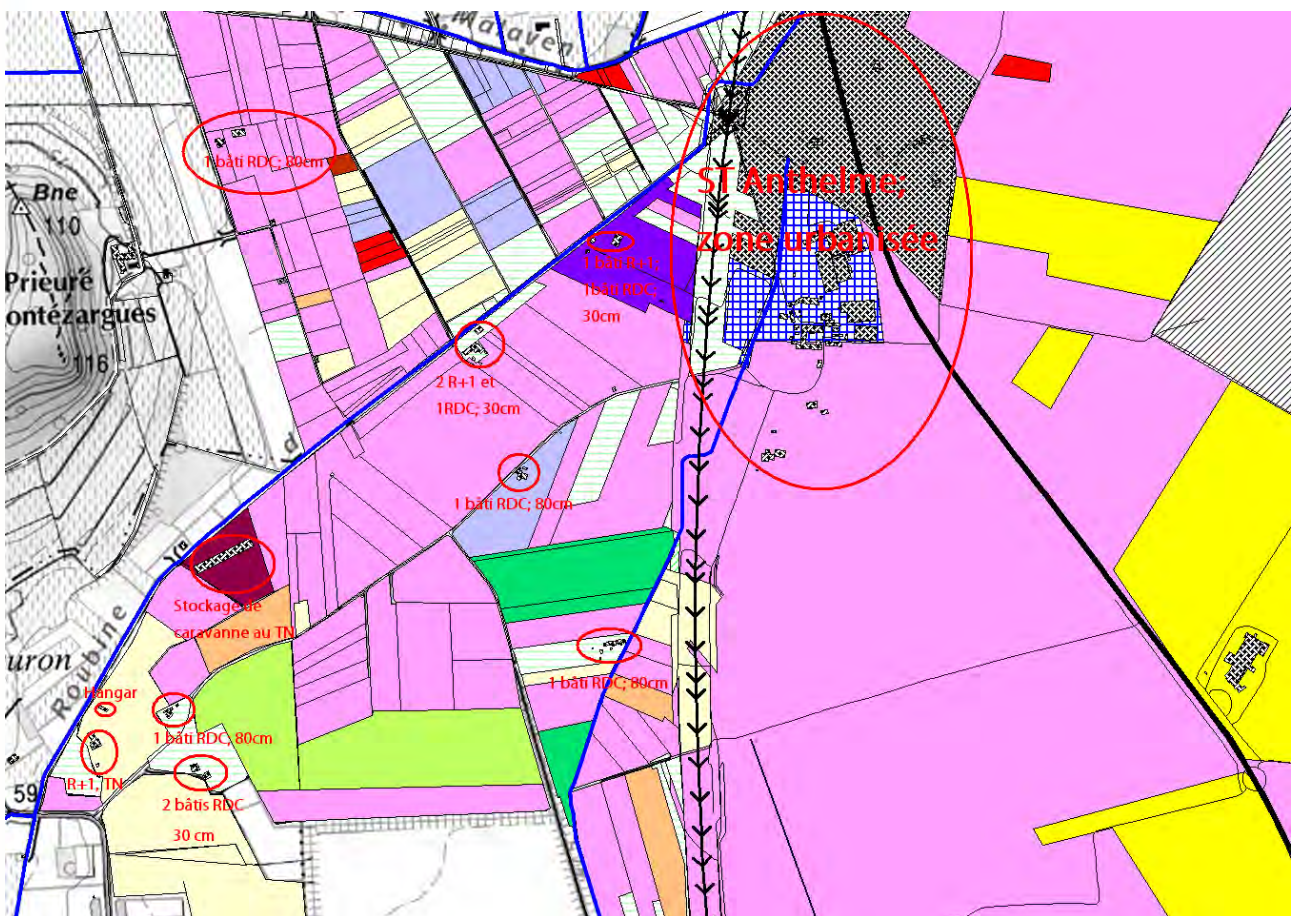


Figure H-1 : Détails sur les maisons individuelles



Maison RDC à 80cm du TN



Habitat R+1 ; RDC à 20cm du TN



Habitat RDC à 20cm du TN



Centre Equestre



Pavillon au centre Equestre



Stockage de caravane au TN

Densité de la population et occupation jour/nuit des zones concernées : La densité de la population est approximée par le comptage des maisons à partir des photos aériennes. Le nombre de ménage est ainsi évalué à 40 et le nombre de personne par ménage à 3 sur une superficie 1.25km² comprenant toutes les maisons dans le val protégé. *La densité est donc de 96 habitants/km².*

Hauteur des bâtiments : Il s'agit de la hauteur libre des bâtiments au-dessus du terrain naturel. Elle est de 20 à 80cm

H.4.2 Secteur agricole

Le tableau suivant présente les classes et sous-classes retenues pour le secteur agricole.

Corine Land Cover – reprise de la classification EGR		Commentaires et exploitation du zonage
Classes	Sous-classes retenues	
Milieux agricoles	Vigne	Type AOC Cote du Rhône et vin de pays
	Cultures annuelles	Type blé, colza (semis d'automne) et tournesol (semis de printemps)
	Arboriculture	Type verger
	Cultures maraîchères	Type serres (nécessité de vérification de l'état d'abandon de ces serres)
	Friches	Types friches récentes + friches anciennes

Tableau H-2 : Choix de la classification d'occupation du sol, volet « secteurs agricoles »

L'activité agricole est principalement viticole (représente près de 80 % du parcellaire).

Les vins produits sont classés AOC ou vin de pays.

Des cultures annuelles (blé, colza, tournesol) sont présentes autour du cellier des Chartreux, notamment dans le secteur de Pont Martin. Un entretien téléphonique avec l'agriculteur a permis de mieux cerner cette activité :

- L'assolement s'effectue avec une alternance des cultures (pour les semis d'automne : le blé est cultivé une année sur trois avec alternance avec le colza ; le tournesol pour le semis de printemps)
- L'activité céréalière est complétée par la viticulture avec une répartition suivante : 30 % vignes et 70 % céréales.

Quelques vergers occupent sur le secteur Nord de l'étang et à l'ouest de du Malaven. On y trouve principalement des cerisiers et des abricotiers, mais cette activité reste marginale.

La carte suivante a été réalisée à partir des données du CRIGE PACA (pour la partie située en région PACA), par une reconnaissance de terrain (ARTELIA et SOCOTEC) et par analyse de la photographie aérienne de la zone d'étude, sur la partie en région Languedoc-Roussillon.

Activité agricole	Surface (km ²)	% de surface occupée
Terres arables hors périmètres d'irrigation	1.12	6.06
Vergers et petits fruits	0.26	1.39
Cultures annuelles associées aux cultures permanentes	3.79	20.53
Oliveraies	0.09	0.49
Zones à fortes densité de serres	0.45	2.44
Vignobles	12.54	67.91
Pelouses et pâturages naturels	0.01	0.05
Blé	0.05	0.28
Céréales	0.09	0.49
Prairie	0.07	0.36
jardin	0.00	0.01
Total	18.46	100

Tableau H-3 : Répartition de l'occupation du sol, volet « secteurs agricoles », Plaine de Pujaut

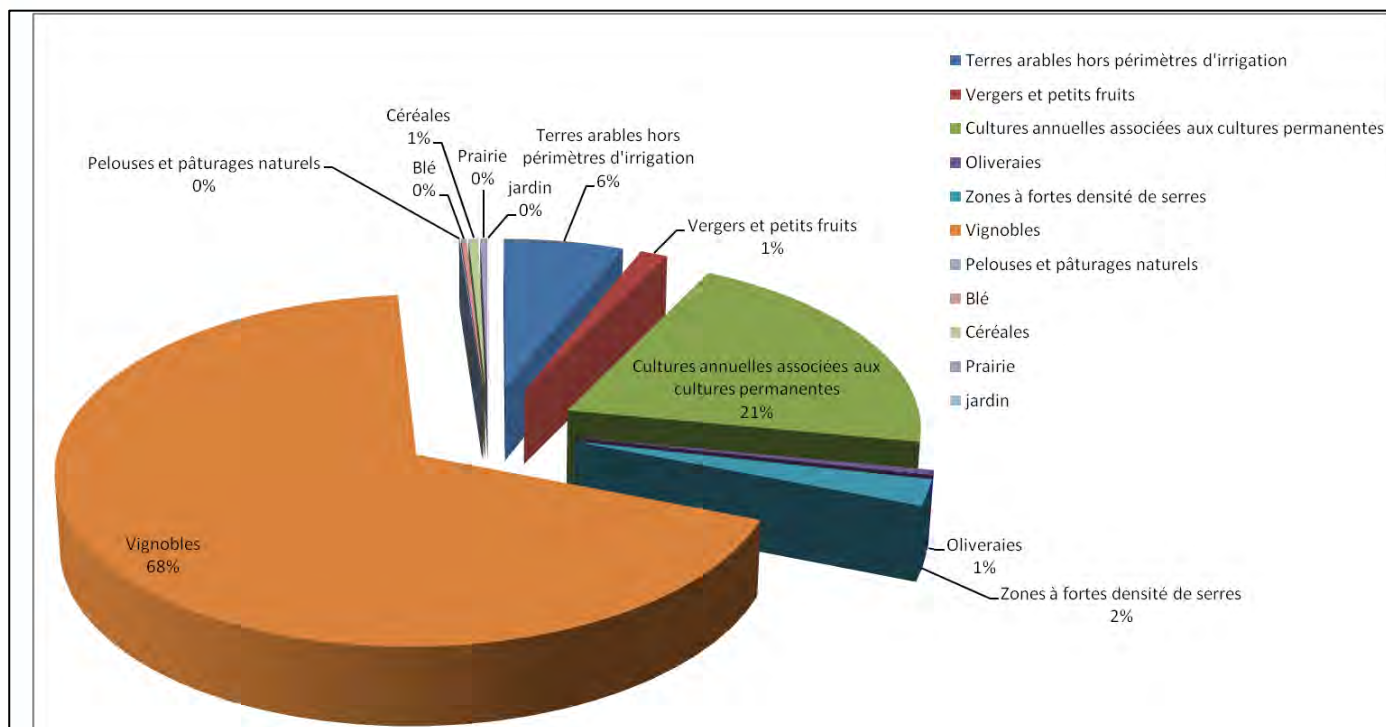
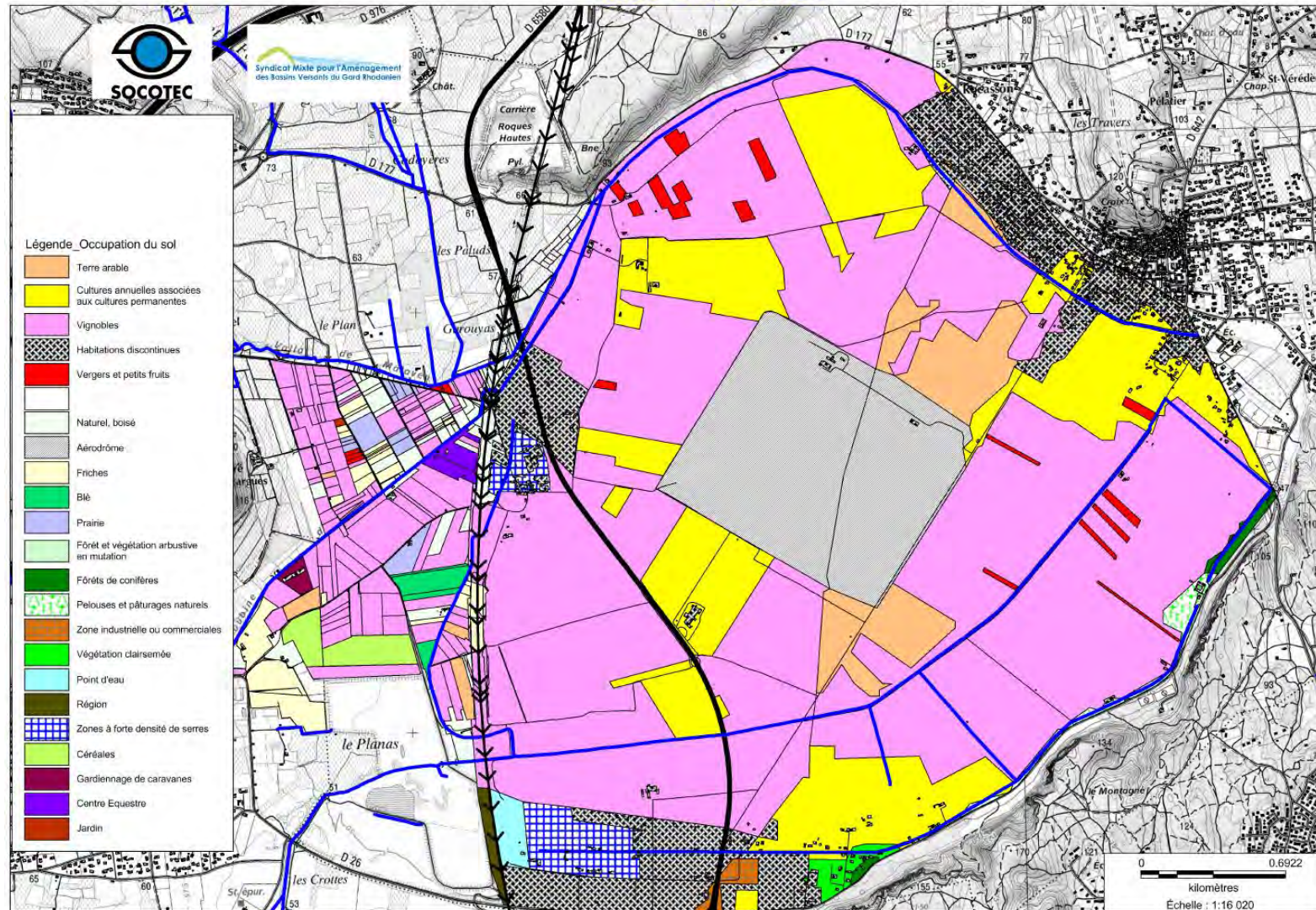


Figure H-2 : Répartition de l'activité agricole

La viticulture est largement prédominante dans le secteur d'étude. Les cultures céréalières sont elles aussi bien présentes.

OCCUPATION DU SOL



Cartographie H-2 : Occupation du sol (ARTELIA + SOCOTEC)

H.5 Analyse de la vulnérabilité

L'analyse de vulnérabilité est une analyse globale dans le but de disposer d'une vision d'ensemble de la sensibilité du territoire face aux inondations. Elle est reproduite sur l'étude ARTELIA concernant le secteur de la plaine de Pujaut et complétée par une observation des cartes aériennes pour le secteur non compris dans l'étude d'ARTELIA.

H.5.1 Estimation de la vulnérabilité globale

Cette première approche est basée sur la caractérisation des secteurs homogènes précédemment définis pour estimer une présomption de vulnérabilité non négligeable et attribuer un niveau de priorité pour l'analyse de la vulnérabilité.

H.5.1.1 Enjeux sensibles et/ou à risques

Les enjeux sensibles et/ou à risques concernent les établissements recevant du public (ERP) sensibles et stratégiques, les bâtiments publics et les installations classées.

Sur la zone d'étude, aucun établissement et bâtiment public sensible ou à risque n'est recensé (source : entretien commune de Pujaut). Deux établissements privés recevant du public sont localisés sur la zone d'étude.

i Enjeux sensibles et stratégiques

- ⇒ Structure décisionnelles : Aucun lieu étant susceptible de recevoir un poste de commandement communal (mairie, mairie annexe...) en temps de crise n'est présent sur la zone d'étude.
- ⇒ Structures opérationnelles : Aucun établissement permettant la gestion technique d'une crise (gendarmerie, commissariat, centre d'intervention et de secours, services techniques...) n'est localisé dans le secteur d'étude.
- ⇒ Equipements hospitaliers ou de soins : Aucun établissement de santé ou de soins n'est recensé dans la zone d'étude.
- ⇒ Maison de retraite : Aucune maison de retraite n'est recensée dans la zone d'étude ;
- ⇒ Etablissements scolaires, annexes et crèches : Aucun établissement scolaire ou de gestion de la petite enfance n'est recensé dans la zone d'étude.
- ⇒ Autres établissements : Il s'agit ici des villages de vacances, campings, centre de loisirs, gymnases, stades, salles polyvalentes, arènes... On en recense 2 sur la zone d'étude :
 - Le Cellier des Chartreux qui organise des séminaires d'entreprises et propose des salles à la location.

- Centre Equestre au droit de la roubine des Fontaines en amont de la LGV. Ce centre équestre comporte 4 employés, 45 chevaux et deux pavillons pour restauration et stockage d'accessoires (selles).

⇒ Récapitulatif :

Zone d'étude	Structures décisionnelles	Structures opérationnelles	Equipements hospitaliers et de soins	Maisons accueillant des personnes âgées	Etablissements scolaires, annexes et crèches	Etablissements accueillant d'autres populations sensibles	Total
Etang de Pujaut	0	0	0	0	0	2	2

Tableau H-4 : Récapitulatif des établissements sensibles

ii Etablissements à risques

La liste des installations classées au titre du Code de l'Environnement (ICPE) a été téléchargée sur le site de l'inspection des installations classées (<http://installationsclassées.ecologie.gouv.fr/>). Elle recouvre les ICPE soumises à autorisation et les établissements SEVESO. Nous nous sommes également intéressés aux établissements BASOL (pollution avérée, traitée dans certains cas) et BASIAS (anciens sites d'activités et de services et de fait potentiellement pollués).

Au total, 4 ICPE soumises à autorisation sont répertoriées sur la commune de Pujaut et une est installée dans la zone d'étude. Cet établissement n'est pas classé SEVESO.

L'établissement présent sur la zone d'étude est le suivant:

- Le CELLIER DES CHARTREUX (SCA) (vins producteurs récoltants, vente directe) ;

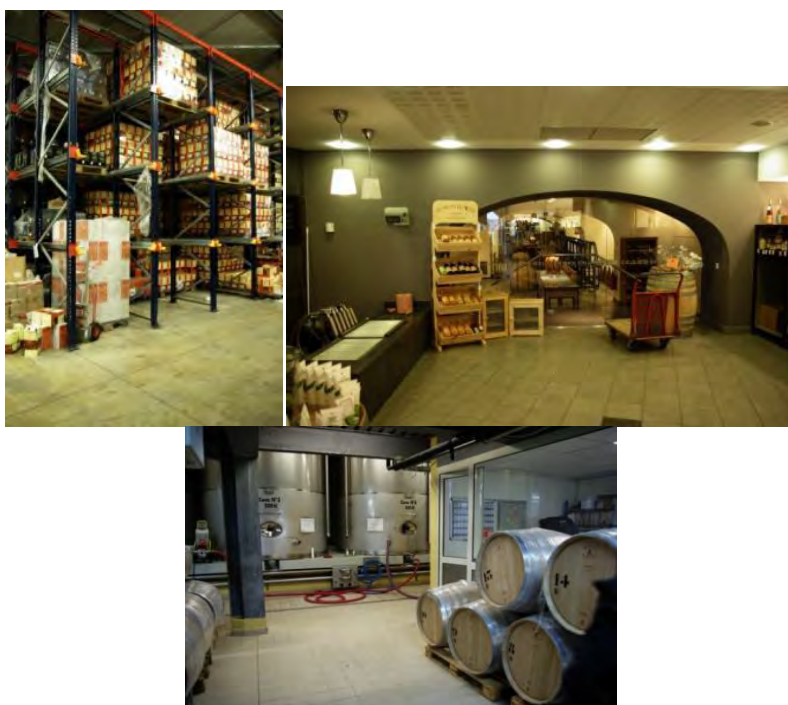


Photo H-2 : Intérieur du Cellier des Chartreux

H.5.1.2 Les réseaux et les équipements

Sur le secteur d'étude, il n'est pas recensé de captages collectifs à usage AEP.

i Les puits

La présence de puits privés est à vérifier. L'usage agricole de la plaine et la présence de la nappe sub-affleurante laissent penser que ces puits peuvent être nombreux.

Ces puits sont sensibles à une dégradation de la qualité des eaux lors des crues et aux dysfonctionnements entraînés par l'inondation elle-même.

ii L'hydraulique agricole

Sources : Mairie de Pujaut, SMABVGR.

Une association syndicale est présente sur le secteur d'étude, il s'agit de l'Association Syndicale Autorisée (ASA) de l'étang de Pujaut. Elle regroupe les propriétaires terriens de l'étang de Pujaut et a en charge la gestion et l'exécution des travaux de curage sur les fossés de l'étang.

Il n'existe pas de stations de pompage à usage agricole qui pourraient être affectées par les crues. Il peut y avoir une interruption du fonctionnement, s'il y a immersion des éléments sensibles. Il s'agira de vérifier la situation de ces installations vis-à-vis des niveaux d'inondation. De plus, ces stations, de conception souvent ancienne, peuvent présenter du pyralène.

iii Stations d'épuration

Une station d'épuration des eaux usées domestiques est présente dans la plaine de Pujaut sans être touchée par les eaux des Fontaines/Malaven. Elle n'est pas à prendre en compte dans les enjeux.

iv Transport et distribution d'énergie, télécommunications

Il existe des postes de transformation électrique, notamment dans la propriété du Cellier des Chartreux (postes privés) et dans le secteur aérodrome.

Il n'existe toutefois aucun équipement ponctuel d'importance sur le site.

v Transport routier et ferroviaire

Deux axes majeurs traversent la zone d'étude :

La LGV construite en remblai traverse la zone suivant un axe Nord – Sud. Elle n'a pas été inondée lors de l'évènement de septembre 2002.

La RD 6580 traverse la zone d'étude du Nord au Sud et relie le Sud du Gard Rhodanien à Laudun et son site de l'Ardoise.

On trouve également des axes routiers secondaires comme la D677 ainsi que diverses routes communales.

H.5.1.3 Activités économiques et agricoles

Concernant l'agriculture, les exploitations agricoles sont peu nombreuses aujourd'hui dans le secteur d'étude. Il y a 4 sièges d'exploitation recensés dans le secteur de la roubine de l'étang.

L'impact d'une crue sur les parcelles à usage agricole est particulièrement conséquent en termes de pertes de production et de dommages aux infrastructures, équipements et matériels.

Quant aux entreprises référencées lors d'entretiens en mairie de Pujaut, elles sont une petite vingtaine répartie sur la zone d'étude mais, pour la plus part, hors zone inondable.

Les entreprises qui se situent en zone inondable sont considérées comme des enjeux ponctuels (cf. chapitre suivant).

H.5.1.4 Localisation des enjeux ponctuels

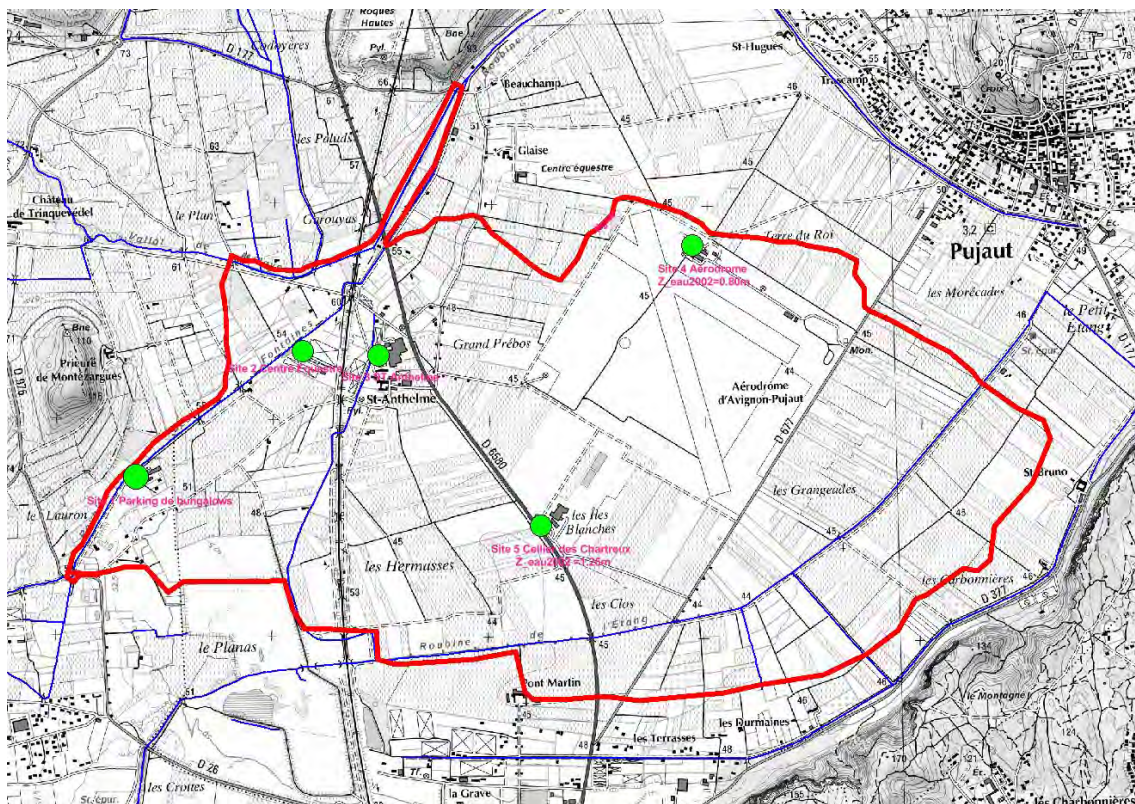
La carte H-3 ci-dessous localise les enjeux ponctuels évoqués dans les paragraphes précédents. Cette carte a été corrélée aux hauteurs d'eau relevées lors de la crue de 2002 (issue du traitement du MNT réalisé).

On remarque que les principales activités concernées par la zone inondable sont :

- Le Cellier des Chartreux (1.2 à 1.5 m) ;
- L'aérodrome (>1 m d'eau),
- La Station d'épuration (20 cm),
- Deux exploitations agricoles
- Gardiennage de caravane

D'après le président de l'ASA, la station d'épuration a été inondée (lame de 20 cm environ).

La RD 6580 a été submergé par plus de 1 m d'eau sur un linéaire de 1 km environ dans le secteur Pont Martin / Saint Anthelme.



Cartographie H-3 : recueillis lors de l'enquête de terrain d'ARTELIA complétés par les observations visuelles des photos aériennes

Sites ponctuels	Photos
<p>Site 1 : Stockage de caravanes : Situé en aval immédiat de la digue des fontaines, cette activité compte 200 caravanes en moyenne sur le site dont 50 à l'intérieur d'un hangar sans protection contre les inondations et 150 à l'air libre.</p>	
<p>Site 2 : Centre Equestre ; 45 chevaux.</p>	
<p>Site 3 : ST Anthelme</p>	
<p>Site 4 : Aérodrome</p>	



H.5.2 Evaluation de la vulnérabilité d'ensemble

L'objectif est de qualifier chacun des secteurs homogènes identifiés en termes de niveau de vulnérabilité (faible, moyen, fort). Le classement est fait sur la base de l'étude hydraulique pour une occurrence exceptionnelle (période de retour 1000ans) sans prise en compte des déversements sur la digue du Grès et les apports du Planas. L'ACB ne prendra en compte que les digues des Fontaines et du Malaven. Les autres ouvrages (Planas et digue du Grès) font l'objet d'une ACB à part dans leurs études respectives de Maitrise d'œuvre.

H.5.2.1 Le niveau de vulnérabilité du site

Le niveau de vulnérabilité de chaque zone est identifié par un code couleur en fonction des hauteurs d'eau.

Hauteur d'eau (m)	Niveau de vulnérabilité
0 – 0.15	<i>Faible</i>
0.15 – 0.5	<i>Moyen</i>
0.5 - 1	<i>fort</i>
> 1	<i>Très fort</i>

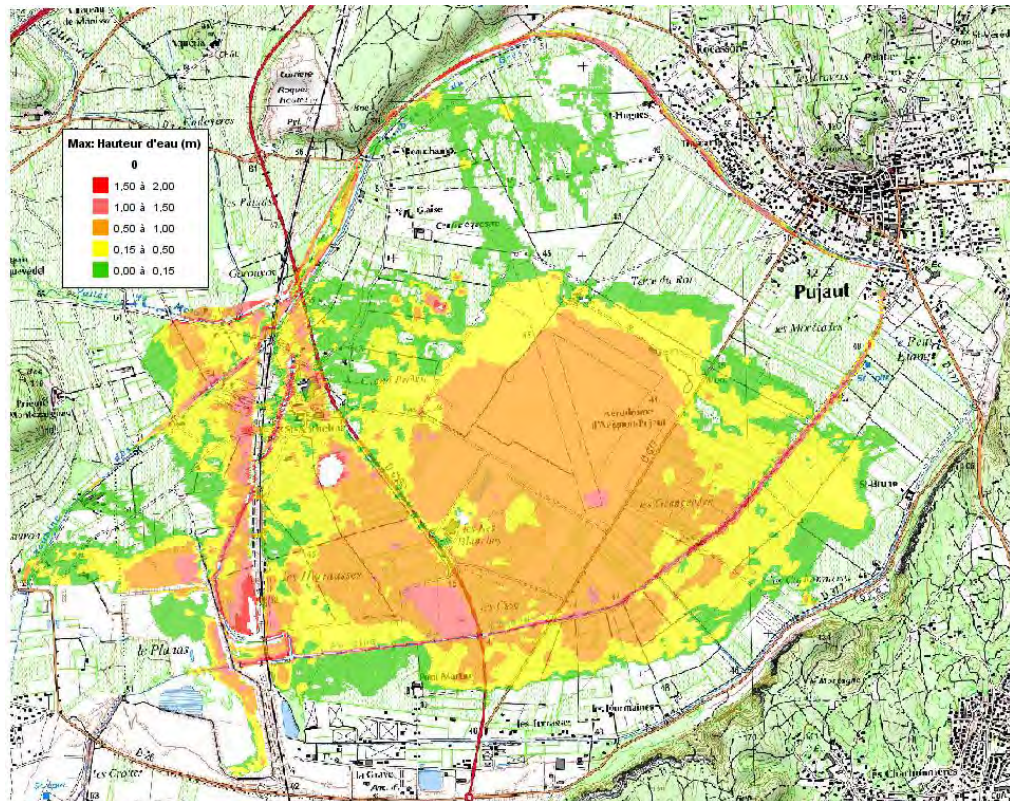


Figure H-3 : Maxima des hauteurs d'eau dues au dysfonctionnement des digues (Fontaines et Malaven uniquement) dans la zone d'étude pour une occurrence de 1000 ans

Le tableau ci-dessous donne les niveaux de vulnérabilité correspondant pour les différents secteurs identifiés. Il est à noter que lorsque plusieurs enjeux représentatifs sont étudiés pour un même secteur, la qualification de la vulnérabilité du secteur correspond au niveau le plus élevé des vulnérabilités des enjeux représentatifs

Activités	Nombre ou densité	Niveau de vulnérabilité
Habitats, bâtiments	- 96 h/km ²	- Fort
Agricoles	- Champs de vignes 68% de la zone d'étude - Serres : 2.43 ha (environ)	- Fort
Air de stockage	- 1 unité pour stockage de bungalows en rive droite des fontaines	- Moyen
Transport aérien	- 1 : Aéroport pujaut	- Fort
Industrielles	- cellier des chartreux	- Moyen
Loisir	- Centres équestre amont LGV	- Moyen
Transport	LGV (pied amont du remblai)	- Très fort
	D6580	- Fort

H.5.2.2 Dégâts déjà observés :

Ça concerne généralement des ruptures de digues sur les Fontaines et Malaven:

- En novembre 2011, la digue des fontaines a cédé sur 15m environ en amont de la RD6580 favorisant l'inondation du quartier de Saint Anthelme et de la plaine de Pujaut.
- En novembre 2011 : Une brèche de 15m s'est ouverte sur la digue du Malaven en amont de la LGV. Les débits du Malaven sont venus s'ajouter à ceux de la roubine des fontaines endiguées et dont les débits sont limités à l'aval par l'ouvrage de franchissement de la RD6580. Cela favorise donc un débordement de la roubine des fontaines et une surverse sur le chemin en remblais formant la digue des fontaines. La lame d'eau déversante a atteint environ 20 cm et une érosion du talus aval s'est formée en 3 endroits. A noter que la rupture des Fontaines favoriserait les inondations des parties avales dont les enjeux se répartissent entre les habitats isolés, les serres, les vignes, et le hameau de St Anthelme.
- Ces dégâts ont contribué à une forte inondation de la plaine de Pujaut dont l'aérodrome et le cellier des chartreux.



Figure H-4 : Localisation des deux brèches

H.5.2.3 Topographie :

Le terrain naturel est orienté Nord – Sud (Malaven vers Fontaines) avec une pente d'environ 1%. Cette situation est défavorable pour la digue des Fontaines et les biens protégés. Tout dysfonctionnement du Malaven se traduit par une surcharge importante sur la digue des Fontaines et la rupture devient inéluctable.

H.5.2.4 Présence d'éléments urbains pouvant modifier le sens de l'écoulement et le faire croître :

Cela est constaté avec le remblai de la LGV qui dévie les eaux de surverse des digues vers le secteur du Planas. L'enjeu de ce phénomène reste uniquement le remblai RFF. Aucun autre enjeu n'est touché par ces écoulements en pied amont du remblai.

I. Evaluation des risques et orientation

L'environnement du site a été présenté dans la phase analyse des enjeux. Pour rappel, les secteurs d'enjeux identifiés et cartographiés sont résumés ci-dessous :

Les enjeux identifiés (à partir de l'étude d'ARTELIA, des photos aériennes et carte SCAN25) dans le voisinage immédiat des digues sont généralement des maisons isolées, un tissu urbain discontinu (Saint Anthelme), des infrastructures routières et ferroviaires, des zones agricoles, etc. L'activité dominante reste la culture des vignes qui s'étend sur tout le val protégé par les digues.

L'exploitation des cartes d'occupation du sol (chapitre analyse des enjeux) a permis de distinguer six classes d'enjeux localisés sur la carte :

- ⇒ Habitats
- ⇒ Activités agricoles
- ⇒ Locaux techniques
- ⇒ Infrastructures de transport
- ⇒ Activités de loisir

La majeure partie des habitations est concentrée dans le quartier de Saint Anthelme en rive droite de la digue des Fontaines au niveau de la voie ferrée et de la route. Les serres sont également regroupées dans ce secteur. Les habitations sont discontinues entre les parcelles agricoles.

Des maisons individuelles sont réparties le long de la rive droite de la digue des fontaines.

L'activité agricole est dominée par la culture de vignes. Des serres sont implantées dans le quartier de Saint Anthelme et entre les deux digues à proximité de la voie ferrée.

L'activité d'élevage est faible et se situe dans le même espace que la zone de stockage de bungalows au droit de la digue des fontaines en amont.

Les infrastructures de transport comprennent la ligne LGV et la départementale D6580. Elles franchissent les deux digues et traversent le secteur du Nord au Sud. Le trafic est considéré comme fort sur ces deux voies.

I.1 Appréciation de la vulnérabilité du site

L'analyse de vulnérabilité a été faite selon une analyse globale dans le but de disposer d'une vision d'ensemble de la sensibilité du territoire face aux inondations. Cette analyse a été déjà menée dans la phase analyse des enjeux. Les résultats sont résumés ci-dessous.

Le classement proposé est basé sur le résultat de l'étude hydraulique pour le cas d'une période de retour d'occurrence exceptionnelle.

L'objectif est de qualifier chacun des secteurs homogènes identifiés en termes de niveau de vulnérabilité (faible, moyen, fort, très fort).

Le niveau de vulnérabilité de chaque zone est identifié par un code couleur en fonction des hauteurs d'eau.

Hauteur d'eau (m)	Niveau de vulnérabilité
0 – 0.15	Faible
0.15 – 0.5	Moyen
0.5 - 1	fort
> 1	Très fort

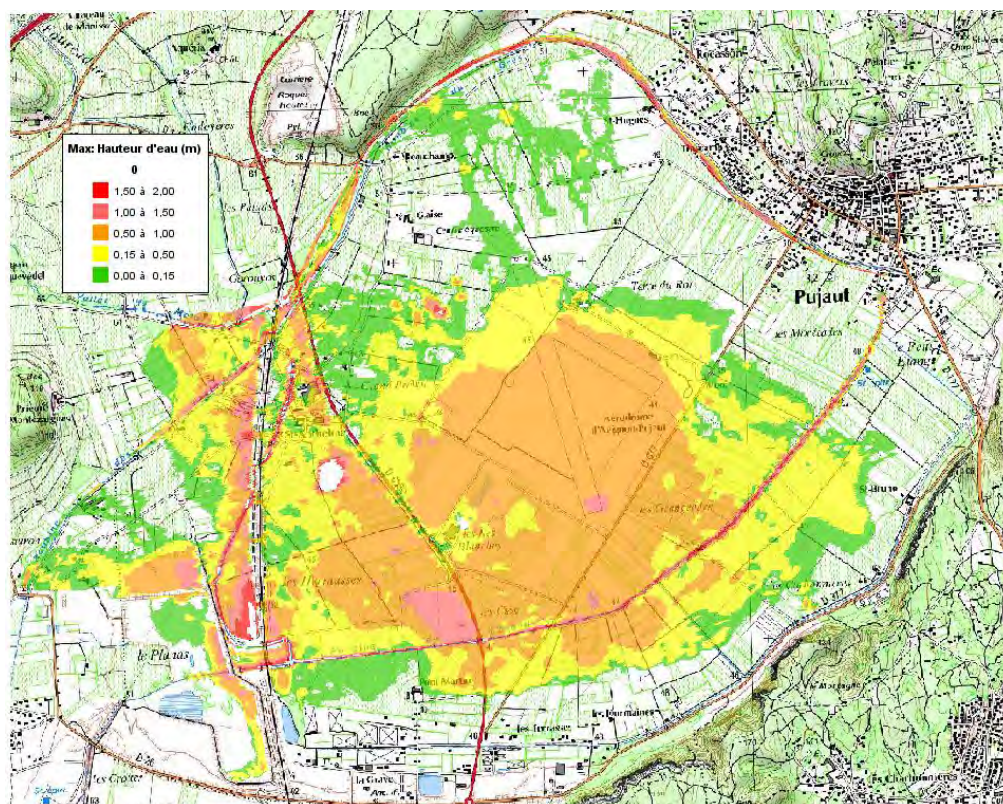


Figure I-1 : Maxima des hauteurs d'eau dues au dysfonctionnement des digues (Fontaines et Malaven uniquement) dans la zone d'étude pour une occurrence de 1000 ans

Le tableau ci-dessous donne les niveaux de vulnérabilité correspondant pour les différents

secteurs identifiés. Il est à noter que lorsque plusieurs enjeux représentatifs sont étudiés pour un même secteur, la qualification de la vulnérabilité du secteur correspond au niveau le plus élevé des vulnérabilités des enjeux représentatifs

Activités	Nombre ou densité	Niveau de vulnérabilité
Habitats, bâtiments	- 96 h/km ²	- Fort
Agricoles	- Champs de vignes 68% de la zone d'étude - Serres : 2.43 ha (environ)	- Fort
Air de stockage	- 1 unité pour stockage de bungalows en rive droite des fontaines	- Moyen
Transport aérien	- 1 : Aérodrome pujaut	- Fort
Industrielles	- cellier des chartreux	- Moyen
Loisir	- Centres équestre amont LGV	- Moyen
Transport	LGV (pied amont du remblai)	- Très fort
	D6580	- Fort

I.2 Appréciation de l'aléa de rupture

L'aléa de rupture de digue est apprécié en se basant sur les résultats des différentes phases d'études précédentes (inspection visuelle, levé topographique, analyse morphodynamique, étude hydraulique).

I.2.1 Modes de défaillance

Différents exemples de modes de défaillance ou de circonstances sont analysés ci-dessous afin d'en identifier les scénarios potentiels de danger.

a. Défaut de la stabilité générale de la digue:

Scénario envisageable sur tous les tronçons de digue (Malaven et fontaines) du fait d'un défaut de stabilité géométrique et hydraulique initialement identifié dans l'étude morphodynamique.

b. Rupture par érosion interne dans le corps de la digue ou dans la fondation :

Le scénario de rupture par érosion interne est envisageable également sur tous les tronçons compte tenu du niveau de manque d'entretien des digues (végétation dense, chute de blocs dans les berges, géométrie non uniforme, etc.) facilitant l'écoulement de l'eau à travers la digue.

On rappelle que ce scénario conduit à une mobilité plus importante de l'eau dans le corps de la digue par création de chemins préférentiels d'écoulement et initiation des phénomènes d'érosion interne.

c. Rupture par surverse :

Ce scénario est envisageable, lors d'une crue, du fait de la hauteur d'endiguement faible sur certains tronçons et les talus avals qui présentent généralement une trop forte pente, le pied de ce talus subit une érosion par l'eau de surverse et le phénomène est régressif, c'est-à-dire qu'il progresse de plus en plus rapidement vers l'amont et la digue devient finalement trop fragile. Une brèche peut s'ouvrir ainsi. On rappelle que cet endiguement a déjà connu deux brèche dans son passé récent.

d. Etranglement de l'écoulement lors du passage à travers des ouvrages spéciaux :

Des ouvrages spéciaux tels que des passerelles pour accès maisons ou route sont incorporés dans les digues. Ces ouvrages peuvent être responsables de défaut de fonctionnement hydraulique des roubines en cas de colmatage par exemple et occasionner dans ce cas un déversement important en amont.

e. Défaut de stabilité par érosion du au courant le long de la berge ou de la digue suite à évolution morpho dynamique :

Ce scénario est envisageable. La digue en terre est longée par une roubine dans laquelle les courants sont assez forts.

1.2.2 Appréciation de l'aléa de rupture

L'aléa de rupture est apprécié par tronçon homogène de digue selon les deux principes suivants (cf. *Digues maritimes et fluviales de protection contre les submersions, 2^{ème} colloque national – Digues 2013, IRSTEA – CFBR*) :

1.2.2.1 Aléa naturel

On définit un **aléa appelé : aléa naturel, représentant les risques dus aux sollicitations hydrologiques et aux conditions morphologiques et géotechniques, à estimer à partir des deux aléas, ci-dessous,**

⇒ Aléa lié à la solidité de la digue du point de vue morphologique (risque d'affouillement, d'érosion, etc.) :

Classe d'aléa	Etat de la digue
0	Digue parfaitement sûr
1	Digue moyennement sûr
2	Digue à risque modéré
3	Digue à haut risque

⇒ Aléa lié au risque de submersion : noté de 1 à 3

N.B. :L'évaluation de l'aléa naturel peut se faire en en additionnant les deux notes des aléas cités ci-dessus.

I.2.2.2 Etat de dégradation

L'état de dégradation est évalué à partir de l'inspection visuelle de l'ouvrage et traduit son niveau de désordre actuel, noté de 1 à 5.

I.2.2.3 Aléa de rupture

L'aléa de rupture peut être estimé en sommant les deux aléas, aléa naturel et état de dégradation,

Le schéma de principe est le suivant :

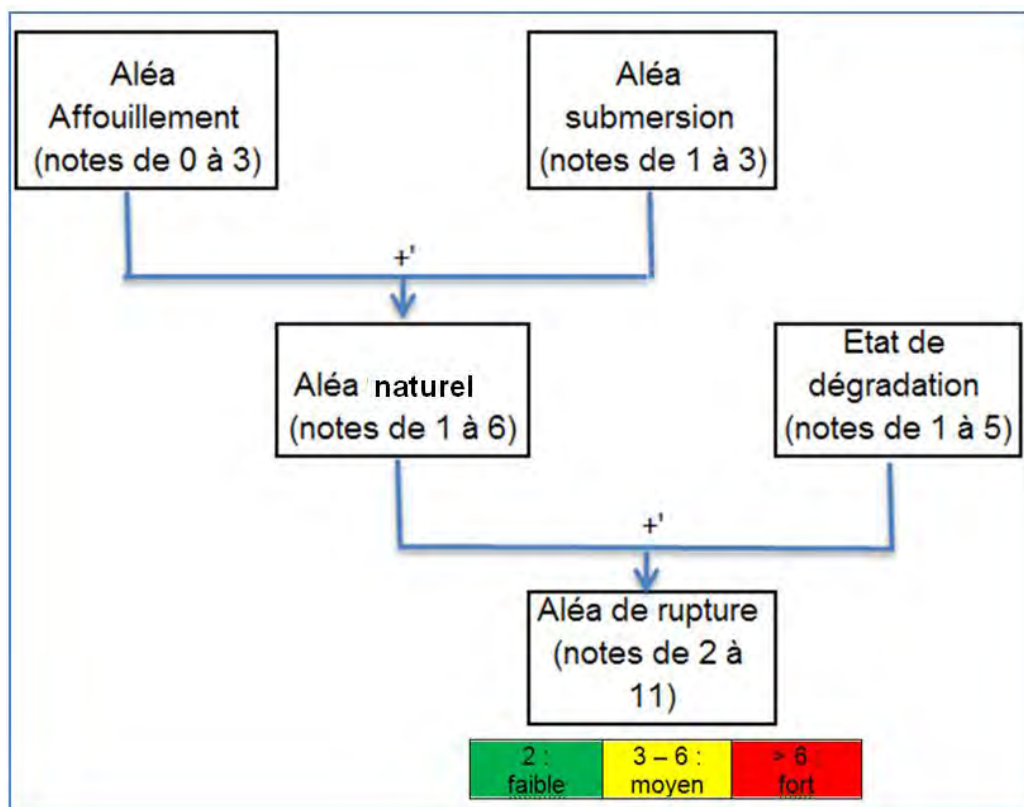


Figure I-1 : Notation liée à l'estimation de l'aléa rupture

Chaque endiguement est découpé en tronçons homogènes en fonction de son état mécanique, ou géométrique et morphodynamique décelé dans les phases précédentes.

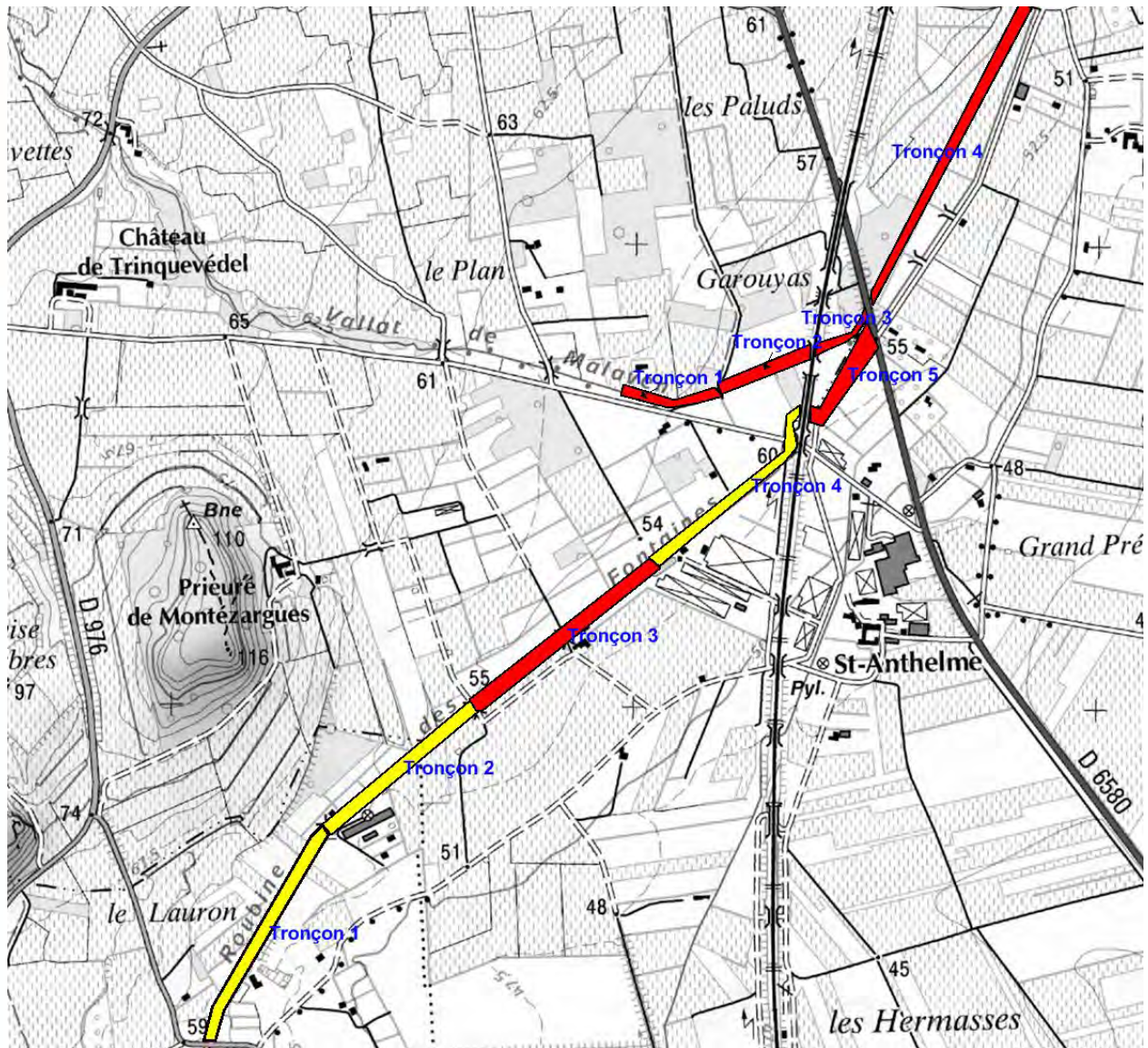
Du point de vu de l'aléa de rupture, le linéaire se décompose ainsi : Aléa faible : 3% ; aléa moyen 70% ; aléa fort : 30%.

Digue des Fontaines:

Tronçons	Observations	Aléa affouillement (0 à 3)	Aléa submersion (1 à 3)	Aléa théorique (1 à 6)	Etat de dégradation (1 à 5)	Aléa de rupture (2 à 11)	classe
Tronçon 1 – (531m)	Digue généralement haute ; Franchissement en amont et en aval Beaucoup de végétation ; Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respectée.	1	2	3	1	4	4 - moyen
Tronçon 2 – (406m)	Géométrie variable ; largeur de digue faible sur plusieurs profils en travers Beaucoup de végétation; Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respectée.	2	1	3	3	6	6 - moyen
Tronçon 3 – (502m)	Beaucoup de végétation; Digue exposé au ruissellement de Malaven Hauteur de digue faible entrainant des déversements. Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respecté	3	3	6	1	7	7 - fort
Tronçon 4 – (485m)	Digue avec profil assez correcte Digue exposé au ruissellement de Malaven, il y a franchissement Beaucoup de végétation; Critère d'instabilité géométrique non respecté sur le talus intérieur ; critère d'instabilité hydraulique pas satisfaisant	2	2	4	1	5	5 - moyen
Tronçon 5 – (214m)	Endiguement perdu dans les arbres et arbustes ; Brèche de 15m en novembre 2011; Digue exposé au ruissellement de Malaven ; Beaucoup de désordres struturels	3	3	6	5	11	11 - fort

Digue du Malaven:

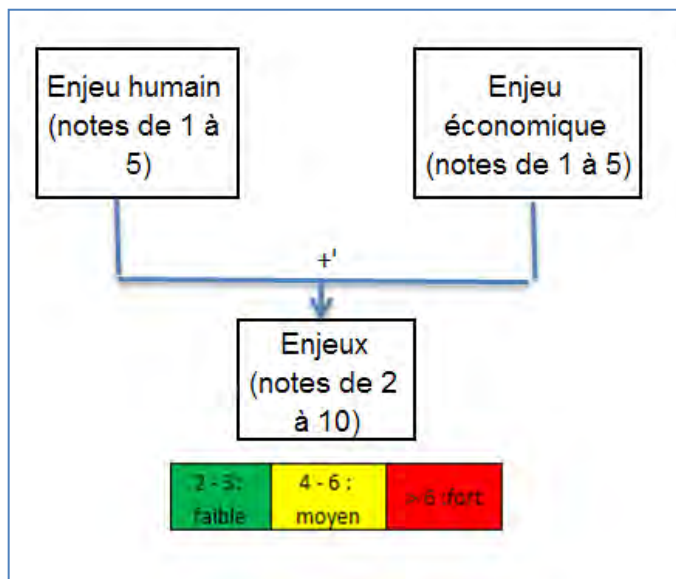
Tronçons	Observations	Aléa affouillement (0 à 3)	Aléa submersion (1 à 3)	Aléa théorique (1 à 6)	Etat de dégradation (1 à 5)	Aléa de rupture (2 à 11)	classe
Tronçon 1 – (218m)	Hauteur faible ; Franchissement en crête Beaucoup de végétation ; Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respectée.	1	3	4	2	6	6- fort
Tronçon 2 – (214m)	Géométrie variable ; Hauteur de digue faible entrainant des déversements. Brèche de 30m en novembre 2011 Chute de blocs ; forte érosion en cours des berges ; Beaucoup de végétation; Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respectée.	3	3	6	5	11	11 - fort
Tronçon 3 – (141m)	Beaucoup de végétation; Déversements en crête Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respecté	2	3	5	3	8	8 - fort
Tronçon 4 – (710m)	Déversement en crête Beaucoup de végétation; Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respecté	2	3	5	2	7	7 fort



Cartographie I-1 : Carte de synthèse du risque de rupture sur Fontaines/Malaven

I.3 Synthèse de la vulnérabilité par tronçon de digue

La notation utilisée, pour donner une note par activité humaine et économique est la suivante :



La classe finale retenue par activité résulte de la classe la plus élevée parmi les classes partielles des sous-secteurs d'enjeux identifiés dans le chapitre A.3 (appréciation de la vulnérabilité). Le tableau ci-dessus donne la note d'enjeux retenue pour ce secteur.

Digue des fontaines :

Tronçons	Observations	Enjeu humain (1 à 5)	Enjeu économique (1 à 5)	classe
Tronçon 1 – (531m)	4 maisons isolées Champs de vigne	2	2	4 -moyen
Tronçon 2 – (406m)	2 maisons isolées 1 zone de stockage de caravannes Champs de vigne	2	3	5 - moyen
Tronçon 3 – (502m)	3 maisons isolées LGV Champs de vigne 1 Centre Equestre	2	4	6 -moyen
Tronçon 4 – (485m)	1 bâtiment isolé 1 Centre Equestre LGV	1	4	5 - moyen
Tronçon 5 – (214m)	Quartier Saint Anthelme Serres Champs de vignes D6580 Cellier des chartreux ; aérodrome	2	4	6- moyen

Digue de Malaven :

Tronçons	Observations	Enjeu humain (1 à 5)	Enjeu économique (1 à 5)	classe
Tronçon 1 – (218m)	1 maison isolée Champs de vigne 2 bâtiments de Locaux techniques	2	3	5 -moyen
Tronçon 2 – (214m)	Serres LGV Champs de vigne	1	4	5- moyen
Tronçon 3 – (141m)	1 maison isolée + Saint Anthelme (car franchissement important des Fontaines en provenance de ce tronçon) Route D6580 Cellier des chartreux ; aérodrome	2	4	6-moyen
Tronçon 4 – (710m)	Quinzaine de maisons isolées en aval de la digue des fontaines 1 Centre Equestre Plus loin le quartier de Saint Anthelme Cellier des chartreux ; aérodrome	2	4	6 - moyen

I.4 Evaluation des risques et synthèse cartographique

Le schéma de la figure ci-dessous résume la méthode d'évaluation de l'aléa de rupture et d'enjeux afin de dévaluer le risque vis-à-vis de l'état de la digue et des biens protégés.

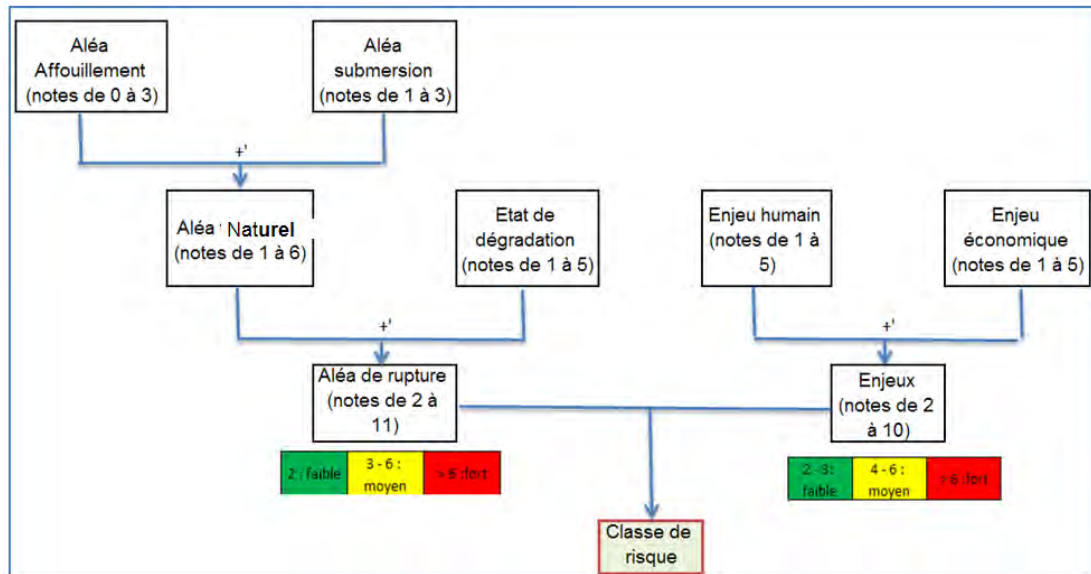


Figure I-2 : Notation liée à l'estimation du risque

Le tableau ci-dessous est utilisé pour obtenir un risque. Cette grille repose sur le parti pris que l'enjeu détermine le risque de façon plus importante. Ainsi, un enjeu faible ne peut jamais conduire à un risque.

Tableau I-1 : Grille d'évaluation du risque

	Enjeux faibles	Enjeux moyens	Enjeux forts
Aléa faible	Risque faible	Risque faible	Risque faible
Aléa moyen	Risque faible	Risque moyen	Risque fort
Aléa fort	Risque moyen	Risque fort	Risque fort

Digues des fontaines :

Tronçons	Classe de l'aléa-rupture	Classe d'enjeux	Evaluation du risque
Tronçon 1 –(218m)	4 -moyen	4 -moyen	Risque moyen
Tronçon 2 – (214m)	6 - moyen	5 - moyen	Risque moyen
Tronçon 3 –(141m)	7 - fort	6 -moyen	Risque fort
Tronçon 4 – (710m)	5 - moyen	5 - moyen	Risque moyen
Tronçon 5 –(218m)	11 - fort	6- moyen	Risque fort

Digue du Malaven :

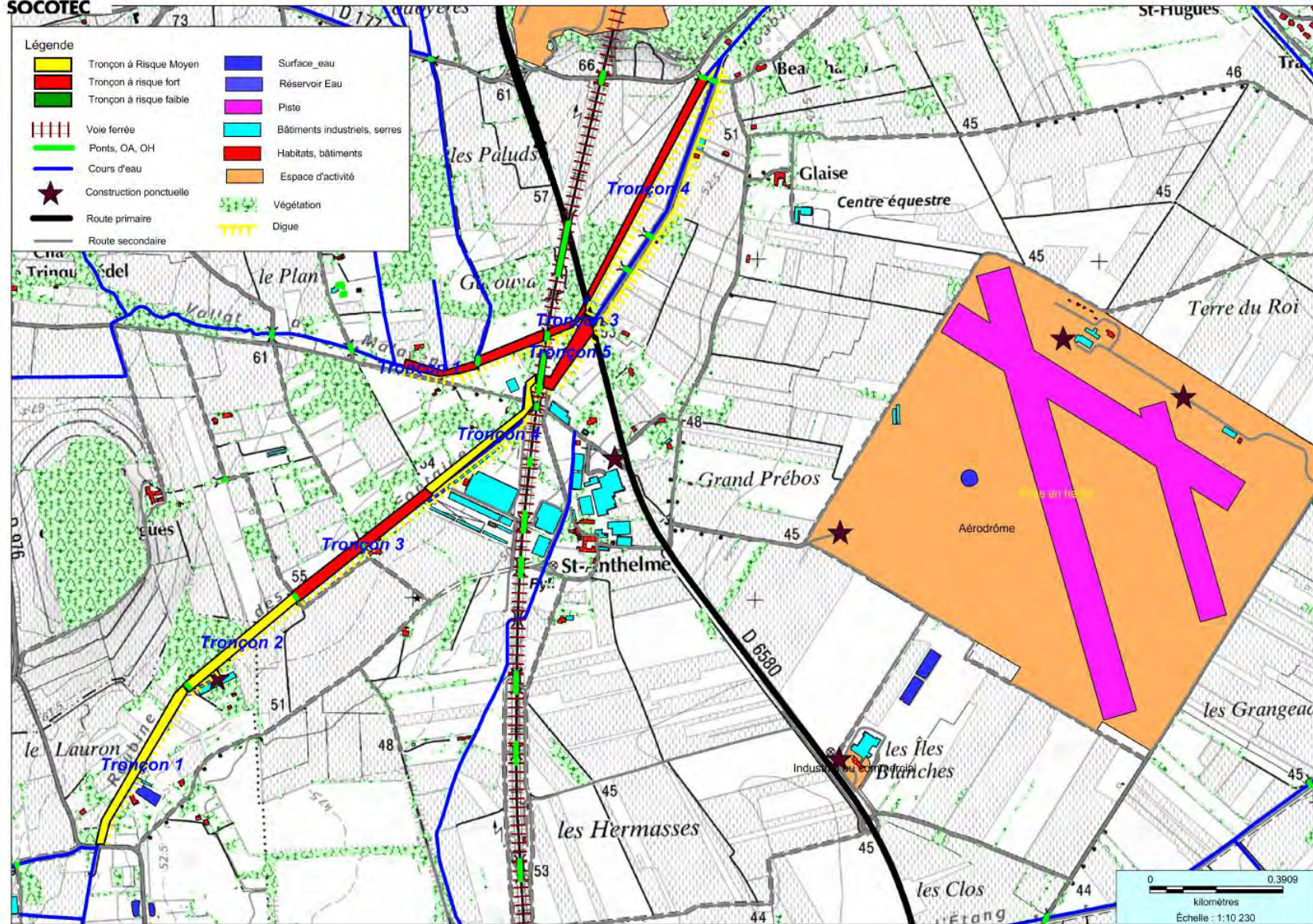
Tronçons	Classe de l'aléa-rupture	Classe d'enjeux	Evaluation du risque
Tronçon 1 –(531m)	6- fort	5 -moyen	Risque fort
Tronçon 2 – (406m)	11 - fort	5- moyen	Risque fort
Tronçon 3 –(502m)	8 - fort	6-moyen	Risque fort
Tronçon 4 – (485m)	7 fort	6 - moyen	Risque fort

Synthèse cartographique :

Les risques évalués ainsi que les secteurs d'enjeux homogènes sous l'emprise de la digue (cf. carto_1 FontainesMalaven) sont représentés ci dessous.



ENDIGUEMENTS FONTAINES-MALAVENCARTOGRAPHIE DES ENJEUX ET DES RISQUES



I.5 Orientations de sécurisation des digues

I.5.1 Objectifs de protection

Les endiguements sur Fontaines/Malaven ont pour objectif la protection contre les inondations des biens dans le val protégé (cf. analyse des enjeux).

La stratégie d'aménagement doit donc obéir à certaines règles qui, d'après cette étude de diagnostic, ne sont pas respectées. Le but des orientations est donc de garantir la sécurité des ouvrages et de réduire les risques d'inondation du val protégé par plusieurs mesures telles que :

- L'optimisation de la capacité d'écrêtement des crues dans le lit majeur par la mise en place de sites de débordement privilégié sur des zones naturelles et agricoles au-delà des crues de référence.
- L'amélioration des conditions d'écoulement dans le lit mineur en taillant la végétation trop dense. Garder une végétation basse au ras du sol.
- Le confortement des digues afin de :
 - lutter contre les risques de glissement de l'endiguement
 - atténuer les risques de création de brèches par entraînement des matériaux du fait de la percolation dans les digues (érosion interne)
 - limiter l'érosion externe
- Le rehaussement des digues à partir de la crue minimale de surverse jusqu'au niveau de protection recherché avec une revanche de 50cm afin d'assurer la protection des zones à enjeux.
- La mise en place sur chaque merlon ou digue d'un déversoir de sécurité de façon à alimenter la zone protégée, avec un débit contrôlé de quelques m³/s. Ces déversoirs permettent de localiser des surverses sur les digues en place et d'éviter une rupture sur des secteurs non prévus. Ils sont calés au niveau de la crue centennale en générale pour une digue ayant un niveau de sécurité acceptable.

Cette stratégie d'aménagement permet d'obtenir à la fois :

- Une baisse significative du niveau d'eau dans le lit mineur afin de contrôler la ligne d'eau maximale par les déversoirs de sécurité.
- Une baisse quasi généralisée, du niveau d'eau et des vitesses d'écoulement dans le lit majeur en rehaussant les digues et en contrôlant les déversements par des déversoirs de sécurités.

I.5.2 Confortement des digues

Au terme de cette analyse, on constate que le risque de rupture de digue est élevé sur les endiguements fontaines/Malaven et les mesures de réduction doivent être imminentes.

En fonction des anomalies constatées et les enjeux identifiés, les orientations suivantes sont proposées pour chaque tronçon de digue pour leur confortement (elles feront l'objet d'une analyse approfondie dans la phase étude de réduction des risques).

Digues des fontaines :

Tronçons	Anomalies observées	Options de confortement possibles
Tronçon 1 – (531m)	Digue généralement haute ; Franchissement en amont Beaucoup de végétation ; Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respectée.	Confortement par des enrochements du talus amont pour parer les risques de renard hydraulique
Tronçon 2 – (406m)	Géométrie variable ; largeur de digue faible sur plusieurs profils en travers Beaucoup de végétation; Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respectée.	Reprofilage de la digue (élargissement et rehausse) Protection des parements amont et aval
Tronçon 3 – (502m)	Beaucoup de végétation; Digue exposé au ruissellement de Malaven Hauteur de digue faible entraînant des déversements. Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respecté	Confortement par des enrochements du talus intérieur et rehausse. Cette option permettra également de reprofiler la digue afin de respecter les critères de stabilité géométrique et hydraulique (si l'emprise entre le chemin et le ruisseau le permet).
Tronçon 4 – (485m)	Digue avec profil assez correcte Digue exposé au ruissellement de Malaven, il y a franchissement Beaucoup de végétation; Critère d'instabilité géométrique non respecté sur le talus intérieur ; critère d'instabilité hydraulique pas satisfaisant	Confortement du talus intérieur Rehausse au niveau des points bas.
Tronçon 5 – (214m)	Endiguement perdu dans les arbres et arbustes ; Brèche de 15m en novembre 2011 ; Digue exposé au ruissellement de Malaven ; Beaucoup de désordres structurels	Reprise de la digue dans les règles de l'art ; cette zone est stratégique et doit être privilégiée dans les recommandations.

Digue du Malaven :

Tronçons	Observations	Options de confortement possibles
Tronçon 1 – (218m)	Hauteur faible ; Surverse en crête Beaucoup de végétation ; Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respectée.	Réhabilitation de la digue et reprofilage (rehausse, enrochements amont et aval)
Tronçon 2 – (214m)	Géométrie variable ; Hauteur de digue faible entraînant des déversements. Brèche de 30m en novembre 2011	Digue en état limite de service ; ce tronçon devra être intégralement repris dans les règles de l'art ;

	<p>Chute de blocs ; forte érosion en cours des berges ;</p> <p>Beaucoup de végétation;</p> <p>Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respectée.</p>	
Tronçon 3 – (141m)	<p>Beaucoup de végétation;</p> <p>Surverse en crête</p> <p>Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respecté</p>	Réhabilitation de la digue et reprofilage (rehausse, enrochements amont et aval)
Tronçon 4 – (710m)	<p>Débordement en rive droite</p> <p>Beaucoup de végétation;</p> <p>Critère d'instabilité géométrique et hydraulique non respecté</p>	Réhabilitation du système d'endiguement et reprofilage (rehausse, enrochements amont et aval)

I.5.3 Orientation à l'échelle du système d'endiguement Fontaines-Malaven

I.5.3.1 Le système d'écoulement amont-aval

Les conditions d'écoulement du système (Fontaines/Malaven/Grès) connaissent deux situations problématiques :

- D'abord la départementale RD6580 qui écrête le débit des bassins versants des Fontaines, du Malaven et des Genêtiers contribue à l'inondation des zones d'enjeux identifiées en amont de la RD6580 (ST Anthelmé, Centre Equestre, etc.).
- Les tunnels de Pujaut, d'une capacité de 8m³/s est très insuffisant pour évacuer tout le ruissellement des sous bassins en amont en plus du débit de fuite du barrage du Planas.

Il y a une insuffisance d'évacuation à l'aval du secteur d'étude. Les aménagements proposés doivent prendre en compte cette situation. Ainsi, il est dès lors évident qu'un système de rétention des eaux en amont (avant la RD6580) est nécessaire à défaut d'un projet d'augmentation de la capacité des tunnels de Pujaut et des ouvrages sous la RD6580 ou d'un dispositif de vidange rapide de la plaine de Pujaut parallèlement aux tunnels (station de relèvement des eaux par exemple).

I.5.3.2 La digue du Grès

La digue du Grès en amont des digues de Fontaines –Malaven est en cours d'étude chez ARTELIA pour un projet de confortement. Les mesures prises ici doivent prendre en compte cet aménagement. De ce fait, il est supposé que la digue du Grès sera réhabilitée pour assurer pleinement son rôle avec des risques de rupture et de déversement moindres. Sur ce, nous considérons la digue du Grès comme étant en bon état (état projeté) dans notre étude de réduction des risques concernant les digues des fontaines et du Malaven.

I.5.3.3 Création de déversoirs de sécurité

Il est en toute évidence que les digues offrent une protection très faible vis-à-vis de leur structure et de leur hauteur. Le risque de rupture est important et la surverse est mise en évidence dans l'étude hydraulique. Dans ces conditions, une mise en place de déversoir de sécurité ne pourrait se faire qu'après réhabilitation des digues selon les techniques de confortement présentées au chapitre précédent (§I.5.1).

La notion de déversoir de sécurité est un principe qui consiste à créer sur une faible longueur déversante, sur la digue, un aménagement de façon à alimenter la zone protégée avec un débit contrôlé de quelques m^3/s . Cela afin de localiser les zones préférentielles de déversement, de maîtriser l'inondation du val et de limiter les risques de rupture dans des zones à enjeux importants.

Vue la morphologie du terrain se présentant sous forme de cuvette centrée au milieu de la plaine de Pujaut (secteur d'enjeux importants), tout aménagement de type déversoir de sécurité sans bassin de rétention conduirait les eaux dans la plaine de Pujaut. Il faudra donc contrôler ce ruissellement afin de limiter son impact. Par contre, il permettrait de localiser la zone de déversement et de limiter les risques de rupture de digue qui pourrait avoir lieu en amont des habitations de Saint Anthelme par exemple.

Vue le blocage causé par la RD6580 et le faible débit des tunnels de Pujaut, un déversoir en amont de la LGV est nécessaire sur chaque digue. Cette zone, à enjeux faible, permettrait de mieux contrôler le ruissellement à l'aval du remblai RFF vers la sortie du Planas pour rejoindre la roubine de l'étang.

J. Annexes

J.1 Fiches d'inspection des Fontaines



SMABV- GARD RHODANIEN

FICHE D'INSPECTION N° FTN1



Commune :

Date: 17 juillet 2012

Ouvrage: Digue du Grès

POINT GPS: 568

Latitude: 44° 0'26.15"N

Longitude: 4°44'31.85"E

Plan de situation



Dimensions:
Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant: passerelle en béton

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun



Observations :

Crête de digue: Franchissement de la digue par une passerelle bétonnée (P1); digue enherbée

roubine: Végétation dense sous passerelle bétonnée; risque de bouchage de la roubine (P1).

Talus côté roubine: Parement avec des blocs à la sortie de la passerelle bétonnée.

Talus côté val:

Photos





SMABV- GARD RHODANIEN
—
FICHE D'INSPECTION N° FTN2



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue du Grès**

POINT GPS: 570 **Latitude: 44° 0'22.70"N** **Longitude: 4°44'30.15"E**



Dimensions:
Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre, cailloux

Ouvrage franchissant:

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun



Observations :

Crête de digue: Digue rehaussée au dessus du niveau de la route; fortement enherbée.

Roubine:

Talus côté roubine:

Talus côté val: Présence de poteaux électriques et d'arbres en pied.

Photos



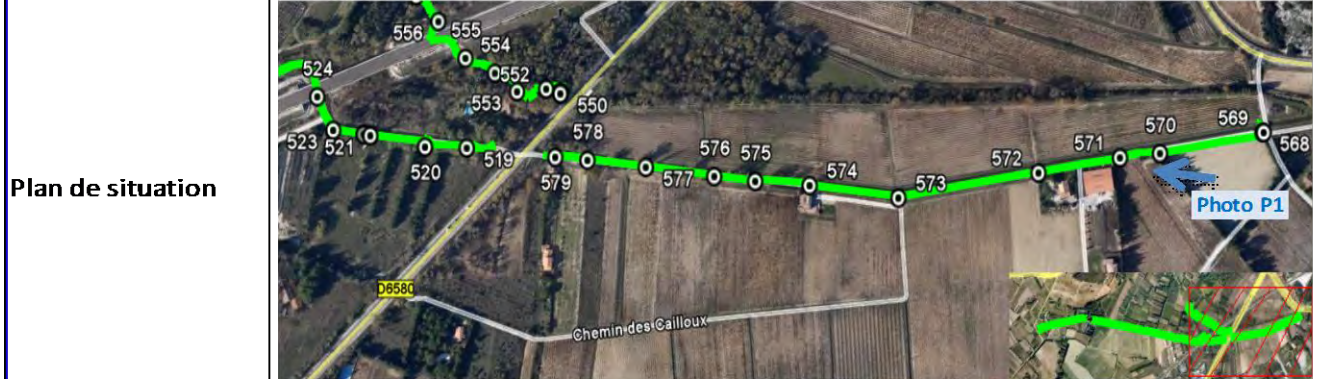


SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° FTN3



Commune : _____ **Date:** 17 juillet 2012 **Ouvrage:** Digue de FONTAINES

POINT GPS: 571 **Latitude:** 44° 0'21.42"N **Longitude:** 4°44'29.36"E



Dimensions:
Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant: canalisation

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun



Observations :

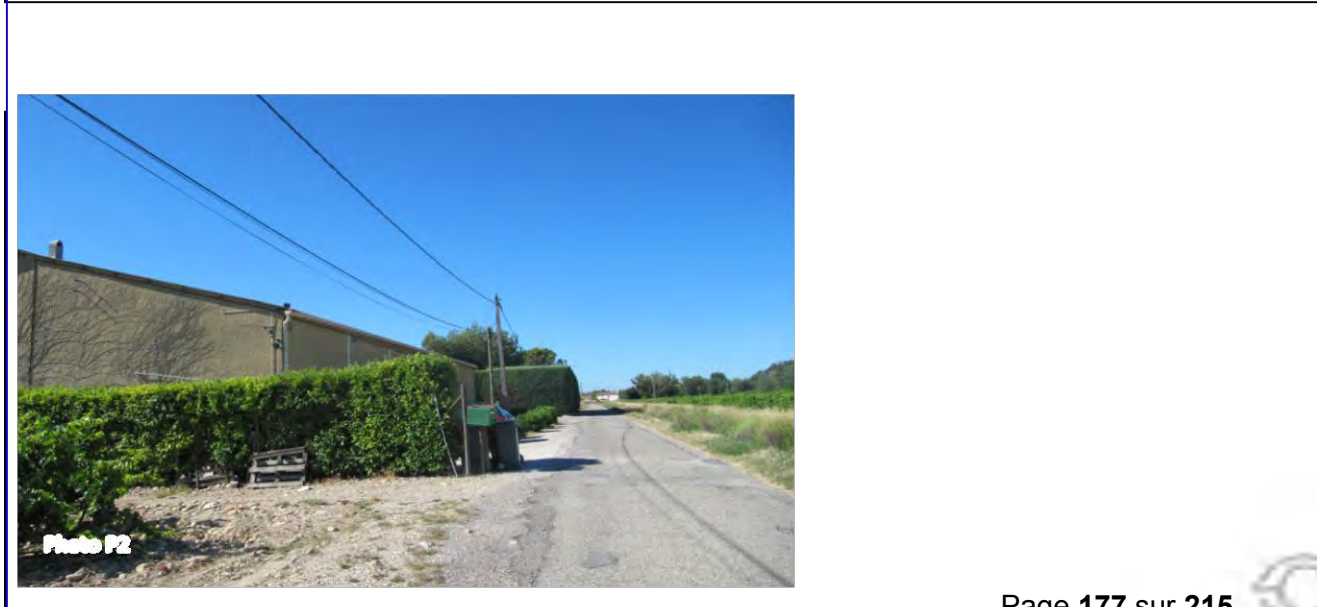
Crête de digue: Merlon absent côté aval (P2).

Roubine: Forte végétation herbacée. Présence de canalisation.

Talus côté roubine: Présence de canalisation (P1). Végétation herbacée

Talus côté val: Absence de talus; maison au niveau de crête de la digue.

photos





SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° FTN4



Commune :

Date: 17 juillet 2012

Ouvrage: Digue de FONTAINES

POINT GPS: 572

Latitude: 44° 0'18.71"N

Longitude: 4°44'27.95"E

Plan de situation



Dimensions:

Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant: passerelle
 (L=2.5m; H=2m; S=5m²)

Etat apparent de la digue:

- Abandonné
- Défectueux
- Moyen
- Bon état
- Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

- Déversement
- Ouverture de brèche
- Aucun



Photo P1

Observations :

Crête de digue: Reprise du merlon côté aval (P2). Digue

Roubine: Ouvrage de franchissement bétonné pour accès aux vignes(P1). Roubine enherbée ; risque de bouchage à l'entrée de l'orifice de la passerelle

Talus côté roubine: Enherbé.

Talus côté val: Présence de poteaux électriques (P2).

Photo



Photo P2





SMABV- GARD RHODANIEN
—
FICHE D'INSPECTION N° FTN5



Commune : Pujaut

Date: 17 juillet 2012

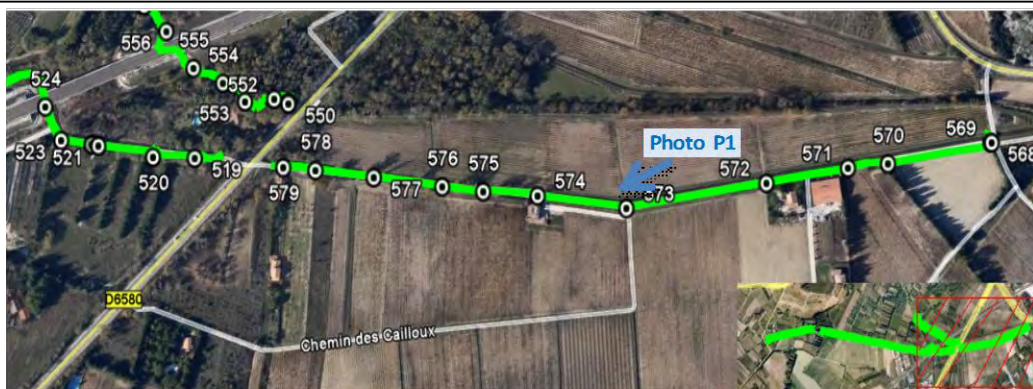
Ouvrage: Digue du Grès

POINT GPS: 573

Latitude: 44° 0'14.07"N

Longitude: 4°44'25.52"E

Plan de situation



Dimensions:

Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant:

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun



Observations :

Crête de digue: Ouverture dans la digue pour accès aux propriétés. Peut déclencher une brèche en cas de surverse sur la route. Présence de poteaux électriques (P2).

Roubine:

Talus côté roubine: enherbé

Talus côté val: enherbé

Profil en travers





SMABV- GARD RHODANIEN

FICHE D'INSPECTION N° FTN6



Commune : Pujaut

Date: 17 juillet 2012

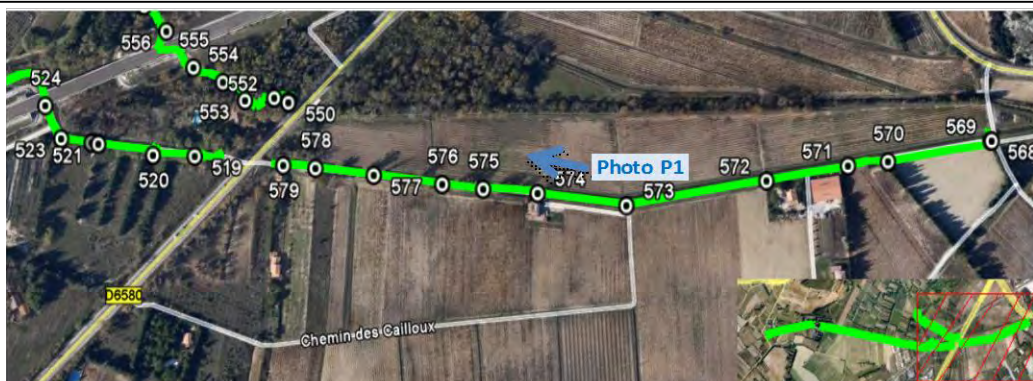
Ouvrage: Digue du Grès

POINT GPS: 574

Latitude: 44° 0'11.56"N

Longitude: 4°44'22.99"E

Plan de situation



Dimensions:

Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant: passerelle
(L=2.80; H=2m; S=5.6m²)

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun



Observations :

Crête de digue: Présence de poteaux électriques (P2) et de gros arbres. Crête moins haute (P2).

Roubine: Ouvrage de franchissement avec tablier en bois et parements en blocs maçonnés (accès aux

Talus côté roubine: Fortement enherbé et présence de gros arbres réguliers;

Talus côté roubine: Végétation arbustive très dense.

Photo



Photo P2





SMABV- GARD RHODANIEN
—
FICHE D'INSPECTION N° FTN7



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue du Grès**

POINT GPS: 575 **Latitude: 44° 0'9.96"N** **Longitude: 4°44'21.55"E**

Plan de situation

Dimensions:
Hauteur: Largeur:
Matériaux: terre
Ouvrage franchissant: passerelle
(L=2.90m; H=1.60m; S=4.6m²)
Etat apparent de la digue:
Abandonné
Défectueux
Moyen
Bon état
Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
Déversement
Ouverture de brèche
Aucun



Observations :
Crête de digue: Endiguement quasi absent (P2).
Roubine: Ouvrage de franchissement en béton. Végétation très dense (P1). Risque de bouchage.
Talus côté roubine: Végétation herbacée et présence d'arbres réguliers.
Talus côté val: Végétation herbacée et présence d'arbres réguliers.

Photo





SMABV- GARD RHODANIEN
—
FICHE D'INSPECTION N° FTN8



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue du Grès**

POINT GPS: 577 **Latitude: 44° 0'6.83"N** **Longitude: 4°44'18.48"E**

Plan de situation

Dimensions:

Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant:

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun



Observations :

Crête de digue: Endiguement refait avec des galets jusqu'à la fin (RD6580) de la digue du Grès (P1). Matériaux non compacté, corps de digue très fragile.

Roubine: Passage sous voie publique (RD6580), canalisation très enherbée (P2). Risque de bouchage.

Talus côté roubine: fortement enherbé

Talus côté val: Végétation arbustive

Photo



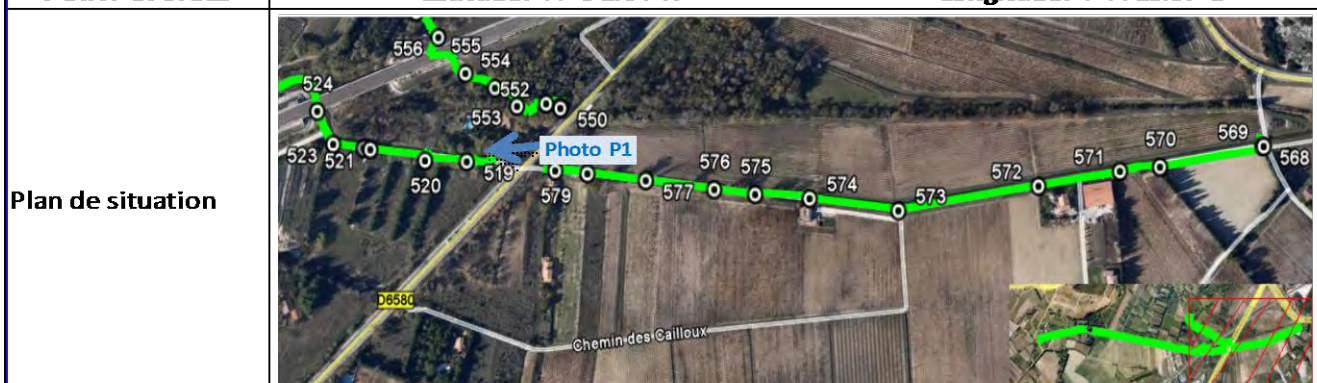


SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° FTN9



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue des FONTAINES**

POINT GPS: 519 **Latitude: 44° 0'1.64"N** **Longitude: 4°44'13.57"E**



Dimensions:
Hauteur: **Largeur:**
Matériaux: terre
Ouvrage franchissant: Passerelle
 RD6580 (L=2.3m; H=2.30; S=6.9m²)
Etat apparent de la digue:
 Abandonné
 Défectueux
 Moyen
 Bon état
 Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
 Déversement
 Ouverture de brèche
 Aucun



Observations :

Crête de digue: Début endiguement après la RD6580 avec beaucoup d'arbres en crête de digue (P1).
Roubine: Passage sous voie publique (RD6580), canalisation très enherbée. Présence de fil d'eau
Talus côté roubine: enherbé
Talus côté val: Présence d'arbres

photo





SMABV- GARD RHODANIEN
—
FICHE D'INSPECTION N° FTN10



Commune : Pujaut

Date: 17 juillet 2012

Ouvrage: Digue des FONTAINES

POINT GPS: 520

Latitude: 44° 0'0.38"N

Longitude: 4°44'12.53"E

Plan de situation



Dimensions de la digue:

Hauteur: **Largeur:**

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant:

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun



Observations :

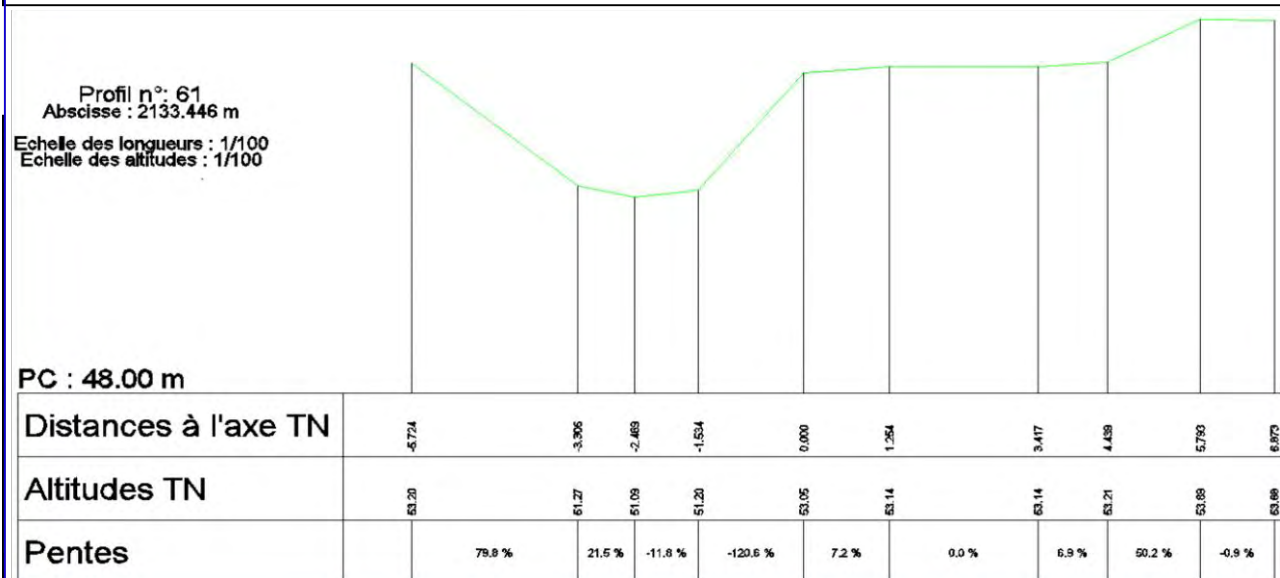
Crête de digue: Ouverture d'une brèche dans la digue partiellement rebouchée (P1). Route confortée par des blocs.

Roubine:

Talus côté roubine:

Talus côté val: Ponctuellement déstabilisé par la brèche. Fortement enherbé.

Profil en travers





SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° FTN10-bis



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue des FONTAINES**
POINT GPS: 523-524 **Latitude: 44° 0'0.38"N** **Longitude: 4°44'12.53"E**



Dimensions de la digue:
Hauteur: Largeur:

Matériaux: béton

Ouvrage franchissant: voie SNCF

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun

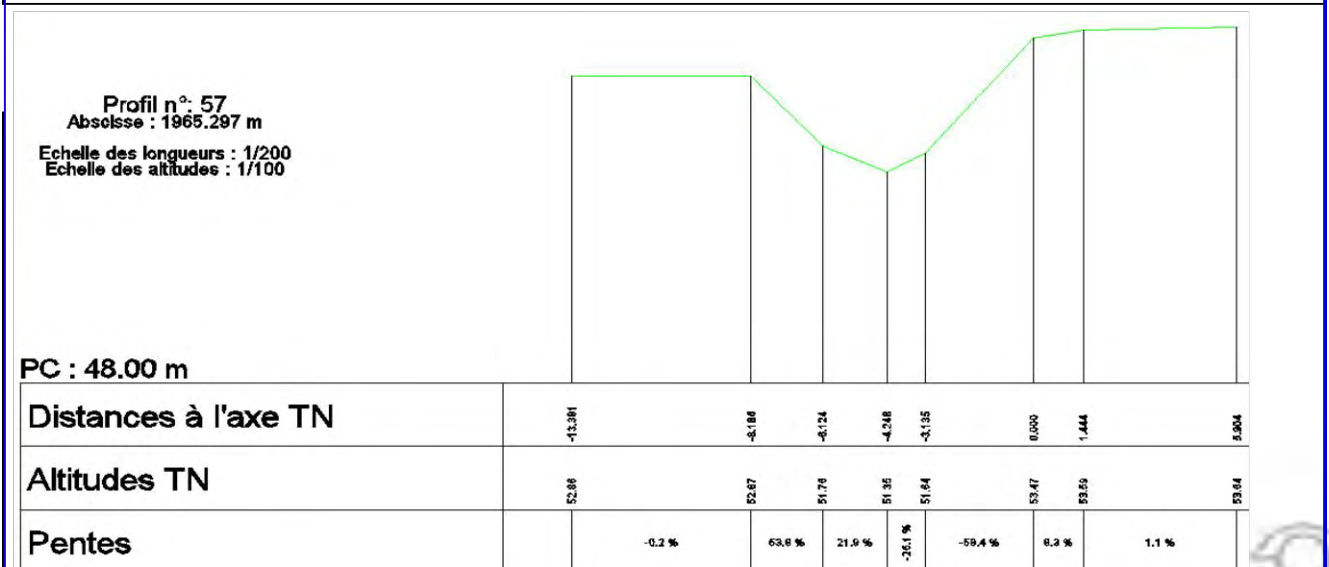


Observations :

Crête de digue: Passage sous voie SNCF

Roubine: Passage sous voies SNCF. Roubine sous forme de canal en U bétonné; présence de fil d'eau.

Profil en travers



	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° FTN11	
---	--	---

Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de FONTAINES
------------------	-----------------------	-----------------------------

POINT GPS: 524-525	Latitude: 43°59'56.46"N	Longitude: 4°44'5.82"E
--------------------	-------------------------	------------------------



Dimensions:
 Hauteur: Largeur: 5.79m

Matériaux:
 Ouvrage franchissant: route

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

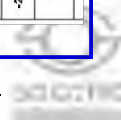
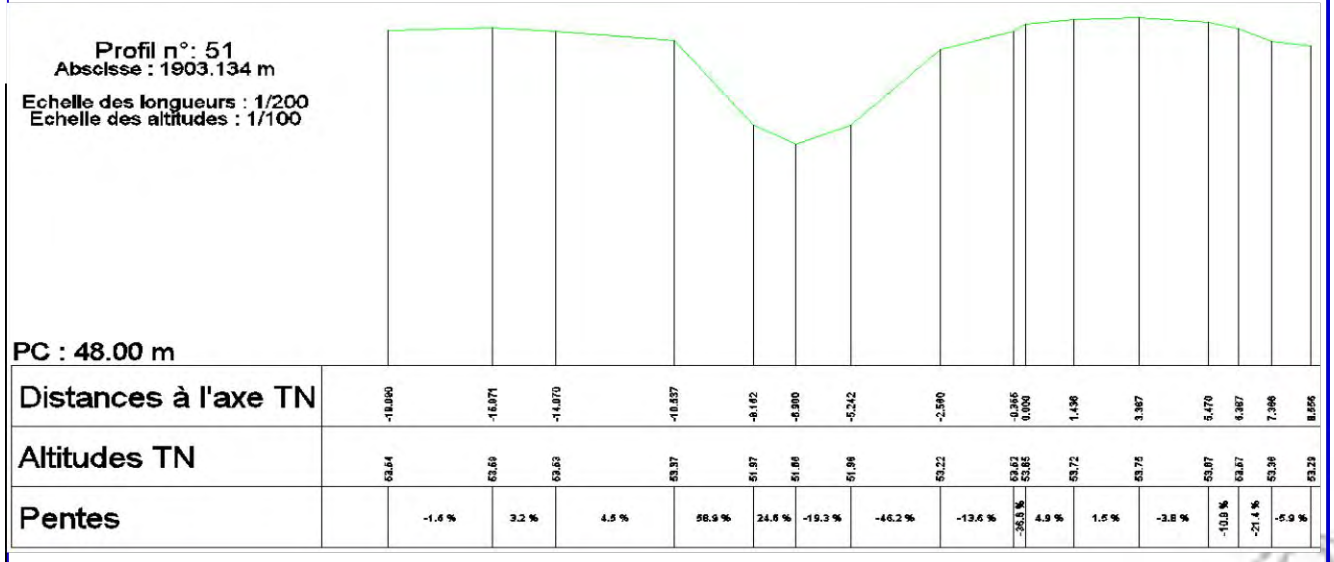
Aucun







Observations :

Crête de digue:
Roubine: Passage sous la route avec bétonnage et enrochement du canal. Présence d'eau (P2).
Talus côté roubine: Protection par des blocs
Talus côté val: Protection par des blocs

Profil en travers



	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° FTN12												
	Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012		Ouvrage: Digue des FONTAINES									
POINT GPS: 525-526	Latitude: 43°59'56.46"N	Longitude: 4°44'5.82"E											
Plan de situation													
Dimensions de la digue: Hauteur: 2.00m; Largeur en crête: 4.44m Matériaux: terre Ouvrage franchissant: Etat apparent de la digue: Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Bon état <input checked="" type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/> Précisions: Risque d'inondation par: Déversement <input type="checkbox"/> Ouverture de brèche <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/>													
Observations :													
Crête de digue: bien entretenue; accesibilité facile pour véhicule.													
Roubine: Fortement végétalisée													
Talus côté roubine: Forte végétation arbustive jusqu'au coude; puis végétation moins dense avec de gros													
Talus côté val: idem													
Profil en travers													
Profil n°: 43 Abscisse : 1688.221 m Echelle des longueurs : 1/200 Echelle des altitudes : 1/100													
PC : 48.00 m													
Distances à l'axe TN	-10.09	-6.491	-4.488	-3.197	-2.896	-1.929	0.000	1.051	4.444	7.190	7.789	8.361	15.088
Altitudes TN	83.13	83.14	81.67	81.60	81.67	81.98	86.91	84.04	84.01	81.98	81.82	82.59	82.26
Pentes		-0.2 %	156.2 %	6.4 %	-20.3 %	-48.3 %	-100.1 %	8.4 %	-1.0 %	-76.6 %	-9.7 %	111.1 %	-4.9 %

	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° FTN13	
---	--	---

Commune : Pujaut **Date:** 17 juillet 2012 **Ouvrage:** Digue des FONTAINES

POINT GPS: 527-528 **Latitude:** 43°59'50.76"N **Longitude:** 4°43'58.79"E



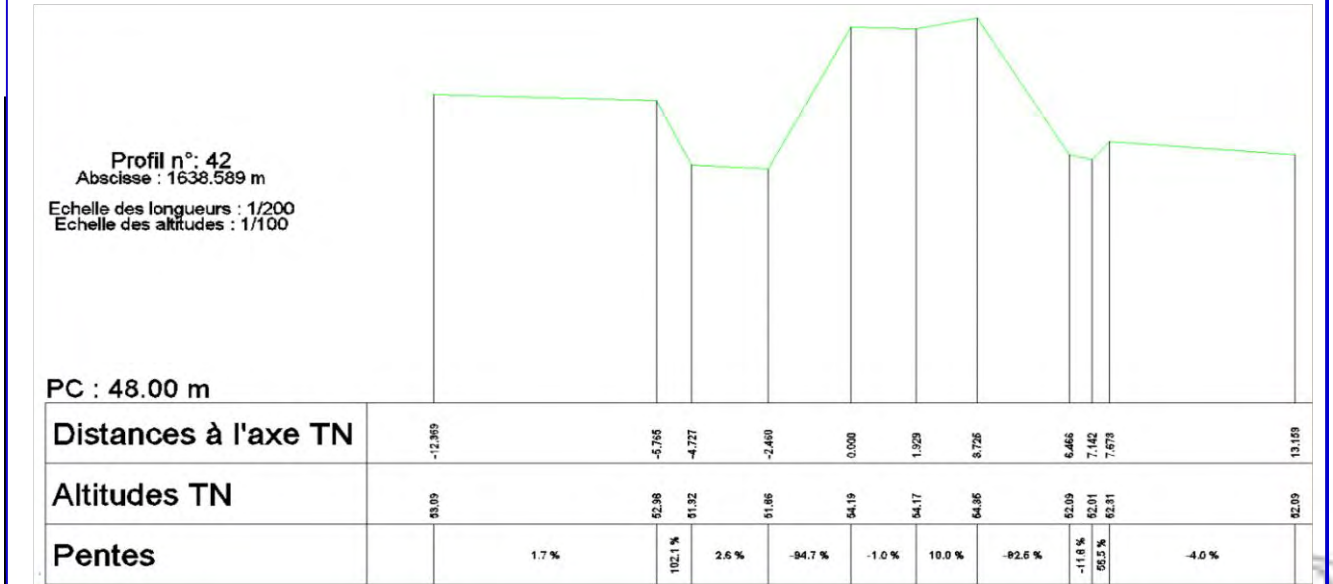
Dimensions:
Hauteur: 2.10 **Largeur:** 3.76m
Matériaux: terre
Ouvrage franchissant:
Etat apparent de la digue:
 Abandonné
 Défectueux
 Moyen
 Bon état
 Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
 Déversement
 Ouverture de brèche
 Aucun





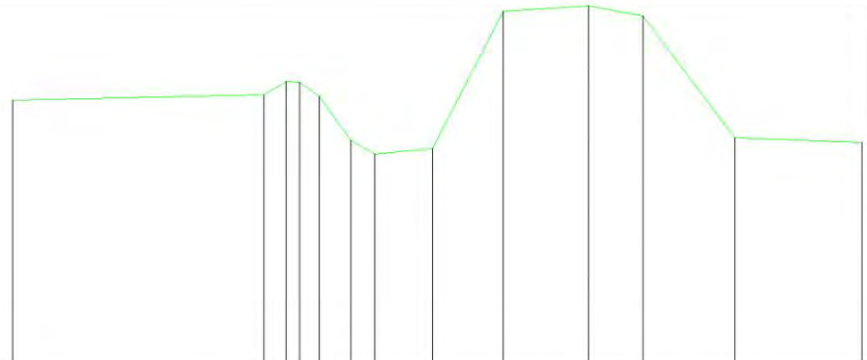




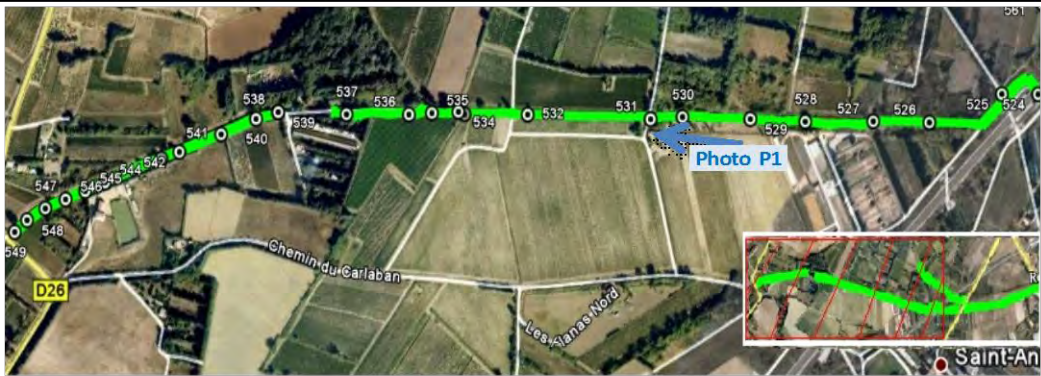

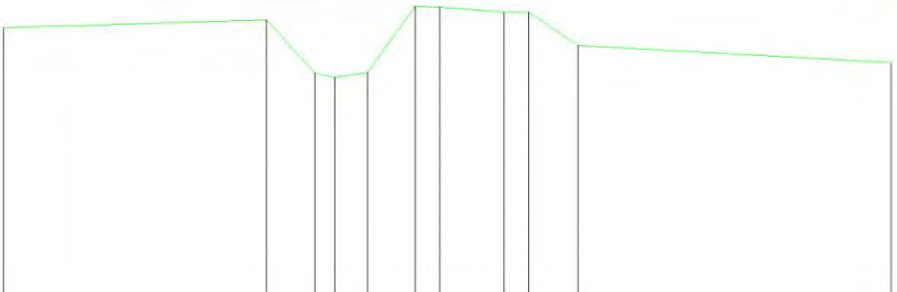
Observations :

Crête de Digue: Présence de retenue d'eau en pied de digue côté val. Digue généralement en bon état
Roubine: Présence de fil d'eau avec des débris végétaux.
Talus côté roubine: Présence de ronciers.
Talus côté val: arbustes irréguliers en pied.

Profil en travers



	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° FTN14																																																						
Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue des FONTAINES																																																					
POINT GPS: 527-528	Latitude: 43°59'50.76"N	Longitude: 4°43'58.79"E																																																					
Plan de situation																																																							
Dimensions de la digue: Hauteur: 2m; Largeur en crête: 4.42m Matériaux: terre Ouvrage franchissant: canalisation Etat apparent de la digue: Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/> Précisions: Risque d'inondation par: Déversement <input type="checkbox"/> Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/>																																																							
Observations :																																																							
Crête Digue: Débris de végétaux;																																																							
Roubine: Canalisation traversant la roubine; fonctionnalité inconnue mais semble être abandonnée;																																																							
Végétation herbacée partout dans le fossé.																																																							
Talus côté roubine: Présence de canalisation																																																							
Talus côté val:																																																							
Profil en travers																																																							
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>Profil n°: 40 Abscisse : 1542.505 m Echelle des longueurs : 1/200 Echelle des altitudes : 1/100</p> </div> <div style="flex: 2;">  </div> </div> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 30%;">PC : 48.00 m</td> <td colspan="10"></td> </tr> <tr> <td>Distances à l'axe TN</td> <td>-16.605</td> <td>-7.885</td> <td>-6.884</td> <td>-6.437</td> <td>-6.825</td> <td>-4.837</td> <td>-4.288</td> <td>-2.231</td> <td>0.000</td> <td>2.680</td> <td>4.413</td> <td>7.528</td> <td>11.540</td> </tr> <tr> <td>Altitudes TN</td> <td>62.68</td> <td>62.77</td> <td>63.00</td> <td>62.99</td> <td>62.79</td> <td>61.89</td> <td>61.76</td> <td>61.86</td> <td>64.22</td> <td>64.31</td> <td>64.13</td> <td>62.04</td> <td>61.86</td> </tr> <tr> <td>Pentes</td> <td></td> <td>-1.1 %</td> <td>-32.9 %</td> <td>2.2 %</td> <td>39.2 %</td> <td>76.9 %</td> <td>31.5 %</td> <td>-5.4 %</td> <td>-106.2 %</td> <td>3.4 %</td> <td>-10.4 %</td> <td>-71.7 %</td> <td>-2.2 %</td> </tr> </table>			PC : 48.00 m											Distances à l'axe TN	-16.605	-7.885	-6.884	-6.437	-6.825	-4.837	-4.288	-2.231	0.000	2.680	4.413	7.528	11.540	Altitudes TN	62.68	62.77	63.00	62.99	62.79	61.89	61.76	61.86	64.22	64.31	64.13	62.04	61.86	Pentes		-1.1 %	-32.9 %	2.2 %	39.2 %	76.9 %	31.5 %	-5.4 %	-106.2 %	3.4 %	-10.4 %	-71.7 %	-2.2 %
PC : 48.00 m																																																							
Distances à l'axe TN	-16.605	-7.885	-6.884	-6.437	-6.825	-4.837	-4.288	-2.231	0.000	2.680	4.413	7.528	11.540																																										
Altitudes TN	62.68	62.77	63.00	62.99	62.79	61.89	61.76	61.86	64.22	64.31	64.13	62.04	61.86																																										
Pentes		-1.1 %	-32.9 %	2.2 %	39.2 %	76.9 %	31.5 %	-5.4 %	-106.2 %	3.4 %	-10.4 %	-71.7 %	-2.2 %																																										

	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° FTN15																																						
Commune : Pujaut		Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue des FONTAINES																																				
POINT GPS: 531	Latitude: 43°59'42.84"N		Longitude: 4°43'44.51"E																																				
Plan de situation																																							
<p>Dimensions digue: Hauteur:0.55m;Largeur en crête:3.56m Matériaux: terre Couverture franchissant: passerelle en béton (ép.=20cm; H_mont=96cm; H_aval=90cm)</p> <p>Etat apparent de la digue:</p> <p>Abandonné <input type="checkbox"/></p> <p>Défectueux <input type="checkbox"/></p> <p>Moyen <input type="checkbox"/></p> <p>Bon état <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Très bon état <input type="checkbox"/></p> <p>Précisions:</p> <p>Risque d'inondation par:</p> <p>Déversement <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Aucun <input type="checkbox"/></p>																																							
Observations :																																							
Crête de Digue: Crête de digue moins élevée (P1). Débris de végétaux.																																							
Roubine: Franchissement de la roubine par un ouvrage en béton (P1), accès propriétés privées. Présence de roncier dans le fossé.																																							
Talus côté roubine: Fortement végétalisé																																							
Talus côté val: végétation moins dense; pente douce.																																							
Profil en travers																																							
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>Profil n°: 29 Abscisse : 1064.642 m Echelle des longueurs : 1/200 Echelle des altitudes : 1/100</p> </div> <div style="flex: 4;">  </div> </div> <p>PC : 49.00 m</p> <table border="1" data-bbox="244 1921 1535 2110"> <tr> <td>Distances à l'axe TN</td> <td>-12.156</td> <td>-4.396</td> <td>-2.655</td> <td>-2.390</td> <td>-1.423</td> <td>0.000</td> <td>0.735</td> <td>2.619</td> <td>3.358</td> <td>4.613</td> <td>14.003</td> </tr> <tr> <td>Altitudes TN</td> <td>53.50</td> <td>53.63</td> <td>52.75</td> <td>52.68</td> <td>52.78</td> <td>53.85</td> <td>53.84</td> <td>53.78</td> <td>53.78</td> <td>53.21</td> <td>52.92</td> </tr> <tr> <td>Pentes</td> <td>-1.7%</td> <td>0.11%</td> <td>12.2%</td> <td>0.4%</td> <td>-76.6%</td> <td>-1.4%</td> <td>-4.2%</td> <td>0.0%</td> <td>-37.6%</td> <td>-3.1%</td> <td></td> </tr> </table>				Distances à l'axe TN	-12.156	-4.396	-2.655	-2.390	-1.423	0.000	0.735	2.619	3.358	4.613	14.003	Altitudes TN	53.50	53.63	52.75	52.68	52.78	53.85	53.84	53.78	53.78	53.21	52.92	Pentes	-1.7%	0.11%	12.2%	0.4%	-76.6%	-1.4%	-4.2%	0.0%	-37.6%	-3.1%	
Distances à l'axe TN	-12.156	-4.396	-2.655	-2.390	-1.423	0.000	0.735	2.619	3.358	4.613	14.003																												
Altitudes TN	53.50	53.63	52.75	52.68	52.78	53.85	53.84	53.78	53.78	53.21	52.92																												
Pentes	-1.7%	0.11%	12.2%	0.4%	-76.6%	-1.4%	-4.2%	0.0%	-37.6%	-3.1%																													

 SOCOTEC	SMABV- GARD RHODANIEN <hr/> FICHE D'INSPECTION N° FTN16	
---	--	---

Commune : Pujaut Date: 17 juillet 2012 Ouvrage: Digue des FONTAINES

POINT GPS: 533 Latitude: 43°59'36.35"N Longitude: 4°43'32.44"E



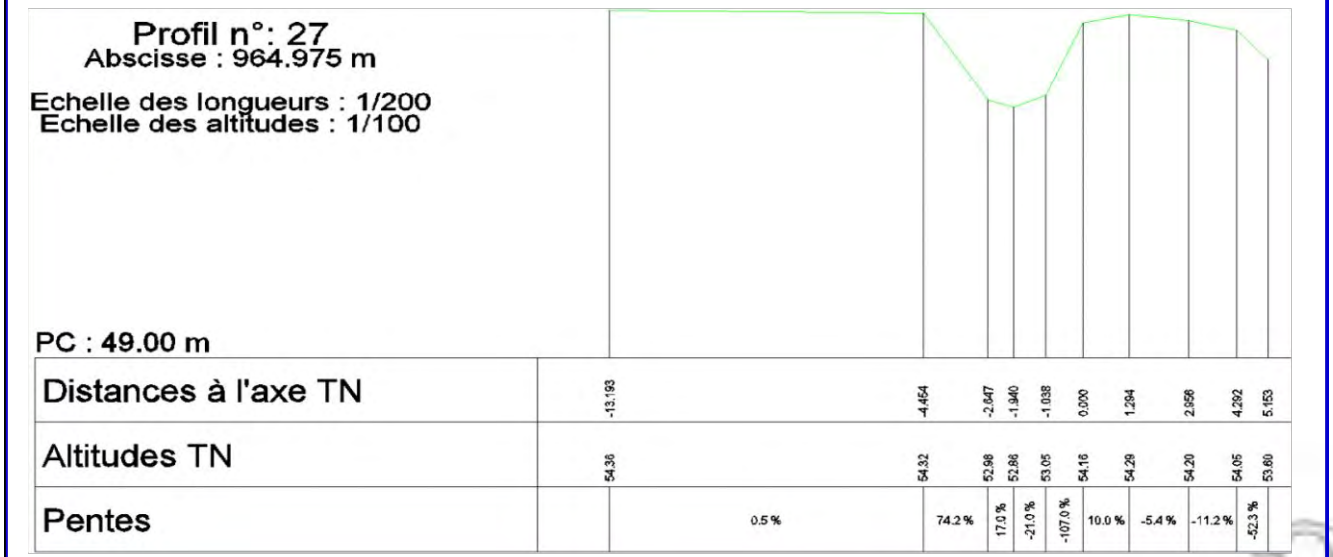
Dimensions de la digue:
 Hauteur:0.69m Largeur:3m
Matériaux: terre
Ouvrage franchissant:
Etat apparent de la digue:
 Abandonné
 Défectueux
 Moyen
 Bon état
 Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
 Déversement
 Ouverture de brèche
 Aucun




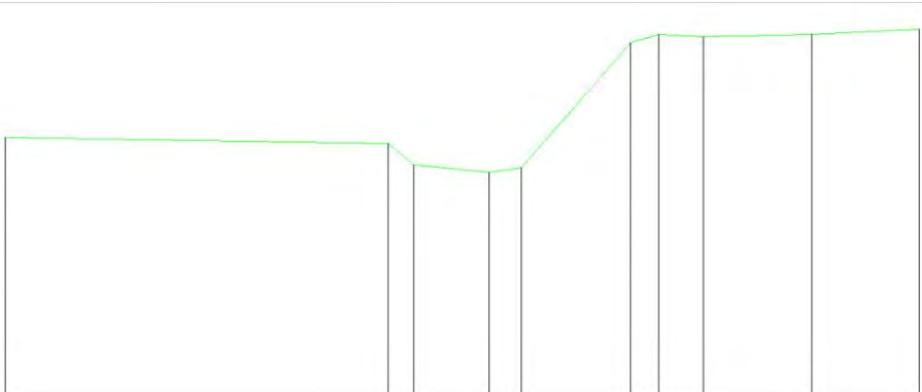






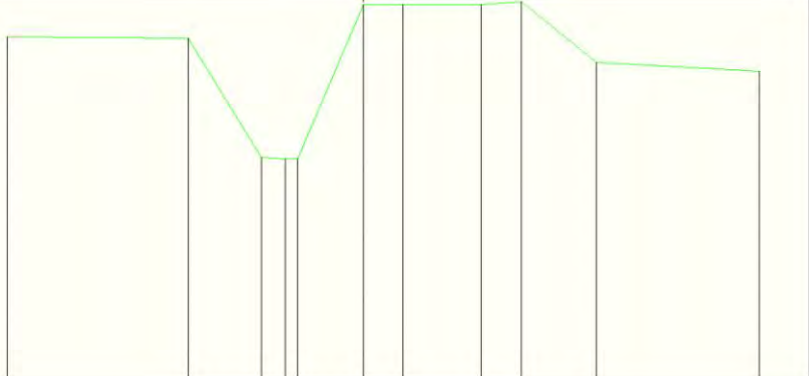
Observations :

Crête de digue:
Roubine: Raccordement avec un drainage secondaire. Présence de gros arbres sur la berge amont; Fin des ronciers.
Talus côté roubine:
Talus côté aval: Reprise des arbres en pied de digue.

Profils en travers



	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° FTN17									
	Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012		Ouvrage: Digue des FONTAINES						
POINTS GPS: 534-535	Latitude: 43°59'36.23"N		Longitude: 4°43'31.95"E							
Plan de situation										
	<p>Dimensions:</p> <p>Hauteur: Largeur:</p> <p>Matériaux: terre, cailloux</p> <p>Ouvrage franchissant:</p> <p>Etat apparent de la digue:</p> <p>Abandonné <input type="checkbox"/></p> <p>Défectueux <input type="checkbox"/></p> <p>Moyen <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Bon état <input type="checkbox"/></p> <p>Très bon état <input type="checkbox"/></p> <p>Précisions:</p> <p>Risque d'inondation par:</p> <p>Déversement <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Aucun <input type="checkbox"/></p>									
										
Observations :										
<p>Digue: largeur de crête réduite (P1); chemin en pied de digue (P1). Matériau du corps de digue apparent</p> <p>Roubine: Roubine moins enherbée et semble être plus large</p> <p>Talus côté roubine: Pente raide</p> <p>Talus côté val: Pente douce, tassement de la digue ramenant le chemin en pied de digue. Gros arbres pont</p>										
Profils en travers										
<p>Profil n°: 25 Abscisse : 855.946 m Echelle des longueurs : 1/100 Echelle des altitudes : 1/100</p> 										
PC : 49.00 m										
Distances à l'axe TN	-10.214	-3.365	-3.042	-2.311	-1.786	0.000	0.464	1.188	2.896	4.718
Altitudes TN	63.61	63.50	63.12	62.38	63.05	65.23	65.45	66.40	66.45	66.54
Pentes		1.8 %	89.2 %	11.4 %	-16.2 %	-124.8 %	34.2 %	-7.0 %	2.8 %	5.1 %

 SOCOTEC	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° FTN18										
	Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012		Ouvrage: Digue des FONTAINES							
POINTS GPS: 536	Latitude: 43°59'34.34"N		Longitude: 4°43'28.92"E								
Plan de situation											
Dimensions: Hauteur: Largeur: 4.35m Matériaux: terre Ouvrage franchissant: Etat apparent de la digue: Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/> Précisions: Risque d'inondation par: Déversement <input checked="" type="checkbox"/> Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/>											
Observations :											
Crête de digue: Végétation très dense sur la digue (P1).											
Roubine: Fortement végétalisée; accessibilité difficile.											
Talus côté roubine: Poteaux électriques tombés en pied de digue											
Talus côté val:											
Profils en travers											
Profil n°: 24 Abscisse : 814.370 m Echelle des longueurs : 1/200 Echelle des altitudes : 1/100											
											
PC : 50.00 m											
Distances à l'axe TN	-3.751	-4.813	-2.805	-2.137	-1.813	0.000	1.080	3.259	4.358	6.410	10.882
Altitudes TN	55.18	55.16	53.36	53.33	53.34	55.87	55.86	55.87	55.71	54.78	54.86
Pentes	0.6 %	89.1 %	4.5 %	-3.1 %	-128.5 %	-0.9 %	0.5 %	3.6 %	-44.8 %	-2.9 %	



SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° FTN19



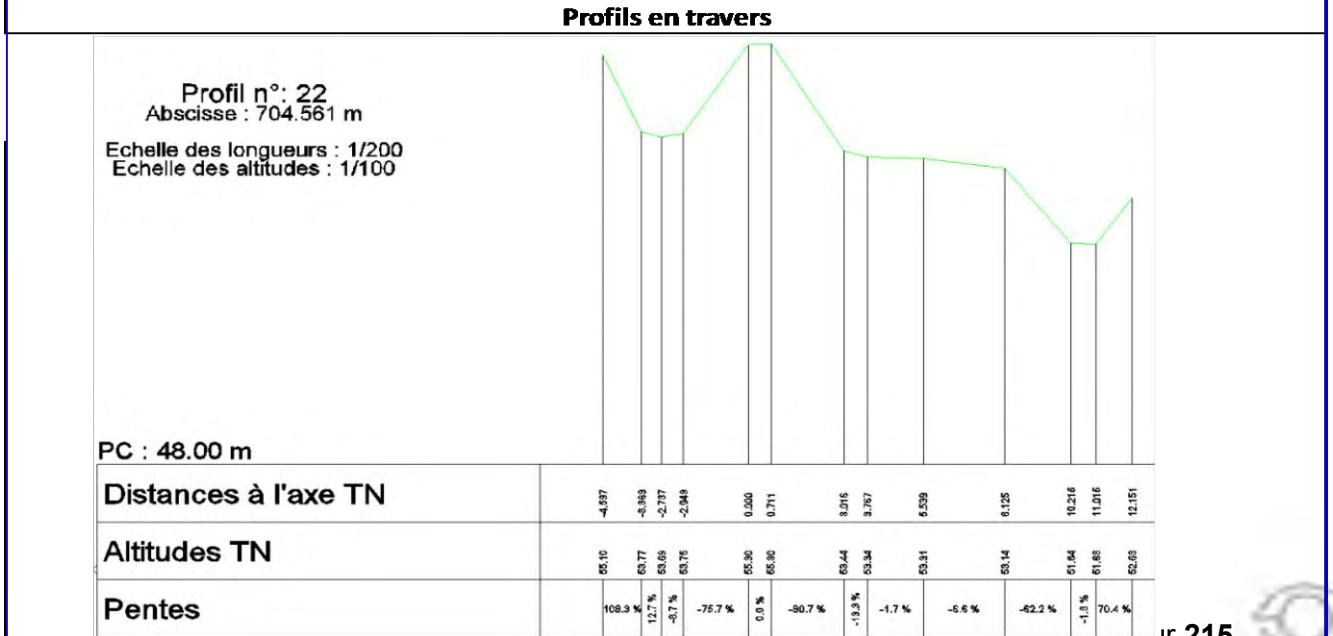
Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue des FONTAINES**
POINTS GPS: 536-537 **Latitude: 43°59'34.34"N** **Longitude: 4°43'28.92"E**



Dimensions de la digue:
 Hauteur: 1.86m; Largeur en crête: 0.71m
Matériaux: terre
Ouvrage franchissant:
Etat apparent de la digue:
 Abandonné
 Défectueux
 Moyen
 Bon état
 Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
 Déversement
 Ouverture de brèche
 Aucun



Observations :
Digue: Digue fortement recouverte de débris de végétaux. Niveau de crête irrégulier (P1).
Roubine:
Talus côté roubine: Présence de ronciers.
Talus côté val: Détaché de la piste.





SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° FTN20



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue des FONTAINES**

POINTS GPS: 537 **Latitude: 43°59'34.34"N** **Longitude: 4°43'28.92"E**



Dimensions de la digue:
Hauteur: 2.10m Largeur: 0.69m

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant: accès maison

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun



Observations :

Digue: franchissement pour accès à une maison et zone de stockage de caravanes occasionnant une perte de hauteur de la digue. Une habitante de la localité dit avoir eu plus de 50cm d'eau côté val lors de la crue de 2002.

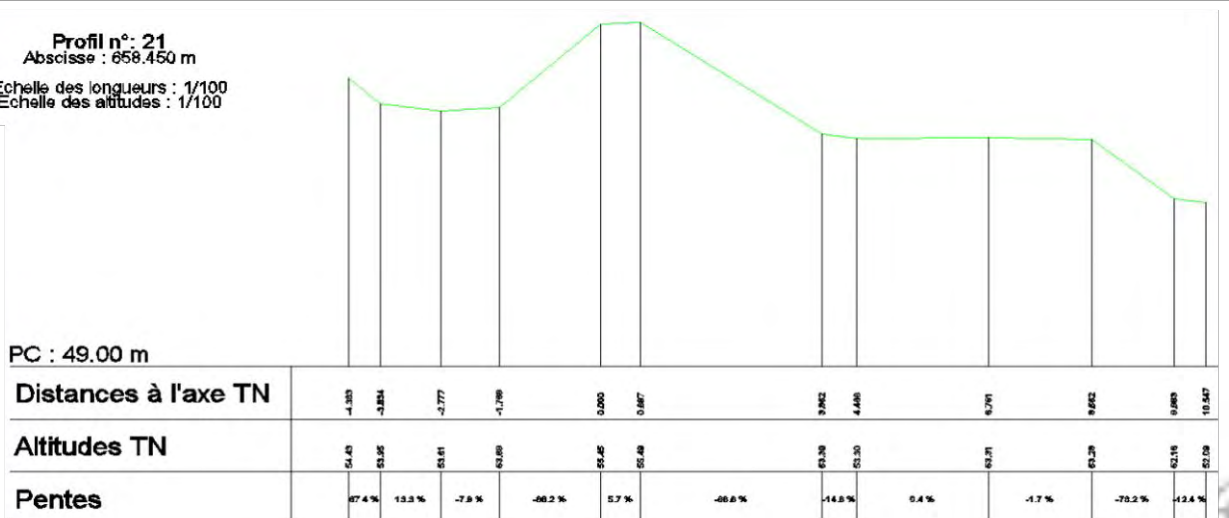
Roubine:

Talus côté roubine:

Talus côté val: Recouverte de débris de végétaux

Profils en travers

Profil n°: 21
Abscisse : 658.450 m
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100





SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° FTN21



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue des FONTAINES**

POINTS GPS: 540 **Latitude: 43°59'28.70"N** **Longitude: 4°43'19.40"E**



Dimensions:
Hauteur:1.01m; Largeur:1.45m
Matériaux: terre
Ouvrage franchissant:
Etat apparent de la digue:
Abandonné
Défectueux
Moyen
Bon état
Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
Déversement
Ouverture de brèche
Aucun



Observations :

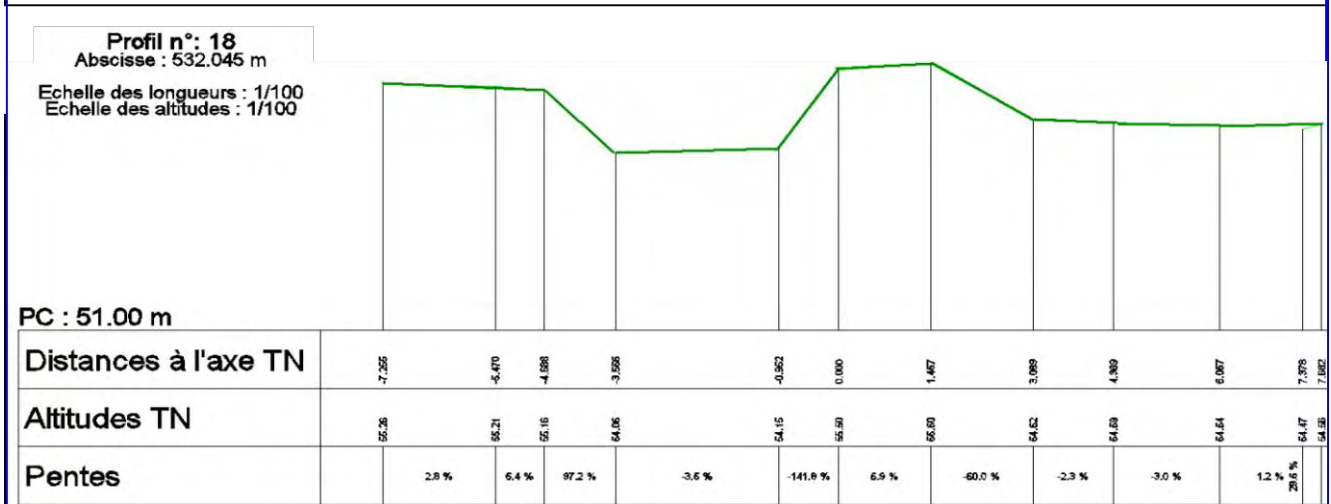
Digue: Végétation herbacée. Digue bien profilée.

Roubine:

Talus côté roubine:

Talus côté val: fossé type caniveaux en pied de digue; poteaux électriques réguliers et implantés sur la digue jusqu'à la fin (P1).

Profil en travers





SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° FTN22



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue des FONTAINES**

POINTS GPS: 548 **Latitude: 43°59'16.51"N** **Longitude: 4°43'9.21"E**

Plan de situation



Dimensions:
Hauteur:1.35m; Largeur:1.42m
Matériaux: terre
Ouvrage franchissant:
Etat apparent de la digue:
Abandonné
Défectueux
Moyen
Bon état
Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
Déversement
Ouverture de brèche
Aucun



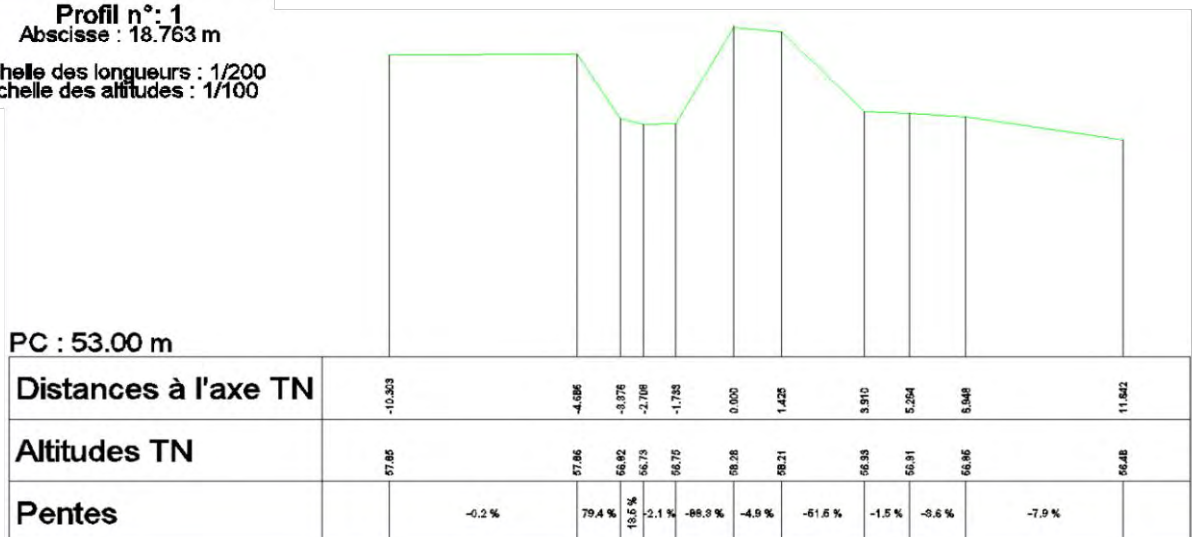
Observations :

Digue: Digue plus haute (P1) et bien profilée.

Roubine:

Profil en travers

Profil n°: 1
Abscisse : 18.763 m
Echelle des longueurs : 1/200
Echelle des altitudes : 1/100



J.2 J.1 Fiches d'inspection du Malaven



SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° MLV1



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue de MALAVEN**

POINTS GPS: 550 **Latitude: 44° 0'5.25"N** **Longitude: 4°44'13.85"E**



Dimensions:
Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant:

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun







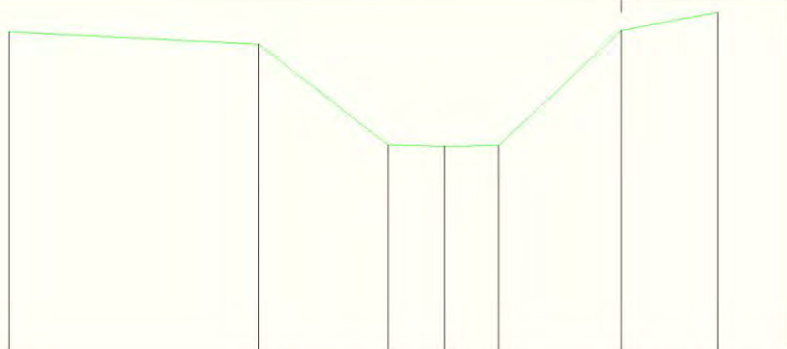
Observations :

Digue: Point de départ de la digue. Zone fortement végétalisée (P1).

Roubine: Passage, sous la route, bétonné avec une canalisation à deux orifices(P2) de dimensions (L = 1.5

Profil en travers



	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° MLV2						
Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN					
POINTS GPS: 551	Latitude: 44° 0'5.28"N	Longitude: 4°44'13.80"E					
Plan de situation							
Dimensions: Hauteur: Largeur: Matériaux: terre Ouvrage franchissant: Etat apparent de la digue: Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/> Précisions: Risque d'inondation par: Déversement <input checked="" type="checkbox"/> Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/>							
Observations :							
Digue: Beaucoup d'arbres sur le talus.							
Roubine: Raccordement avec drainage venu du côté amont. Roubine sèche.							
Profils en travers et Remarques générales							
Profil n°: 18 Abscisse : 517.917 m Echelle des longueurs : 1/100 Echelle des altitudes : 1/100							
PC : 50.00 m							
Distances à l'axe TN	-9.457	-5.800	-3.802	-2.757	-1.889	0.000	1.494
Altitudes TN	55.43	55.22	53.52	53.49	53.51	55.46	55.76
Pentes		5.4 %	65.1 %	3.5 %	-2.4 %	-102.7 %	20.1 %



SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° MLV3



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue de MALAVEN**

POINTS GPS: 553 **Latitude: 44° 0'4.89"N** **Longitude: 4°44'13.35"E**



Dimensions:
Hauteur: Largeur: 0.50m

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant:

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun

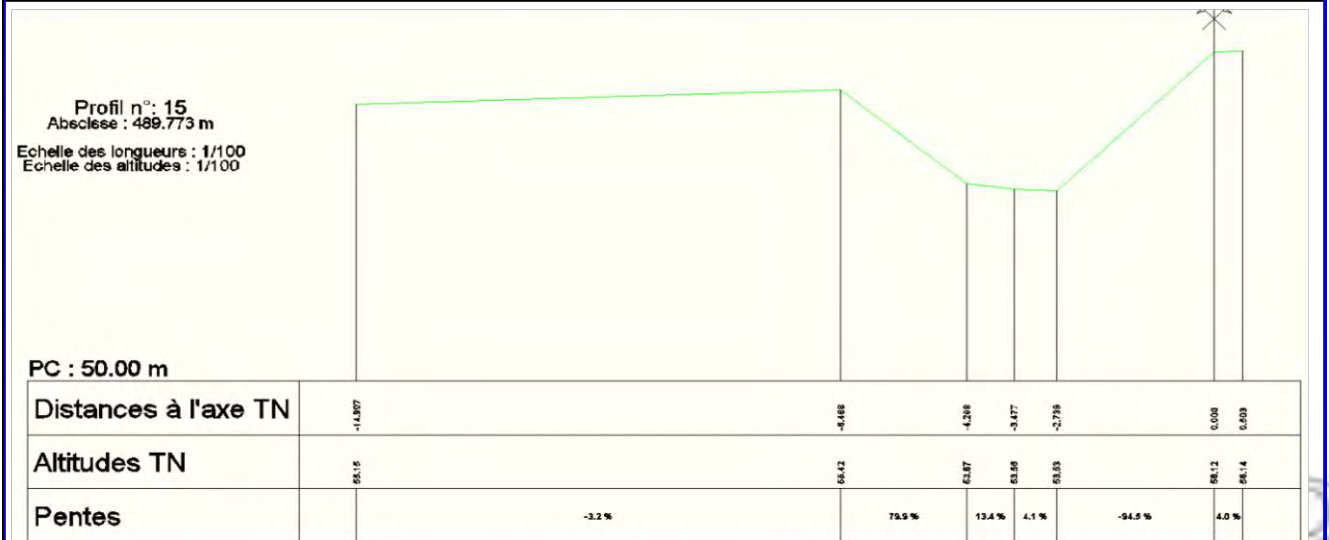


Observations :

Digue: Implantations d'arbres partout dans la digue (P1). Crête de digue moins large.

Roubine:

Profils en travers et Remarques générales





SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° MLV4



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue de MALAVEN**

POINTS GPS: 555 **Latitude: 44° 0'2.84"N** **Longitude: 4°44'10.30"E**



Dimensions:
 Hauteur: Largeur:
Matériaux: terre
Ouvrage franchissant: Voie SNCF
Etat apparent de la digue:
 Abandonné
 Défectueux
 Moyen
 Bon état
 Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
 Déversement
 Ouverture de brèche
 Aucun

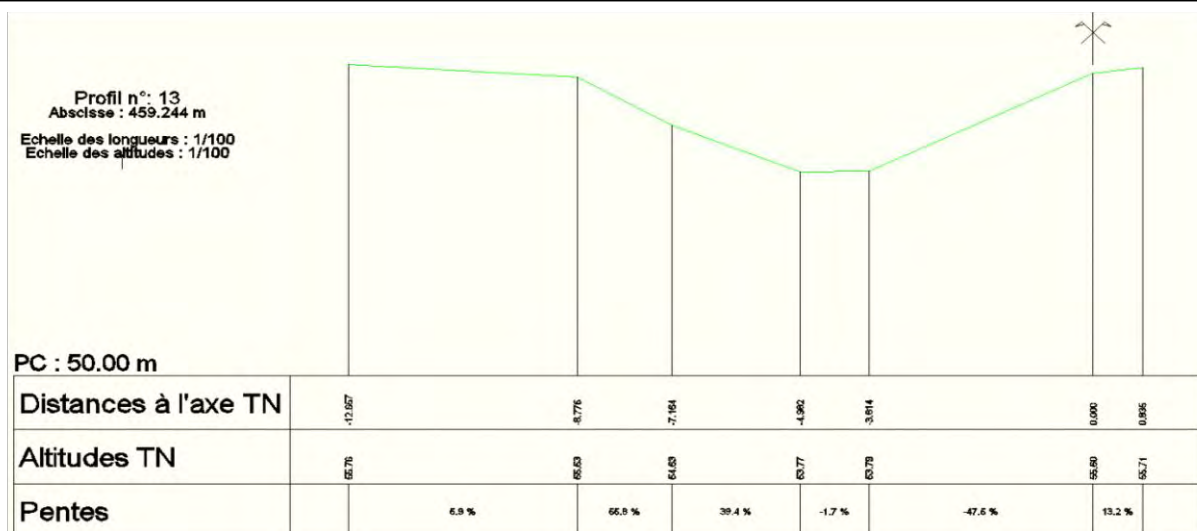


Observations :

Digue: Enrochement bétonné sous voie SNCF (P1) servant de protection latérale du remblais.

Roubine: Passage sous voie SNCF, ruisseau bétonné.

Profils en travers



 SOCOTEC	SMABV- GARD RHODANIEN <hr/> FICHE D'INSPECTION N° MLV5	 Syndicat Mixte pour l'Aménagement des Bassins Versants du Gard Rhodanien
---	---	--

Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN
POINTS GPS: 557	Latitude: 44° 0'2.18"N	Longitude: 4°44'6.81"E



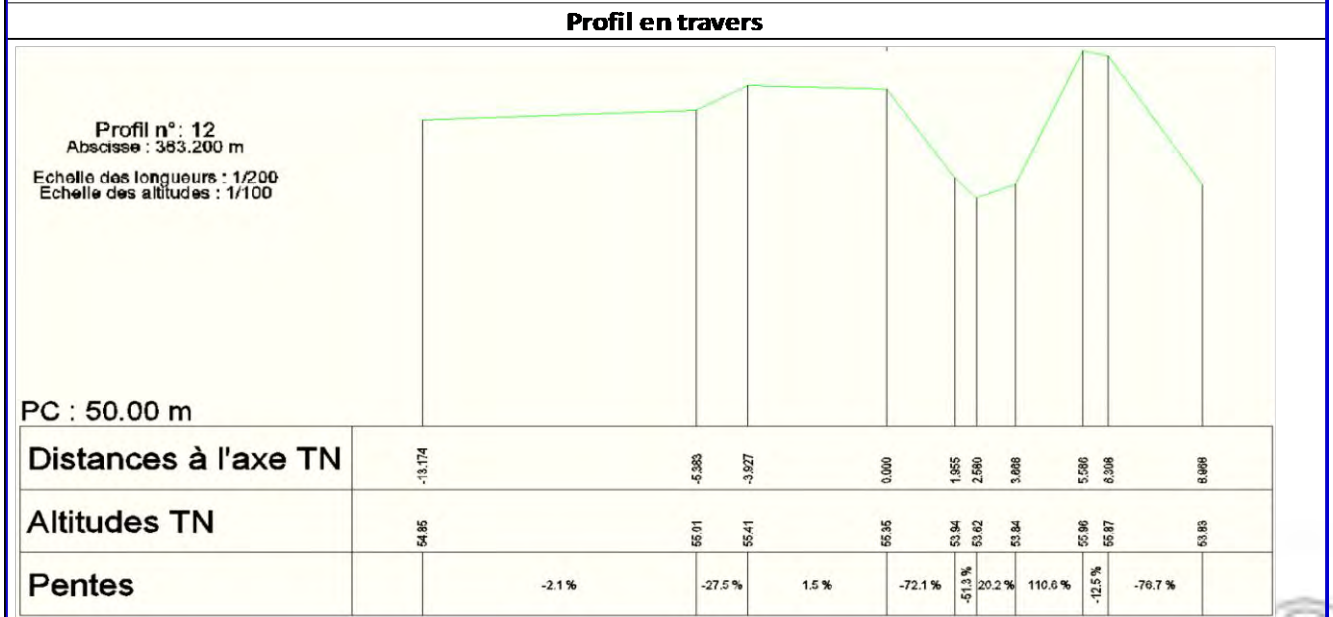
Dimensions:	
Hauteur:2.13m; Largeur:0.72m	
Matériaux: terre, graviers, géotextile	
Ouvrage franchissant:	
Etat apparent de la digue:	
Abandonné	<input type="checkbox"/>
Défectueux	<input checked="" type="checkbox"/>
Moyen	<input type="checkbox"/>
Bon état	<input type="checkbox"/>
Très bon état	<input type="checkbox"/>
Précisions:	
Risque d'inondation par:	
Déversement	<input checked="" type="checkbox"/>
Ouverture de brèche	<input checked="" type="checkbox"/>
Aucun	<input type="checkbox"/>



Observations :

Digue: Colmatage de brèche (sur 10m environ) avec gabions de galets et nappe géotextile au dessus (P1).

Roubine: Présence de fil d'eau, signe d'érosion en en pied de berges.





SMABV- GARD RHODANIEN
—
FICHE D'INSPECTION N° MLV6



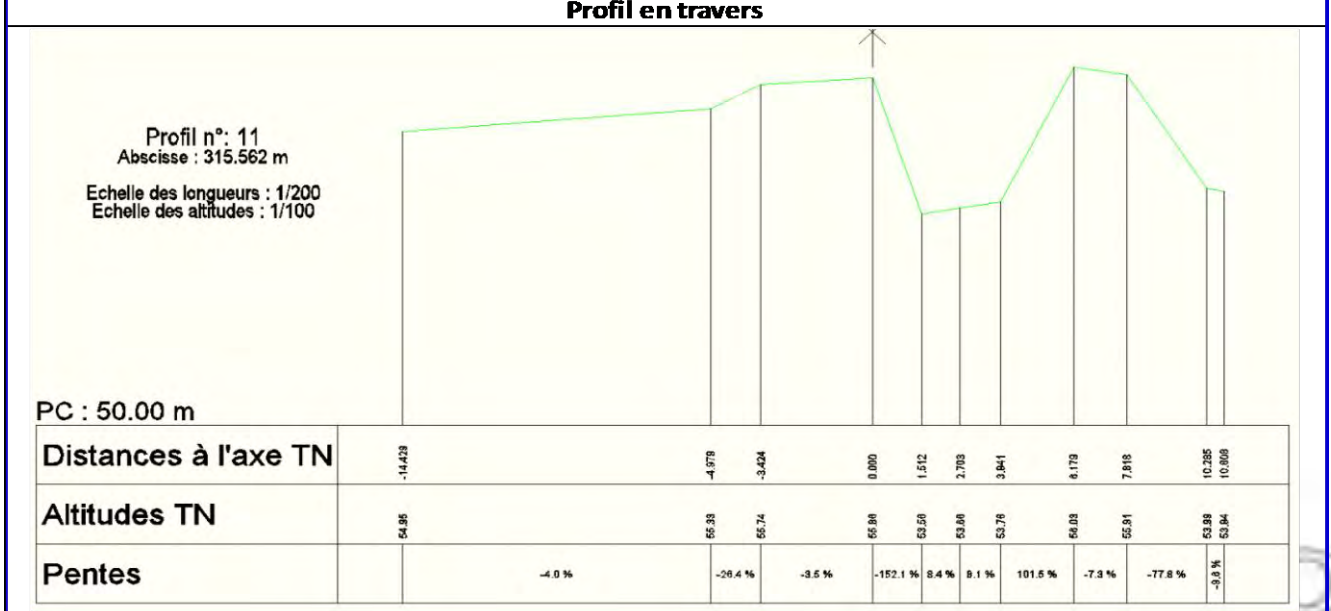
Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue de MALAVEN**
POINTS GPS: 558-559 **Latitude: 44° 0'1.91"N** **Longitude: 4°44'5.79"E**







Dimensions:
 Hauteur:1.97m Largeur:1.64m
Matériaux: terre argileuse, blocs
Ouvrage franchissant:
Etat apparent de la digue:
 Abandonné
 Défectueux
 Moyen
 Bon état
 Très bon état
Précisions:
Risque d'inondation par:
 Déversement
 Ouverture de brèche
 Aucun



Observations :
Digue: Digue fortement érodée côté roubine, chute de gros blocs (P1) sur un linéaire de 10m. Talus vertical sur les zones pas encore érodées.
Roubine: Présence d'eau.



	SMABV- GARD RHODANIEN — FICHE D'INSPECTION N° MLV7								
	Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012		Ouvrage: Digue de MALAVEN					
POINTS GPS: 560	Latitude: 44° 0'1.47"N	Longitude: 4°44'4.48"E							
Plan de situation									
Dimensions: Hauteur:0.97m Largeur:1.06m Matériaux: terre, blocs Ouvrage franchissant: Etat apparent de la digue: Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/> Précisions: Risque d'inondation par: Déversement <input type="checkbox"/> Ouverture de brèche <input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/>									
Observations :									
Digue: Présence de seuil artificiel avec blocs en pierres (P1). Crête plus basse.									
Roubine: Berges érodées, éboulement de terre (P2).									
Profil en travers									
Profil n°: 10 Abscisse : 260.697 m Echelle des longueurs : 1/200 Echelle des altitudes : 1/100									
PC : 50.00 m									
Distances à l'axe TN	-12.141	-1.126	-3.096	0.000	1.847	3.281	5.823	8.887	8.823
Altitudes TN	55.32	55.37	55.68	55.90	53.77	53.37	55.84	55.75	54.87
Pentes		-0.6 %	-34.5 %	-8.8 %	-115.3 %	-27.9 %	97.2 %	-8.5 %	-45.5 %



SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° MLV8



Commune : Pujaut **Date:** 17 juillet 2012 **Ouvrage:** Digue de MALAVEN
POINTS GPS: 562 **Latitude:** 44° 0'0.50"N **Longitude:** 4°44'0.00"E



Dimensions:
Hauteur: Largeur:

Matériaux: terre

Ouvrage franchissant: Passerelle

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun

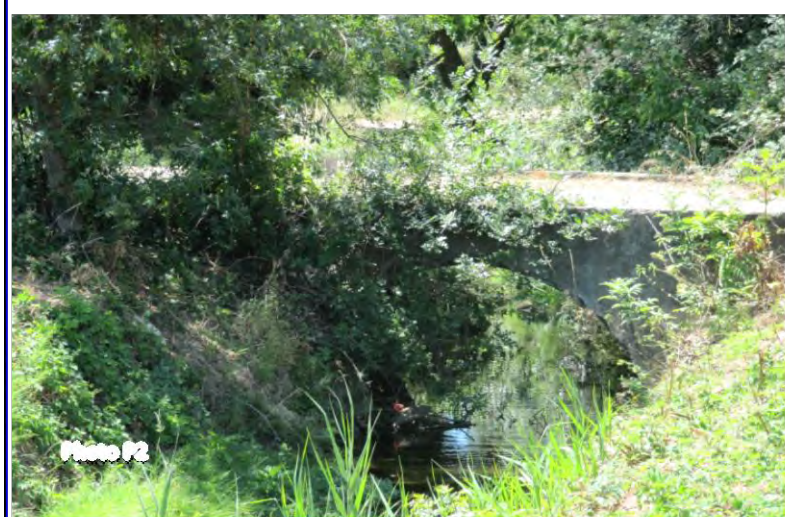


Observations :

Digue: Crête très basse et digue moins large (P1). Fin endiguement.

Roubine: Lit mineur enherbé, Passage sous ouvrage bétonné (P1) (ouverture 5m²). A moyen terme, il y a un risque de colmatage de l'orifice par les débris de végétation emportés par l'écoulement et par la végétation ponctuelle au niveau de l'ouvrage.

photo ouvrage



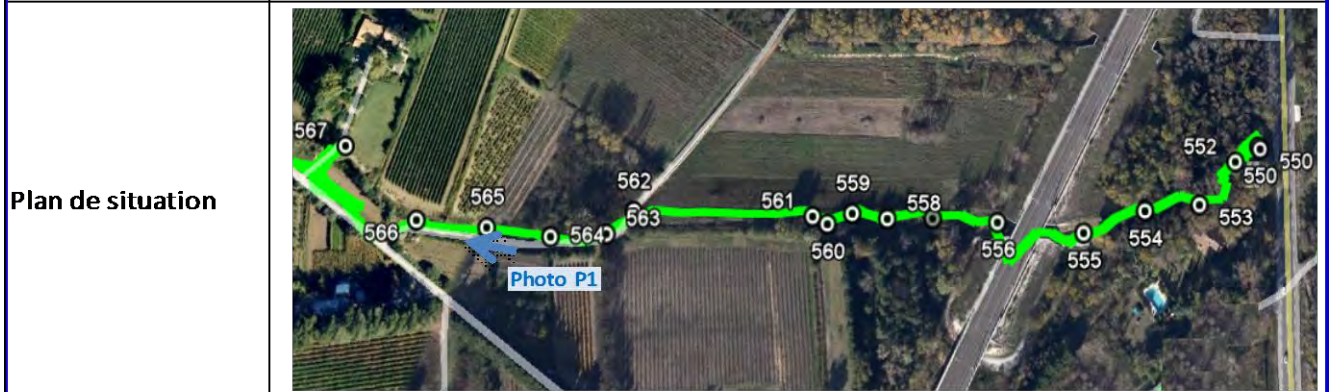


SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° MLV9



Commune : Pujaut **Date: 17 juillet 2012** **Ouvrage: Digue de MALAVEN**

POINTS GPS: 565 **Latitude: 43°59'59.37"N** **Longitude: 4°43'52.72"E**



Dimensions:
Hauteur: Largeur:

Matériaux:

Ouvrage franchissant: Passerelle

Etat apparent de la digue:

Abandonné

Défectueux

Moyen

Bon état

Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

Déversement

Ouverture de brèche

Aucun

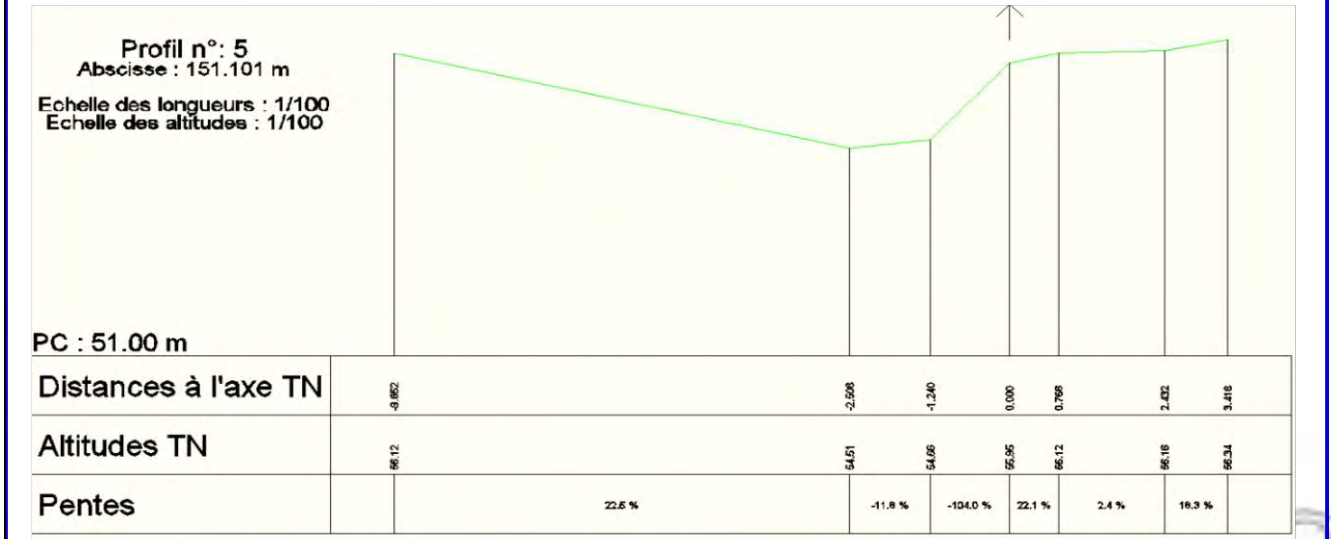


Observations :






Digue:







Roubine: Fortement enherbée (P1), lit mineur et berges invisibles (P1). Passage sous ouvrage bétonné.






Profils en travers et Remarques générales









	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° MLV10		
Commune : Pujaut		Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN
POINTS GPS: 565	Latitude: 43°59'59.75"N		Longitude: 4°43'52.72"E
Plan de situation			
<p>Dimensions:</p> <p>Hauteur: Largeur:</p> <p>Matériaux:</p> <p>Ouvrage franchissant: passerelle accès maison (L=2.5m; H=1.3m; S=3m²)</p> <p>Etat apparent de la digue:</p> <p>Abandonné <input type="checkbox"/></p> <p>Défectueux <input type="checkbox"/></p> <p>Moyen <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Bon état <input type="checkbox"/></p> <p>Très bon état <input type="checkbox"/></p> <p>Précisions:</p> <p>Risque d'inondation par:</p> <p>Déversement <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Ouverture de brèche <input type="checkbox"/></p> <p>Aucun <input type="checkbox"/></p>			
Observations :			
<p>Roubine: Franchissement bétonné rehaussé par le propriétaire de la maison (photo P1). Présence d'eau dans le lit mineur (P2); berges rehaussé avec une perré maçonné (P3). Feuilles sèches d'arbres dans la modification.</p>			
<p>Discussion avec le propriétaire: Zone très sensible à l'inondation +40cm d'eau en 2011 et +1m en 2002 dans la maison , route impraticable. Plus de 100m de large pour le lit majeur de l'écoulement des eaux. La cause principale étant la faiblesse de la section du canal et le bouchage des drainages.</p>			
photos			
			

	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° MLV11 (aval RD6580)	
Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN
POINTS GPS: 255-257	Latitude:	Longitude:
Plan de situation		
Dimensions:		
Hauteur: Largeur:		
Matériaux:		
Ouvrage franchissant: RD6580 (l=1.5 et 1.70m; H=1 et 1.2m; S=3.5m ²)		
Etat apparent de la digue:		
Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/>		
Précisions:		
Risque d'inondation par:		
Déversement <input checked="" type="checkbox"/>		
Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/>		
Aucun <input type="checkbox"/>		
Observations :		
Roubine: Franchissement sous la RD6580, buses colmatées à moitié par le dépôt séimentaire (photo 1); confluence Malaven Gennestières (photo 3); section de roubine plus importante.		
Digue: Digue en terre totalement envahie par la végétation arbustive (arbres de diamètres +10cm), pente raide		
photos		
		

	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° MLV12 (aval RD6580)		
Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN	
POINTS GPS: 258	Latitude:	Longitude:	
Plan de situation			
Dimensions:			
Hauteur: Largeur:			
Matériaux:			
Ouvrage franchissant:			
Etat apparent de la digue:			
Abandonné <input type="checkbox"/>			
Défectueux <input type="checkbox"/>			
Moyen <input checked="" type="checkbox"/>			
Bon état <input type="checkbox"/>			
Très bon état <input type="checkbox"/>			
Précisions:			
Risque d'inondation par:			
Déversement <input type="checkbox"/>			
Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/>			
Aucun <input type="checkbox"/>			
Observations :			
Roubine: Dépôt sédimentaire en fond du lit; section de roubine importante (Photo P3);			
Digue: Présence d'un exutoire (hors service) avec masque en béton dans le talus amont; Digue en terre totalement envahie par la végétation arbustive (arbres de diamètres +10cm), pente raide			
photos			
			

	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° MLV13 (aval RD6580)		
Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN	
POINTS GPS: 259	Latitude:		Longitude:
Plan de situation			
Dimensions:			
Hauteur: Largeur:			
Matériaux:			
Ouvrage franchissant:			
Etat apparent de la digue:			
Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/>			
Précisions:			
Risque d'inondation par:			
Déversement <input checked="" type="checkbox"/>			
Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/>			
Aucun <input type="checkbox"/>			
Observations :			
Roubine: Dépôt sédimentaire en fond du lit;			
Digue: Présence d'un exutoire (hors service) avec masque en béton dans le talus amont (photo 1); Digue en terre totalement envahie par la végétation arbustive (arbres de diamètres +20cm) (photos 1, 2 et 3); pente raide			
photos			
			

	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° MLV14 (aval RD6580)		
Commune : Pujaut		Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN
POINTS GPS: 260	Latitude:		Longitude:
Plan de situation			
Dimensions:			
Hauteur: Largeur:			
Matériaux:			
Ouvrage franchissant:			
Etat apparent de la digue:			
Abandonné <input type="checkbox"/>			
Défectueux <input type="checkbox"/>			
Moyen <input checked="" type="checkbox"/>			
Bon état <input type="checkbox"/>			
Très bon état <input type="checkbox"/>			
Précisions:			
Risque d'inondation par:			
Déversement <input type="checkbox"/>			
Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/>			
Aucun <input type="checkbox"/>			
Observations :			
Roubine: Dépôt sédimentaire en fond du lit; (Photo P1); érosion de la berge rive gauche (photo 2).			
Digue: Présence d'un exutoire avec masque en béton dans le talus amont; Digue en terre totalement envahie par la végétation arbustive (arbres de diamètres +10cm) (photos 2 et 3); pente raide;			
photos			
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="213 1688 759 2069">  </div> <div data-bbox="766 1688 1331 2069">  </div> </div>			



SMABV- GARD RHODANIEN
FICHE D'INSPECTION N° MLV15 (aval RD6580)



Commune : Pujaut

Date: 17 juillet 2012

Ouvrage: Digue de MALAVEN

POINTS GPS: 261

Latitude:

Longitude:

Plan de situation



Dimensions:

Hauteur: Largeur:

Matériaux:

Ouvrage franchissant:

Etat apparent de la digue:

- Abandonné
- Défectueux
- Moyen
- Bon état
- Très bon état

Précisions:

Risque d'inondation par:

- Déversement
- Ouverture de brèche
- Aucun








Observations :





Roubine: Franchissement passerelle en bois;

Digue: Digue en terre totalement envahie par la végétation arbustive (arbres de diamètres +20cm) (photos 2, 3); pente raide; Présence d'un fossé en pied de digue côté aval (opposé à la roubine) (photo 3);

photos



	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° MLV16 (aval RD6580)		
Commune : Pujaut		Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN
POINTS GPS: 262	Latitude:		Longitude:
Plan de situation			
Dimensions: Hauteur: Largeur: Matériaux: Ouvrage franchissant: Etat apparent de la digue: Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/> Précisions: Risque d'inondation par: Déversement <input checked="" type="checkbox"/> Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/>			
Observations :			
Roubine: ;			
Digue: Brèche de 15m colmatée dans la digue avec des sacs de gabions			
photos			
			

	SMABV- GARD RHODANIEN FICHE D'INSPECTION N° MLV17 (aval RD6580)	
Commune : Pujaut	Date: 17 juillet 2012	Ouvrage: Digue de MALAVEN
POINTS GPS: 263	Latitude:	Longitude:
Plan de situation		
Dimensions: Hauteur: Largeur: Matériaux: Ouvrage franchissant: OML1 (L=2m; h=3m) Etat apparent de la digue: Abandonné <input type="checkbox"/> Défectueux <input type="checkbox"/> Moyen <input checked="" type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Très bon état <input type="checkbox"/> Précisions: Risque d'inondation par: Déversement <input type="checkbox"/> Ouverture de brèche <input checked="" type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/>		
Observations :		
Roubine: Traces d'érosion ; Passage sous ouvrage béton (photo 1);		
Digue: Digue envahie par la végétation arbustives et dense (photo 2 et 3)		
photos		
