



CANNES
PAYS DE
LÉRINS

Etude des travaux d'aménagement de la
Théoulière

Phase 2
Modélisation du fonctionnement actuel

016-53358 | mars 2023 | v1





3 Chemin des Gorges de
Cabriès
13127 Vitrolles
Email : hydra@hydra.setec.fr
T : 04 86 15 61 76
F :

Directeur d'affaire : MRA
Responsable d'affaire : NMT
N°affaire : 53358
Fichier : 53358_Etude
Theouliere_Rapport_Phase2_v1.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	Mars 2023	AMA	LSU / MRA	77	1 ^{ère} émission

TABLE DES MATIERES

1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE	10
1.1 Contexte	10
1.2 Objectif de l'étude	11
2. RAPPEL DES HYPOTHESES RETENUES	13
2.1 Hydrologie.....	13
2.1.1 Découpages en bassins versants du PPRI	13
2.1.2 Hydrogrammes de projet du PAPI.....	14
2.1.3 Synthèses des débits de pointe.....	15
2.2 Coefficients de ruissellement.....	15
2.3 Focus sur le secteur 2	18
3. ETAT INITIAL PPRI (EI1)	20
3.1 Présentation du modèle hydraulique	20
3.1.1 Logiciel de modélisation hydraulique.....	20
3.1.2 Modèle du PPRI.....	20
3.1.3 Modèle de l'état initial 1 : configuration en place lors de l'établissement du PPRI	21
3.2 Calage du modèle sur l'aléa de référence du PPRI	24
3.3 Fonctionnement hydraulique en l'état actuel.....	30
4. ETAT INITIAL AVEC LE BASSIN DU SMIAGE SECTEUR 1 (EI2).....	38
4.1 Modélisation du bassin	38
4.2 Fonctionnement hydraulique du bassin.....	39
4.2.1 Comparaison des volumes de crue	40
4.2.2 Résultats de la modélisation hydraulique	40
4.3 Impact hydraulique du bassin.....	52
4.4 Conclusion	55
5. ETAT INITIAL AVEC LES AMENAGEMENTS PREVUS PAR LE SMIAGE SUR LES SECTEURS 1 ET 2 (EI3)	56
5.1 Modélisation du recalibrage de la Théoulière.....	56
5.1.1 La Théoulière en aval du bassin du SMIAGE	57
5.1.2 Affluent amont.....	57
5.1.3 Théoulière centre.....	59
5.1.4 Partie busée.....	59
5.1.5 Récapitulatif des aménagements	60
5.2 Calage	62
5.3 Fonctionnement hydraulique du recalibrage	63
5.4 Impact hydraulique du recalibrage	71
5.5 Conclusion	73

6.	SYNTHESE.....	74
7.	CONCLUSION ET ORIENTATIONS POUR LA SUITE.....	76
7.1	Conclusion	76
7.2	Orientations pour la suite.....	76

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1-1 : Zone inondables pour la crue centennale avec les aménagements du PAPI [Source :PAPI – Suez – 2019]	10
Figure 2-1 : Découpage en bassins versants du PPRI [source : PPRI de la Basse Vallée de la Siagne – SUEZ]	13
Figure 2-2 : Hydrogrammes de projet du PPRI pour le bassin versant amont de la Théoulière	14
Figure 2-3 : Hydrogrammes de projet du PPRI pour le bassin versant aval de la Théoulière	14
Figure 2-4 : Synthèse de la répartition des débits de la Théoulière retenus pour la suite de l'étude	15
Figure 2-5 : Carte géologique 1/50000 [Source : BRGM]	16
Figure 2-6 : Découpage en sous bassins versants de la Théoulière	16
Figure 2-7 : Carte d'occupation des sols du bassin versant de la Théoulière	17
Figure 2-8 : Carte des coefficients de ruissellement	18
Figure 2-9 : Carte des tronçons homogènes du recalibrage du secteur 2	19
Figure 3-1 : Emprise du modèle de la Théoulière du PPRI	21
Figure 3-2 : Comparaison des géométries au niveau de l'affluent aval de la Théoulière. A gauche : modèle PPRI par SUEZ. A droite : modèle EI1.	22
Figure 3-3 : Emprise du modèle actuel de la Théoulière	23
Figure 3-4 : Comparaison des profils en long de la Théoulière entre les modèles (En bleu clair : modèle Hydratec. En bleu foncé : modèle SUEZ)	25
Figure 3-5 Comparaison des profils en long de la Théoulière entre les modèles. Focus sur la confluence entre la Théoulière et l'affluent aval (En bleu clair : modèle Hydratec. En bleu foncé : modèle SUEZ)	26
Figure 3-6 : Hauteurs d'eau pour Q100 dans le modèle PPRI (SUEZ) - modèle de référence	27
Figure 3-7 : Hauteurs d'eau pour Q100 dans le modèle de l'étude actuelle (hydratec)	28
Figure 3-8 : Carte de résultat de calage du modèle hydraulique	29
Figure 3-9 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue décennale	30
Figure 3-10 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue trentennale – focus sur le secteur 2	31
Figure 3-11 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue trentennale	32
Figure 3-12 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue cinquantennale	33
Figure 3-13 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue centennale	34
Figure 3-14 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue d'octobre 2015	35
Figure 3-15 : Profil en long de la Théoulière en l'état initial 1 : configuration PPRI	36
Figure 3-16 : Graphe des capacités de la Théoulière pour les crues de projet, adapté du PPRI	37
Figure 4-1 : Vue en plan du bassin du SMIAGE [Source : plan de Récolement – GUINTOLI 2023]	38
Figure 4-2 : Coupe en 1D du bassin de rétention du SMIAGE sur le Secteur 1	39
Figure 4-3 : Profil en travers de l'ouvrage de rétention du bassin du SMIAGE.	39
Figure 4-4 : Hydrogramme de crue des différentes crues de projet	40
Figure 4-5 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue décennale	42

Figure 4-6 : Carte des emprises inondées pour la crue décennale à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)	42
Figure 4-7 : Graphe des capacités de la Théoulière pour la crue décennale pour l'état initial 1 et l'état initial 2	43
Figure 4-8 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue trentennale	43
Figure 4-9 : Carte des emprises inondées pour la crue trentennale à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)	44
Figure 4-10 : Graphe des capacités de la Théoulière pour la crue trentennale pour l'état initial 1 et l'état initial 2	44
Figure 4-11 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue cinquennale	45
Figure 4-12 : Carte des emprises inondées pour la crue cinquennale à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)	46
Figure 4-13 : Graphe des capacités de la Théoulière pour la crue cinquennale pour l'état initial 1 et l'état initial 2	46
Figure 4-14 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue centennale	47
Figure 4-15 : Carte des emprises inondées pour la crue centennale à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)	48
Figure 4-16 : Carte des emprises inondées sur tout le secteur d'étude - crue centennale EI2	48
Figure 4-17 : Graphe des capacités de la Théoulière pour la crue centennale pour l'état initial 1 et l'état initial 2	49
Figure 4-18 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue d'octobre 2015	49
Figure 4-19 : Carte des emprises inondées pour la crue d'octobre 2015 à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)	50
Figure 4-20 : Profil en long de la Théoulière pour les différentes crues dans l'état initial 2 (avec le bassin du SMIAGE en secteur 1)	51
Figure 4-21 : Carte d'impact de la construction du bassin du SMIAGE sur les hauteurs d'eau pour la crue décennale	53
Figure 4-22 : Carte d'impact de la construction du bassin du SMIAGE sur les hauteurs d'eau pour la crue centennale	53
Figure 4-23 : Profil en long comparatif entre l'état initial 1 (PPRI) et l'état initial 2 (bassin SMIAGE)	54
Figure 5-1 : Sectorisation en tronçons du recalibrage de la Théoulière (secteur 2)	56
Figure 5-2 : Coupe type de la Théoulière recalibrée en aval immédiat du bassin du SMIAGE [APS Secteur 2 -SMIAGE 2023]	57
Figure 5-3 : Coupe de la Théoulière implémentée dans le modèle	57
Figure 5-4 : Dalot de passage sous voies. A gauche : image de concept issue de l'APS. A droite : modélisation hydraulique pour l'état initial 3	58
Figure 5-5 : Coupe type de l'affluent amont recalibré [APS Secteur 2 -SMIAGE 2023]	58
Figure 5-6 : Modification de la section hydraulique du modèle. En rose : EI PPRI. En bleu : Section recalibrée (EI3)	58
Figure 5-7 : Coupe type de la Théoulière recalibrée en aval de la confluence avec l'affluent amont [APS Secteur 2 -SMIAGE 2023]	59

Figure 5-8 : Coupe type de la modélisation de la Théoulière centre sur le modèle hydraulique (EI3)	59
Figure 5-9 : Coupe type de la Théoulière débusée [APS Secteur 2 -SMIAGE 2023]	60
Figure 5-10 : Implémentation du U béton dans le modèle hydraulique	60
Figure 5-11 : Implémentation du recalibrage de la Théoulière dans le modèle hydraulique	61
Figure 5-12 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue décennale	63
Figure 5-13 : Graphe des capacités pour l'état initial 3	64
Figure 5-14 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue trentennale	65
Figure 5-15 : Graphe des impacts des aménagements des secteurs 1 et 2 sur la capacité hydraulique de la Théoulière – crue trentennale	65
Figure 5-16 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue cinquantennale	66
Figure 5-17 : Graphe des impacts des aménagements des secteurs 1 et 2 sur la capacité hydraulique de la Théoulière - crue cinquantennale	67
Figure 5-18 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue centennale	67
Figure 5-19 : Graphe des impacts des aménagements des secteurs 1 et 2 sur la capacité hydraulique de la Théoulière - crue centennale	68
Figure 5-20 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue d'octobre 2015	69
Figure 5-21 : Profil en long de la Théoulière pour les crues de projet à l'état initial 3 (bassin du SMIAGE + recalibrage de la Théoulière)	70
Figure 5-22 : Carte d'impact de l'état initial 3 par rapport au PPRI (EI1) sur les hauteurs d'eau pour la crue centennale	72
Figure 5-23 : Carte d'impact de l'état initial 3 par rapport à l'état initial 2 sur les hauteurs d'eau pour la crue centennale	72
Figure 6-1 : Comparaison entre les profils en long pour les différents états initiaux pour la crue centennale	75

1. CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

1.1 CONTEXTE

L'étude s'inscrit dans l'action 7-2 du Plan d'Action de Prévention des Inondations Complet (PAPI Complet) de la CACPL : études des travaux d'aménagement de la Théoulière sur la commune de Mandelieu – la – Napoule.

Le principe des travaux d'aménagement est d'augmenter la capacité hydraulique des tronçons limitants de la Théoulière, afin de réduire les débordements dans les zones à enjeux, fortement inondées lors des crues récentes (automne 2015 et 2019).

Les études préalables réalisées en 2018 dans le cadre du PAPI de la CACPL ainsi que les études du SMIAGE ont permis de dresser l'état des lieux hydraulique et de définir des secteurs où des solutions sont envisageables pour réduire le risque inondation causé par les débordements du vallon de la Théoulière.

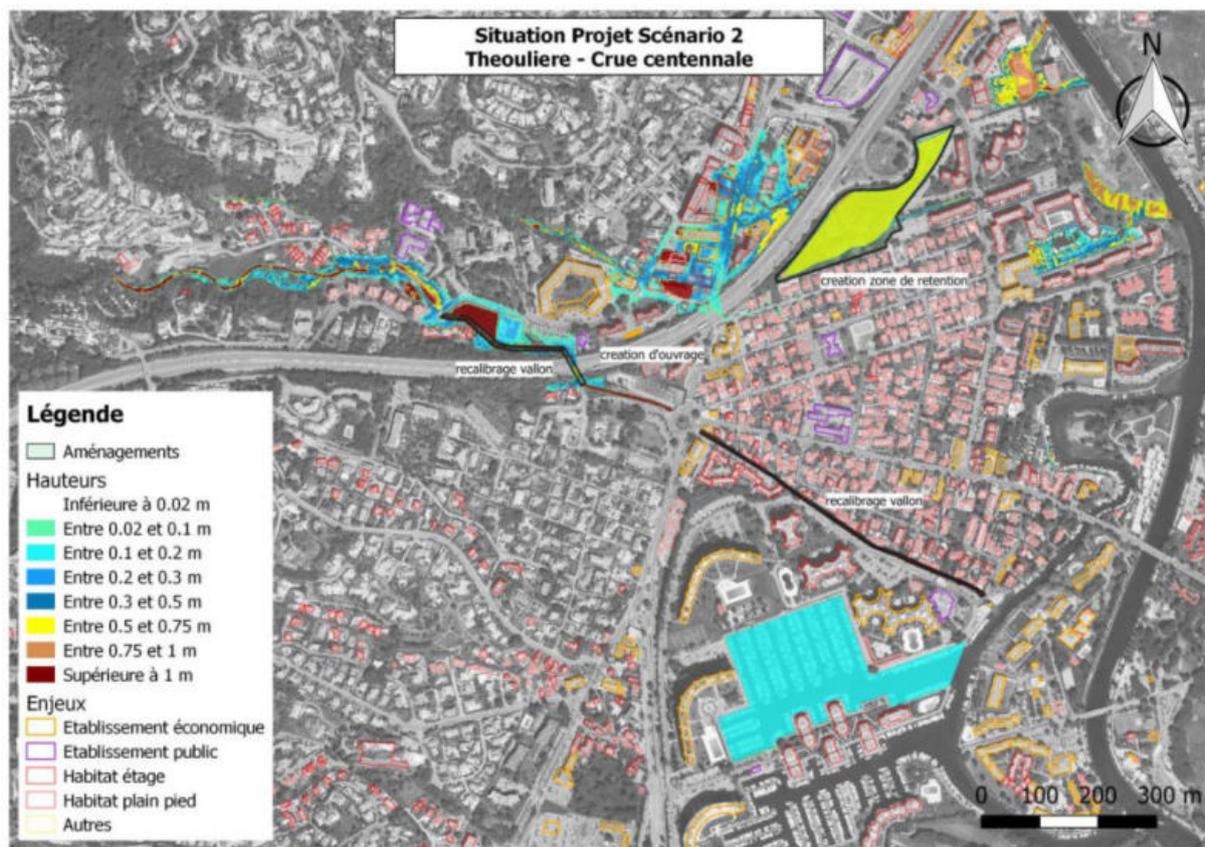


Figure 1-1 : Zone inondables pour la crue centennale avec les aménagements du PAPI [Source : PAPI – Suez – 2019]

Aux aménagements prévus par le PAPI, s'ajoutent des aménagements réalisés et projetés par le SMIAGE :

- Un bassin de rétention permettant d'écarter la crue centennale en amont de la zone d'étude réalisé en 2022
- Un recalibrage de la Théoulière en amont de la traversée de l'A8, en cours d'étude.

Ainsi, le secteur d'étude est découpé en 4 secteurs : les secteurs 1 et 2, situés en amont de l'A8, concernés respectivement par les aménagements réalisés et projetés par le SMIAGE ; les secteurs 3 et 4, situés en aval de l'A8, concernés par les aménagements proposés dans le PAPI.

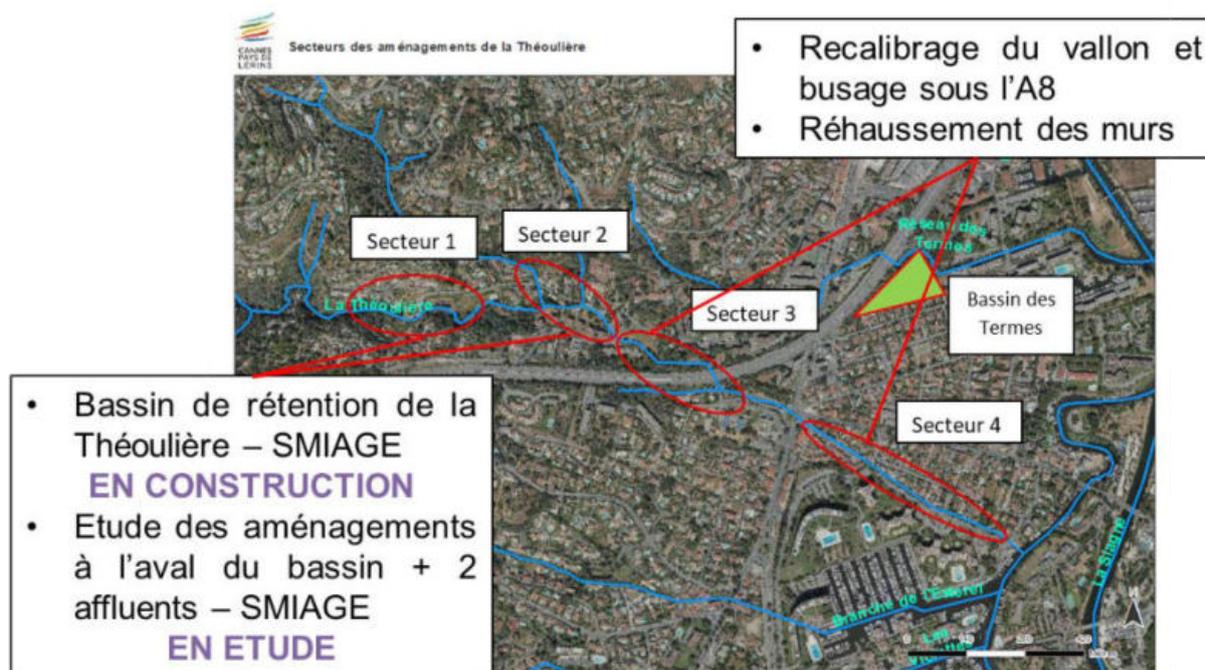


Figure 1 : Carte des secteurs d'aménagement du vallon de la Théoulière

1.2 OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de cette mission est de réaliser les études hydrauliques afin de définir les aménagements les plus appropriés permettant de réduire les débordements causés par la Théoulière, conformément au cahier des charges de la CACPL :

- En tenant compte des aménagements réalisés par le SMIAGE (bassin du secteur 1)
- En tenant compte des aménagements réalisés et projetés par le SMIAGE (bassin du secteur 1 et recalibrage du secteur 2)
- En adaptant les aménagements proposés dans le PAPI.

Ce rapport est le rapport de la phase 2 modélisation du fonctionnement actuel et présente :

- Un bilan des hypothèses hydrologiques et de caractérisation des sols établies en phase 1
- La modélisation hydraulique des trois états initiaux considérés dans l'étude :
 - E11 : Configuration du PPRI
 - E12 : Configuration actuelle : avec le bassin du SMIAGE en secteur 1 construit en novembre 2022.
 - E13 : Intégrant le bassin du SMIAGE sur le secteur 1 et le projet de recalibrage de la Théoulière sur le secteur 2 par le SMIAGE
- Une synthèse et une conclusion sur l'impact hydraulique des aménagements du SMIAGE

L'état projet prenant en compte les aménagements du PAPI sera traité dans la phase 3.

2. RAPPEL DES HYPOTHESES RETENUES

2.1 HYDROLOGIE

Le rapport de phase 1 a statué sur l'utilisation de l'hydrologie du PPRI comme hydrologie de référence pour la suite de l'étude.

2.1.1 Découpages en bassins versants du PPRI

Le PPRI découpe les bassins versants de la Théoulière et du Vallon des Termes en deux sous bassins versants présentés dans la carte ci-dessous :

- Le BV 1.7.5 Théoulière Amont comprend les apports de :
 - La Théoulière amont (70% des apports totaux)
 - L'affluent amont de la Théoulière (21% des apports totaux)
 - L'affluent aval de la Théoulière (9% des apports totaux)
- Le BV 1.7.6 Théoulière Aval comprend les apports :
 - Du Vallon des Termes (51% des apports totaux)
 - De la Théoulière en aval de l'A8 (49% des apports totaux)

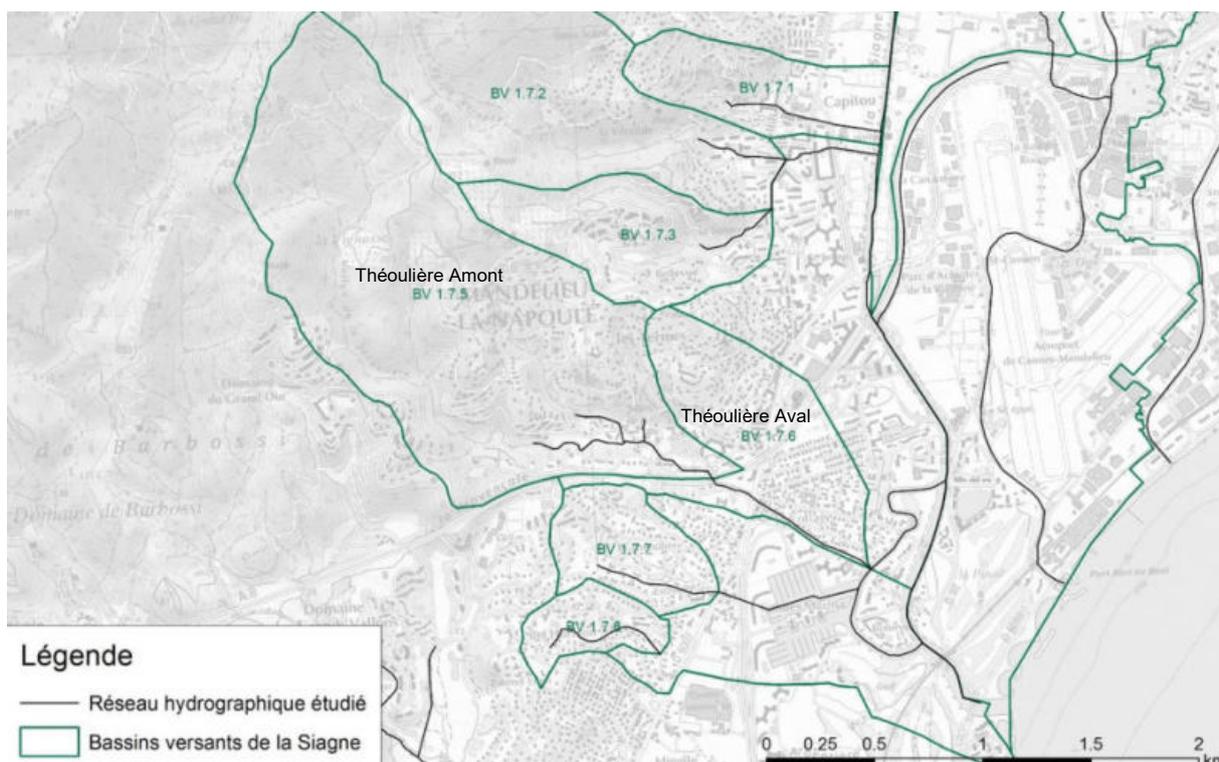


Figure 2-1 : Découpage en bassins versants du PPRI [source : PPRI de la Basse Vallée de la Siagne – SUEZ]

2.1.2 Hydrogrammes de projet du PAPI

Les hydrogrammes ayant servi de référence pour l'établissement du PAPI et du PPRI ont été construits à partir d'une pluie de Kieffer de 4h. Les figures ci-dessous montrent les hydrogrammes pour les deux bassins versants de la Théoulière définis dans le PAPI.

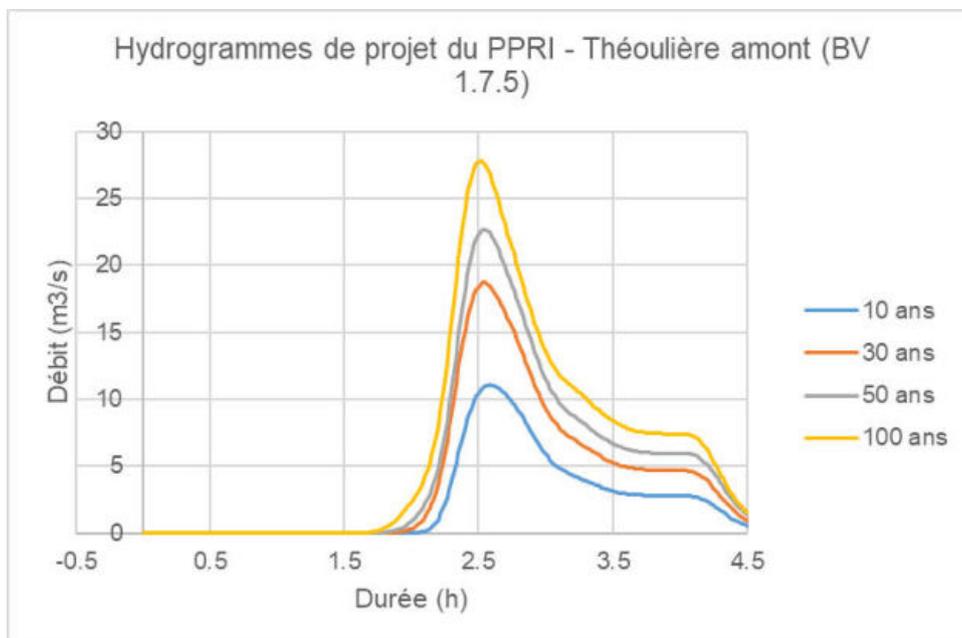


Figure 2-2 : Hydrogrammes de projet du PPRI pour le bassin versant amont de la Théoulière

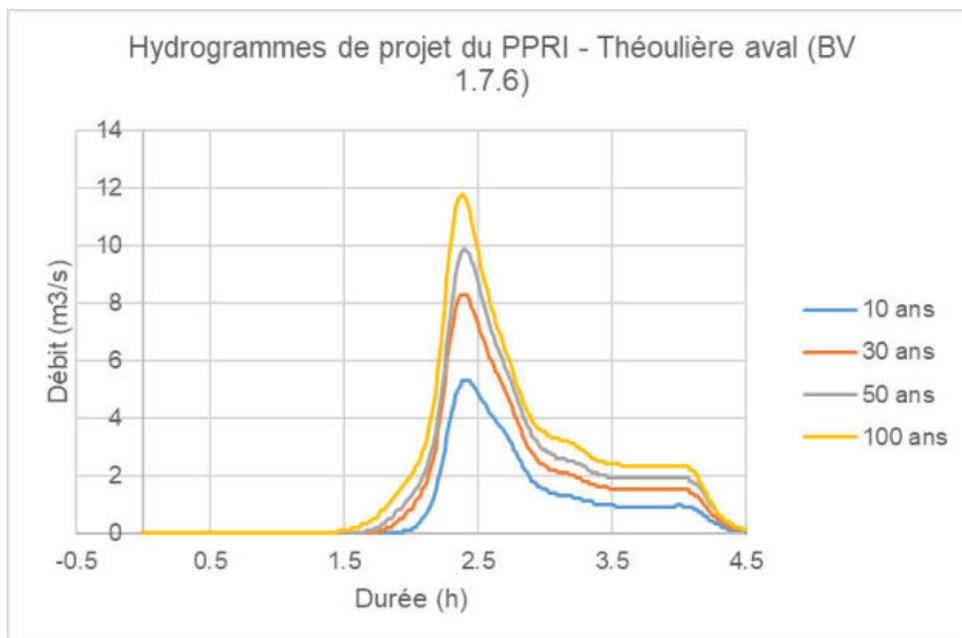


Figure 2-3 : Hydrogrammes de projet du PPRI pour le bassin versant aval de la Théoulière

2.1.3 Synthèses des débits de pointe

Les débits de crues proposés pour la suite de l'étude sont proposés dans le tableau suivant. Ils correspondent à ceux utilisés pour l'établissement du PPRI.

Figure 2-4 : Synthèse de la répartition des débits de la Théoulière retenus pour la suite de l'étude

Débits de crue proposés					
	Q10 (m ³ /s)	Q30 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Octobre 2015 (m ³ /s)
Théoulière amont	7.8	13.2	16	19.6	29.4
Affluent amont	2.4	4	4.9	6	9
Affluent aval	0.9	1.5	1.8	2.2	3.2
Aval A8	2.6	4	4.8	5.7	8
Vallon Thermes	2.7	4.3	5.1	6.1	8.5

2.2 COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT

Une analyse a été faite en phase 1 afin de préciser la caractérisation des sols sur le bassin versant de la Théoulière et de valider les résultats obtenus dans le PPRI en termes de coefficients de ruissellement. Pour déterminer les coefficients de ruissellement sur les sous-bassins versants de la Théoulière, les coefficients de ruissellement SETRA sont utilisés. Les coefficients de ruissellement SETRA prennent en compte trois principaux paramètres :

- Le type de sol en présence

Le type de sol en présence est déterminé avec la carte géologique du BRGM à l'échelle 1/50000^{ème}. La figure ci-dessous montre l'extrait de la carte sur la zone d'étude. Le sol est constitué d'alluvions et de gneiss. Ceux-ci s'apparentent en termes d'infiltration à du limon.

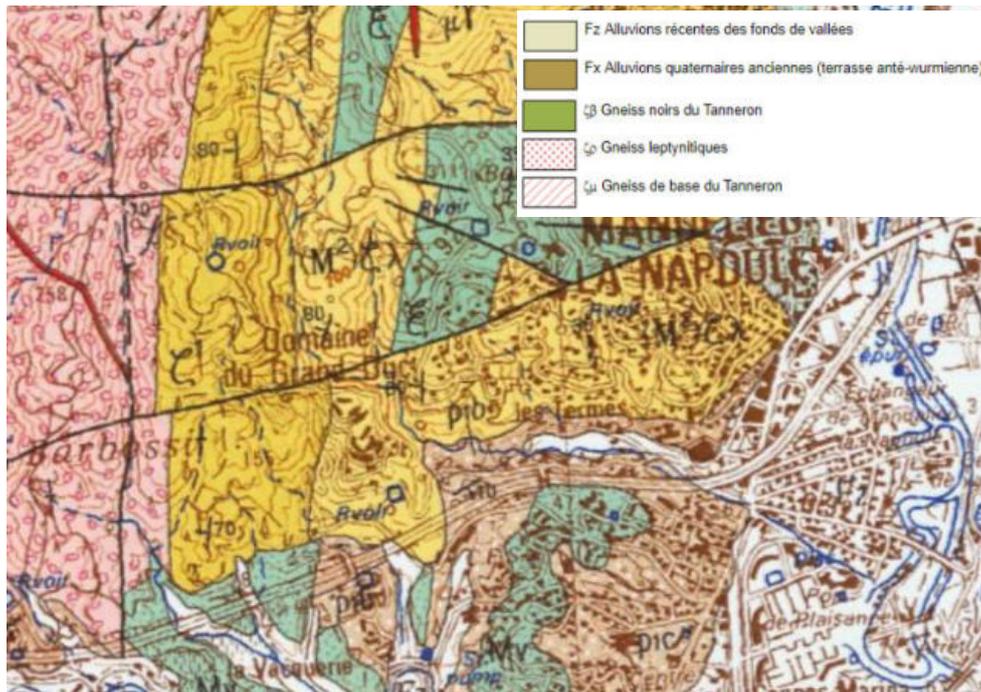


Figure 2-5 : Carte géologique 1/50000 [Source : BRGM]

- La pente moyenne du bassin versant

Le redécoupage en sous-bassin versants de la zone a été fait grâce à la carte IGN. La carte ci-dessous montre le découpage en sous-bassins versant de la Théoulière. La pente moyenne a été déterminée à partir des altitudes maximales et minimales des bassins versants et du chemin hydraulique.

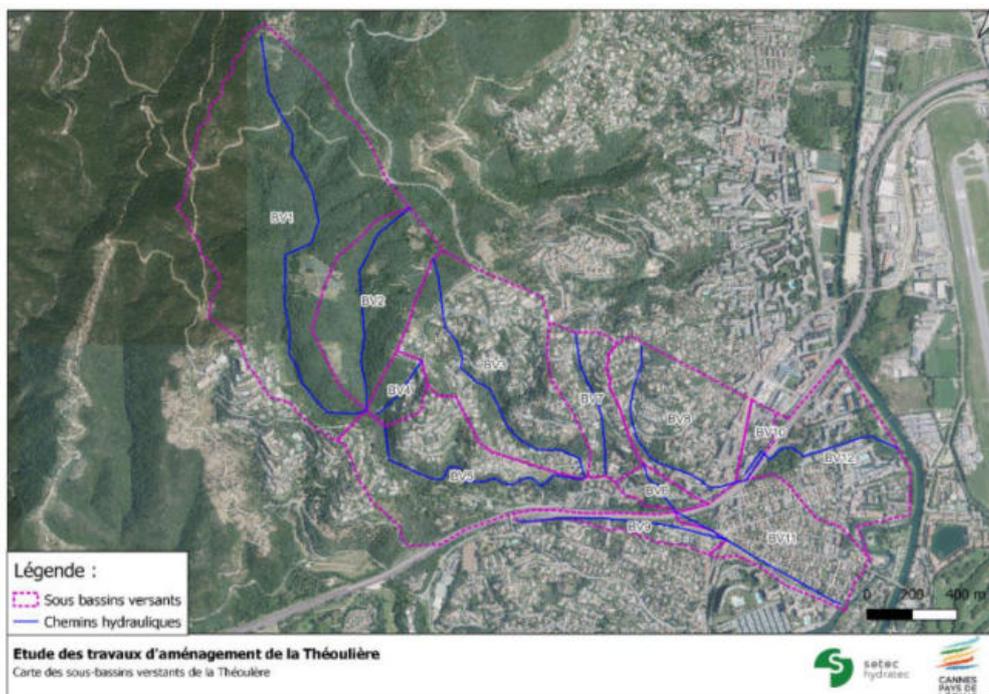


Figure 2-6 : Découpage en sous bassins versants de la Théoulière

- L'occupation des sols

L'occupation des sols a été déterminée à partir d'un croisement entre la base de données Corine Land Cover 2012 et le plan des routes sur la zone d'étude. La carte ci-dessous fait état de l'occupation des sols dans le bassin versant de la Théoulière.

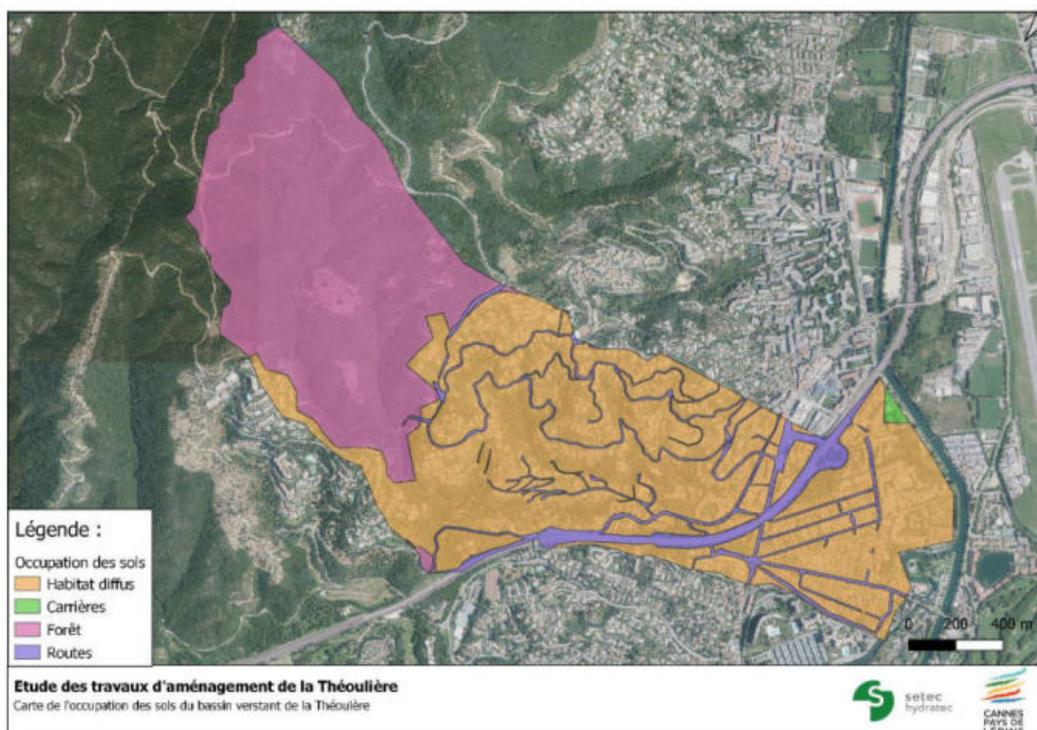


Figure 2-7 : Carte d'occupation des sols du bassin versant de la Théoulière

Les coefficients SETRA utilisés pour la conversion entre l'occupation des sols et le coefficient de ruissellement sont détaillés dans le tableau suivant. Ceux-ci dépendent du type de sol et de la pente du bassin versant.

Tableau 2-1 : Coefficients de ruissellement SETRA

	Pente < 5%			5% < pente < 10%			Pente > 10%		
	Sable	Limon	Argile	Sable	Limon	Argile	Sable	Limon	Argile
Bois	0.1	0.3	0.4	0.25	0.35	0.5	0.3	0.4	0.6
Pâturage	0.1	0.3	0.4	0.15	0.36	0.55	0.22	0.42	0.6
Culture	0.3	0.35	0.6	0.35	0.6	0.7	0.52	0.52	0.82
Terrain artérialisé	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

En effectuant une moyenne pondérée sur l'occupation des sols des coefficients de ruissellement de SETRA, on obtient la carte de coefficients de ruissellement ci-dessous.

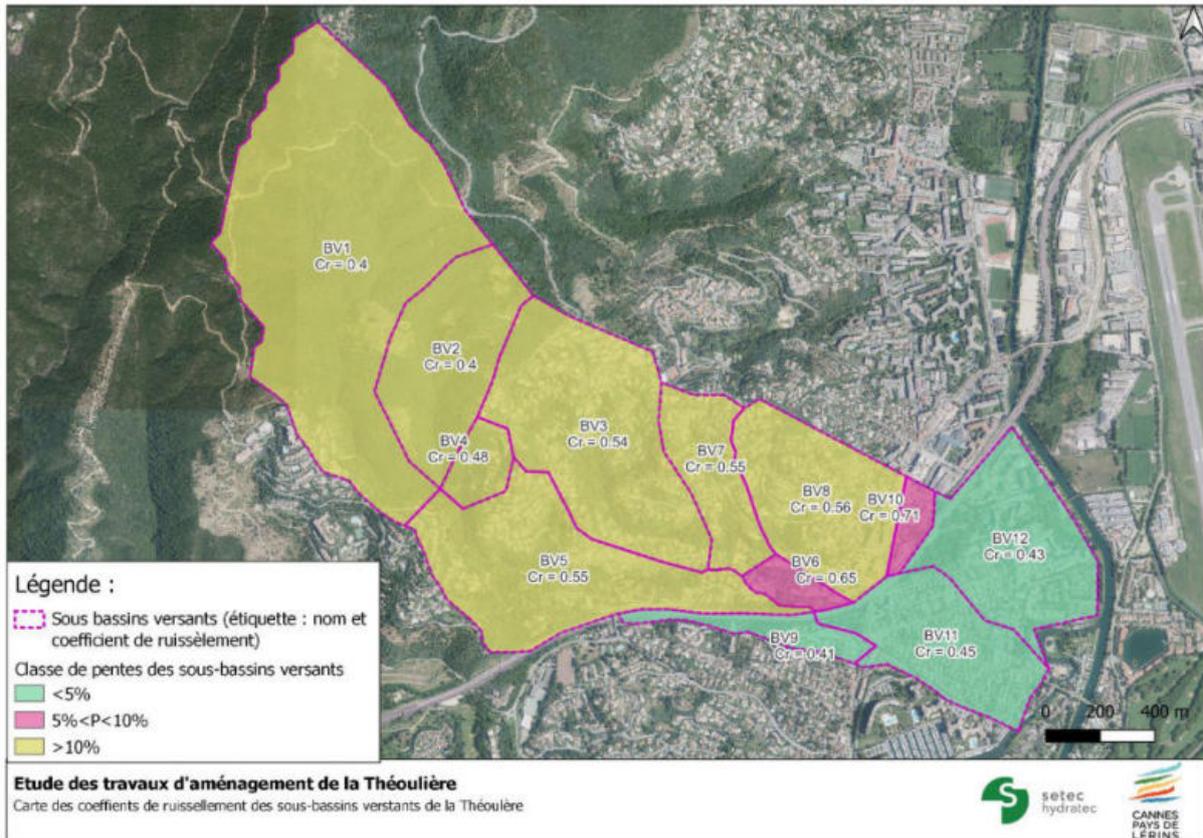


Figure 2-8 : Carte des coefficients de ruissellement

Pour vérifier la cohérence des résultats obtenus avec ceux utilisés dans le PPRI, une moyenne pondérée des coefficients de ruissellement a été calculée sur les deux bassins versants du PPRI. Les résultats sont satisfaisants.

Tableau 2-2 : Comparaison des coefficients de ruissellement obtenus avec ceux du PPRI

Coefficients de ruissellement		
	PPRI	Hydratec
BV 1.7.5	0.52	0.5
BV 1.7.6	0.49	0.48

2.3 FOCUS SUR LE SECTEUR 2

Les aménagements du Secteur 2 prévus par le SMIAGE en sont à l'état d'avant-projet sommaire. De nombreuses hypothèses quant à leur implémentation dans le modèle hydraulique sont donc à faire. L'avant-projet sommaire fournit des coupes-types de la Théoulière et de l'affluent amont par tronçon. La carte ci-dessous montre la sectorisation en tronçons faite à partir des descriptions du SMIAGE. Les cotes de fond ont été prises égales à celles de la topographie actuelle du site à l'amont et à l'aval de chaque tronçon. La pente du lit est supposée constante par tronçon.

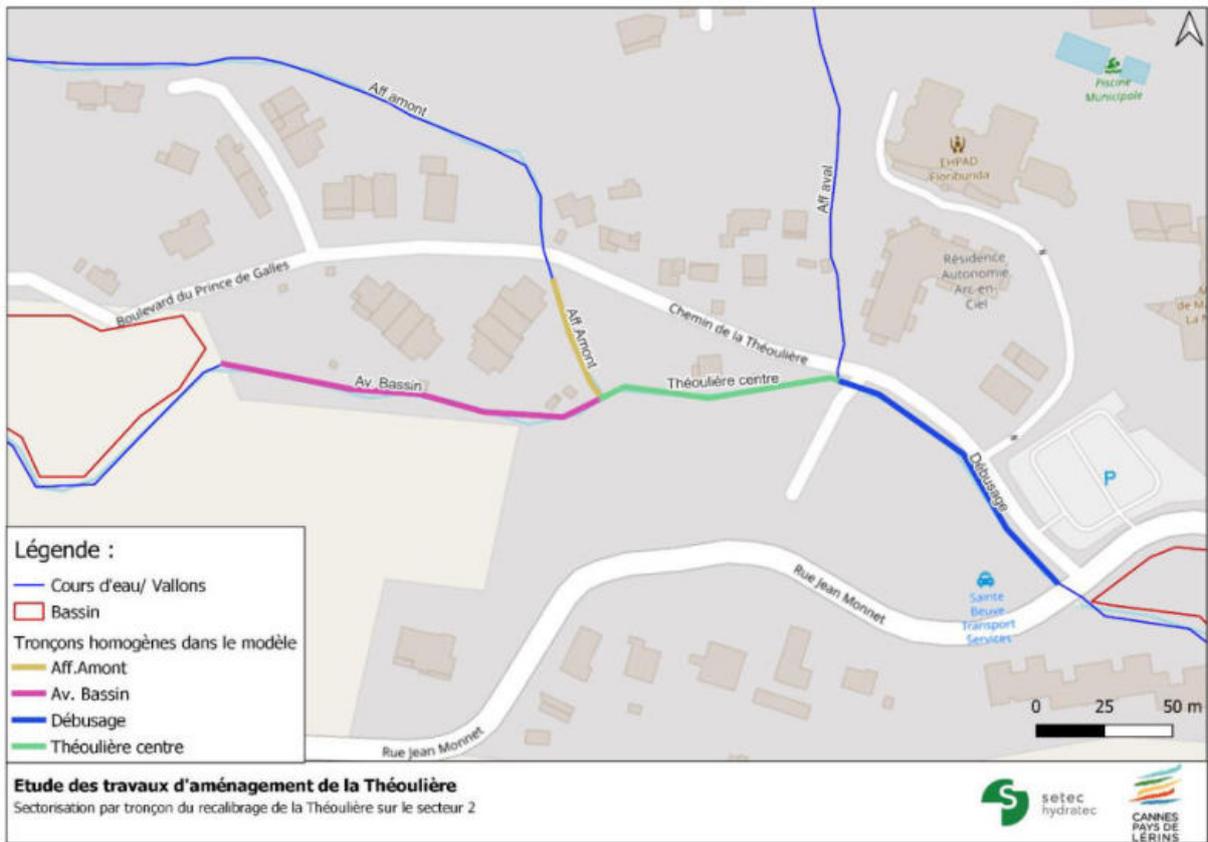


Figure 2-9 : Carte des tronçons homogènes du recalibrage du secteur 2

Les détails quant à la modélisation des aménagements prévus sur le secteur 2 sont présentés au paragraphe 5.1.

3. ETAT INITIAL PPRI (EI1)

3.1 PRESENTATION DU MODELE HYDRAULIQUE

3.1.1 Logiciel de modélisation hydraulique

La modélisation numérique mise en œuvre est effectuée sur le logiciel Hec-Ras développé par l'USACE.

Hec-Ras est un logiciel de modélisation hydraulique qui permet de réaliser des modélisations en 2D et de couplage 1D/2D. Il est possible de simuler des écoulements dynamiques dans les cours d'eau et les vallées inondables ainsi que de représenter avec une grande précision les ouvrages hydrauliques.

Outil polyvalent et complet, Hec-Ras est particulièrement adapté pour des études hydrauliques à surface libre, que ce soit l'analyse de l'incidence d'un ouvrage, une rupture de barrage, ...



**US Army Corps
of Engineers**
Hydrologic Engineering Center

3.1.2 Modèle du PPRI

Le modèle mis en œuvre par SUEZ lors de l'établissement du PPRI est de type couplé 1D/2D. Le lit mineur est modélisé de manière filaire au moyen de profils en travers. Le lit majeur est représenté par un maillage bi dimensionnel basé sur le LIDAR. Les tailles des mailles sont comprises entre 2 et 7 m.

La liaison entre le lit 1D et le 2D est réalisée au moyen de déversoirs latéraux qui permettent les débordements vers le lit majeur, ou les retours d'eau en lit mineur.

Le modèle contient la modélisation des cours d'eau suivants :

- La Théoulière de l'amont du secteur 1 à sa confluence avec la Siagne. Ce cours d'eau est modélisé en 1D.
- L'affluent amont de la Théoulière de l'aval du Boulevard des Termes jusqu'à sa confluence avec la Théoulière. Ce cours d'eau est modélisé en 1D.
- L'affluent aval de la Théoulière de l'aval du boulevard des Termes jusqu'à sa confluence avec la Théoulière. Ce cours d'eau est modélisé en 1D.
- Le vallon des Termes des coteaux jusqu'à sa confluence avec la Siagne. Ce cours d'eau est modélisé en 2D.

L'emprise du modèle du PPRI est présentée sur la figure ci-dessous.

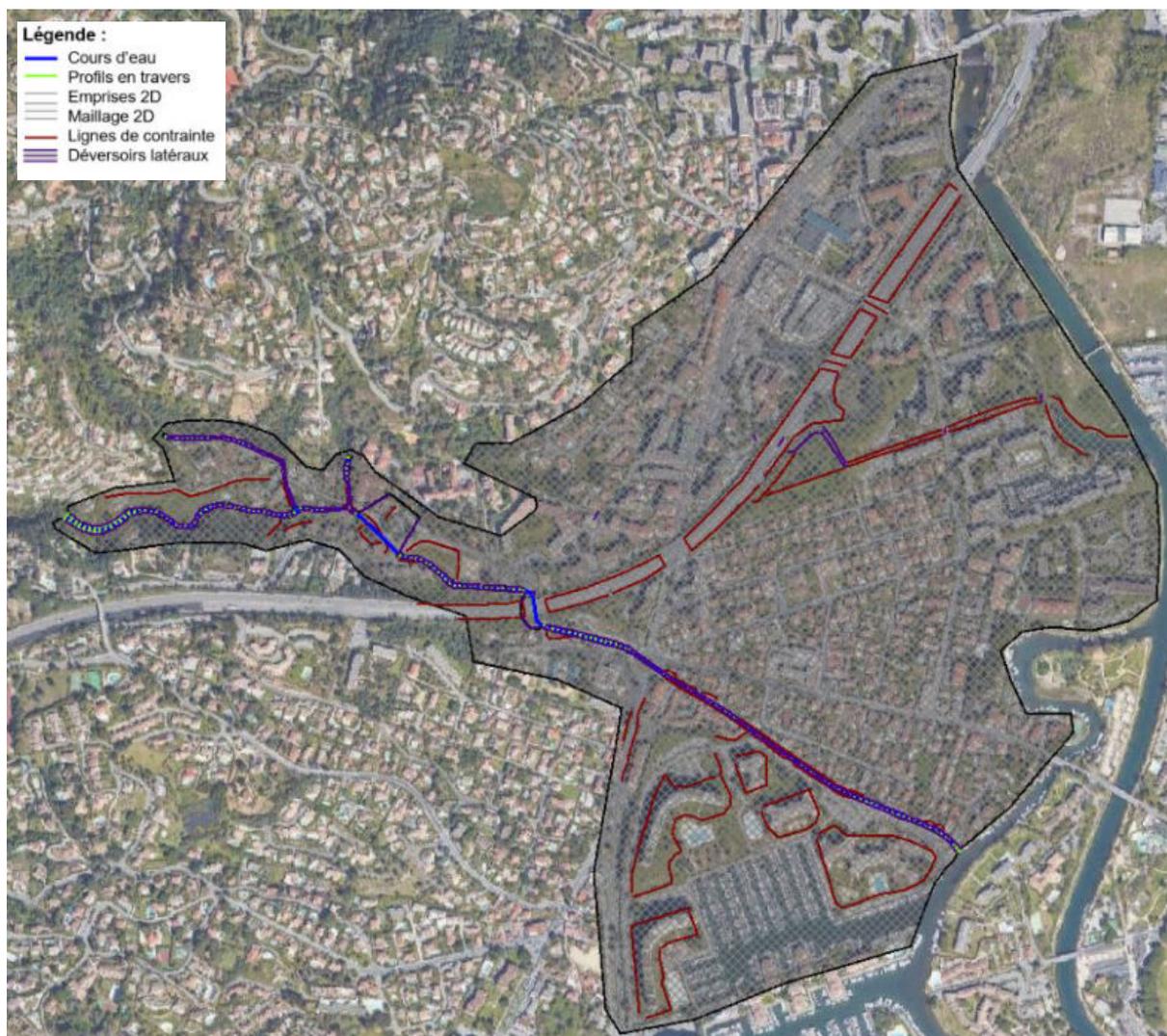


Figure 3-1 : Emprise du modèle de la Théoulière du PPRI

3.1.3 Modèle de l'état initial 1 : configuration en place lors de l'établissement du PPRI

a) Modélisation de l'affluent aval

La modélisation en 1D des cours d'eau permet l'obtention de résultats plus précis avec des données topographiques classiques.

Néanmoins, pour les vallons de petites tailles et de forte pente, la modélisation filaire entraîne de fortes instabilités. Pour cela, il est nécessaire d'imposer un débit minimal dans le lit mineur des cours d'eau. Pour l'affluent aval, celui-ci devait être de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ pour permettre au modèle de converger. Or ce débit correspond à un débit de pointe d'une crue centennale. Les résultats pour les faibles crues étaient donc faussés par ce débit minimal. Il a donc été décidé de modifier le modèle pour modéliser ce vallon en deux dimensions à l'aide de mailles. Le passage sous le chemin de la Théoulière a été modélisé comme un ouvrage dans le domaine 2D.

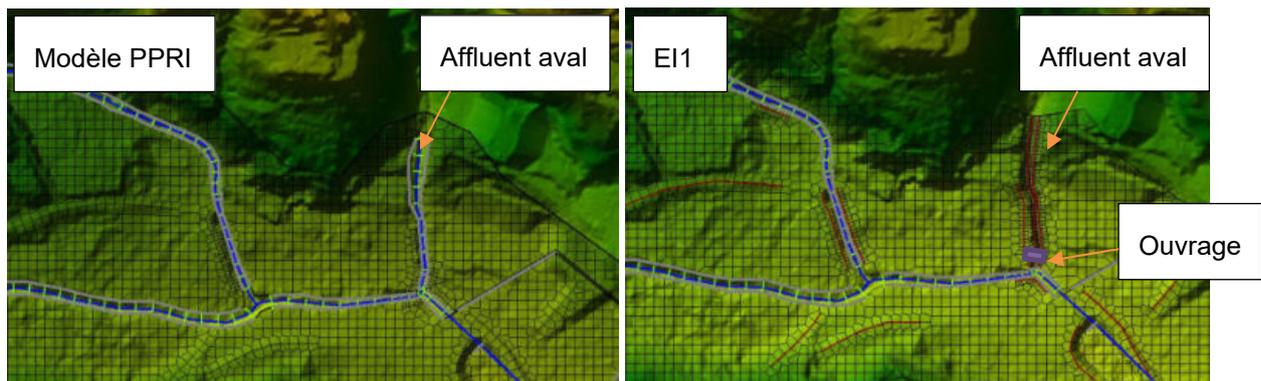


Figure 3-2 : Comparaison des géométries au niveau de l'affluent aval de la Théoulière. A gauche : modèle PPRI par SUEZ. A droite : modèle E11.

b) Modélisation retenue

Le modèle retenu pour l'étude hydraulique est de type couplé 1D/2D. Le lit mineur est modélisé de manière filaire au moyen de profils en travers. Le lit majeur est représenté par un maillage bi dimensionnel basé sur le LIDAR. Les tailles des mailles sont comprises entre 2 et 7 m.

La liaison entre le lit 1D et le 2D est réalisée au moyen de déversoirs latéraux qui permettent les débordements vers le lit majeur, ou les retours d'eau en lit mineur.

Le modèle contient la modélisation des cours d'eau suivants :

- La Théoulière de l'amont du secteur 1 à sa confluence avec la Siagne. Ce cours d'eau est modélisé en 1D.
- L'affluent amont de la Théoulière de l'aval du Boulevard des Termes jusqu'à sa confluence avec la Théoulière. Ce cours d'eau est modélisé en 1D.
- L'affluent aval de la Théoulière de l'aval du boulevard des Termes jusqu'à sa confluence avec la Théoulière. Ce cours d'eau est modélisé en 2D (modification par rapport au modèle du PPRI).
- Le vallon des Termes des coteaux jusqu'à sa confluence avec la Siagne. Ce cours d'eau est modélisé en 2D.

L'emprise du modèle et les ouvrages singuliers sont présentés sur la figure ci-dessous.

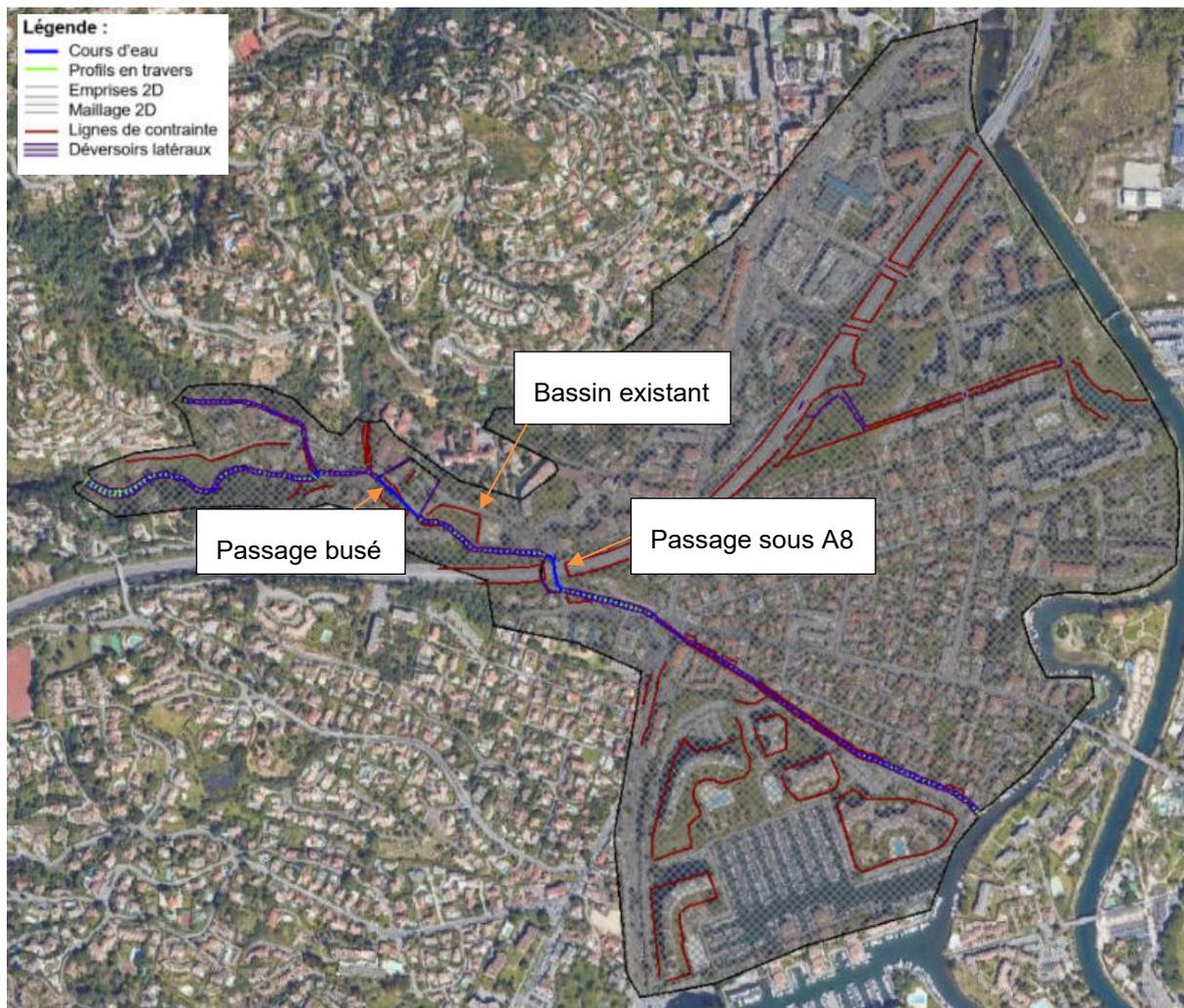


Figure 3-3 : Emprise du modèle actuel de la Théoulière

3.2 CALAGE DU MODELE SUR L'ALEA DE REFERENCE DU PPRI

Les deux modèles présentés précédemment décrivent le même scénario. Il est primordial de vérifier la cohérence des résultats entre les deux modèles. Le calage du modèle de l'état initial de la présente étude se fera sur la crue centennale.

Les cartes ci-dessous montrent :

- Une comparaison des profils en long de la Théoulière sur son linéaire et sur la zone au droit de la confluence avec l'affluent aval
- Les emprises inondées pour la crue centennale dans le modèle du PPRI et dans le modèle de l'étude actuelle
- Une carte des différences de cote d'eau observées pour la crue centennale

Pour les deux modèles, les profils en long sont quasiment similaires (+/- 1cm) sur la majeure partie du linéaire d'étude. En particulier, les lignes d'eau sont identiques sur les secteurs 3 et 4. Pour les hauteurs d'eau dans le lit, on remarque de même peu ou pas de différences sur la quasi-totalité du secteur d'étude.

Les différences les plus notables sont observées au droit de la confluence entre la Théoulière et l'affluent aval. Sur le modèle du PPRI, la ligne d'eau passe par un point bas au niveau de la confluence, ce qui ne correspond pas à la réalité physique. Sur le modèle actuel, la ligne d'eau augmente en amont du pont et entraîne une surverse en rive gauche et droite. Cette divergence entre les deux entraîne des différences locales dans la répartition des débits à proximité du passage enterré de la Théoulière. Ceux-ci se rejoignent en amont du bassin écrêteur d'eaux pluviales, c'est-à-dire en amont des secteurs 3 et 4. Ces légères différences n'auront donc pas d'incidence dans la définition des aménagements dans la phase 3.

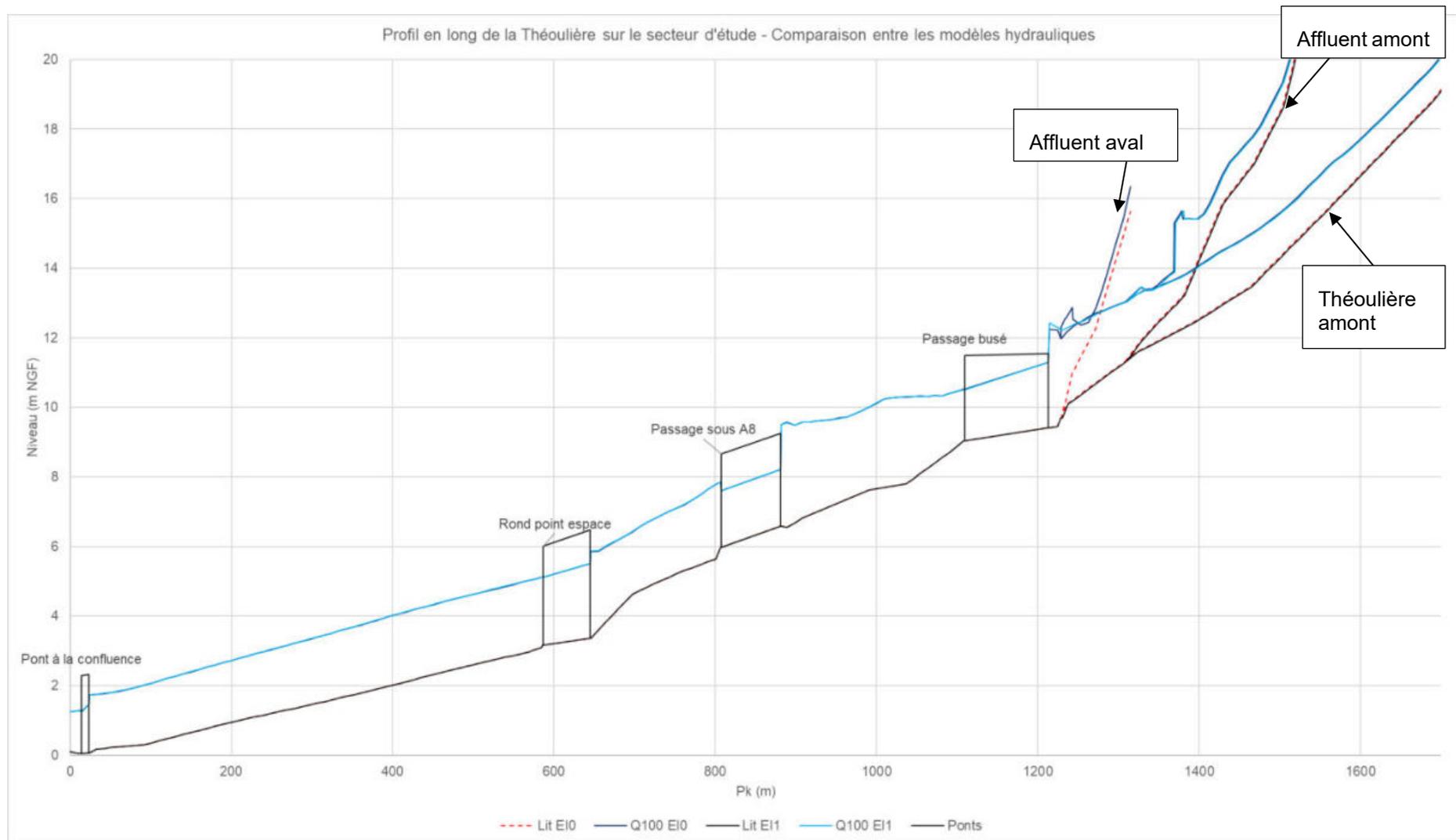


Figure 3-4 : Comparaison des profils en long de la Théoulière entre les modèles (En bleu clair : modèle Hydratec. En bleu foncé : modèle SUEZ)

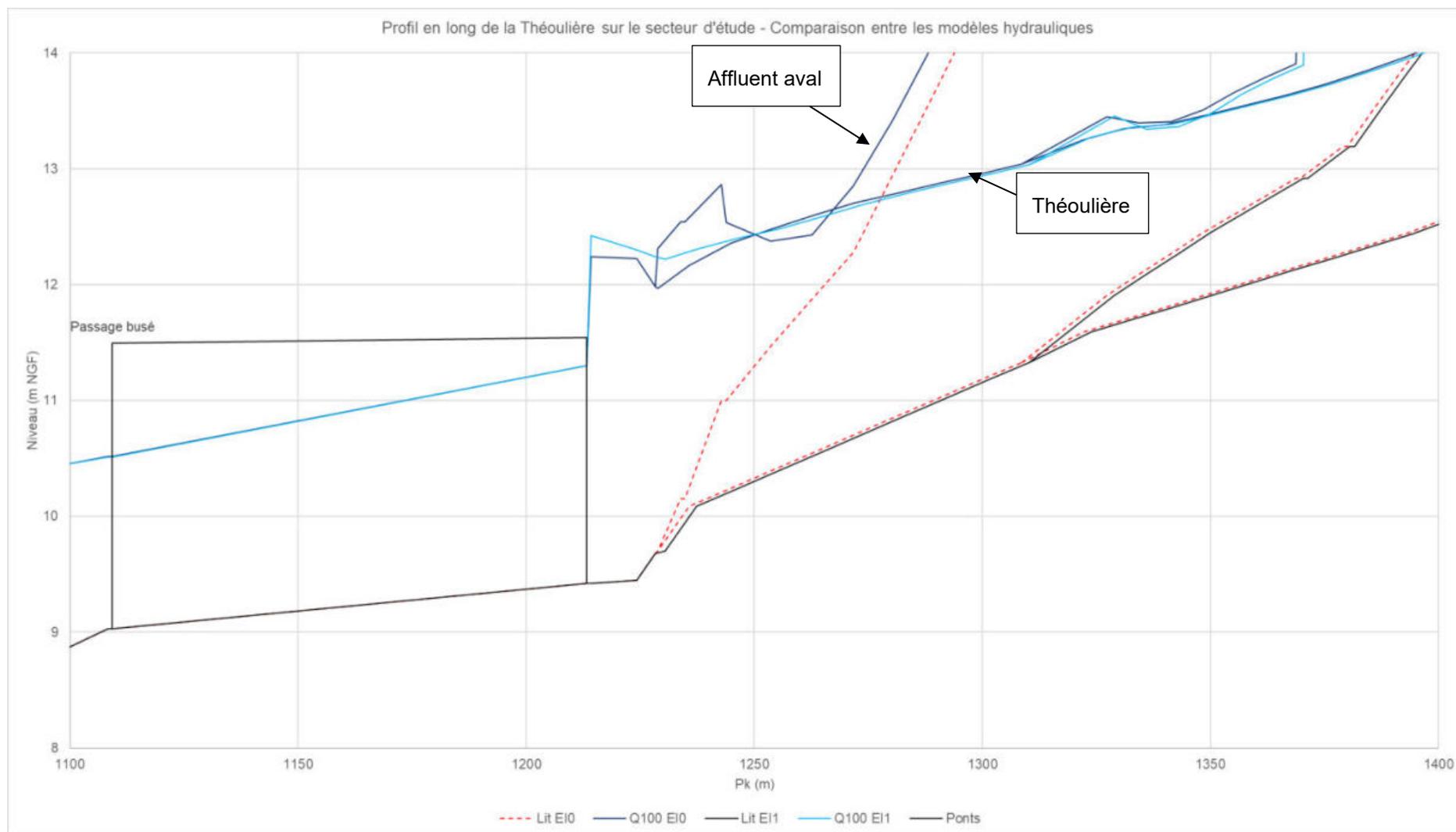


Figure 3-5 Comparaison des profils en long de la Théoulière entre les modèles. Focus sur la confluence entre la Théoulière et l'affluent aval (En bleu clair : modèle Hydratec. En bleu foncé : modèle SUEZ)

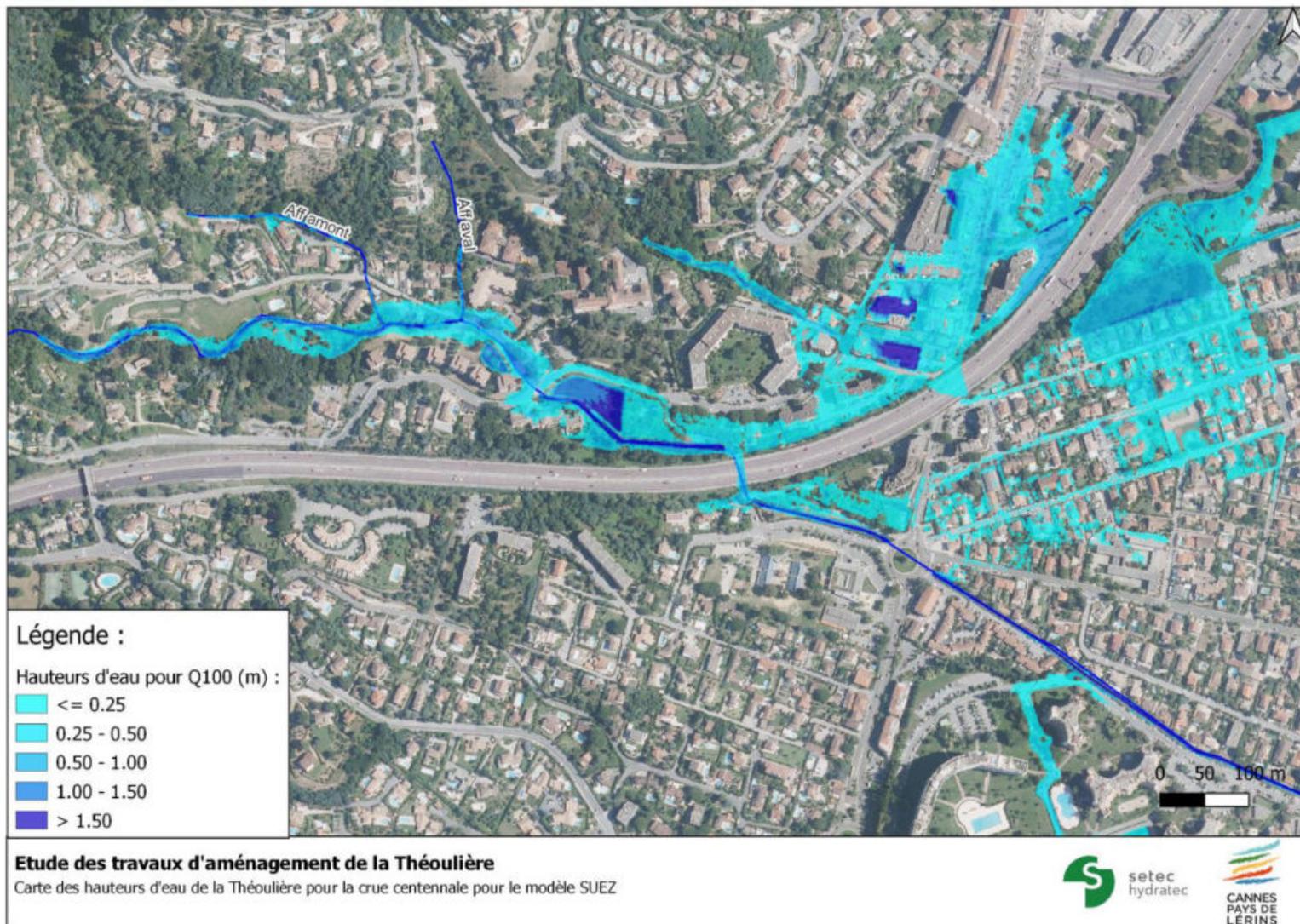


Figure 3-6 : Hauteurs d'eau pour Q100 dans le modèle PPRI (SUEZ) - modèle de référence

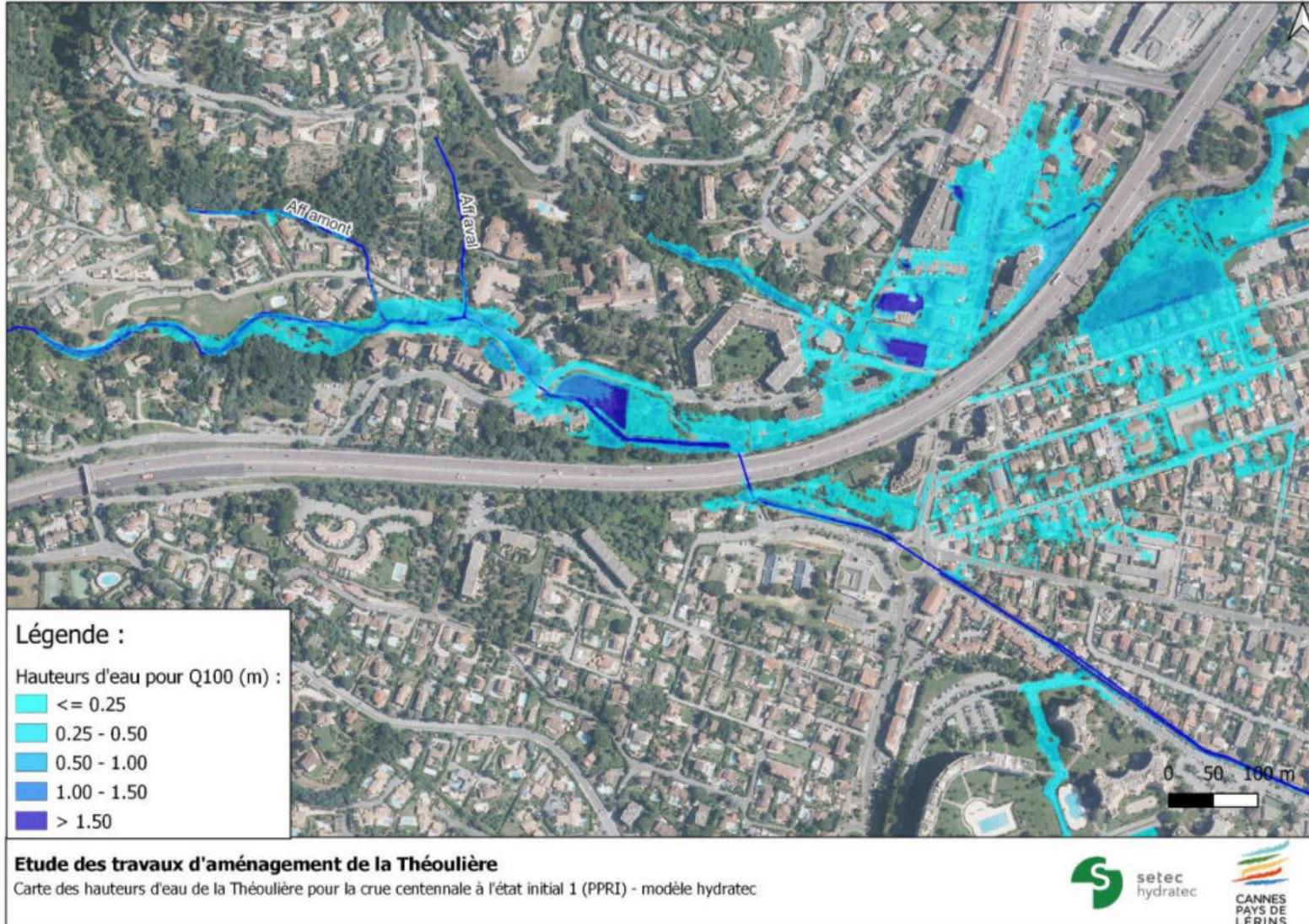


Figure 3-7 : Hauteurs d'eau pour Q100 dans le modèle de l'étude actuelle (hydratec)



Figure 3-8 : Carte de résultat de calage du modèle hydraulique

3.3 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE EN L'ETAT ACTUEL

Les crues de périodes de retour suivantes ont été modélisées : 10 ans, 30 ans, 50 ans, 100 ans et la crue du 05 octobre 2015. Les figures pages suivantes présentent :

- Le profil en long de la Théoulière de l'amont du secteur 1 jusqu'à sa confluence avec la Siagne
- Le graphe des capacités de la Théoulière pour les crues de projets
- Les cartographies des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement calculées pour les différentes périodes de retour sont présentées sur les pages suivantes.

Le fonctionnement hydraulique du Vallon des Termes n'est pas étudié dans cette phase de l'étude.

Crue décennale :

Pour la crue décennale, la Théoulière est capacitaire sur la majeure partie du linéaire d'étude. Peu de débordements sont à constater sur le linéaire de la Théoulière. L'affluent rive droite déborde légèrement mais l'emprise inondée reste diffuse et les hauteurs faibles. A l'Est de la zone d'étude, de nombreux débordements sont constatés sur le vallon des Termes, ceux-ci ne sont pas étudiés dans cette phase de l'étude.

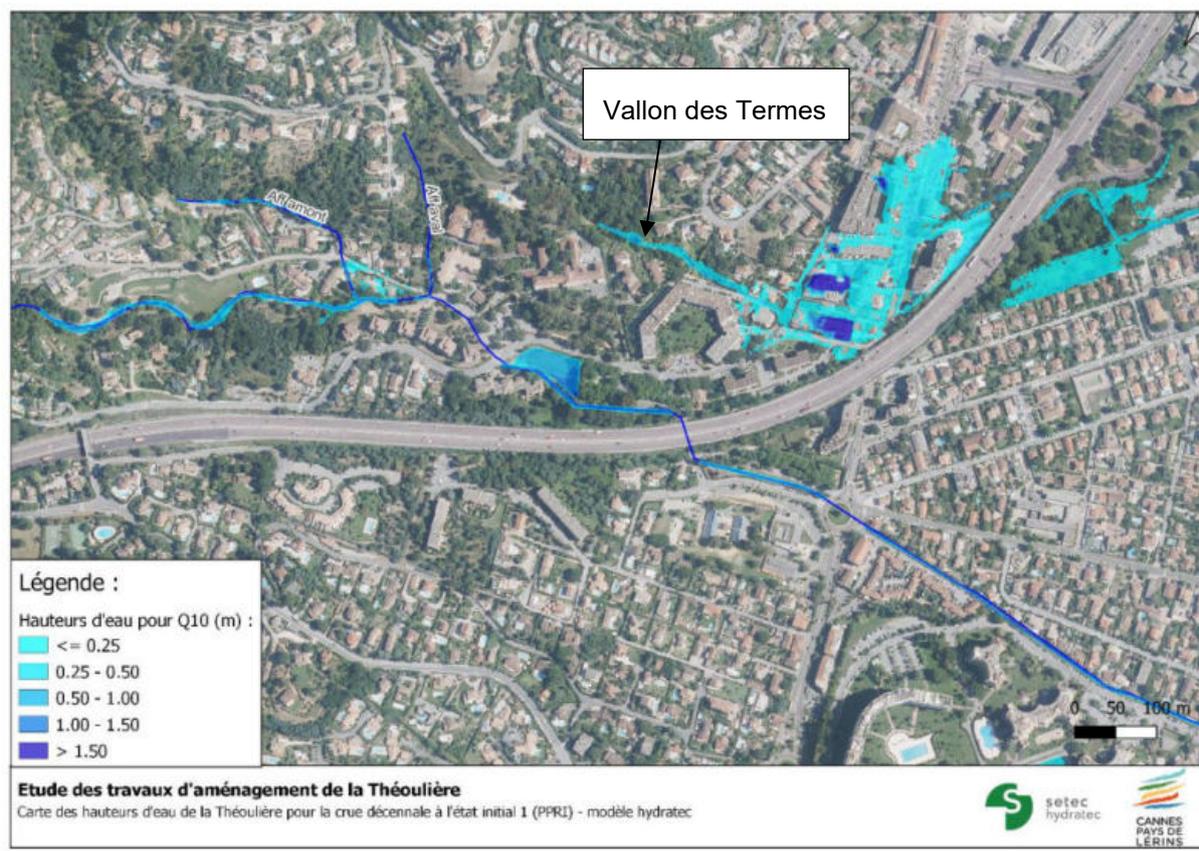


Figure 3-9 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue décennale

Crue trentennale :

Des débordements généralisés sont constatés dès la crue trentennale. Les premiers débordements s'effectuent en aval immédiat du secteur 1 où l'eau s'étend sur la plaine en rive droite. Ensuite, les débordements de l'affluent amont déjà observés pour la crue décennale sont complétés par des débordements de la Théoulière sur le linéaire entre les deux affluents. Les hauteurs d'eau restent faibles sur cette zone (< 25 cm). De plus, le passage busé au droit du chemin de la Théoulière n'est plus capacitaire pour la crue trentennale (débit limitant de 16 m³/s), le cadre déborde donc en amont (3 m³/s). Ces débordements viennent s'ajouter à ceux de l'affluent aval qui déborde au niveau du chemin de la Théoulière. Les eaux se répandent alors sur la route et contournent le bassin de rétention jusqu'à retourner en lit mineur au niveau du secteur 3. Le lit mineur de la Théoulière est ensuite capacitaire pour la crue trentennale jusqu'à sa confluence avec la Siagne.

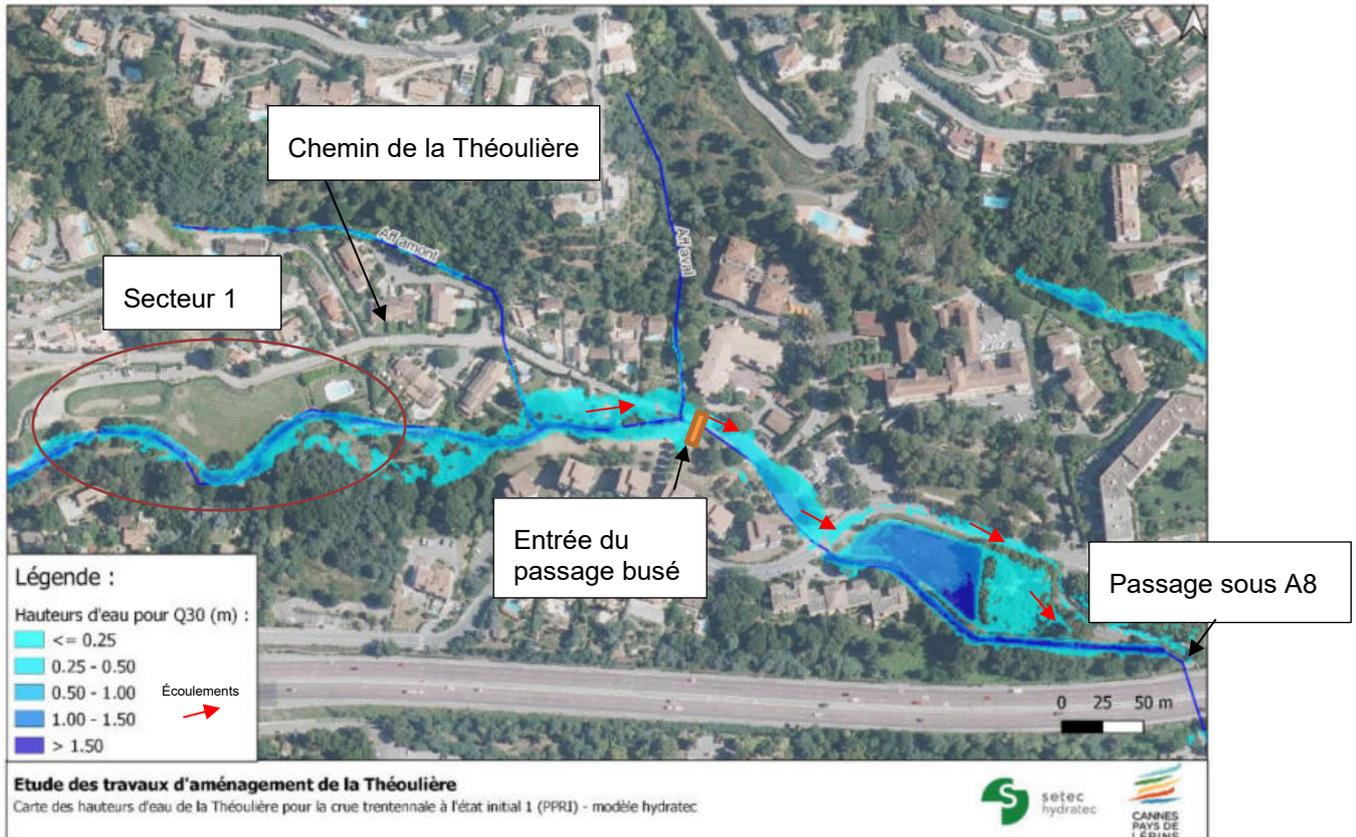


Figure 3-10 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue trentennale – focus sur le secteur 2

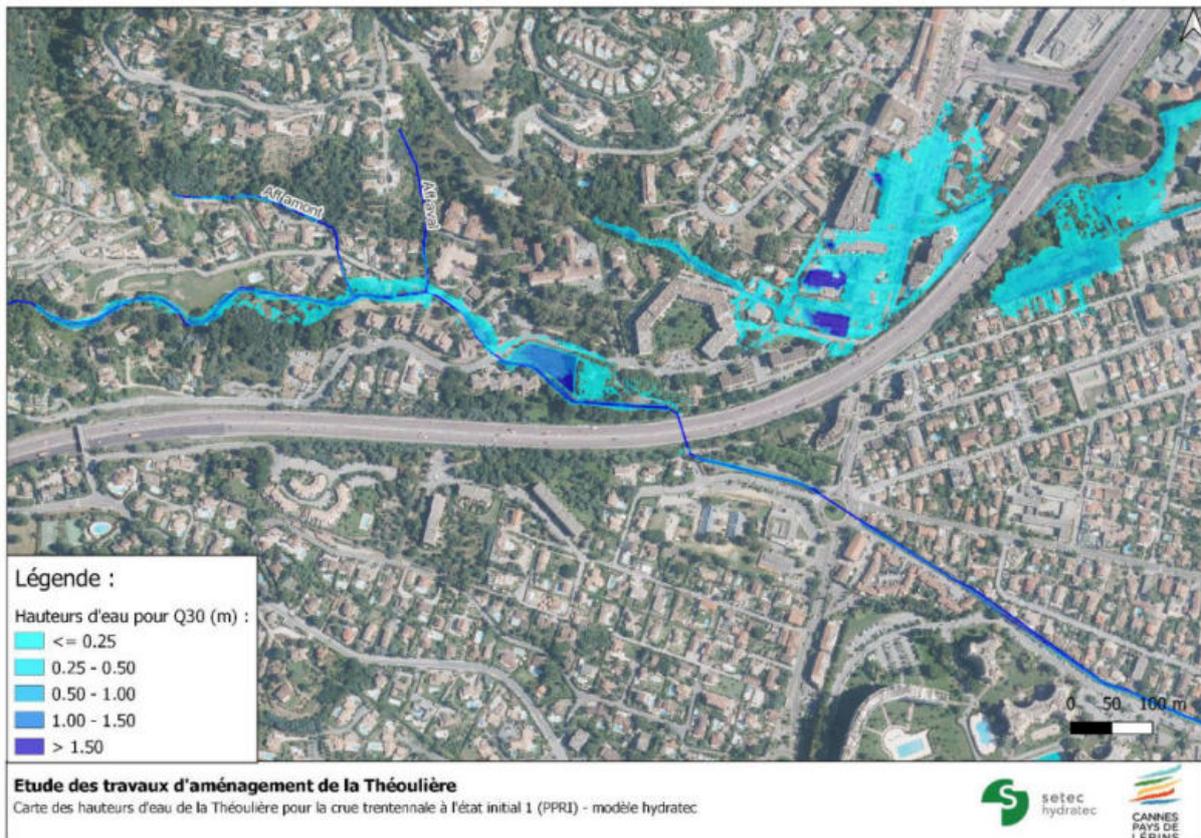


Figure 3-11 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue trentennale

Crue cinquantiennale :

Lors de la crue cinquantiennale, les débordements sur le secteur 2 s'intensifient, particulièrement au niveau de l'engouffrement de la Théoulière. Le débit débordé est de $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Les eaux se répandent le long du chemin de la Théoulière atteignant des vitesses de 1 m/s et des hauteurs d'1m. Contrairement à la crue trentennale, le passage busé sur l'A8 n'est plus capacitaire. Le cadre déborde à hauteur de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ et la route de passage sous l'A8 sert d'axe d'écoulement. Une partie du débit débordé rejoint le lit mineur en aval immédiat de l'autoroute, le reste se propage légèrement en rive gauche de la Théoulière entraînant l'inondation d'un parc pour enfants. La Théoulière est capacitaire au niveau du secteur 4 (en aval du carrefour de l'Espace et jusqu'à sa confluence avec la Siagne)

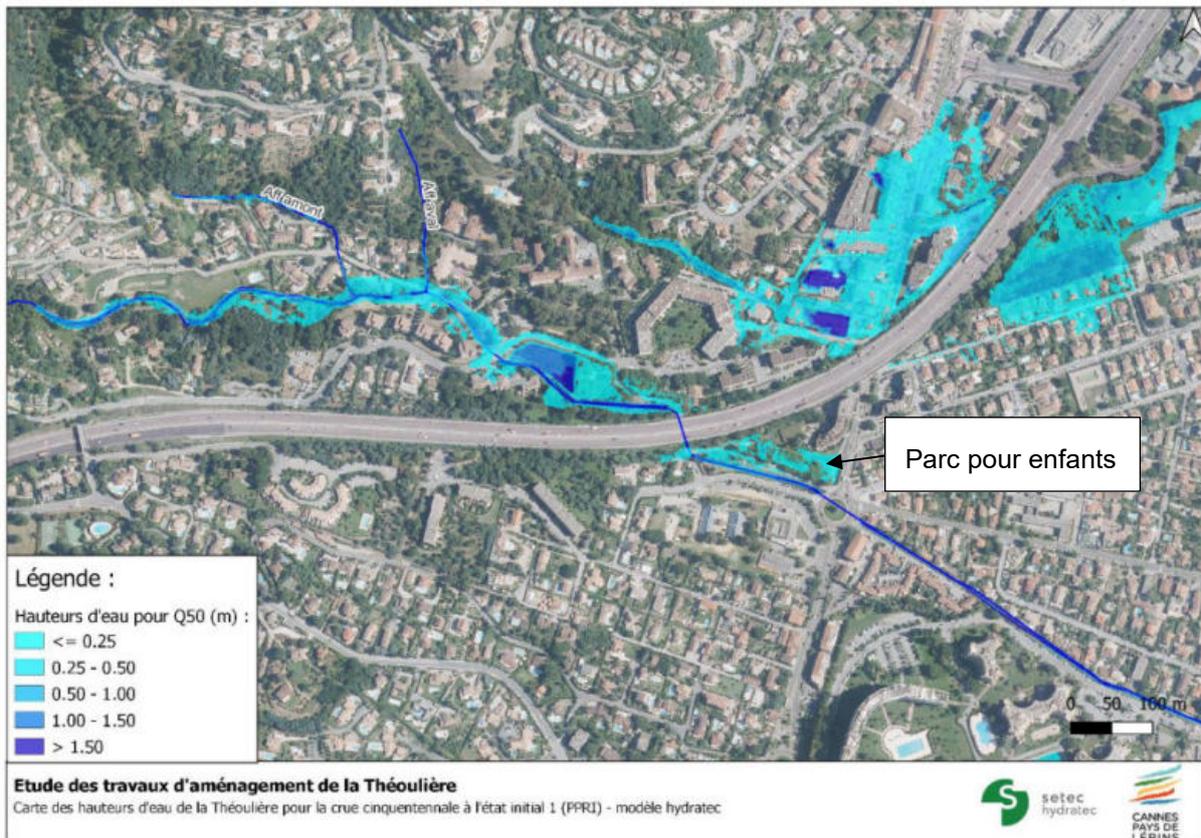


Figure 3-12 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue centennale

Crue centennale :

Pour la crue centennale, le lit de la Théoulière n'est plus capacitaire sur tout son linéaire. Des débordements sont donc constatés sur tout le secteur d'étude. Le point le plus critique est au niveau du passage busé de la Théoulière sous l'A8. L'ouvrage n'est pas capacitaire et déborde à hauteur de 4 m³/s. Le débit se sépare alors en deux parties :

- Une partie (3 m³/s) se répand sur la route de passage sous l'A8 qui sert d'axe d'écoulement. Une partie du débit rejoint le lit mineur en aval immédiat de l'autoroute, le reste se propage en rive gauche de la Théoulière entraînant l'inondation d'un parc pour enfants. Contrairement à la crue centennale, les inondations se propagent au-delà de la D6007 et viennent compléter les débordements causés par le Vallon des Termes. Les hauteurs d'eau restent faibles (< 25 cm).
- L'autre partie (1 m³/s) traverse la route et inonde la zone derrière l'église qui se situe en contrebas. L'eau se retrouve bloquée par le remblai de l'autoroute dans cette zone, qui fait office de casier. Les hauteurs d'eau dépassent localement les 25 cm. Cette zone est fortement inondée, cela est dû aux débordements du Vallon des Termes, qui n'est pas étudié cette phase de l'étude.

De plus, au niveau du secteur 4, de légers débordements sont à déplorer. En rive gauche, la Théoulière sort de son lit en aval immédiat du carrefour de l'Espace par le biais d'un point bas (visible sur le profil en long page 36). Les écoulements se répandent en rive gauche et rejoignent ceux causés par la surverse au niveau du passage sous l'autoroute. Quelques points de débordement sont aussi présents en rive droite de la Théoulière, l'eau se dirige alors vers la Marina par le biais des routes menant aux résidences.

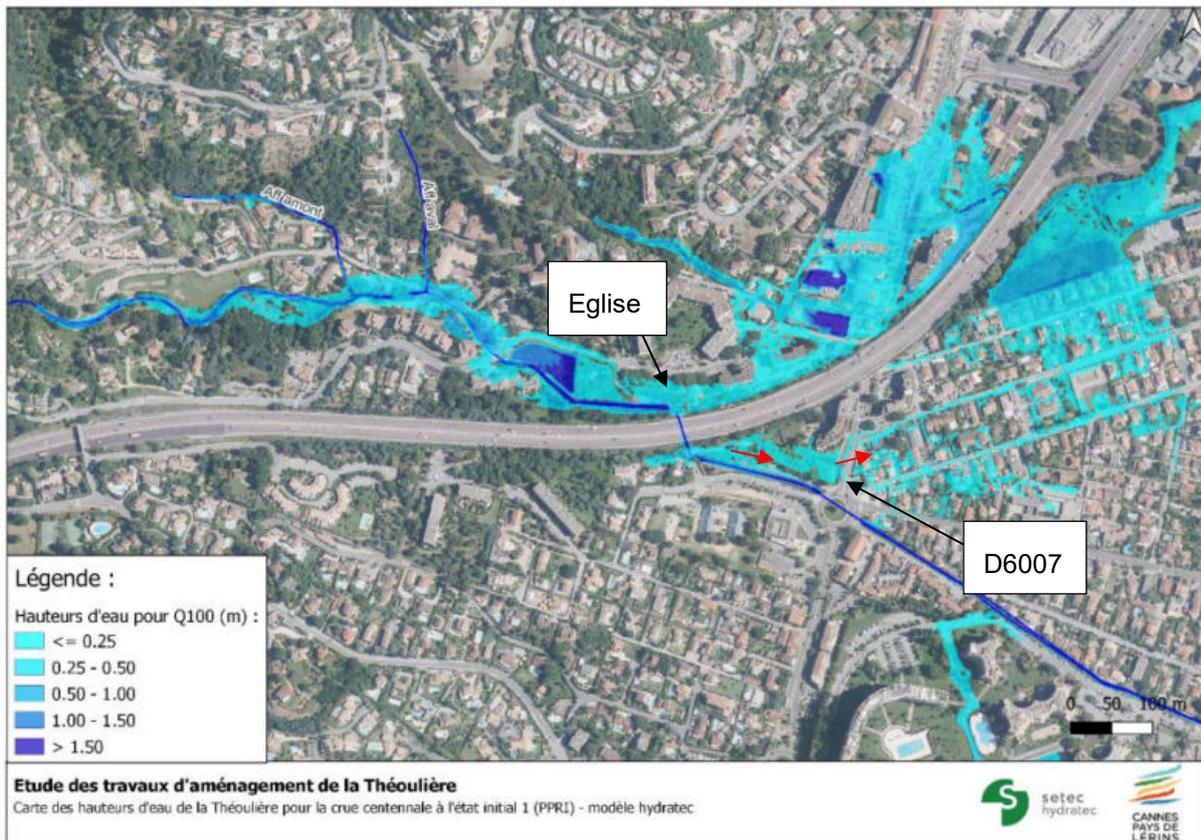


Figure 3-13 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue centennale

Crue du 05 octobre 2015 :

Pour la crue du 05 octobre 2015, la Théoulière n'est plus capacitaire et déborde largement sur tout son linéaire. Les secteur 2 et 3 sont largement inondés et les hauteurs d'eau sont importantes (localement supérieures à 1 m). En aval de l'autoroute, la zone résidentielle est totalement inondée.

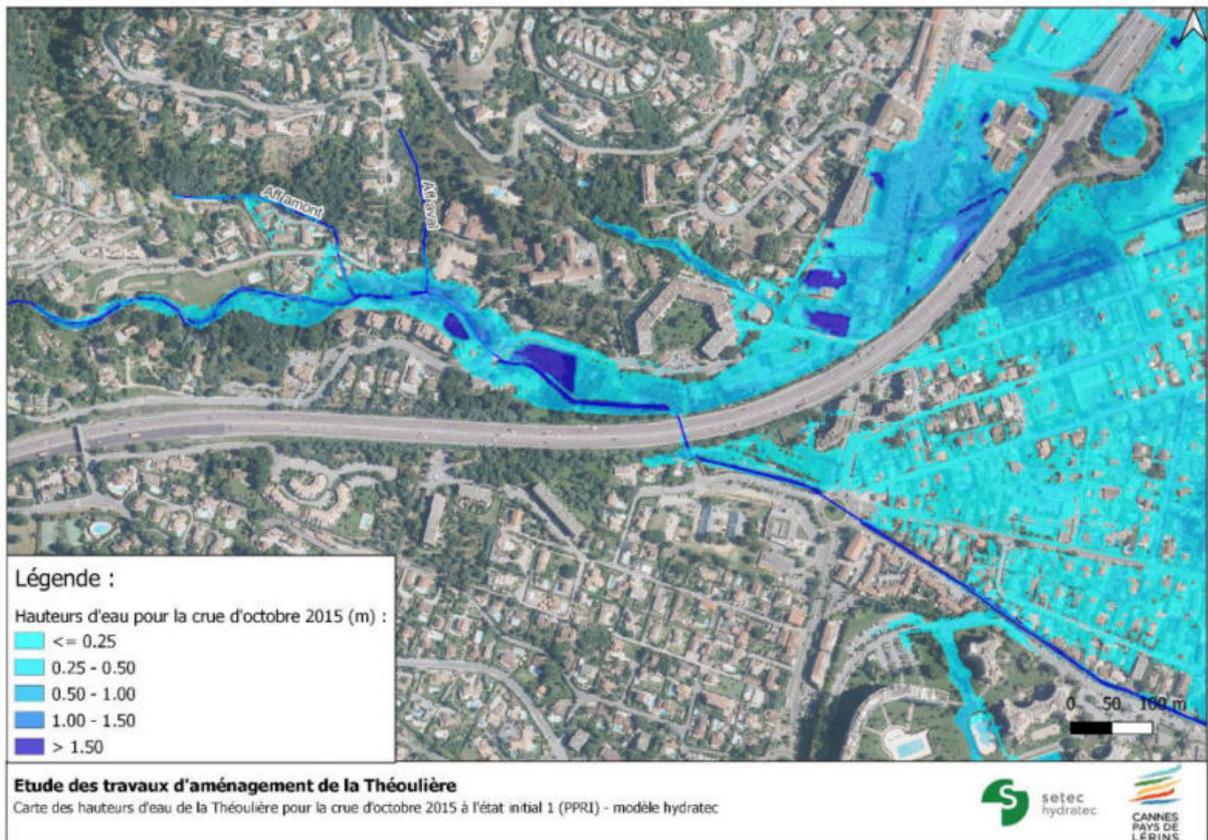


Figure 3-14 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 1 pour la crue d'octobre 2015

Ci-après, la représentation graphique des différents profils en long de la Théoulière de l'amont du secteur 1 jusqu'à sa confluence avec la Siagne, et pour chacune des crues étudiées.

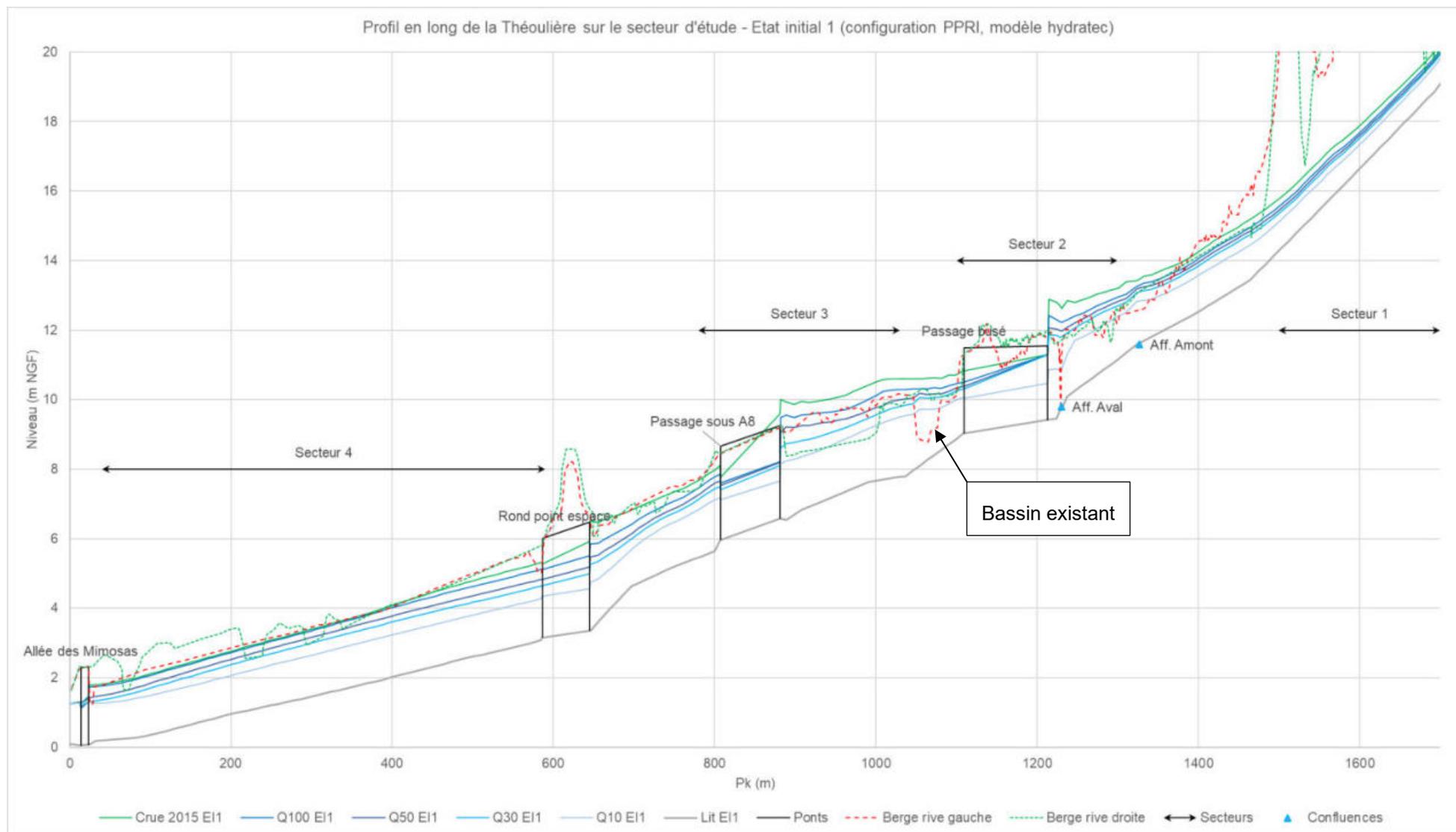


Figure 3-15 : Profil en long de la Théoulière en l'état initial 1 : configuration PPRI

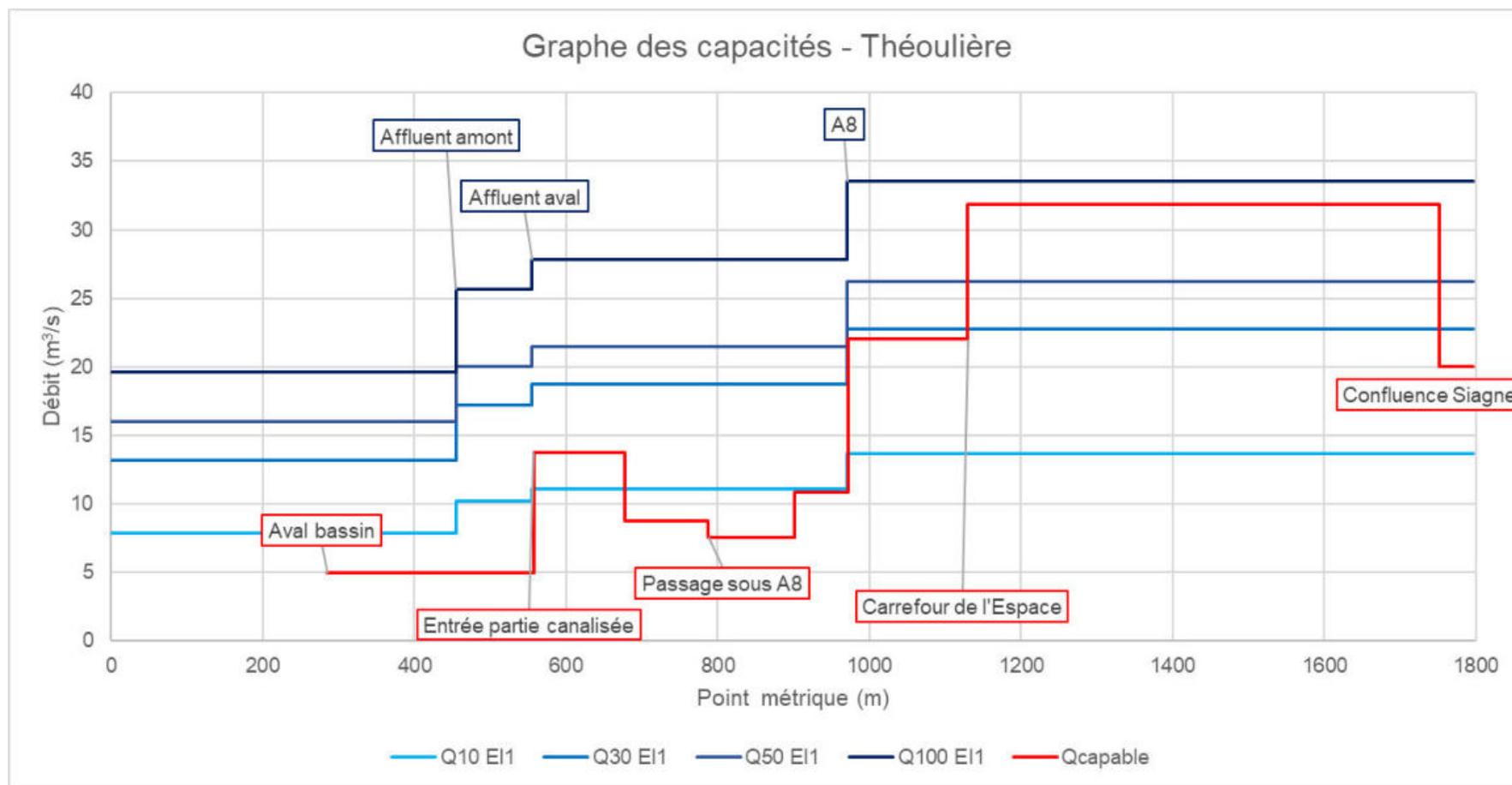


Figure 3-16 : Graphe des capacités de la Théoulière pour les crues de projet, adapté du PPRI

4. ETAT INITIAL AVEC LE BASSIN DU SMIAGE SECTEUR 1 (E12)

4.1 MODELISATION DU BASSIN

La construction du bassin du SMIAGE sur le secteur 1 a été achevée en novembre 2022. Le DOE de l'ouvrage a servi de base pour l'implémentation de celui-ci dans le modèle hydraulique. Le bassin de rétention est positionné au fil du cours d'eau. En fonctionnement usuel, le débit de la Théoulière passe par l'ouvrage de fuite.



Figure 4-1 : Vue en plan du bassin du SMIAGE [Source : plan de Récolement – GUINTOLI 2023]

Les profils en travers issus du plan de récolement du DOE du bassin du SMIAGE ont servi de base pour l'implémentation en 1D du bassin dans le modèle. La figure ci-dessous présente une vue en 1D/2D de sa modélisation sur HEC-RAS. D'après les plans de récolement, le volume du bassin de rétention tel que construit est de 14300 m³. La simplification de la géométrie par les profils en travers mène à un volume de retenue de 14000 m³, ce qui est cohérent avec les plans fournis.

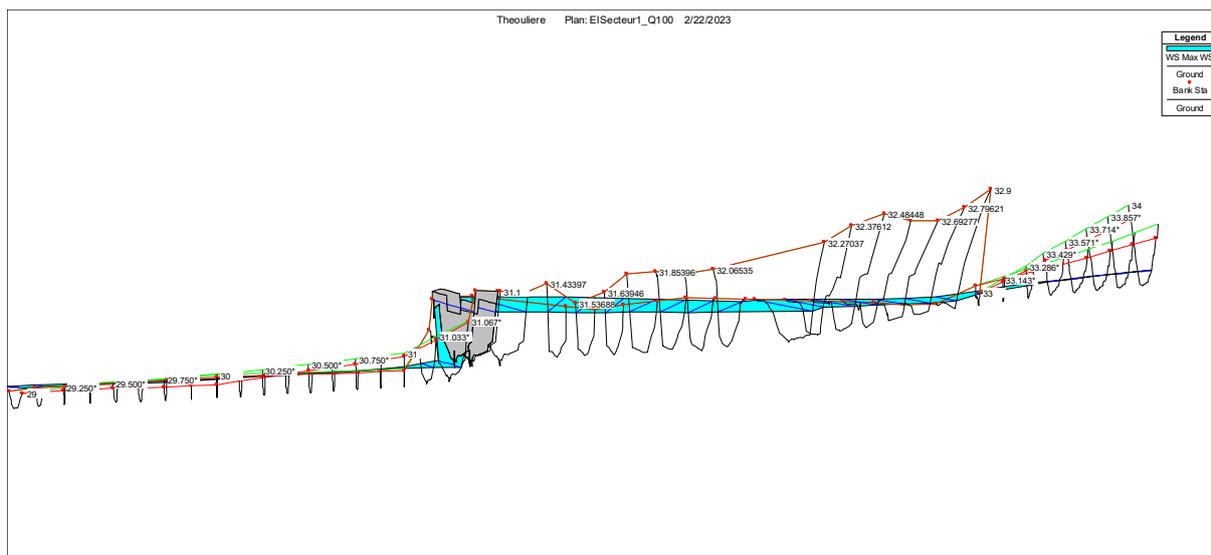


Figure 4-2 : Coupe en 1D du bassin de rétention du SMIAGE sur le Secteur 1

Les dimensions de l'ouvrage de déversement ont été déduites des coupes extraites du DOE. La cote de surverse est calée à 18.75 mNGF et le débit d'ajutage passe par un dalot de section 1m x 1m. La figure ci-dessous montre l'évacuateur de crue tel que modélisé dans HEC-RAS.

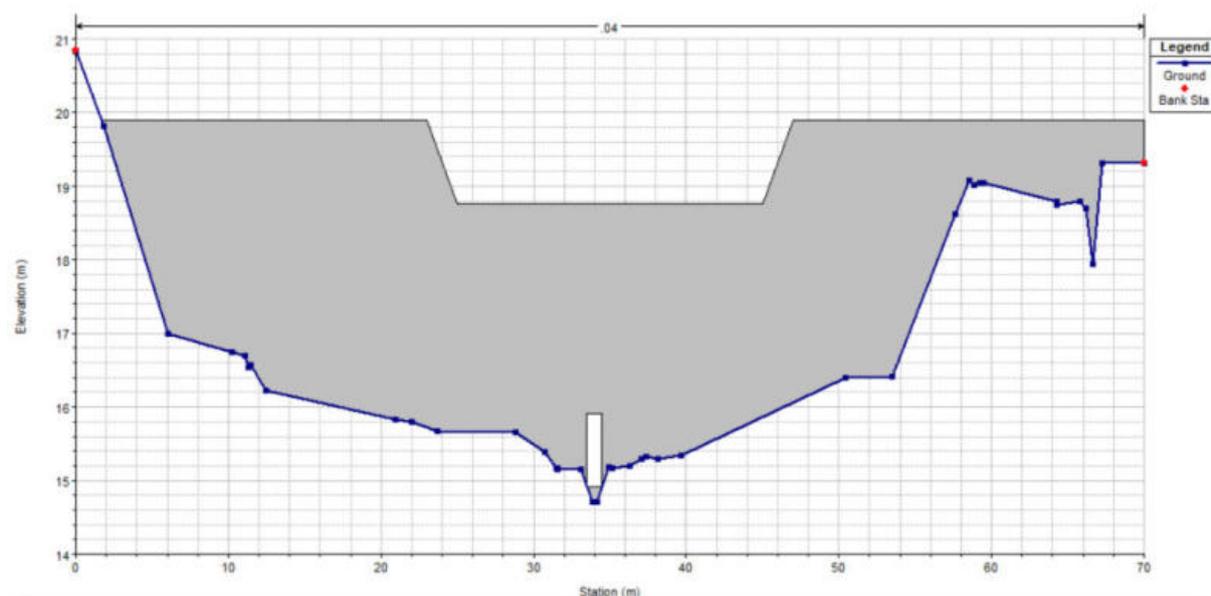


Figure 4-3 : Profil en travers de l'ouvrage de rétention du bassin du SMIAGE.

4.2 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU BASSIN

Le bassin écrêteur du SMIAGE a été dimensionné pour contenir une crue centennale de 14000 m³ de volume. Le volume du bassin du SMIAGE dans le modèle hydraulique est de 14038 m³, le volume réel calculé à l'aide des plans du bassin TQC est de 14300 m³. Le volume de rétention dans le modèle hydraulique est donc cohérent avec celui du bassin construit.

4.2.1 Comparaison des volumes de crue

Le dimensionnement du bassin du SMIAGE a été fait sur une crue de projet de période intense 40 min et ayant un débit de pointe de 21 m³/s. La période de retour de cette crue est évaluée à centennale. Le volume total de la crue considérée est de 24 000 m³, et comme 5 m³/s passent par l'ouvrage de fuite, le volume retenu est de 14 000 m³.

Comme rappelé précédemment, les hydrogrammes de crue retenus pour l'établissement du PPRI ont été établis à partir d'une pluie de durée 4 h. La crue centennale du PPRI a un débit de pointe similaire à celle du SMIAGE mais un volume de crue trois fois plus important. La figure ci-dessous propose une comparaison visuelle entre l'hydrogramme de crue de dimensionnement du bassin (Q100 SMIAGE) et les hydrogrammes de projets. Les volumes sont synthétisés dans le tableau ci-après. Après la seule analyse des volumes, le bassin devrait surverser dès la crue trentennale.

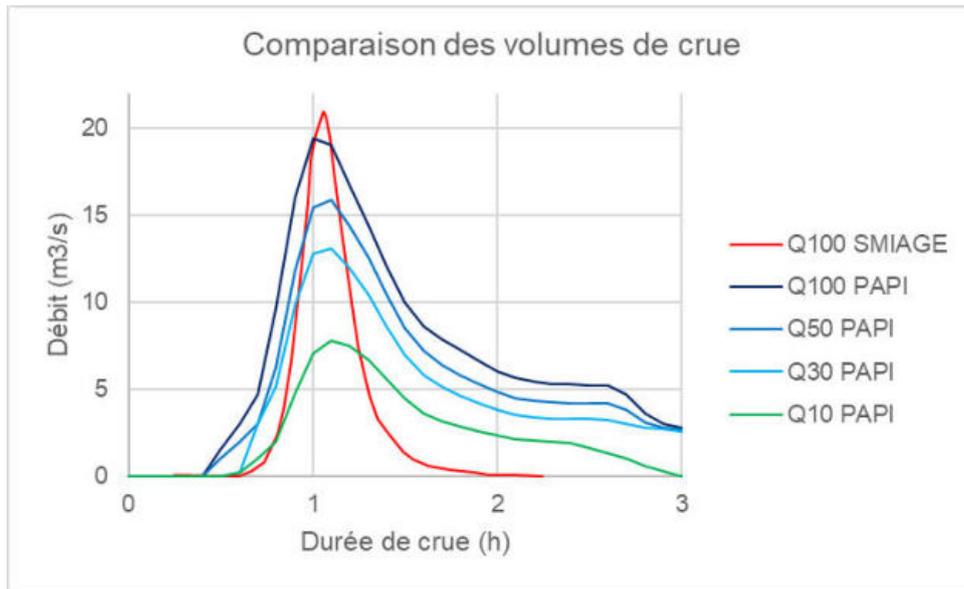


Figure 4-4 : Hydrogramme de crue des différentes crues de projet

Table 1 : Volume de crue des différents hydrogrammes

Hydrologie	PPRI				SMIAGE
Période de retour (ans)	10	30	50	100	100
Débit de pointe (m ³ /s)	8	13	16	19	21
Volume de crue (m ³)	18200	44100	47900	71500	23800

4.2.2 Résultats de la modélisation hydraulique

Après implémentation du bassin dans le modèle hydraulique, il en ressort que :

- Le bassin a un effet écrêteur jusqu'à la crue centennale incluse (taux d'écrêtement de 18% pour Q100). Le volume de la crue d'octobre 2015 est tel que le bassin se remplit avant le pic de crue.
- La surverse est active dès la crue trentennale, bien avant ce pour quoi le bassin a été dimensionné

- Le débit de fuite du dalot est de 5 m³/s

Le tableau ci-dessous dresse un bilan du rôle hydraulique du bassin sur les différentes crues.

Table 2 : Caractéristiques hydraulique du bassin Secteur 1

Période de retour (ans)	10	30	50	100	2015
Débit de pointe amont (m³/s)	7.8	13.1	15.9	19.4	29.3
Débit de pointe aval (m³/s)	4.2	8.0	12.0	15.9	29.1
Taux d'écrêtement (%)	46	39	24	18	1
Volume de remplissage (m³)	7610	14000	14000	14000	14000
Volume de crue (m³)	18239	44134	47913	71555	139953
Débit de surverse (m³/s)	0	3	7	10.9	24.1

Les crues de périodes de retour suivantes ont été modélisées : 10 ans, 30 ans, 50 ans, 100 ans et la crue d'octobre 2015. Le fonctionnement hydraulique des différentes crues est présenté ci-après. Le profil en long de la Théoulière pour l'état initial 2 se trouve en fin de chapitre.

Crue décennale :

Pour la crue décennale, le bassin du secteur 1 se remplit partiellement mais ne surverse pas. Le débit de pointe en aval du bassin est de $4 \text{ m}^3/\text{s}$, cela représente un écrêtement de 45%. Aucun débordement de la Théoulière est à déplorer pour cette crue sur le secteur 2.

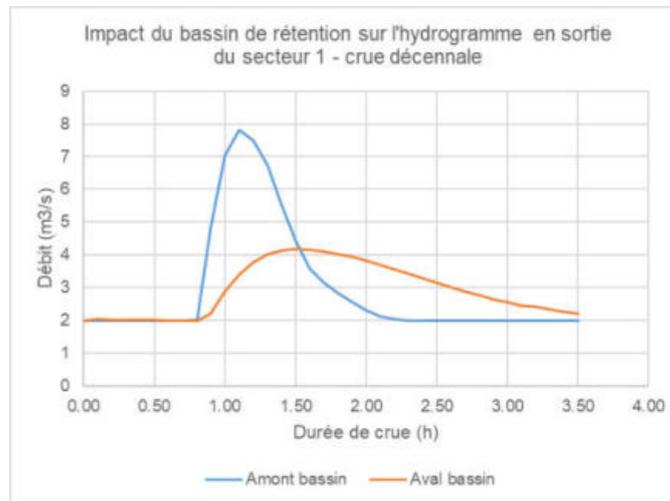


Figure 4-5 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue décennale

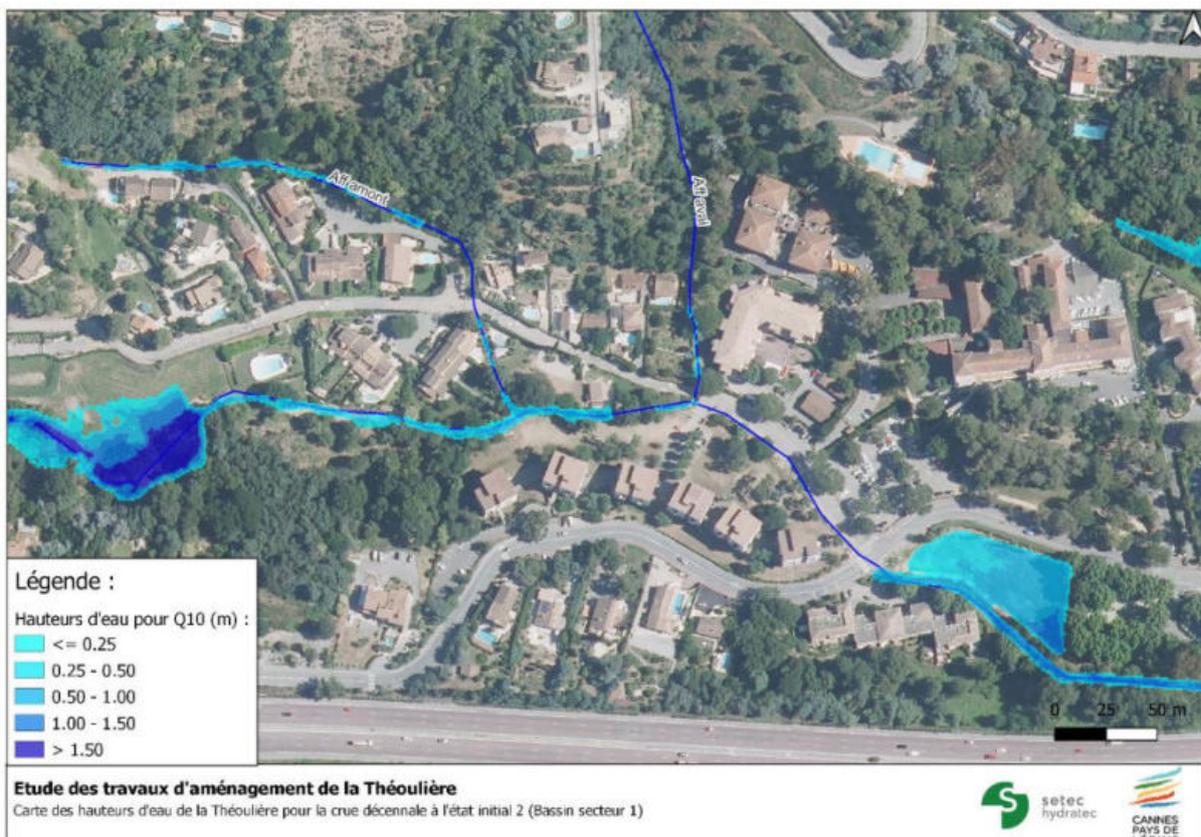


Figure 4-6 : Carte des emprises inondées pour la crue décennale à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)

Le graphe des capacités a été mis à jour en prenant en compte l'effet d'écrêtement du bassin du SMIAGE pour la crue décennale. On remarque que la Théoulière devient capacitaire au niveau du secteur 2, ce qui explique l'absence de débordements dans l'état initial 2.

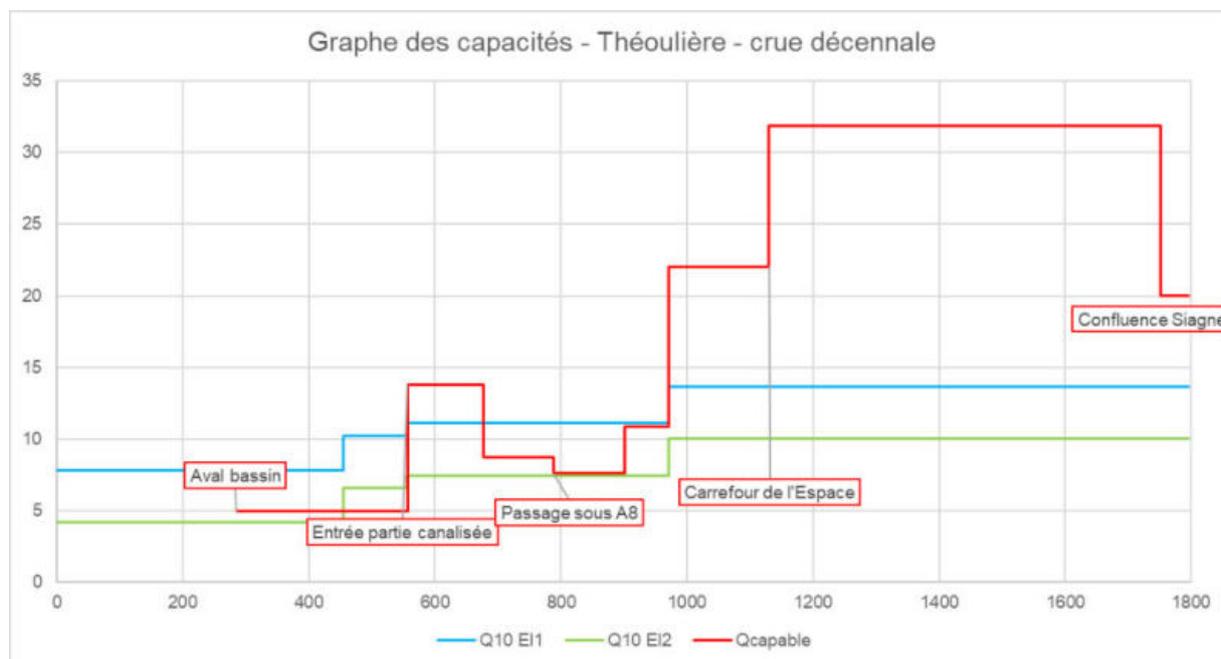


Figure 4-7 : Graphe des capacités de la Théoulière pour la crue décennale pour l'état initial 1 et l'état initial 2

Crue trentennale :

Comme montré dans le paragraphe 4.2.1, le bassin de rétention surverse pour la crue trentennale. La surverse du bassin est activée environ 20 min après le pic de crue et son débit est de 3 m³/s. Le bassin a pour effet de réduire les inondations au niveau du secteur 2. En particulier, la partie enterrée sur le secteur 2 devient capacitaire, comme le montre le graphe des capacités ci-dessous. De l'eau se répand néanmoins sur le chemin de la Théoulière : elle est due aux débordements de l'affluent amont. Le passage enterré de l'affluent a une capacité hydraulique faible (1.2 m³/s).

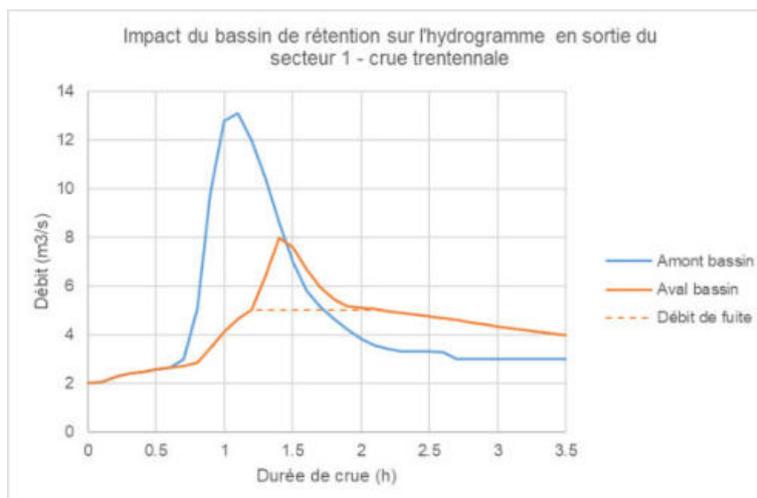


Figure 4-8 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue trentennale

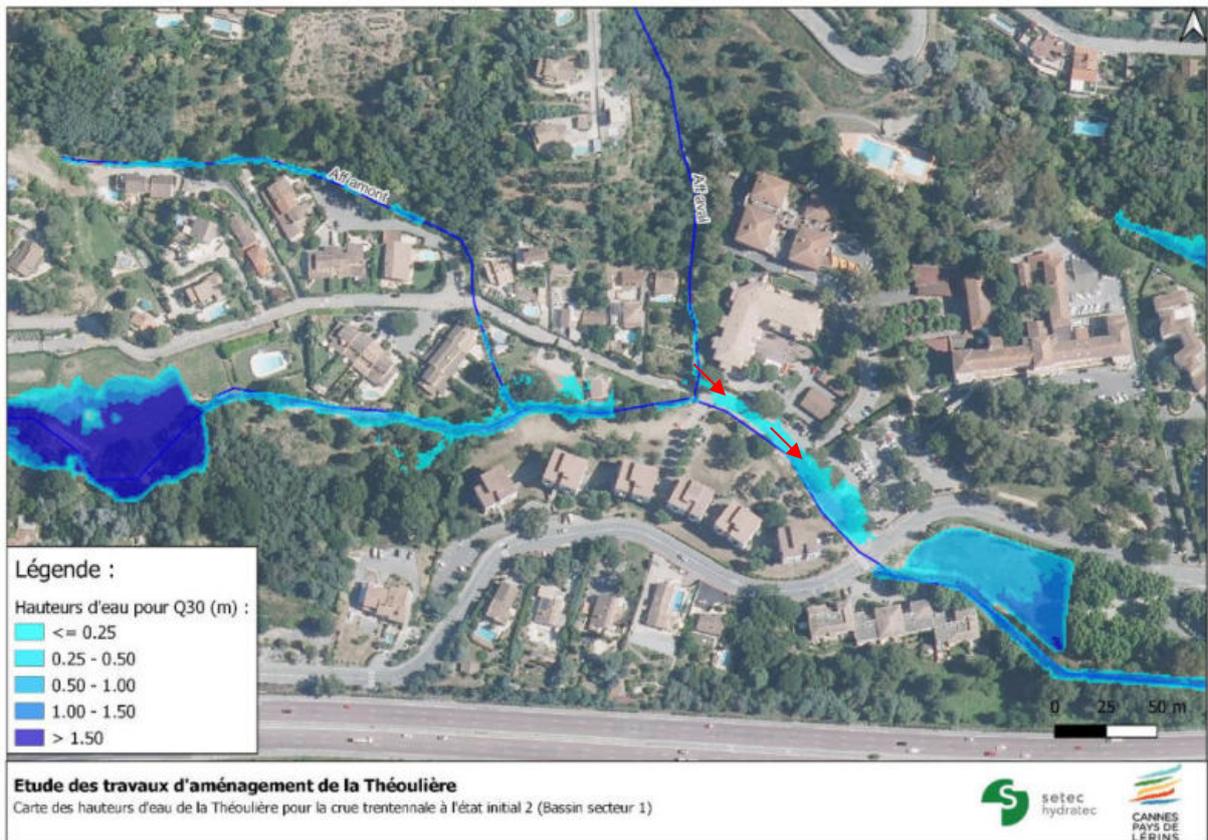


Figure 4-9 : Carte des emprises inondées pour la crue trentennale à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)

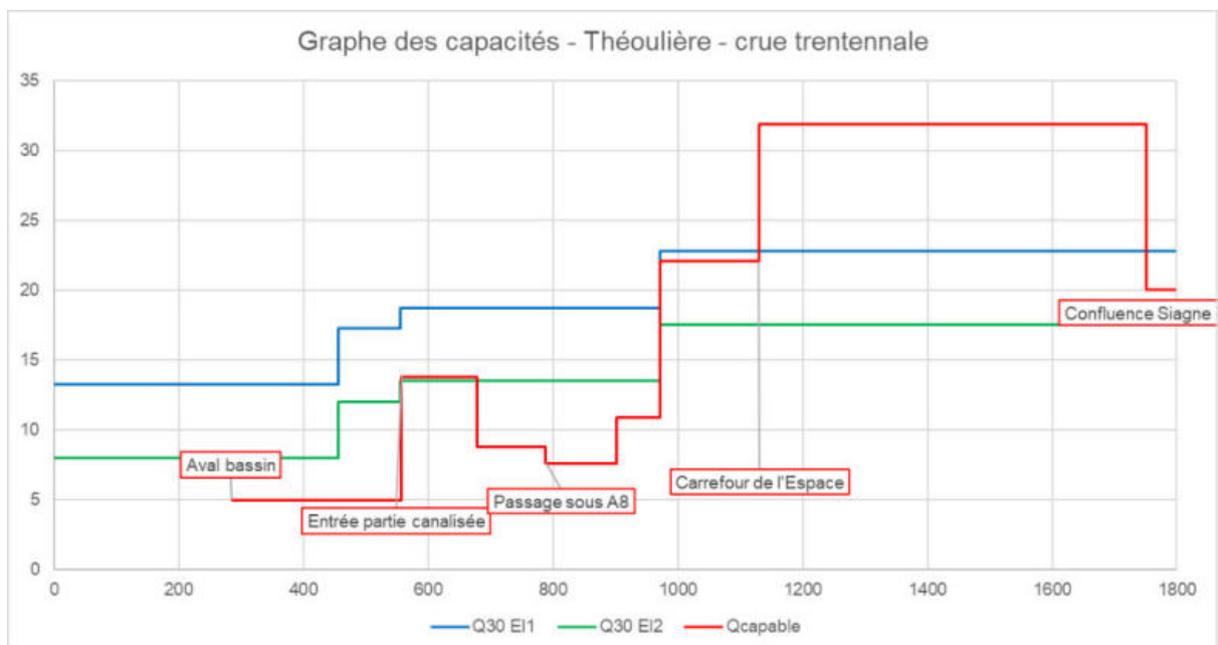


Figure 4-10 : Graphe des capacités de la Théoulière pour la crue trentennale pour l'état initial 1 et l'état initial 2

Crue cinquantennale :

Pour la crue cinquantennale, le bassin continue son rôle d'écrêteur de crue avec un taux d'écrêtement du débit de crue de 24 %. Le débit de surverse atteint les 7 m³/s, ce qui provoque des débordements de la Théoulière sur les deux berges. Pour cette crue, l'affluent amont sort aussi de son lit et ses débordements viennent s'ajouter à ceux de la Théoulière. Enfin, le cadre en amont du bassin existant n'est plus capacitaire, ces débordements viennent donc s'ajouter à ceux de l'affluent aval. Ces eaux se répandent donc sur la rue Jean Monet et contournent le bassin existant. Elles rejoignent ensuite le lit mineur de la Théoulière sur le secteur 3.

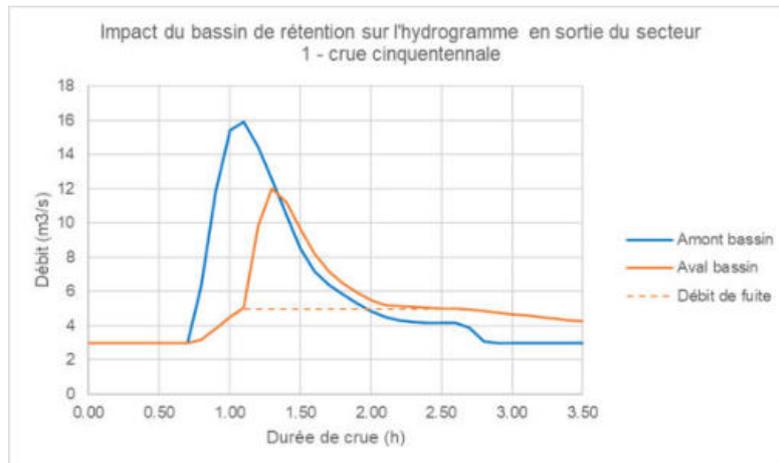


Figure 4-11 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue cinquantennale

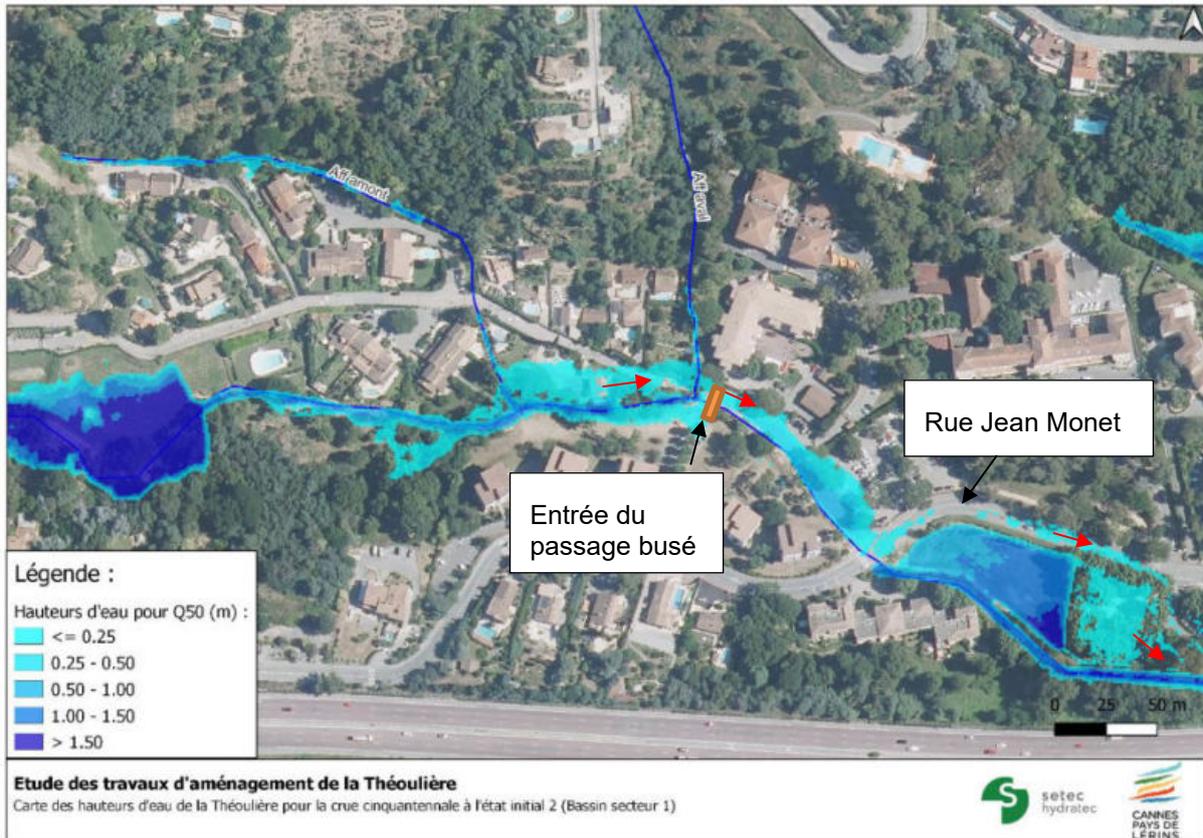


Figure 4-12 : Carte des emprises inondées pour la crue cinquantennale à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)

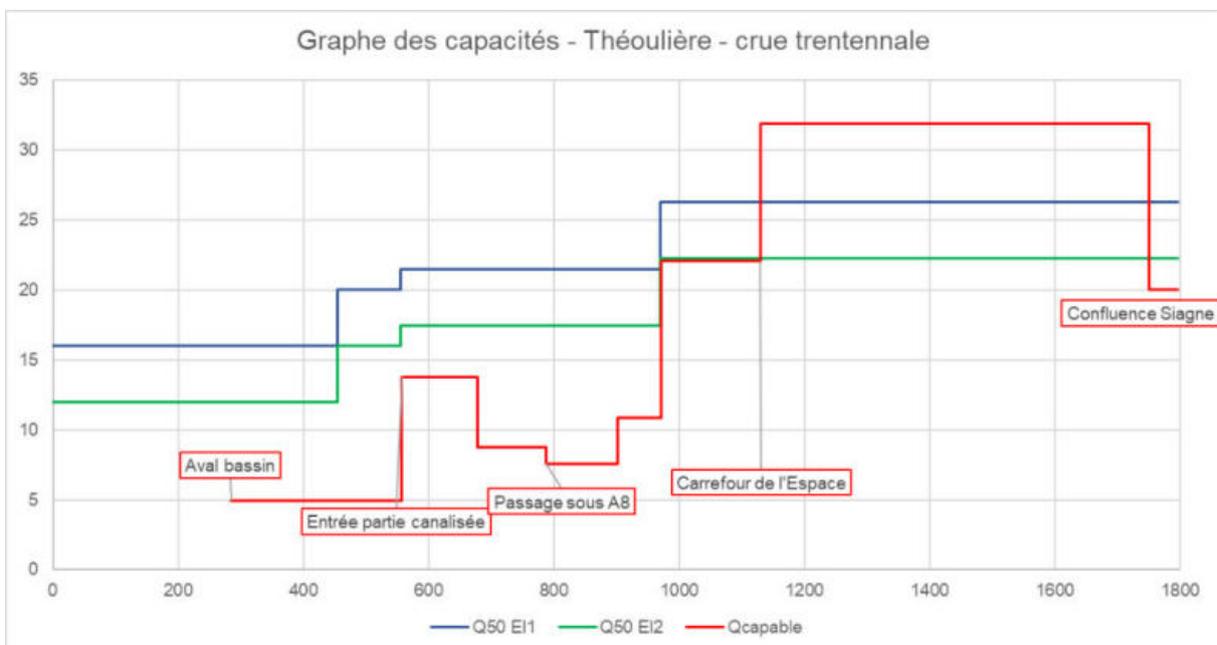


Figure 4-13 : Graphe des capacités de la Théoulière pour la crue cinquantennale pour l'état initial 1 et l'état initial 2

Crue centennale :

Le bassin continue d'exercer son rôle pour la crue centennale, mais celui-ci est atténué par rapport aux précédentes crues. En effet, le taux d'écrêtement est de 18%, et le débit en sortie du bassin est de 16 m³/s. Celui-ci, additionné aux débits centennaux des deux affluents, provoque d'importantes inondations sur tout le secteur d'étude. En effet, les eaux se répandant sur la rue Jean Monet ne retournent pas toutes dans le lit mineur au niveau du secteur 3 car la buse de passage sous l'A8 n'est plus capacitaire. Les eaux se répandent donc en aval de l'autoroute en empruntant la rue Jean Monet.

Les débordements observés au long du secteur 4 dans l'état initial 1 (configuration PPRI) ne se produisent plus grâce à la présence du bassin.

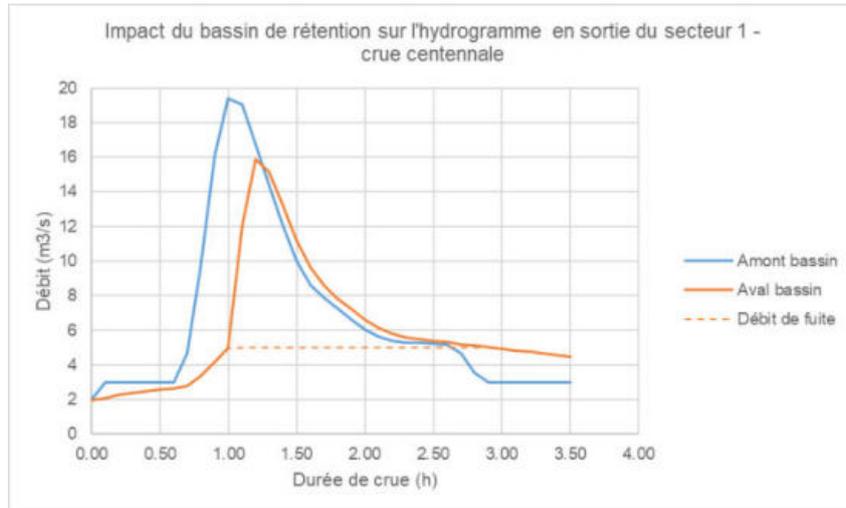


Figure 4-14 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue centennale

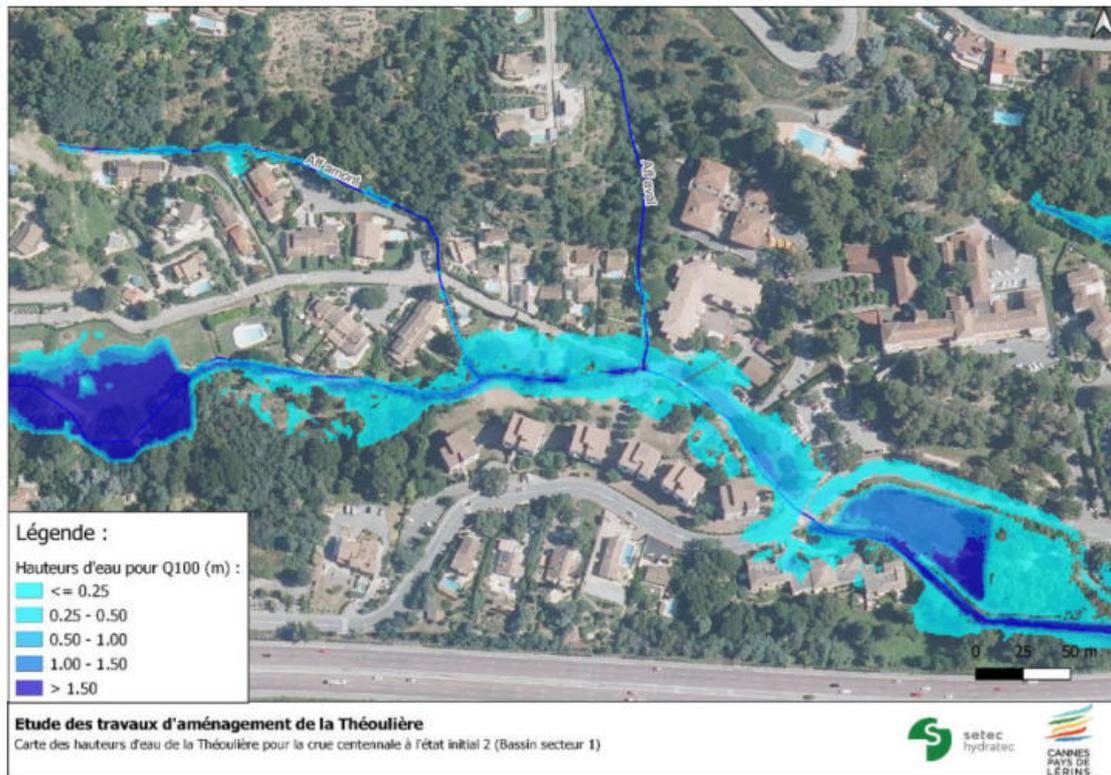


Figure 4-15 : Carte des emprises inondées pour la crue centennale à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)

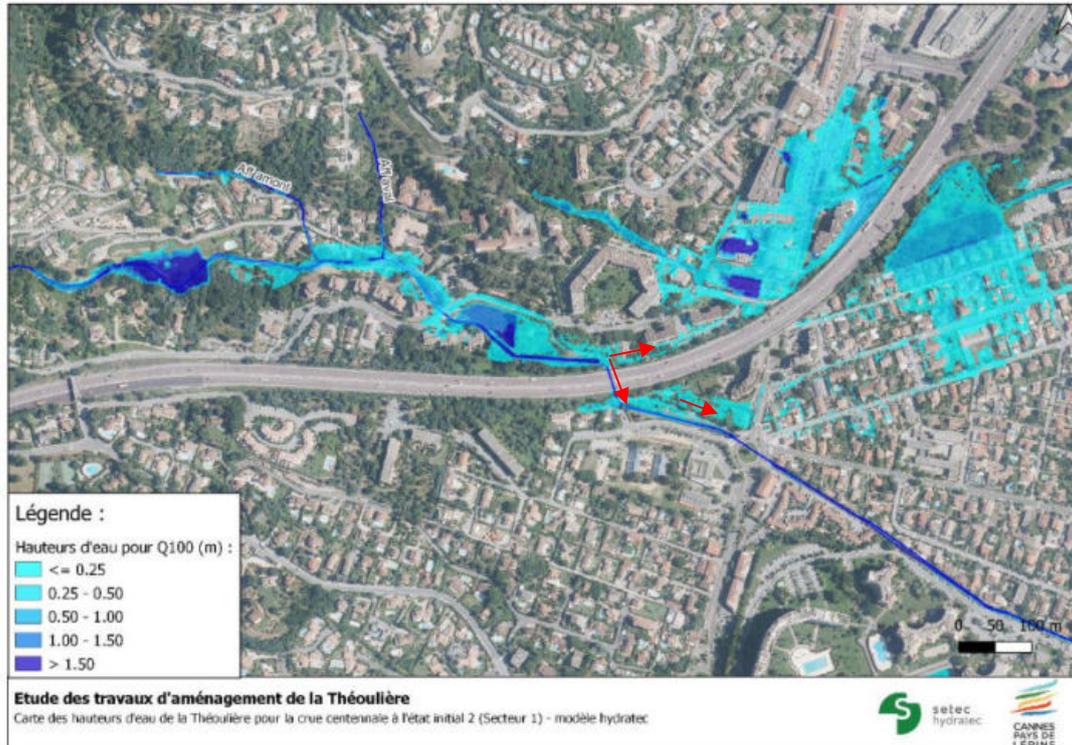


Figure 4-16 : Carte des emprises inondées sur tout le secteur d'étude - crue centennale EI2

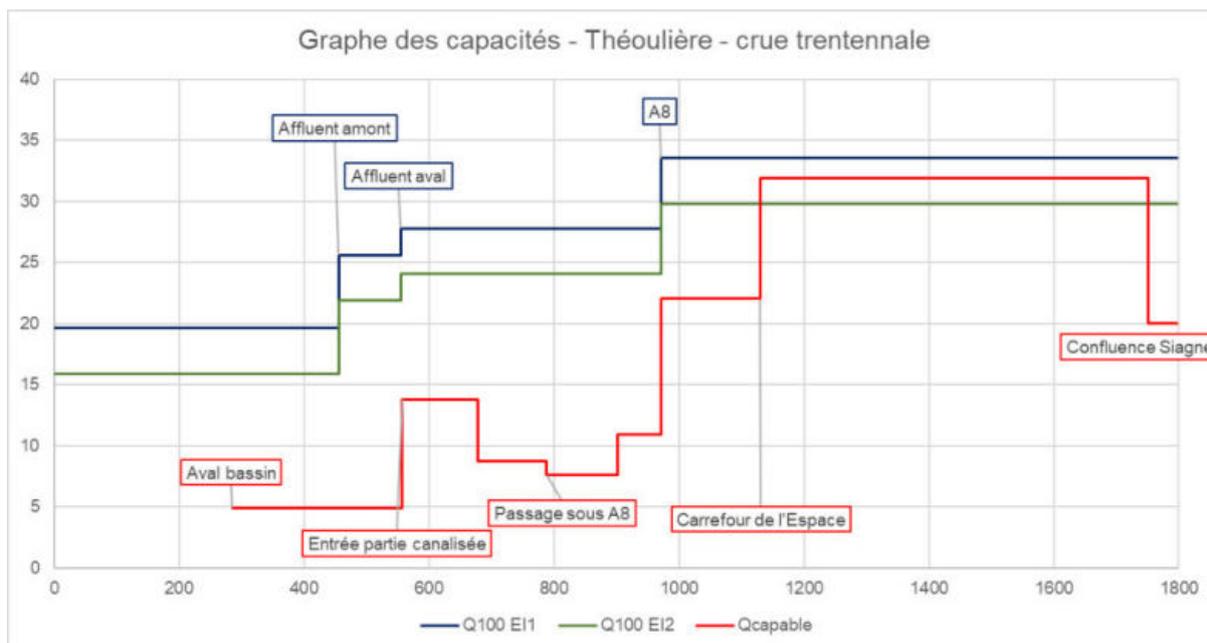


Figure 4-17 : Graphe des capacités de la Théoulière pour la crue centennale pour l'état initial 1 et l'état initial 2

Crue du 05 octobre 2015 :

La crue 2015 a été de plus longue durée et avec un débit de pointe plus important que les crues de dimensionnement. Son volume est donc élevé et est presque 6 fois plus important que le volume de dimensionnement du bassin. Le bassin s'est donc rempli avant l'apparition du pic de crue, comme on peut le voir sur le graphe ci-dessous. Le bassin n'a donc pas de rôle d'écrêtement pour une crue de ce type et le fonctionnement hydraulique de la Théoulière est le même que dans l'état initial.

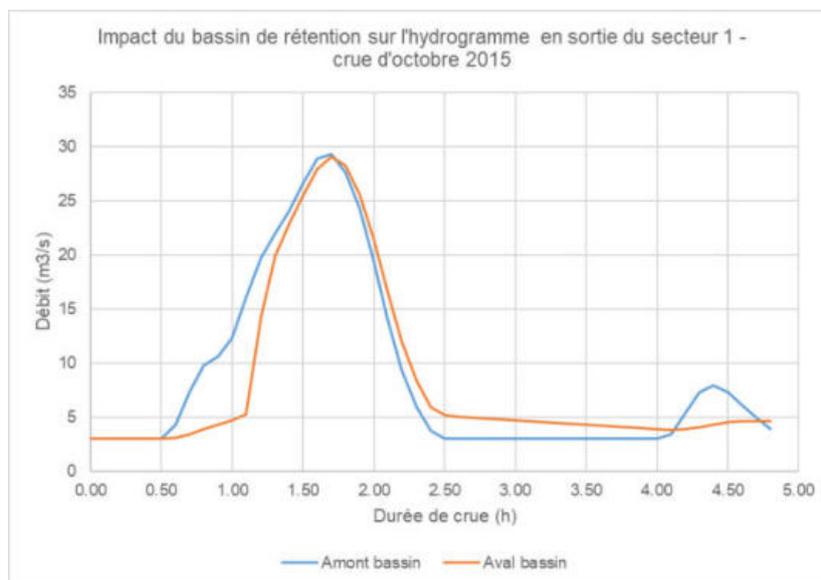


Figure 4-18 : Comparaison des hydrogrammes en entrée et en sortie du bassin secteur 1 pour la crue d'octobre 2015

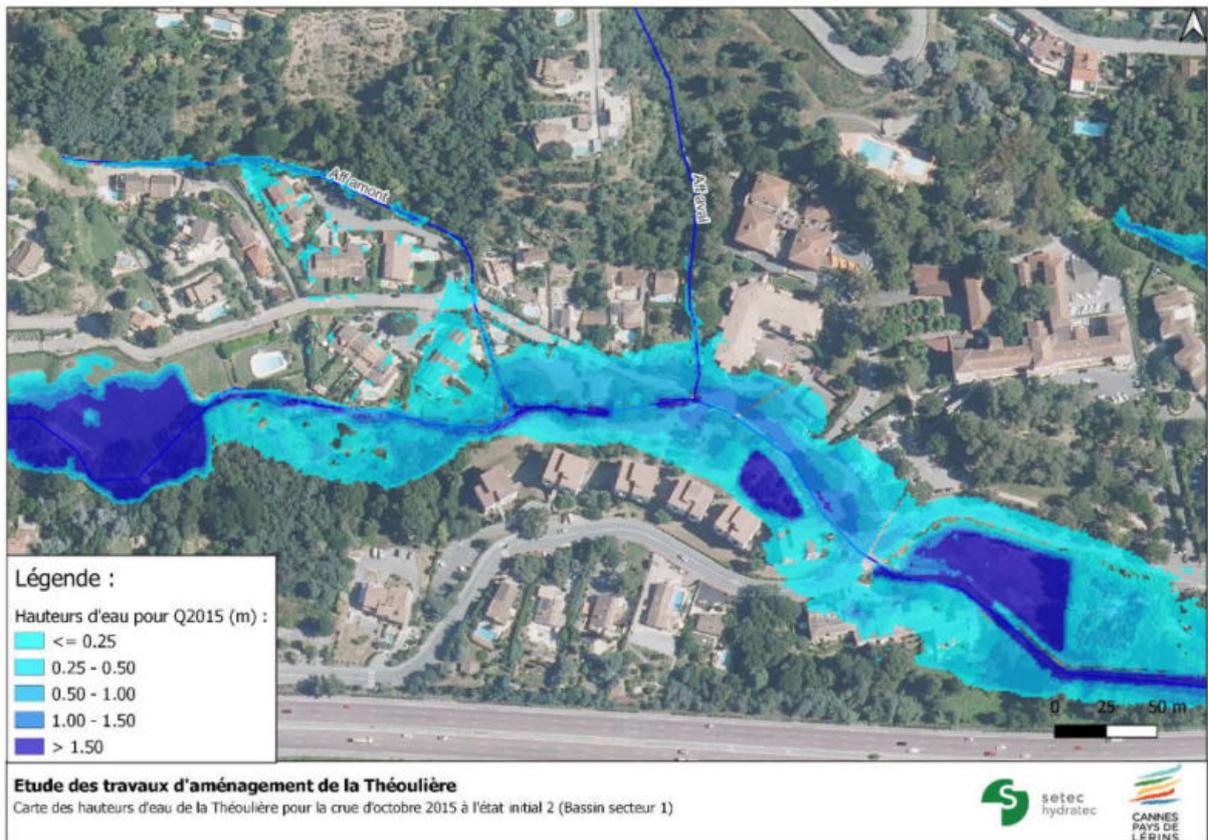


Figure 4-19 : Carte des emprises inondées pour la crue d'octobre 2015 à l'état initial 2 (avec le bassin Secteur 1)

Ci-après, la représentation graphique des différents profils en long de la Théoulière de l'amont du secteur 1 jusqu'à sa confluence avec la Siagne, et pour chacune des crues étudiées.

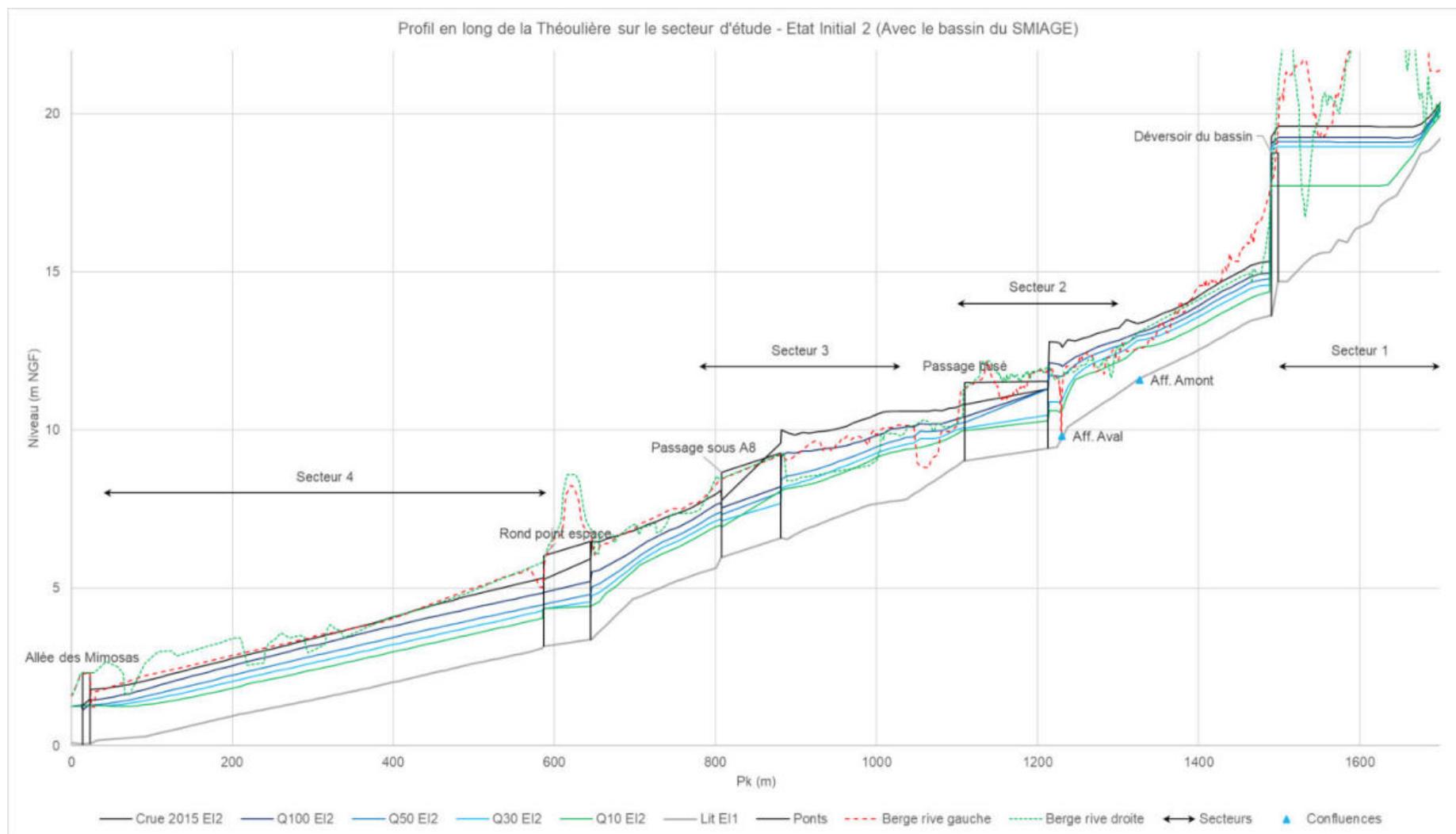


Figure 4-20 : Profil en long de la Théoulière pour les différentes crues dans l'état initial 2 (avec le bassin du SMIAGE en secteur 1)

4.3 IMPACT HYDRAULIQUE DU BASSIN

D'après l'analyse du fonctionnement hydraulique il a été observé que :

- Le bassin joue un rôle d'écrêtement dès la crue décennale et jusqu'à la crue centennale.
- Le bassin n'a aucun rôle de réduction du débit de pointe lors d'une crue type 2015.
- Avec le bassin, le cadre secteur 2 déborde à partir de la crue cinquantennale, alors qu'il déborde à partir d'une crue trentennale sans le bassin.
- Des débordements sont observés en aval de l'A8 qu'à partir de la crue centennale, alors qu'ils sont observés à partir d'une crue cinquantennale sans le bassin.

Pour comparer plus finement les emprises inondées avec et sans bassin, une comparaison des profils en long et des cartes d'impacts a été réalisée pour la crue centennale et décennale. Pour la crue décennale, les légers débordements constatés à l'aval du secteur disparaissent. Pour la crue centennale, le bassin réduit significativement les emprises inondées sur les secteurs 2 et 3. De plus, le bassin baisse la ligne d'eau de 15 cm sur les secteurs 3 et 4, ce qui permet d'éviter les débordements sur le secteur 4 et réduit grandement les inondations au droit de l'église (-20 cm) et en aval de l'autoroute (-10 cm).

De plus, une comparaison des débits transitant dans la Théoulière en amont immédiat des secteurs 3 et 4 a été réalisée. Les débits de crue sont plus faibles grâce au rôle d'écrêtement du bassin et les différences permettent de réduire grandement les inondations, en particulier en aval de l'A8.

Table 3 : Tableau de comparaison des débits

Secteur	Point	Q10 EI1	Q10 EI2	Q100 EI1	Q100 EI2
3	Aval bassin	10.5	8	15.9	15.4
	Amont buse	10.5	8	21.6	19.0
4	Aval autoroute	10.5	8	21.9	19.3
	Amont secteur 4	12.2	9	26.79	21.8

Les cartes ci-dessous montrent les impacts du bassin de rétention sur les hauteurs d'eau.



Figure 4-21 : Carte d'impact de la construction du bassin du SMIAGE sur les hauteurs d'eau pour la crue décennale



Figure 4-22 : Carte d'impact de la construction du bassin du SMIAGE sur les hauteurs d'eau pour la crue centennale

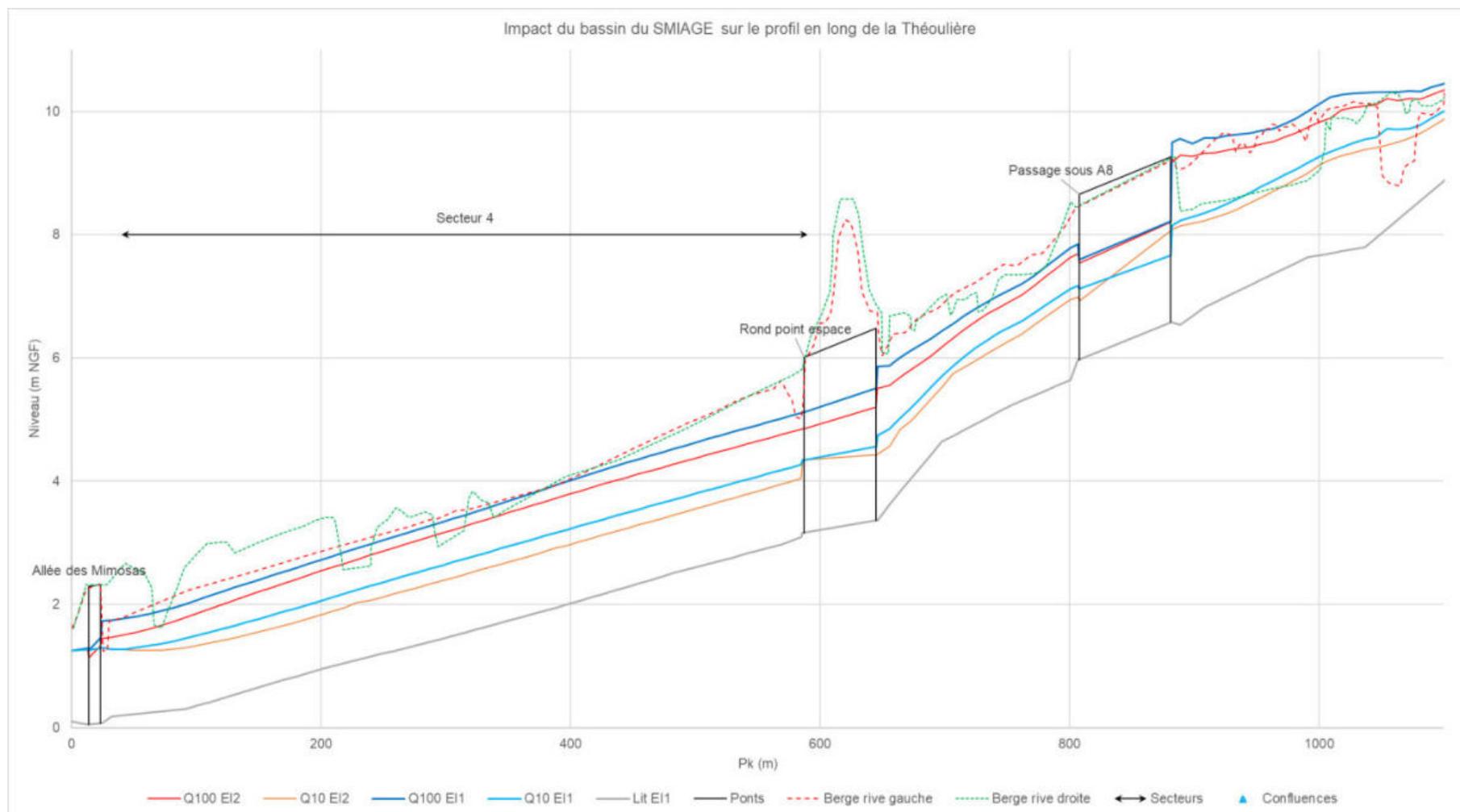


Figure 4-23 : Profil en long comparatif entre l'état initial 1 (PPRI) et l'état initial 2 (bassin SMIAGE)

4.4 CONCLUSION

La crue de dimensionnement du bassin est de durée intense très faible par rapport aux crues de projet utilisées pour l'établissement du PAPI. La surverse du bassin de rétention du SMIAGE, dimensionné pour une crue centennale, est alors activée dès la crue trentennale. La réduction des inondations est donc limitée sur l'amont du passage sous l'A8, de plus qu'une grande partie des venues d'eau en crue d'occurrence rare (30 ans à 50 ans) est due aux débordements des affluents de la Théoulière. Néanmoins, le bassin a un effet écrêteur jusqu'à la crue centennale incluse où il abaisse les lignes d'eau de 15 cm.

La réalisation du bassin a donc un impact positif sur les débits de dimensionnement des aménagements sur les secteurs 3 et 4.

5. ETAT INITIAL AVEC LES AMENAGEMENTS PREVUS PAR LE SMIAGE SUR LES SECTEURS 1 ET 2 (EI3)

5.1 MODELISATION DU RECALIBRAGE DE LA THEOULIERE

Le modèle état initial avec le bassin (secteur 1) est modifié afin d'intégrer, sur la base des coupes types de l'avant-projet sommaire, le recalibrage de la Théoulière et de ses affluents. La côte de fond du lit sur les différents tronçons a été calculée à partir des côtes de fond des profils levés à chaque extrémité de secteur. La pente est supposée constante par tronçon. Quatre secteurs ont été identifiés, ils sont localisés sur la carte ci-dessous :

- L'aval immédiat du bassin du SMIAGE
- L'affluent amont de la Théoulière
- La Théoulière entre les deux affluents
- La partie busée de la Théoulière (en aval de l'affluent aval)

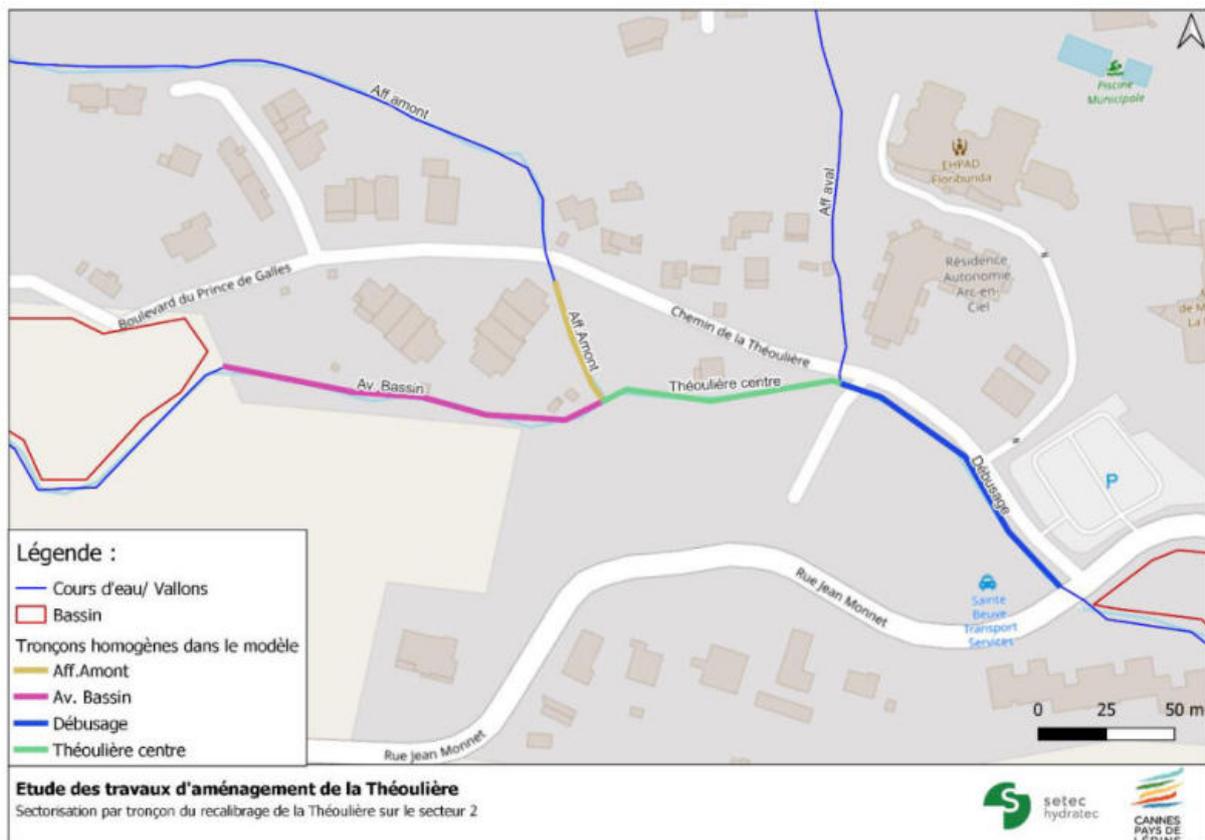


Figure 5-1 : Sectorisation en tronçons du recalibrage de la Théoulière (secteur 2)

5.1.1 La Théoulière en aval du bassin du SMIAGE

L'Avant-Projet Sommaire du SMIAGE prévoit d'élargir le lit de la Théoulière en aval immédiat du bassin d'écroulement du Secteur 1. La coupe type du lit de la Théoulière est présentée dans la figure ci-dessous. Elle a été dimensionnée pour avoir une capacité hydraulique de 21 m³/s. Après implémentation dans le modèle hydraulique, la capacité du tronçon a été évaluée à 22.5 m³/s. Cela est cohérent avec ce qui est présenté dans l'APS.

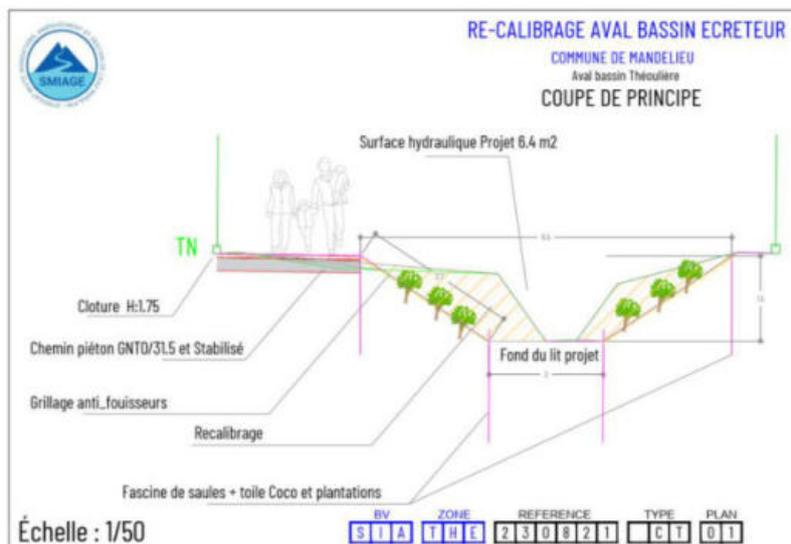


Figure 5-2 : Coupe type de la Théoulière recalibrée en aval immédiat du bassin du SMIAGE [APS Secteur 2 -SMIAGE 2023]

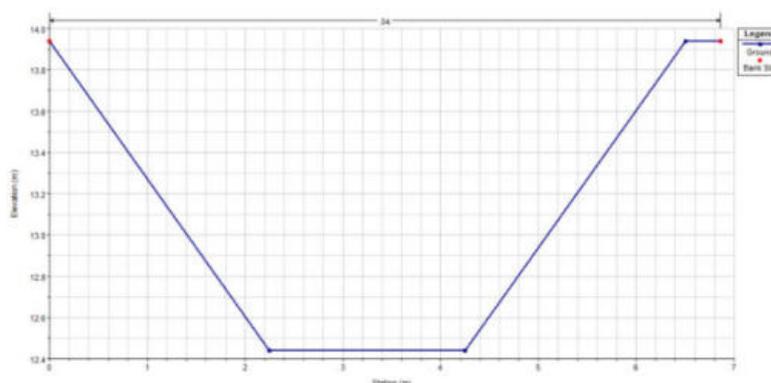


Figure 5-3 : Coupe de la Théoulière implémentée dans le modèle

5.1.2 Affluent amont

De nombreux débordements de l'affluent amont sont constatés pour des crues de forte occurrence. En particulier, les débordements se font au niveau de l'ouvrage sous la route qui a une capacité limitante de 5 m³/s (limitant pour Q50). Pour contrer ce problème, il est prévu de remplacer la buse ARMCO de passage sous route par un dalot de 2 m x 2 m de capacité hydraulique de 6 m³/s.

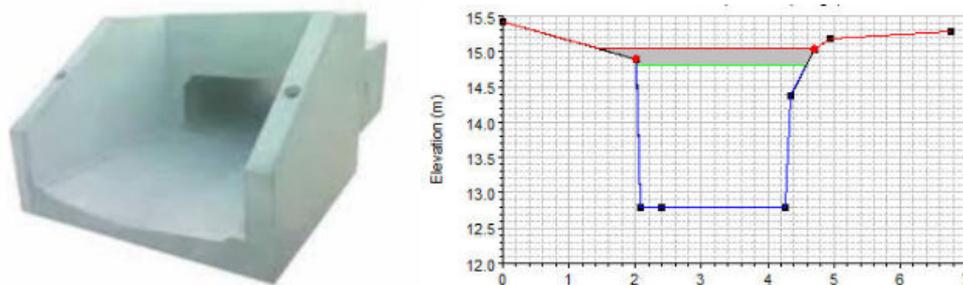


Figure 5-4 : Dalot de passage sous voies. A gauche : image de concept issue de l'APS. A droite : modélisation hydraulique pour l'état initial 3

De plus, la partie aval de l'affluent est un U en pierres maçonnées limité par deux parcelles privées. Sa faible largeur provoque des débordements fréquents. Il est prévu d'abaisser le fond du lit de 50 cm et de construire un muret en rive gauche.

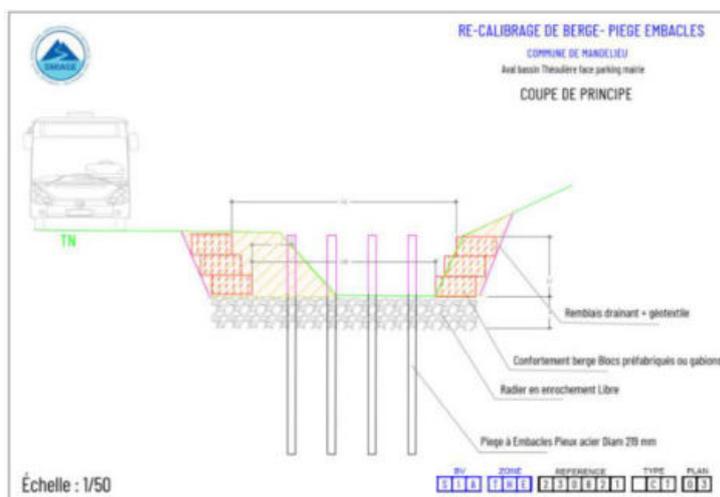


Figure 5-5 : Coupe type de l'affluent amont recalibré [APS Secteur 2 -SMIAGE 2023]

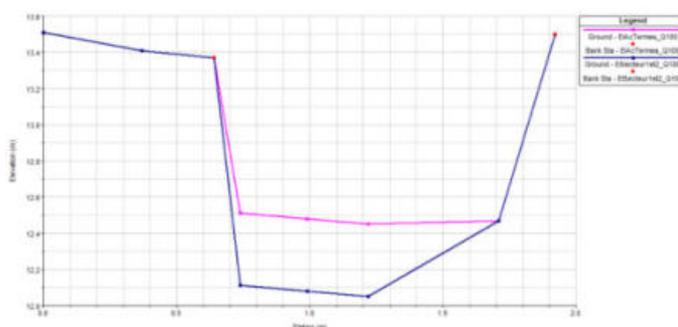


Figure 5-6 : Modification de la section hydraulique du modèle. En rose : EI PPRI. En bleu : Section recalibrée (EI3)

5.1.3 Théoulière centre

De même que pour la partie en aval immédiat du bassin du SMIAGE, la section hydraulique de la Théoulière sera augmentée pour permettre à un débit de 21 m³/s de transiter. Un confortement de berge sera ajouté en rive gauche pour limiter le nombre de parcelles privées impactées.

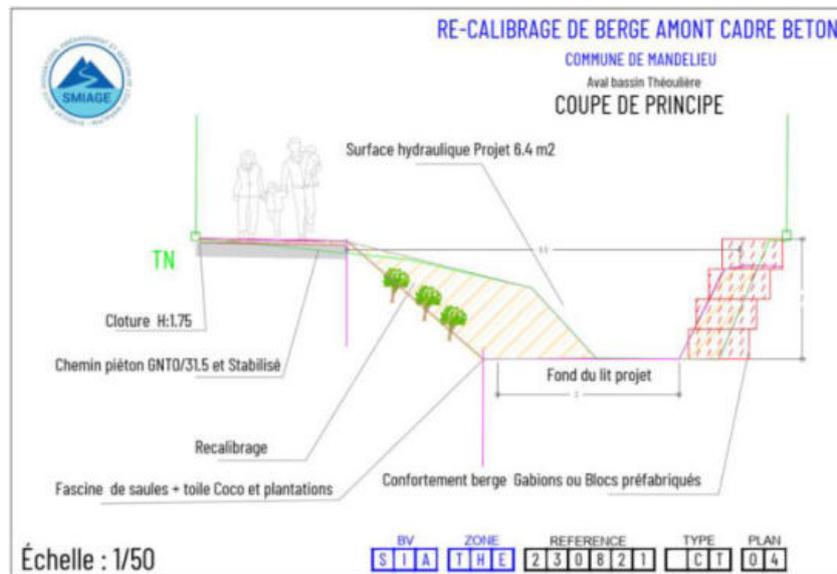


Figure 5-7 : Coupe type de la Théoulière recalibrée en aval de la confluence avec l'affluent amont [APS Secteur 2 -SMIAGE 2023]

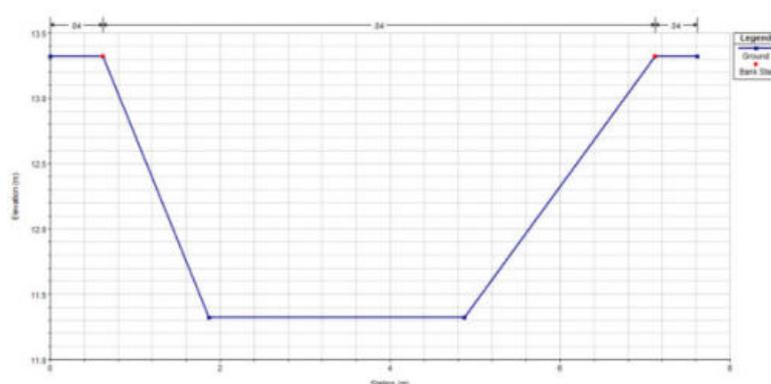


Figure 5-8 : Coupe type de la modélisation de la Théoulière centre sur le modèle hydraulique (E13)

5.1.4 Partie busée

En aval de sa confluence avec l'affluent aval, la Théoulière est actuellement busée. Cette partie enterrée pose de nombreux problèmes car sa section hydraulique est limitante. Il est proposé dans l'APS de la remplacer par un canal de 4 m de large et 1.5 m de hauteur.

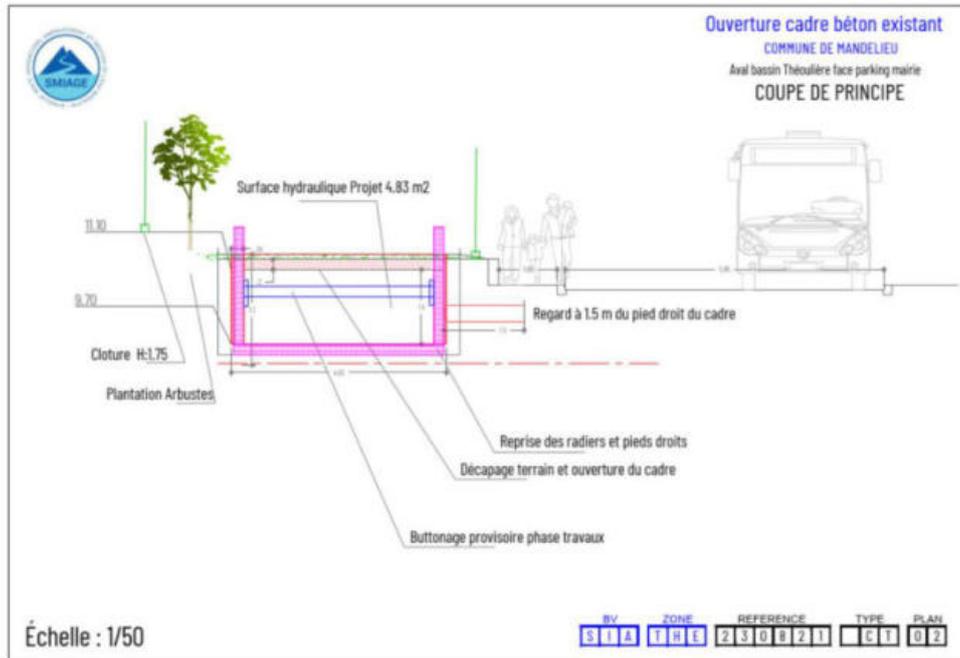


Figure 5-9 : Coupe type de la Théoulière débusée [APS Secteur 2 -SMIAGE 2023]

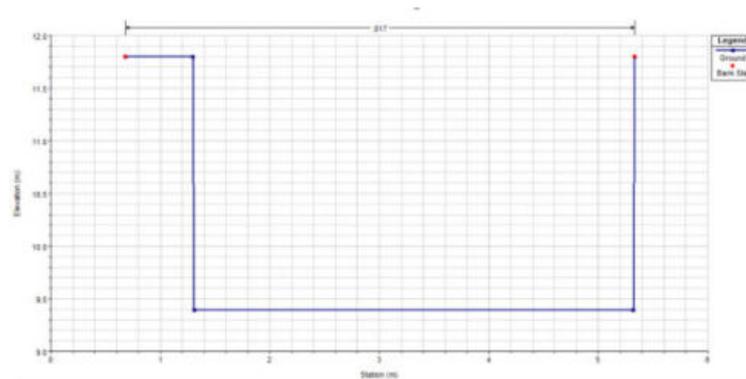


Figure 5-10 : Implémentation du U béton dans le modèle hydraulique

5.1.5 Récapitulatif des aménagements

La carte ci-dessous présente un récapitulatif des modifications apportées au modèle hydraulique pour modéliser le recalibrage de la Théoulière sur le secteur 2.

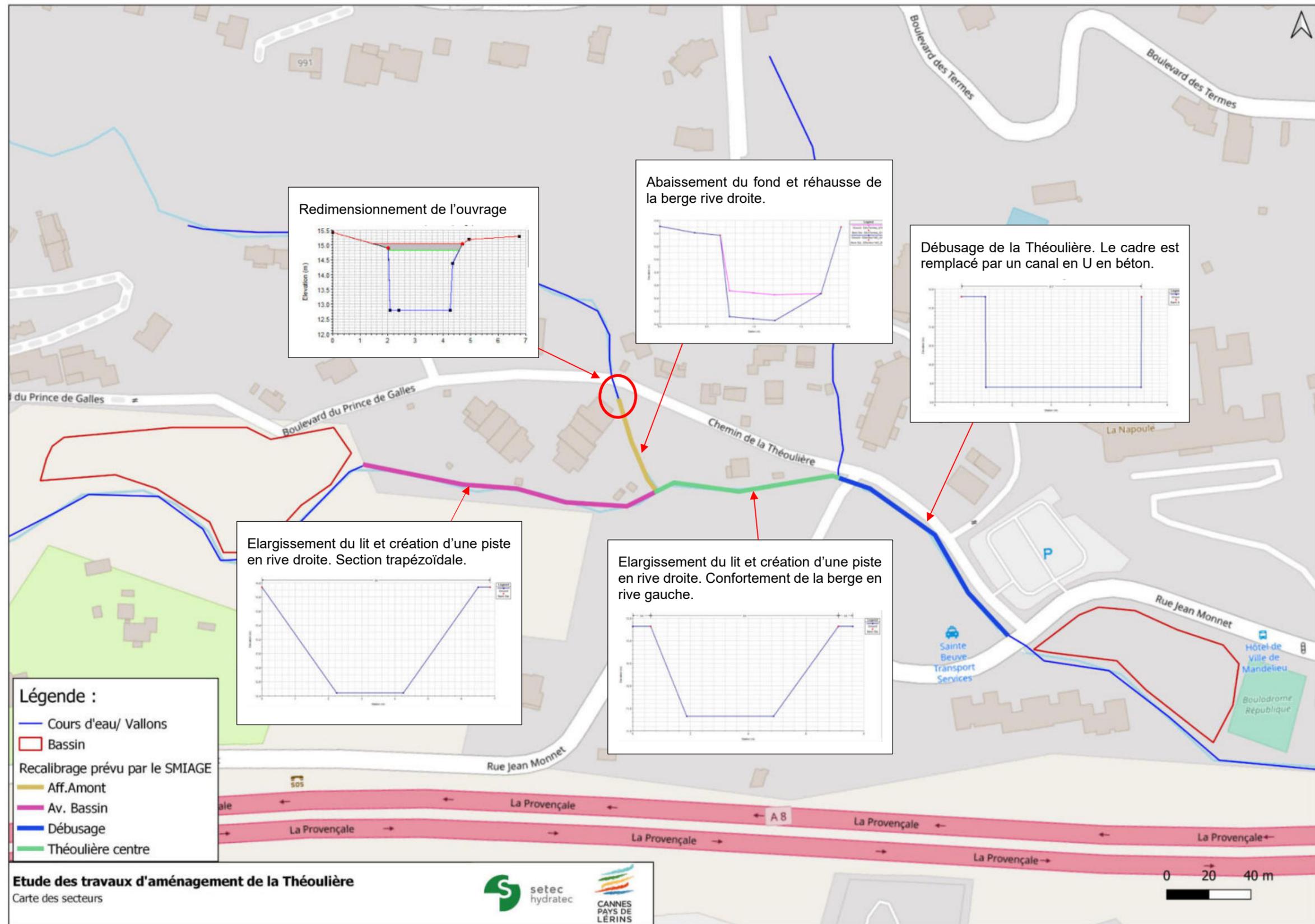


Figure 5-11 : Implémentation du recalibrage de la Théoulière dans le modèle hydraulique

5.2 CALAGE

Pour vérifier si les aménagements ont été implémentés de manière cohérente avec l'APS, les capacités hydrauliques des aménagements ont été comparées à celles annoncées dans l'APS. Le tableau ci-dessous montre les résultats par secteur. On remarque que les capacités sont globalement cohérentes avec celles annoncées.

Table 4 : Comparaison des débits capables par tronçon du secteur 2

Débit capable par tronçon secteur 2		
Tronçon	Q _{capable} modèle EI3 (m ³ /s)	Q _{capable} APS (m ³ /s)
Aval bassin	22.5	21
Affluent amont	8	9
Théoulière centre	23	21
Partie débusée	21	21

5.3 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU RECALIBRAGE

Les crues de périodes de retour suivantes ont été modélisées : 10 ans, 30 ans, 50 ans, 100 ans et la crue d'octobre 2015. Le fonctionnement hydraulique des différentes crues est présenté ci-après. Le profil en long de la Théoulière pour l'état initial 3 et le graphe des capacités mis à jour se trouvent en fin de chapitre.

Crue décennale :

L'installation du bassin du SMIAGE et le recalibrage de la Théoulière ont pour effet de complètement effacer les débordements sur la partie amont de la Théoulière pour la crue décennale.

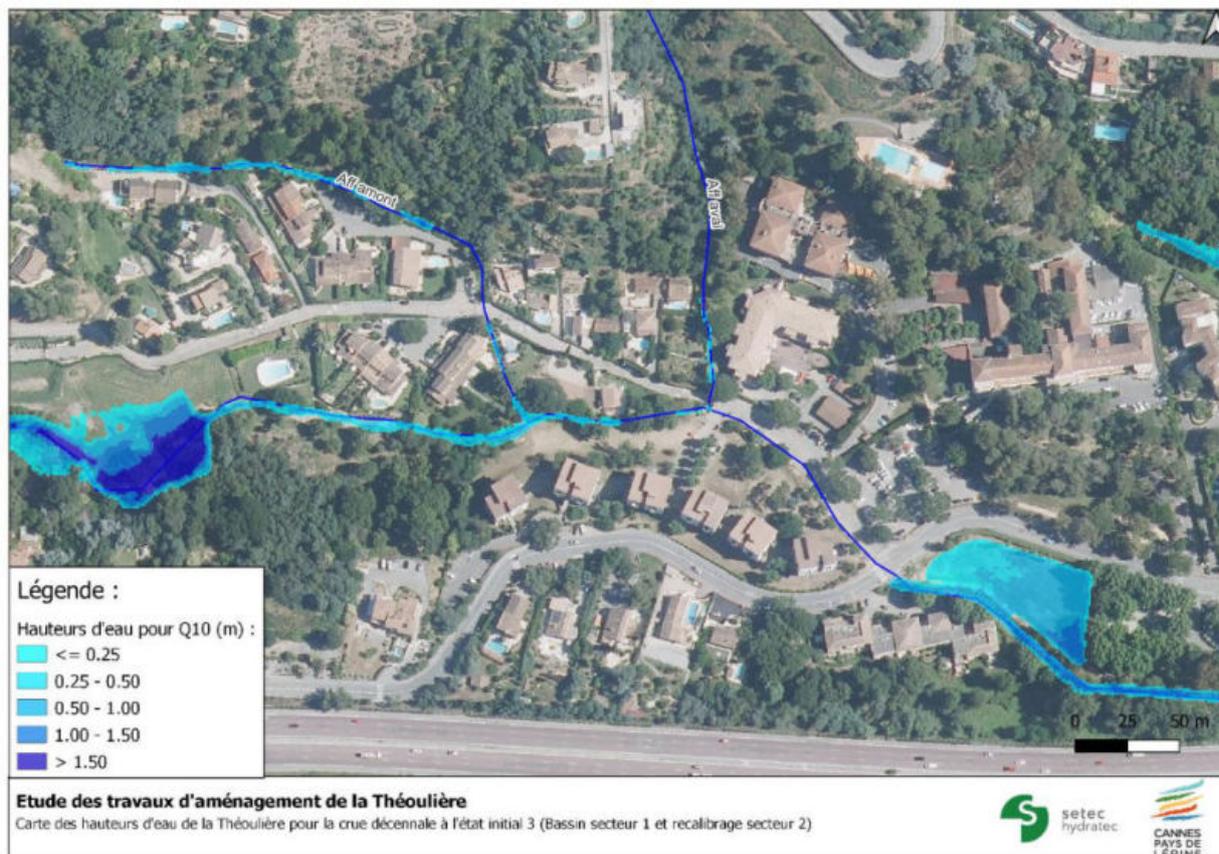


Figure 5-12 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue décennale

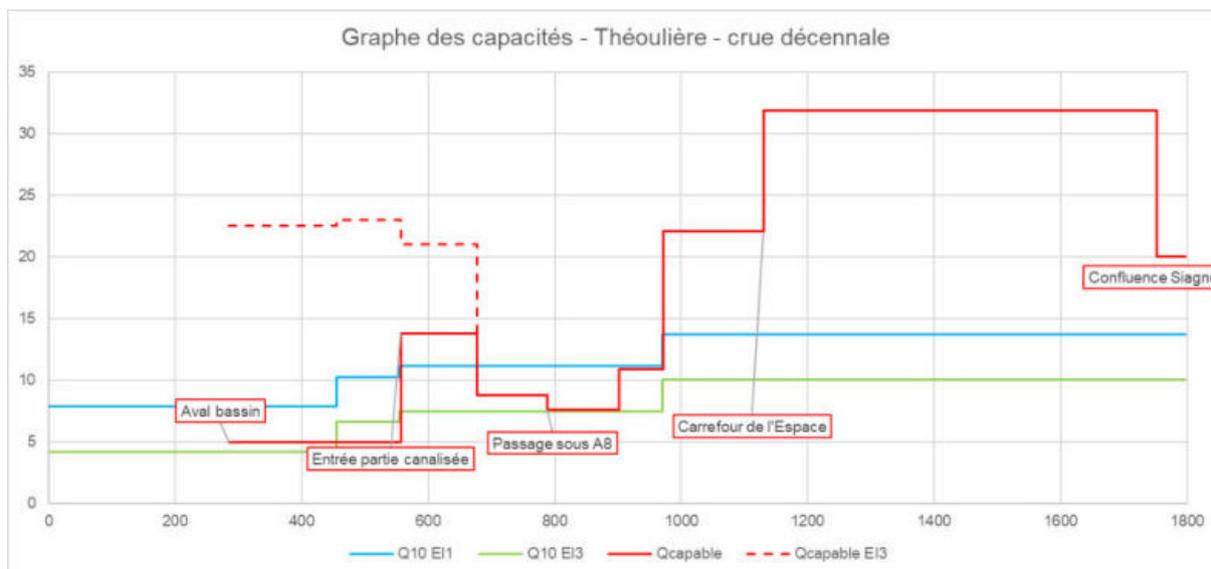


Figure 5-13 : Grphe des capacités pour l'état initial 3

Crue trentennale :

Pour la crue trentennale, les aménagements de la Théoulière ont pour effet de rendre la Théoulière capacitaire jusqu'à la fin du secteur 2. Néanmoins, de l'eau se répand sur le chemin de la Théoulière au droit du passage d bus . Cette venue d'eau est due à des débordements en amont du cadre de passage de l'affluent aval sous le chemin de la Théoulière. Il a une capacité hydraulique de 1.2 m³/s et donc surverse pour la crue trentennale (1.5 m³/s).

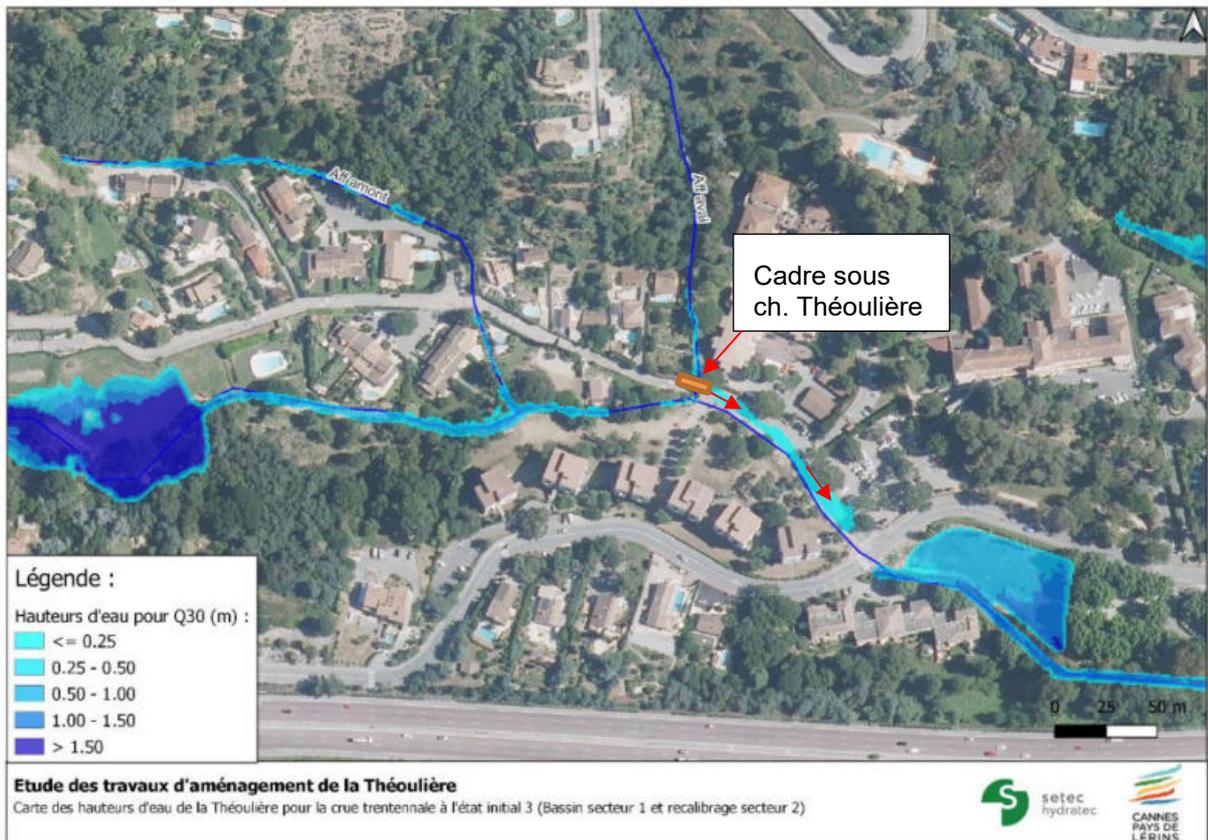


Figure 5-14 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue trentennale

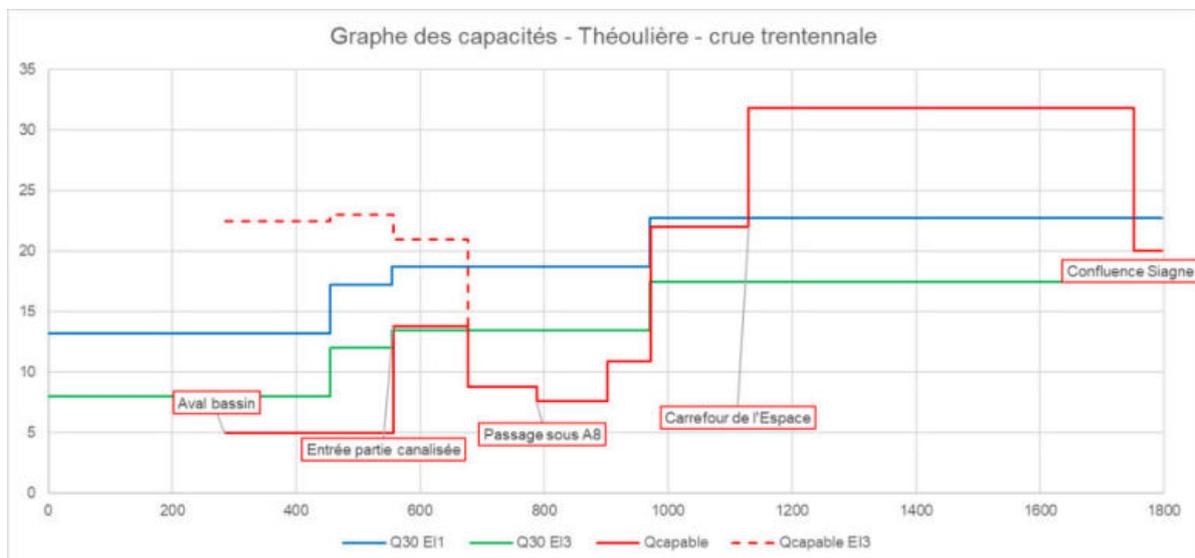


Figure 5-15 : Graphe des impacts des aménagements des secteurs 1 et 2 sur la capacité hydraulique de la Théoulière – crue trentennale

Crue cinquantennale :

Pour la crue cinquantennale, la Théoulière reste capacitaire sur le secteur 2. De légers débordements sont constatés localement en rive gauche de la Théoulière en amont immédiat de l'affluent amont. Cela est dû à une légère hausse des lignes d'eau à proximité de la confluence. Ces débordements n'impactent pas d'habitation. Pour cette crue, la partie débusée et canalisée de la Théoulière est capacitaire. Les venues d'eau sur le chemin de la Théoulière sont donc exclusivement causées par les débordements de l'affluent aval. Ces venues d'eau n'atteignent pas la rue Jean Monet et restent de faible hauteur (< 25 cm).

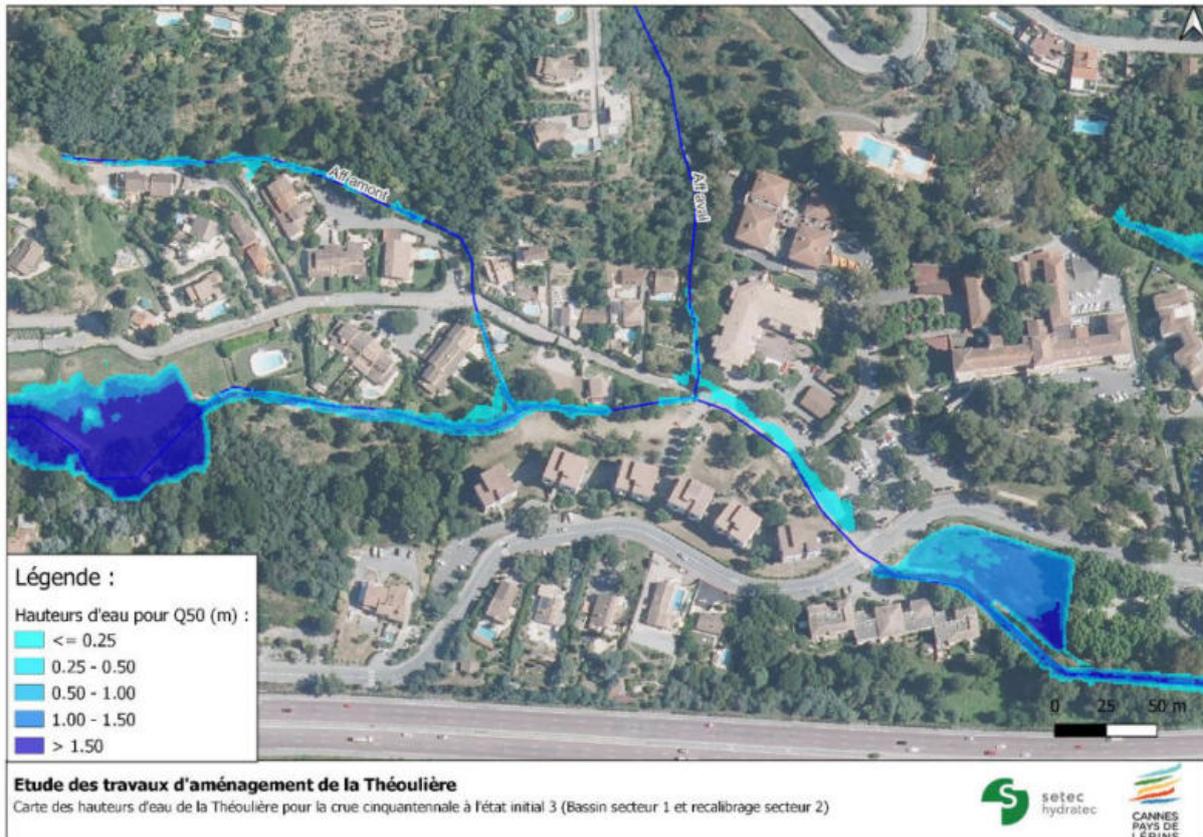


Figure 5-16 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue cinquantennale

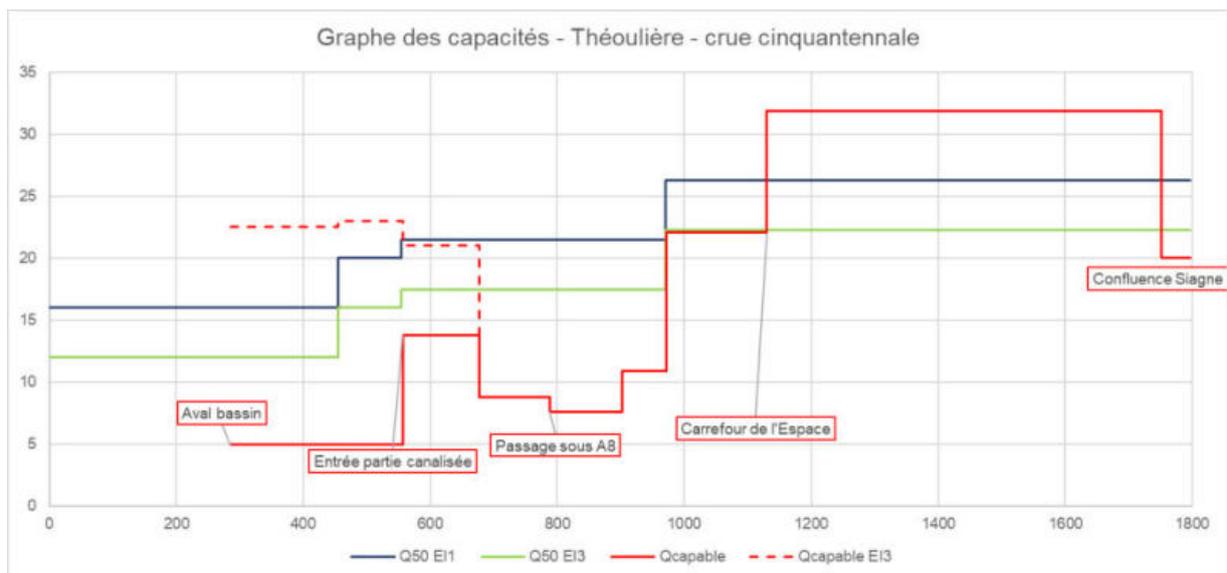


Figure 5-17 : Graphe des impacts des aménagements des secteurs 1 et 2 sur la capacité hydraulique de la Théoulière - crue cinquantennale

Crue centennale :

Pour la crue centennale, le débordement au droit de la confluence entre la Théoulière et l'affluent amont s'intensifie et les eaux se propagent en rive droite de la Théoulière. Les eaux sur le chemin de la Théoulière retournent dans le lit mineur à proximité du pont de la rue Jean Monet.

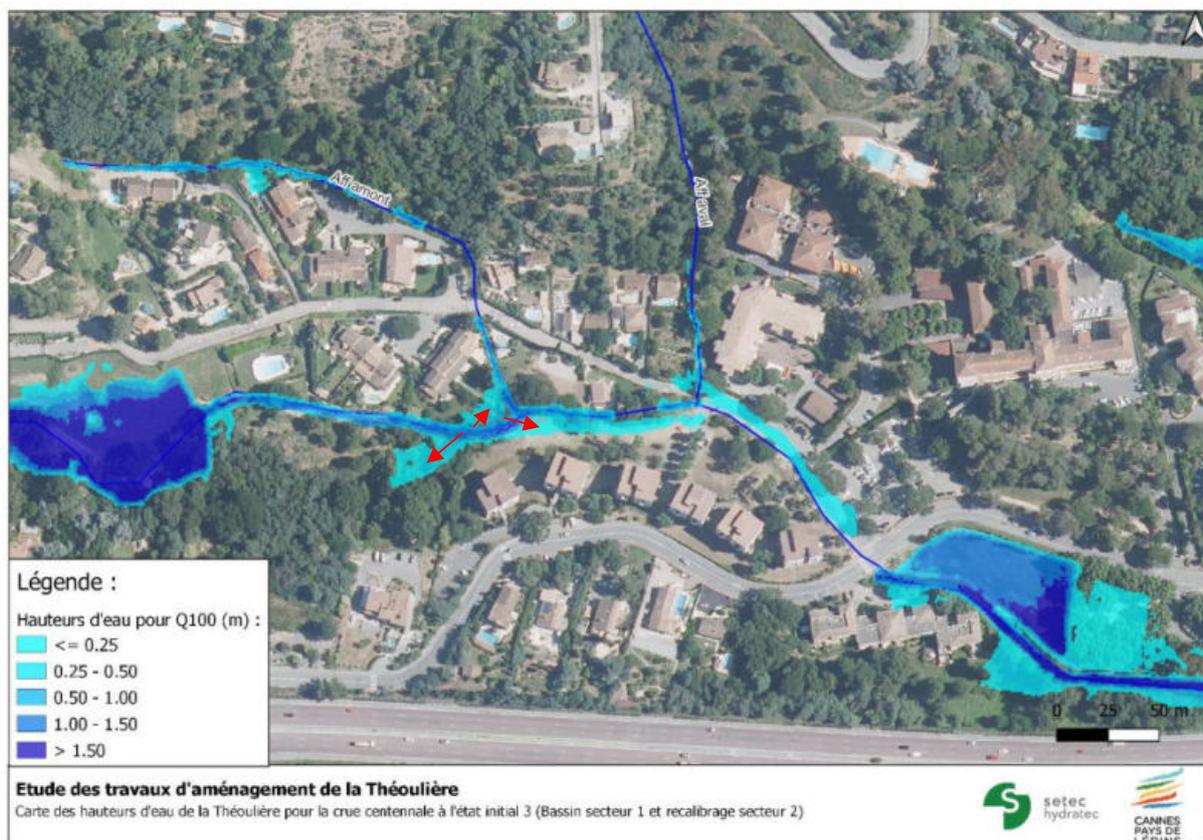


Figure 5-18 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue centennale

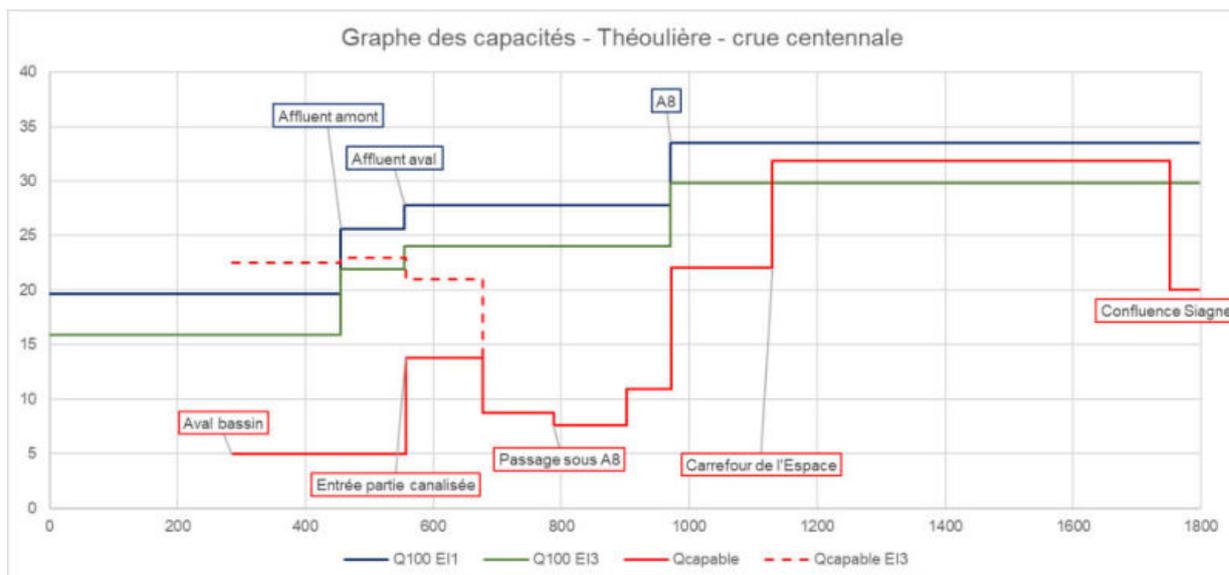


Figure 5-19 : Graphe des impacts des aménagements des secteurs 1 et 2 sur la capacité hydraulique de la Théoulière - crue centennale

Crue du 05 octobre 2015 :

Pour une crue comme celle du 05 octobre 2015, le bassin de rétention n'a pas de rôle hydraulique. Le recalibrage de la Théoulière permet de faire transiter les eaux plus facilement et donc d'abaisser les emprises inondées. En particulier, certaines habitations se situant en aval immédiat de la confluence entre l'affluent amont et la Théoulière se retrouvent hors d'eau avec le recalibrage. Pour cette crue, les emprises inondées sur les secteurs 3 et 4 sont sensiblement les mêmes que celles observées dans l'état initial 1 (configuration PPRI).

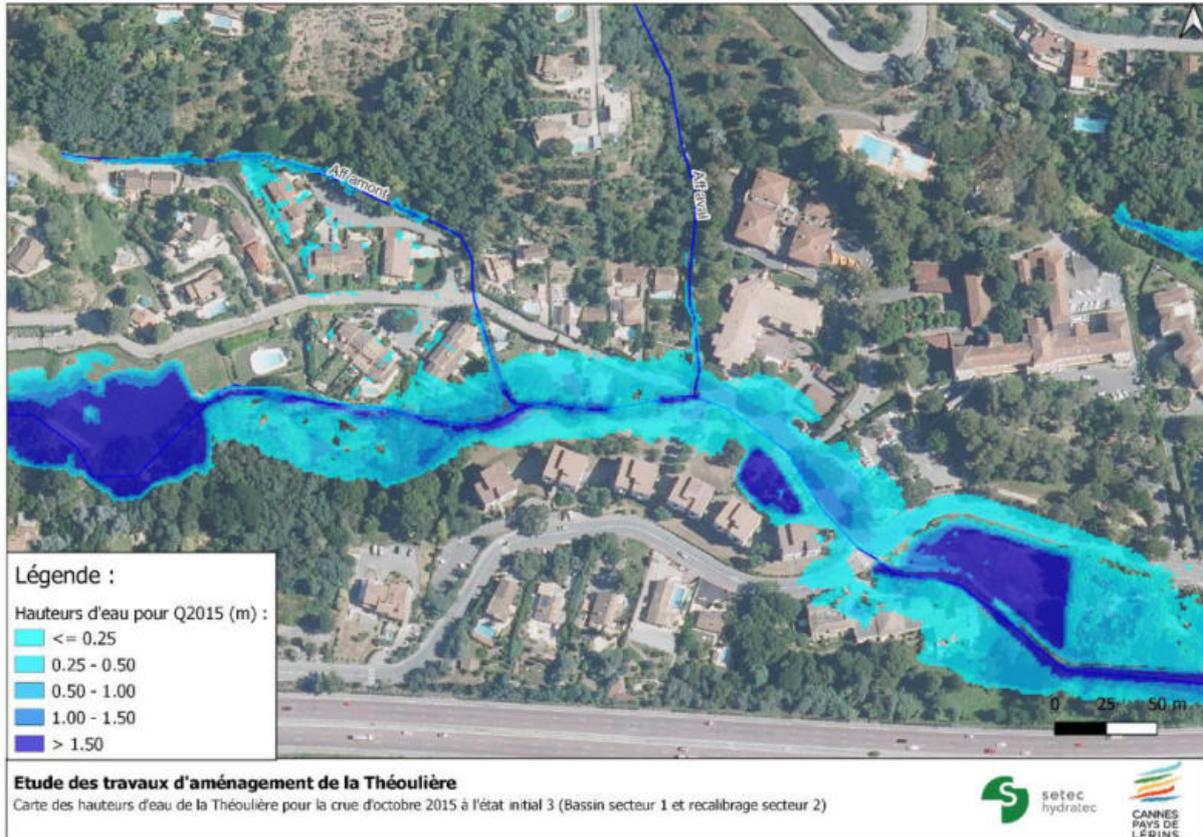


Figure 5-20 : Carte des emprises inondées dans l'état initial 2 pour la crue d'octobre 2015

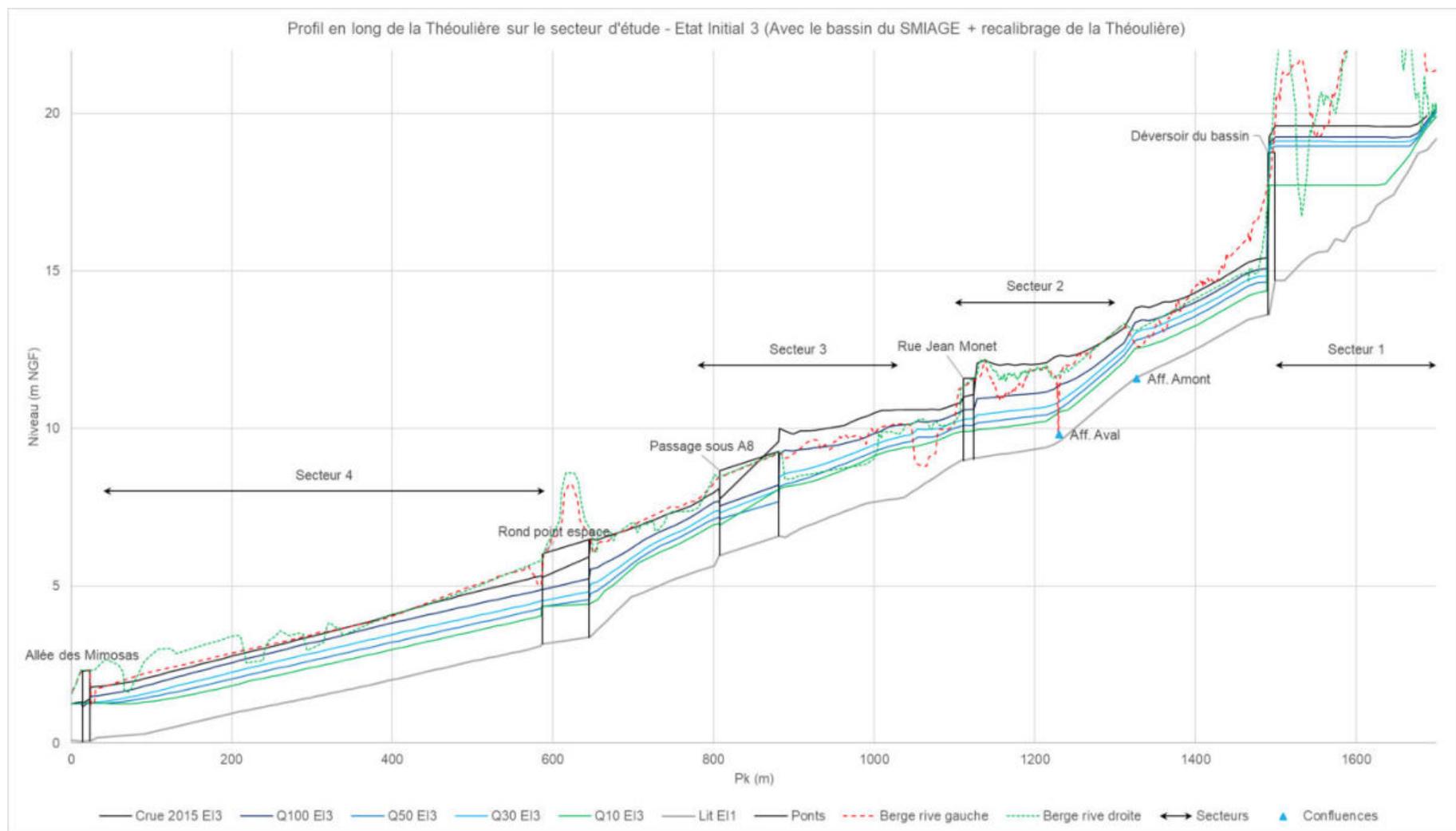


Figure 5-21 : Profil en long de la Théoulière pour les crues de projet à l'état initial 3 (bassin du SMIAGE + recalibrage de la Théoulière)

5.4 IMPACT HYDRAULIQUE DU RECALIBRAGE

Le recalibrage de la Théoulière sur le secteur 2 couplé avec la construction du bassin de rétention sur le secteur 1 a pour effet de réduire drastiquement les inondations sur le secteur 2 jusqu'à la crue centennale. Les effets du recalibrage restent notables pour une crue type octobre 2015, et ce même si le bassin du SMIAGE arrive à saturation. L'affluent aval n'ayant pas subi d'aménagement, il déborde quant à lui dès la crue trentennale.

Pour comparer plus finement les emprises inondées avec et sans les aménagements des secteurs 1 et 2, des cartes d'impacts ont été réalisées pour la crue centennale et décennale. Elles se trouvent ci-après. Comme décrit précédemment, les impacts du recalibrage sont pour la plupart concentrés sur le secteur 2, avec une réduction très importantes des hauteurs d'eau (-50 cm). Sur la carte d'impact comparant les emprises inondées avec le bassin et le recalibrage avec celles comprenant seulement le bassin, on remarque que les inondations au droit du secteur 3 (aval immédiat du bassin existant) et à la proximité du passage sous l'A8 sont légèrement supérieures avec le recalibrage. Cela est dû au fait que l'augmentation de la capacité hydraulique en amont fait transiter un débit plus important sur l'aval et provoque la saturation des cadres.

Une comparaison des débits transitant dans la Théoulière en amont immédiat des secteurs 3 et 4 a été réalisée. Le recalibrage a pour effet d'augmenter le débit capable du lit et donc les débits transitant aux secteurs 3 et 4 sont plus élevés que pour l'état initial 2.

Table 5 : Tableau de comparaison des débits

Secteur	Point	Q10 EI1	Q10 EI2	Q10 EI3	Q100 EI1	Q100 EI2	Q100 EI3
1	Aval bassin	10.5	8	8	15.9	15.4	16.1
	Amont buse	10.5	8	8	21.6	19.0	13
2	Aval autoroute	10.5	8	8	21.9	19.3	19.4
	Amont secteur 4	12.2	9	9	26.79	21.8	22.3

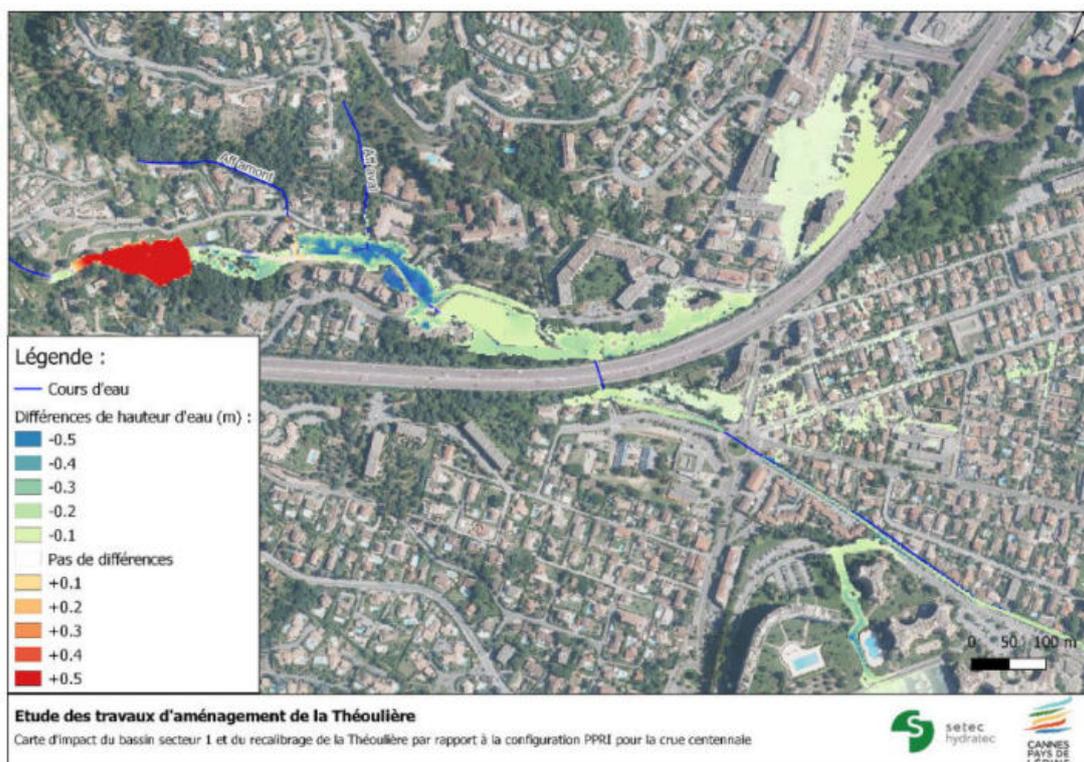


Figure 5-22 : Carte d'impact de l'état initial 3 par rapport au PPRI (EI1) sur les hauteurs d'eau pour la crue centennale

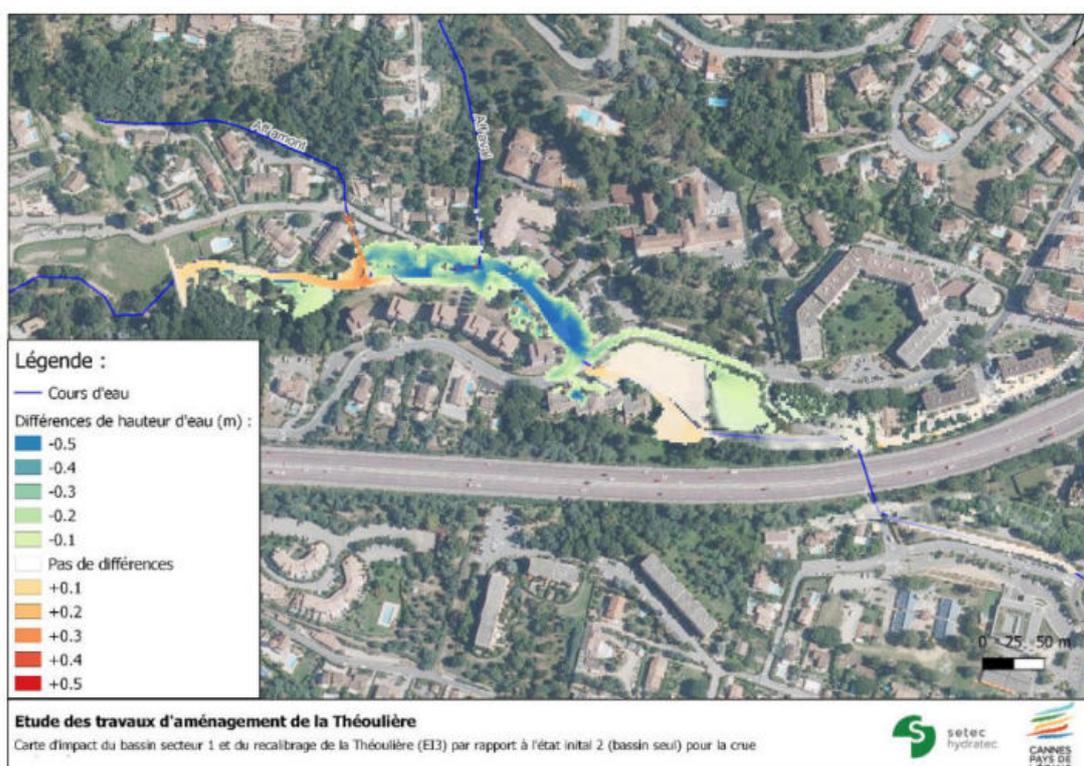


Figure 5-23 : Carte d'impact de l'état initial 3 par rapport à l'état initial 2 sur les hauteurs d'eau pour la crue centennale

5.5 CONCLUSION

Le recalibrage de la Théoulière sur le secteur 2 permet de limiter grandement les inondations de la Théoulière sur le secteur. Néanmoins, une grande partie des venues d'eau sont dues aux débordements de l'affluent aval, et à son ouvrage de passage sous le chemin de la Théoulière qui est limitant dès la crue trentennale. L'augmentation de la capacité hydraulique des tronçons du secteur 2 a pour effet d'augmenter le débit transitant dans la Théoulière au droit des secteurs 3 et 4. Jusqu'à la crue centennale, les débits restent néanmoins plus faibles que ceux qui ont servi à dimensionner les aménagements du PAPI.

6. SYNTHÈSE

En l'absence des aménagements du SMIAGE (EI1 PPRI), des débordements généralisés sont constatés dès la crue trentennale sur les secteurs 1, 2 et 3, et dès la crue cinquantennale sur le début du secteur 4. Lors d'une crue centennale, le lit de la Théoulière n'est plus capacitaire sur tout son linéaire et des débordements sont donc constatés sur tout le secteur d'étude.

L'ajout du bassin de rétention du SMIAGE sur le secteur 1 (EI2) a un impact moins important qu'annoncé dans son dimensionnement. Néanmoins, il permet d'abaisser le débit de pointe pour les crues jusqu'à la centennale. Cette baisse se répercute aux abords des secteurs 3 et 4 où le débit de pointe est diminué de 15 %.

Le recalibrage de la Théoulière sur le secteur 2 (EI3) permet de réduire les inondations au droit du secteur 2 en augmentant la capacité du mineur. Toutefois ceci augmente légèrement les débits transitant dans la Théoulière au droit des secteurs 3 et 4, mais, comme le montre le profil en long ci-après, la différence entre les lignes d'eau pour la crue centennale entre les EI2 et EI3 est négligeable (1 cm environ).

Table 6 : Tableau de comparaison des débits selon l'état initial considéré

Secteur	Point	Q10 (m ³ /s)			Q100 (m ³ /s)		
		EI1	EI2	EI3	EI1	EI2	EI3
1	Amont modèle	7.8	7.8	7.8	19.6	19.6	19.6
	Aval bassin SMIAGE	7.8	4.2	4.2	18.8	15.6	15.6
2	Confluence affluent amont	10.9	7.3	7.3	20.7	15.95	20
	Théoulière Centre	8	6	7.3	18.3	15	20
3	Aval bassin existant	10.5	8	8	15.9	15.4	19.1
	Amont buse A8	10.5	8	8	21.6	19.0	19
4	Aval autoroute	10.5	8	8	21.9	19.3	19.4
	Amont secteur 4	12.2	9	9	26.79	21.8	22.3

Une comparaison des profils en long de la Théoulière pour les différents états initiaux sur les secteurs 3 et 4 a été réalisée ci-dessous.

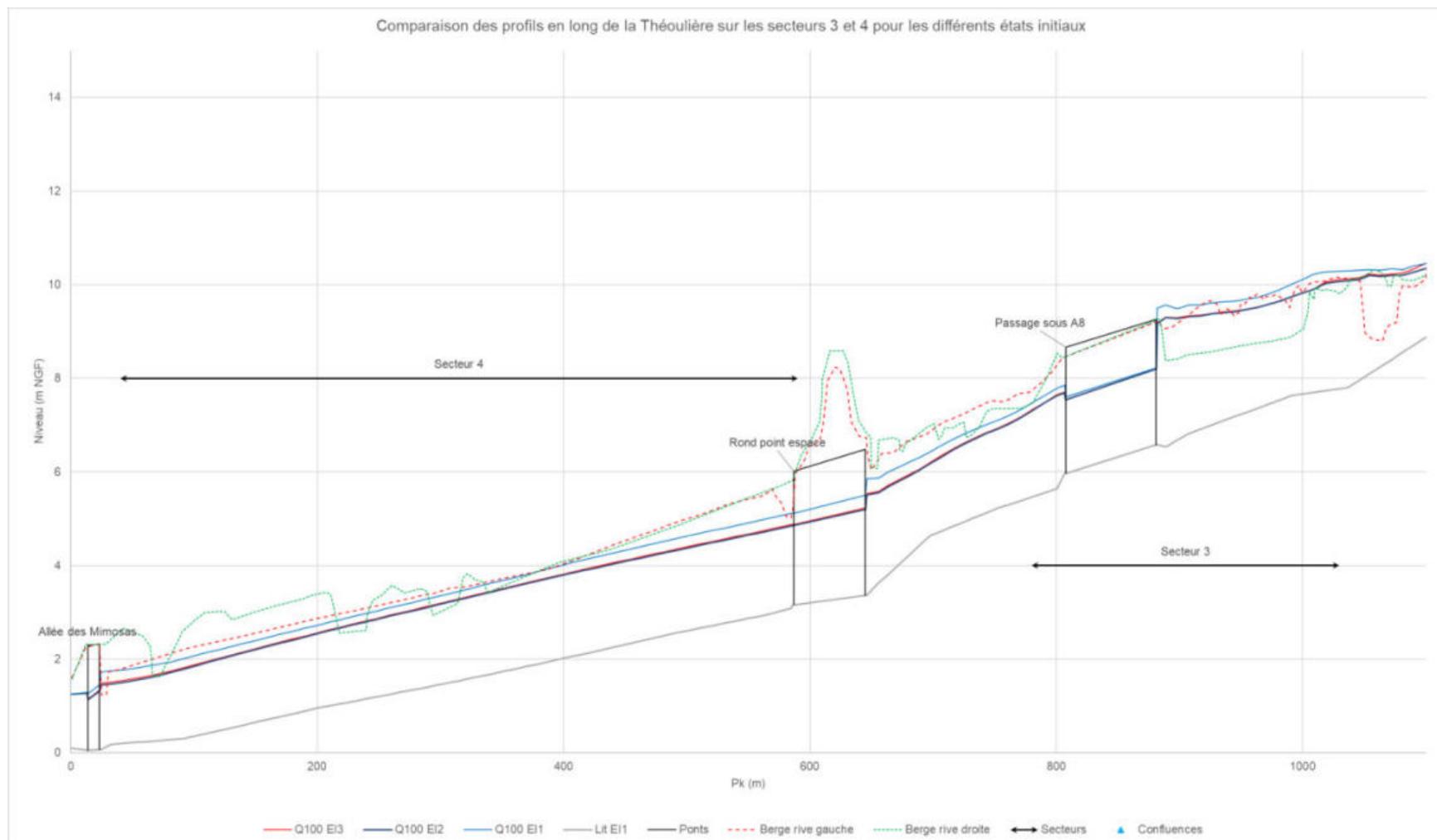


Figure 6-1 : Comparaison entre les profils en long pour les différents états initiaux pour la crue centennale

7. CONCLUSION ET ORIENTATIONS POUR LA SUITE

7.1 CONCLUSION

Les aménagements des secteurs 1 et 2 ont un impact significatif sur les débits transitant au droit des secteurs d'études (secteurs 3 et 4) et sur les hauteurs d'eau. Ainsi, réévaluer le dimensionnement des aménagements du PAPI sur les secteurs 3 et 4 en tenant compte de ces impacts est donc pertinent.

Le bassin du SMIAGE (secteur 1) diminue significativement les débits et les hauteurs d'eau au niveau des secteurs 3 et 4. L'ajout à ce bassin du recalibrage de la Théoulière (secteur 2) augmente les débits de crue centennaux et notamment dans le secteur 4, par rapport au seul aménagement du secteur 1. Toutefois, une analyse plus fine des profils en long montre que les hauteurs d'eau dans les secteurs 3 et 4 sont identiques avec le bassin du secteur 1 uniquement et avec le bassin du secteur 1 et le recalibrage du secteur 2.

Table 7 : Tableau de comparaison des débits au droit des secteurs 3 et 4

Secteur	Point	Q10 (m ³ /s)			Q100 (m ³ /s)		
		EI1	EI2	EI3	EI1	EI2	EI3
3	Aval bassin existant	10.5	8	8	15.9	15.4	19.1
	Amont buse A8	10.5	8	8	21.6	19.0	19.0
4	Aval autoroute	10.5	8	8	21.9	19.3	19.4
	Amont secteur 4	12.2	9	9	26.79	21.8	22.3

7.2 ORIENTATIONS POUR LA SUITE

La phase 3 de l'étude concerne la redimensionnement des scénarios d'aménagements du PAPI. Ce modèle se basera sur les trois états initiaux définis dans la présente phase :

- EI1 : Configuration initiale PAPI
- EI2 : Configuration initiale PAPI avec le bassin secteur 1
- EI3 : Configuration initiale PAPI avec le bassin secteur 1 et le recalibrage secteur 2.

Les états projets seront les suivants :

- EP1 : Configuration PPRI (EI1) et aménagements PAPI.
- EP2 : EI2 et aménagements PAPI.
- EP3 : EI3 et aménagements PAPI.
- Des états projets EP2.2, EP3.2, ... correspondant à des ajustements des aménagements des secteurs 3 et 4 seront définis à l'issue d'une phase de réflexion et d'échanges avec la CACPL.

Les aménagements prévus initialement par le PAPI seront intégrés au modèle hydraulique hydratec par le biais du modèle existant. Les ouvrages projetés étant tous présents dans le modèle d'état projet du PAPI, les données transmises par la CACPL sont suffisantes pour modéliser les états projets.

D'autre part, au vu des conclusions de cette phase, il paraît intéressant d'analyser plus en détails les impacts des aménagements du SMIAGE du secteur 2 (recalibration de la Théoulière) sur les zones à enjeux du secteur 2.