

ETUDE N° MM2714

BASSIN VERSANT JOUÏNE - GRAND VALLAT

ETUDE POUR LA REDUCTION
DE L'ALEA INONDATION AU
DROIT DES LIEUX HABITES
EN TENANT COMPTE DU
FONCTIONNEMENT
NATUREL DES COURS D'EAU

PHASE 3



SYNDICAT INTERCOMMUNAL
D'AMENAGEMENT DU BASSIN
DE L'ARC

Août 2014



© une marque
Ingérop Conseil & Ingénierie

Identification



® Une marque



INGÉROP Conseil & Ingénierie – Région Méditerranée – Agence d'Aix en Provence
Domaine du Petit Arbois - Pavillon Laennec - B.P 20056 - 13 545 AIX EN PROVENCE Cedex 04
Téléphone : +33 4 42 50 83 00 - Télécopie : +33 4 42 50 83 01
E-mail : ipseau@ingerop.com

Siège Social : 168/172, boulevard de Verdun - 92408 Courbevoie Cedex - France
Téléphone : 33 (0) 1 49 04 55 00 - Télécopie : 33 (0) 1 49 04 57 01 - E-mail : ingerop@ingerop.com
S.A.S. au capital de 5 800 000 € - R.C.S. Nanterre B 489 626 135 - N° Siret 489 626 135 00011 - APE 7112B - Code TVA n° FR 454 896 261 35



Gestion de la qualité

Version	Date	Intitulé	Rédaction	Lecture	Validation
1	04/2014	Phase 3	MC	SH	SH
2	08/2014	Phase 3 – Corrections après relecture SABA	MC	SH	SH

Sommaire

1. INTRODUCTION	7
2. PRESENTATION GENERALE	11
2.1. SYNTHESE DE LA PHASE 2	11
2.2. PHASE 3 : OBJECTIFS ET METHODOLOGIE ADOPTEE	12
3. COMMUNE DE BOUC-BEL-AIR – SECTEUR VAUNIERE	14
3.1. RAPPEL DE L'ETAT ACTUEL ET DES ZONES PRIORITAIRES	14
3.2. PRESENTATION DES MULTIPLES AMENAGEMENTS ENVISAGES	15
3.2.1. <i>Actions envisagées en lit mineur</i>	15
3.2.2. <i>Actions envisagées en lit majeur</i>	17
3.2.3. <i>Récapitulatif de l'ensemble des scénarii</i>	21
3.3. PRESENTATION DE CERTAINS SCENARIOS EN DETAIL	23
3.3.1. <i>EP1 : Suppression des merlons sur le vallon des Tilleuls</i>	23
3.3.2. <i>EP5 : Suppression du « coude »</i>	25
3.3.3. <i>EP6 et EP6b : Mise en place d'un chenal de dérivation</i>	25
3.3.4. <i>EP34 : Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection + BR1 optimisé</i>	27
3.3.5. <i>EP37 : Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection</i>	34
3.3.6. <i>Conclusion</i>	38
3.4. ESTIMATION DU COUT DES AMENAGEMENTS POUR CHAQUE SCENARIO	42
3.5. SOLUTION(S) TECHNIQUE(S) PROPOSEE(S) ET ORDRE DES TRAVAUX	43
3.6. SOLUTION(S) REGLEMENTAIRE(S) PROPOSEE(S)	46
4. COMMUNE DE CABRIES – SECTEUR CALAS	48
4.1. RAPPEL DE L'ETAT ACTUEL ET DES ZONES PRIORITAIRES	48
4.2. PRESENTATION DES AMENAGEMENTS ENVISAGES	49
4.2.1. <i>Actions envisagées en lit mineur</i>	49
4.2.2. <i>Actions envisagées en lit majeur</i>	55
4.2.3. <i>Récapitulatif de l'ensemble des scénarios</i>	56
4.3. PRESENTATION DE CERTAINS SCENARIOS EN DETAIL	58
4.3.1. <i>EP1 : Suppression des merlons du Grand Vallat</i>	58
4.3.2. <i>EP8 : Recalibrage de l'ouvrage sous la RD60</i>	60
4.3.3. <i>EP9 : Suppression merlons + recalibrage GV</i>	60
4.3.4. <i>EP13 : Suppression merlons + recalibrage GV + BR4 + digue en Z</i>	62
4.3.5. <i>EP16 : Suppression merlons + recalibrage GV + digue en Z</i>	65
4.3.6. <i>Conclusion</i>	71
4.4. ESTIMATION DU COUT DES AMENAGEMENTS POUR CHAQUE SCENARIO	72
4.5. SOLUTION(S) TECHNIQUE(S) PROPOSEE(S) ET ORDRE DES TRAVAUX	73
4.6. SOLUTION(S) REGLEMENTAIRE(S) PROPOSEE(S)	76
5. COMMUNE DE SIMIANE-COLLONGUE	77
5.1. RAPPEL DE L'ETAT ACTUEL	77
5.2. SOLUTION(S) REGLEMENTAIRE(S) PROPOSEE(S)	78
6. COMMUNE D'AIX-EN-PROVENCE	79
6.1. RAPPEL DE L'ETAT ACTUEL	79
6.2. SOLUTION(S) REGLEMENTAIRE(S) PROPOSEE(S)	80
7. PERSPECTIVES PHASE 4	81
7.1. OBJECTIFS PHASE 4	81
7.2. CONTENU	81
8. CONCLUSION	82

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Secteurs impactés classés par ordre de priorité	11
Tableau 2 : Récapitulatif de l'ensemble des scénarios testés sur Bouc-Bel-Air	22
Tableau 3 : Comparaison des débits rejetés à l'aval EP32 et EP34 – Bouc-Bel-Air	32
Tableau 4 : Hauteurs des digues – Scenarios EP31 et EP34 Bouc-Bel-Air	33
Tableau 5 : Hauteurs des digues – Scenario EP38b Bouc-Bel-Air	38
Tableau 6 : Impact du BR1 sur la hauteur de la digue n°1 – Bouc-Bel-Air	40
Tableau 7 : Hauteurs des digues n°1 et n°1 bis pour deux scénarios semblables – Bouc-Bel-Air.....	41
Tableau 8 : Détail des coûts des aménagements – Bouc-Bel-Air.....	42
Tableau 9 : Récapitulatif de l'ensemble des scénarios testés sur Cabriès.....	57
Tableau 10 : Détail des coûts des aménagements – Cabriès.....	72

Liste des figures :

Figure 1 : Extractions de deux modèles localisés à partir du modèle global	13
Figure 2 : Cartographie de la zone inondable de la crue biennale – Bouc-Bel-Air	14
Figure 3 : Merlons du vallat des Tilleuls – Bouc-Bel-Air.....	16
Figure 4 : Recalibrage d'ouvrages et modification du tracé du vallat des Tilleuls – Bouc-Bel-Air.....	17
Figure 5 : Optimisation des bassins de rétention proposés dans le Schéma pluvial – Bouc-Bel-Air....	18
Figure 6 : Rétention envisagée sur le vallat de Pibou – Bouc-Bel-Air	18
Figure 7 : Optimisation du chenal de dérivation – Bouc-Bel-Air.....	19
Figure 8 : Dimensions du chenal de dérivation en partie aval – Bouc-Bel-Air	20
Figure 9 : Optimisation des digues de protection – Bouc-Bel-Air.....	21
Figure 10 : EP1 Bouc-Bel-Air – Suppression des merlons du vallat des Tilleuls.....	23
Figure 11 : Résultats hydrauliques du scénario EP1 – Bouc-Bel-Air.....	24
Figure 12 : EP6b Bouc-Bel-Air – Chenal de dérivation (tronçon aval uniquement).....	25
Figure 13 : Résultats hydrauliques des scénarios EP6 et EP6b – Bouc-Bel-Air	26
Figure 14 : Différence de hauteurs d'eau entre EP6b et EA – Bouc-Bel-Air.....	26
Figure 15 : EP34 Bouc-Bel-Air – Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection + BR1 optimisé	27
Figure 16 : Résultats hydrauliques du scénario EP34 Bouc-Bel-Air	28
Figure 17 : Impact des aménagements du scénario EP34 sur les débits – Bouc-Bel-Air	29
Figure 18 : EP32 Bouc-Bel-Air – Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection + BR1 et BR2 optimisés	30
Figure 19 : Comparaison des scénarios EP32 et EP34 – Bouc-Bel-Air	31
Figure 20 : EP31 Bouc-Bel-Air - Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection + BR1 optimisé + suppression des merlons.....	33
Figure 21 : EP37 Bouc-Bel-Air – Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection	35
Figure 22 : Résultats hydrauliques du scénario EP37 – Bouc-Bel-Air.....	36
Figure 23 : Comparaison des scénarios EP37 et EP35 – Bouc-Bel-Air	37
Figure 24 : Modification du BR1 en retenant la digue n°1 bis – Bouc-Bel-Air.....	44
Figure 25 : Murets faisant obstacle aux écoulements – Vaunière Nord Bouc-Bel-Air	44
Figure 26 : Solutions techniques proposées – Bouc-Bel-Air.....	45
Figure 27 : Exemple de solutions réglementaires proposées – Bouc-Bel-Air.....	47

Figure 28 : Cartographie de la zone inondable de la crue biennale – Cabriès	48
Figure 29 : Merlons du Grand Vallat – Calas	50
Figure 30 : Tronçons du Grand Vallat à capacité limitée en amont de la RD60 – Calas.....	51
Figure 31 : Vue en plan des tronçons recalibrés - Calas	52
Figure 32 : Profils en long des tronçons recalibrés – Calas.....	53
Figure 33 : Profils en travers recalibrés Grand Vallat à Calas	54
Figure 34 : Rétention en lit majeur du Grand Vallat – Calas.....	55
Figure 35 : Optimisation de la digue de protection – Calas	56
Figure 36 : Résultats hydrauliques du scénario EP1 – Cabriès.....	58
Figure 37 : Impact de la suppression des merlons du Grand Vallat sur le débit décennal – Cabriès ..	59
Figure 38 : Ouvrage sous la RD60 – Calas.....	60
Figure 39 : EP9 Cabriès – Suppression des merlons du Grand Vallat + recalibrage de deux tronçons	61
Figure 40 : Résultats hydrauliques du scénarios EP9 – Cabriès.....	61
Figure 41 : Comparaison des scénarios EP9 et EP1 – Cabriès	62
Figure 42 : EP13 Cabriès – Suppression des merlons du Grand Vallat + recalibrage de deux tronçons + BR4 + digue en Z	63
Figure 43 : Résultats hydrauliques du scénario EP13 – Cabriès.....	64
Figure 44 : Impact des aménagements du scénario EP13 sur les débits – Cabriès	65
Figure 45 : EP16 Cabriès – Suppression des merlons du Grand Vallat + recalibrage de deux tronçons + digue en Z	66
Figure 46 : Résultats hydrauliques du scénario EP16 – Cabriès.....	67
Figure 47 : Comparaison des scénarios EP13 et EP16 – Cabriès	68
Figure 48 : Comparaison des scénarios EP15 et EP16 Cabriès	69
Figure 49 : Comparaison des scénarios EP20b et EP16 Cabriès	70
Figure 50 : Scenario EP20b Cabriès – Crue décennale, implantation de batardeaux sur les maisons encore en eau	73
Figure 51 : Solutions techniques proposées – Cabriès.....	75
Figure 52 : Cartographie de la zone inondable de la crue décennale – Simiane-Collongue.....	77
Figure 53 : Cartographie de la zone inondable de la crue décennale – Aix-en-Provence.....	79

1. INTRODUCTION

Les bassins versants du Grand Vallat et de la Petite Jouïne, d'une superficie totale de 75 km², traversent les communes de Simiane-Collongue, Bouc Bel Air, Cabriès et Aix en Provence. Ce secteur connaît, comme beaucoup de communes de l'arc Méditerranéen, de nombreux problèmes d'inondation liés aux phénomènes pluvieux intenses sur des sols de plus en plus imperméabilisés du fait du développement de l'urbanisation.

Les travaux d'entretien des berges et les aménagements ponctuels réalisés par le SABA, Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Bassin de l'Arc, améliorent localement la situation mais ne résorbent pas pour autant l'ensemble des points de dysfonctionnement.

Le SABA a donc décidé d'engager une réflexion à l'échelle du bassin versant, sur l'ensemble du réseau hydrographique principal et secondaire, visant à réduire l'aléa inondation dans les zones urbanisées présentant des enjeux importants en conservant au maximum le fonctionnement naturel du cours d'eau.

L'étude vise à définir une politique générale de gestion des cours d'eau à l'échelle du bassin et des communes concernées, développée et adaptée à chaque contexte communal et ce, dans une logique globale amont-aval. Des solutions proposées pourront être d'ordre technique et/ou réglementaire, et respecteront au mieux le choix qui a été fait sur le bassin versant de l'Arc d'appliquer en priorité le principe de **ralentissement dynamique**.

L'étude s'articule selon quatre phases :

- **Phase 1** : Afin d'avoir une première approche des mécanismes d'écoulement et de connaître les zones de dysfonctionnements remarquables, un recueil d'études antérieures et de témoignages, par le biais de rencontres avec les communes et d'enquêtes sur le terrain, a constitué une base importante à la bonne compréhension du bassin versant. Par ailleurs, ce recueil exhaustif, a permis d'identifier les ouvrages hydrauliques et leur singularité et les levés topographiques à réaliser.
- **Phase 2** : L'objectif est de disposer d'une cartographie des désordres et des enjeux exposés en fonction de différents débits d'occurrence et de caractériser la vulnérabilité des enjeux en déterminant le débit causant les premiers dommages et la période de retour associée. Une

analyse hydrologique a permis de définir les débits d'occurrences en différents nœuds du réseau hydrographique. La modélisation hydraulique des écoulements a été réalisée par le biais de modèles numériques.

- **Phase 3** : Cette phase visera à proposer des aménagements et des outils ou mesures de gestion. Dans une notion de gestion globale du bassin versant, il s'agira de conjuguer plusieurs solutions : mesures de réduction des aléas, actions de réduction de la vulnérabilité, mesures de précaution, mesures de sauvegarde, développement de la culture du risque. Les propositions d'aménagements seront modélisées de manière à évaluer leur impact sur les débordements.
- **Phase 4** : Elle sera constituée d'une synthèse et d'un programme détaillé des actions à engager pour réduire les risques d'inondation et protéger les secteurs densément urbanisés. Ce programme sera élaboré sur la base de scénarios testés et validés en fonction des enjeux et des priorités pour les populations ainsi que de l'efficacité des actions à engager. Chaque aménagement fera enfin l'objet d'une présentation détaillée.

La présente note constitue le rendu de la phase 3.

Phase 3 : Propositions d'aménagements

Les objectifs de cette troisième phase sont :

- De traiter les dysfonctionnements mis en exergue en situation actuelle de manière à réduire les désordres hydrauliques préjudiciables : la priorité est axée sur les zones habitées impactées par des crues d'occurrence faible.
- D'identifier les actions préventives à mener sur les zones de développements futurs des communes : geler les secteurs participant au ralentissement dynamique en les inscrivant comme non urbanisables dans les Plans Locaux d'Urbanisme des communes.

Chaque commune a été traitée indépendamment, ainsi ce volet s'articule autour des points clés suivants :

- **Aménagements Bouc-Bel-Air (secteur Vaunière)** : Présentation des différents aménagements et combinaisons d'aménagements modélisés et définition détaillée des deux solutions techniques proposées.
- **Aménagements Cabriès (secteur Calas)** : Présentation des différents aménagements et combinaisons d'aménagements modélisés et définition détaillée de la solution technique proposée.
- **Actions préventives** : Il s'agit des solutions réglementaires qui seront proposées sur l'ensemble des quatre communes du bassin versant du Grand Vallat : Simiane-Collongue, Bouc-Bel-Air, Cabriès et Aix-en-Provence.
- **Bilan et ouverture phase 4**

2. PRESENTATION GENERALE

2.1. SYNTHESE DE LA PHASE 2

A l'issue de la phase 2, la mise en place d'un modèle bidimensionnel homogène sur l'ensemble du secteur d'étude a permis de définir la situation actuelle des écoulements pour les occurrences 2, 5, 10 et 50 ans et pour un évènement pluvieux type 1993. Il en est ressorti des secteurs présentant des dysfonctionnements pour des crues plus ou moins fréquentes. Ces secteurs avaient déjà été mis en évidence en fin de phase 1 : habitations en amont de la RD60 sur Cabriès et quartiers de Vaunière et Lou Cantounet sur Bouc-Bel-Air pour les crues fréquentes, le lotissement des Migraniers pour une crue décennale. Les modèles hydrologique et hydraulique bidimensionnel construits, étant tous deux capables d'intégrer des propositions d'aménagements, ont été réutilisés en phase 3 de manière à répondre aux objectifs fixés visant à réduire le risque inondation sur les zones à enjeux.

Par ailleurs, afin de donner une priorité aux dysfonctionnements les plus problématiques, il a été fixé, en accord avec le maître d'ouvrage, un objectif « confort » de 10 ans. **Sont donc considérés comme prioritaires les secteurs à enjeux présentant des désordres pour des événements de périodes de retour inférieures à 10 ans.** Le tableau ci-après, présenté en phase 2, rappelle l'ordre de priorité à adopter.

TABLEAU 1 : SECTEURS IMPACTES CLASSES PAR ORDRE DE PRIORITE

Secteur à enjeux nouvellement touchés	Occurrence d'impact	Cours d'eau	Commune
Quartier de Vaunière et de Lou Cantounet	2	Vallat des Tilleuls	Bouc-Bel-Air
Habitations situées en amont de la RD60	2	Grand Vallat	Cabriès
Quartier de Prentigarde	5	Vallat de Pibou	Bouc-Bel-Air
Rive droite du Vallat de Violési en amont de la confluence avec le GV	5	Vallat de Violési	Bouc-Bel-Air
Rive gauche du Grand Vallat, amont du Pont Mirabelle	5	Grand Vallat	Cabriès
Lotissement des Migraniers	10	Vallats des Mourgues	Simiane-Collongue
Centre-ville de Simiane et collège	50	Vallat des Mourgues	Simiane-Collongue
Rives droite et gauche du Vallat de Babol – secteur Ecole	50	Vallat de Babol	Bouc-Bel-Air
Commerces situés en amont de l'A51	50	Grand Vallat	Bouc-Bel-Air
Rives droite et gauche du Vallat de Rans au niveau de la confluence avec le GV	50	Vallat de Rans	Cabriès
Aix-la-Durance quelques habitations	50	Grand Vallat et Petite Jouïne	Aix-en-Provence

Priorité élevée
 Priorité moyenne
 Priorité faible
 Priorité nulle

2.2. PHASE 3 : OBJECTIFS ET METHODOLOGIE ADOPTEE

Cette présente phase de l'étude a pour objectifs de proposer des aménagements visant à réduire le risque inondation sur les zones à enjeux et fréquemment impactées ainsi que d'identifier des actions préventives à mener sur les zones de développement urbanistique futures des communes.

Pour ce faire, deux modèles hydrauliques bidimensionnels ont été extraits du modèle bidimensionnel global issu de la phase 2 : l'un centré sur le quartier de Vaunière sur la commune de Bouc-Bel-Air, l'autre sur le quartier de l'Oratoire et de la Bélandière en amont de la RD60 sur la commune de Cabriès.

Divers aménagements ont été modélisés sur ces deux secteurs et de manière indépendante afin d'estimer l'impact propre de chaque aménagement sur les écoulements par rapport à la situation actuelle et pour différentes occurrences de crue. **Ainsi, les modélisations effectuées sur le secteur de Calas ne tiennent pas compte des aménagements qui pourraient potentiellement être réalisés sur Bouc-Bel-Air.** Cette méthode reste sécuritaire, supposant que les aménagements effectués sur une commune n'engendrent aucun préjudice sur la commune aval, ce qui constitue un des objectifs de l'aménagement.

Chaque scénario sera testé pour les occurrences de crue 2, 5 et 10 ans et sera ensuite apprécié en termes de :

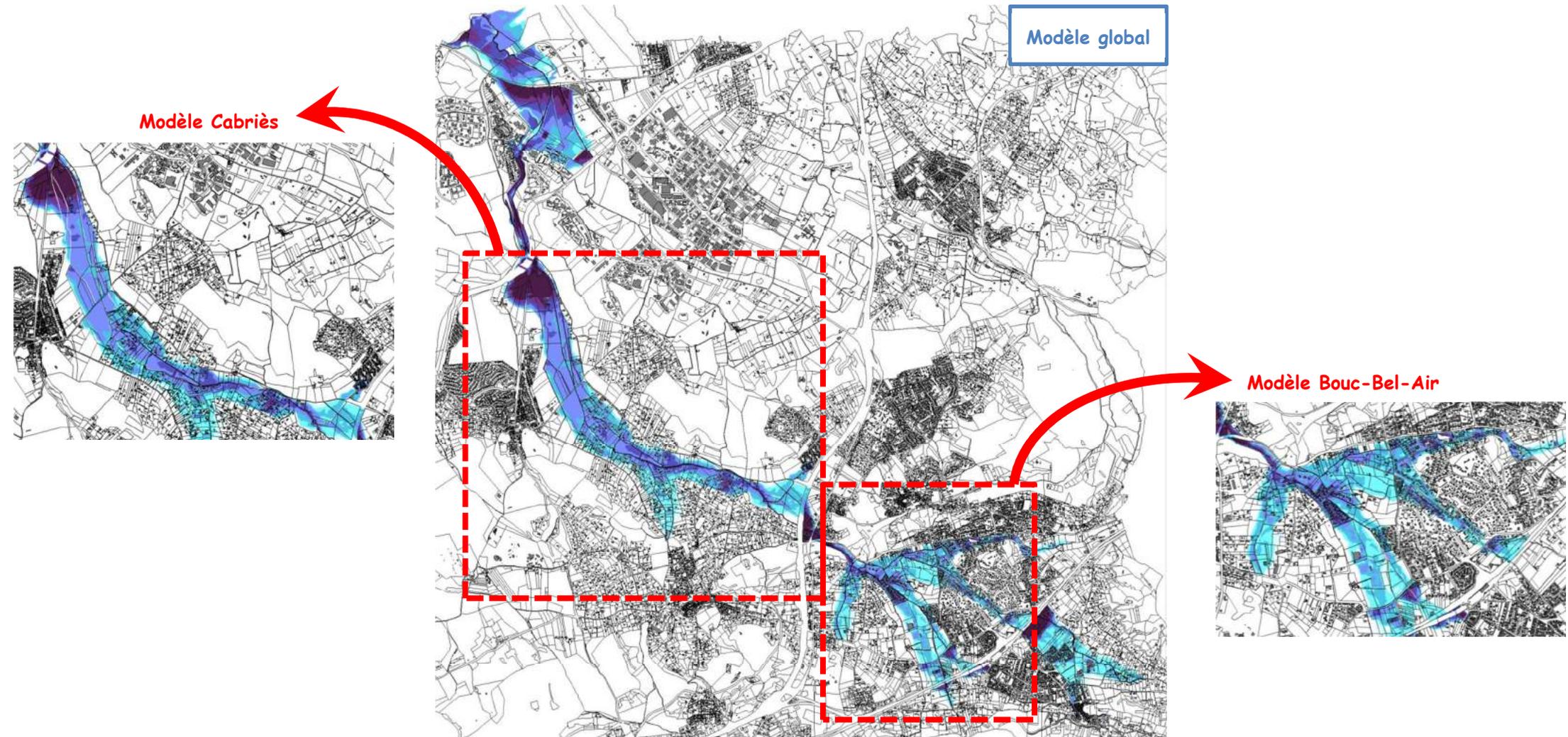
- Capacité à satisfaire le maximum des objectifs (objectif « confort » de 10 ans, aucune surinondation pour différentes occurrences de crue, conformité avec le SAGE de l'Arc, etc.)
- Coût des travaux d'investissement
- Efficacité de protection de l'aménagement.

Chaque scénario d'aménagement devra être en conformité avec le SAGE de l'Arc et le SDAGE Rhône Méditerranée. D'une manière plus générale, ils devront répondre aux principes suivants :

- Préserver le fonctionnement naturel des cours d'eau,
- Favoriser le principe de ralentissement dynamique,
- S'adapter à chaque contexte communal et économique (aspect foncier et financier),
- Adopter une politique de gestion **solidaire** amont-aval et rive droite-rive gauche (c'est-à-dire, ne pas améliorer l'amont au détriment de l'aval ou la rive droite au détriment de la rive gauche, ne pas surinonder une zone habitée).

En phase 4, les scénarios retenus seront testés avec une crue du type l'évènement pluvieux de 1993, afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs cités ci-dessus même pour la crue de référence.

FIGURE 1 : EXTRACTIONS DE DEUX MODELES LOCALISES A PARTIR DU MODELE GLOBAL

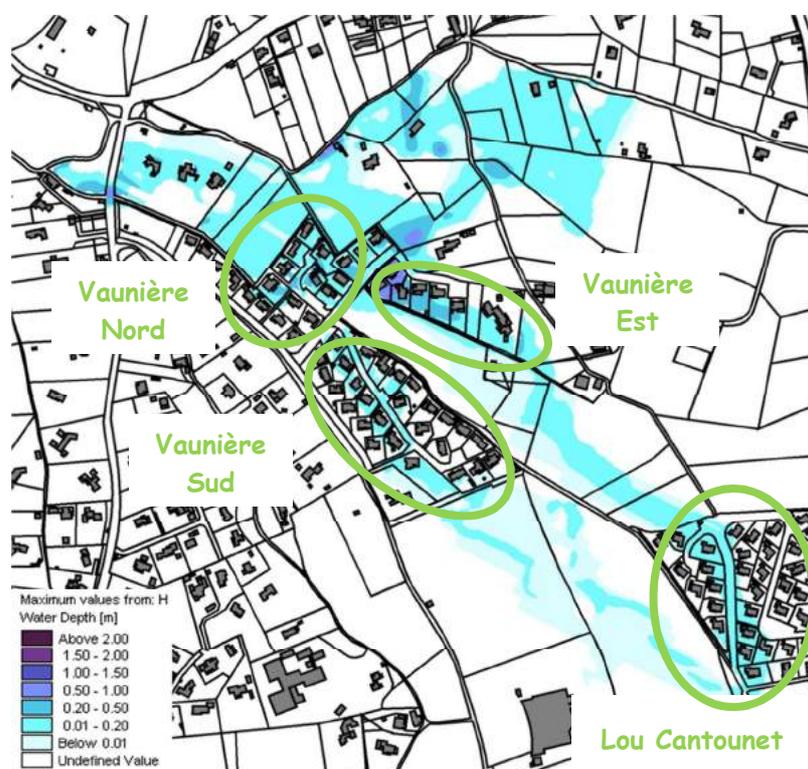


3. COMMUNE DE BOUC-BEL-AIR – SECTEUR VAUNIÈRE

3.1. RAPPEL DE L'ÉTAT ACTUEL ET DES ZONES PRIORITAIRES

Comme l'illustre la figure ci-après, **les quartiers de Vaunière et Lou Cantounet** sont inondés dès la crue biennale. Dans le tableau présenté précédemment, ces deux secteurs **apparaissent prioritaires** au vu de la fréquence des inondations et des enjeux exposés.

FIGURE 2 : CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE DE LA CRUE BIENNALE – BOUC-BEL-AIR



3.2. PRESENTATION DES MULTIPLES AMENAGEMENTS ENVISAGES

Dans le but de protéger les quartiers de Vaunière et Lou Cantounet, de nombreuses solutions ont été envisagées. Certaines se sont avérées peu intéressantes voire inefficaces, d'autres ont montré leur intérêt et on fait l'objet de plusieurs itérations jusqu'à obtenir le résultat le plus satisfaisant possible. Ce présent paragraphe présente, de manière exhaustive, l'ensemble des aménagements testés (**retenus ou non**). Les scénarios les plus intéressants, ainsi que leurs résultats, seront présentés en détail par la suite.

3.2.1. Actions envisagées en lit mineur

A - Les merlons

- Suppression

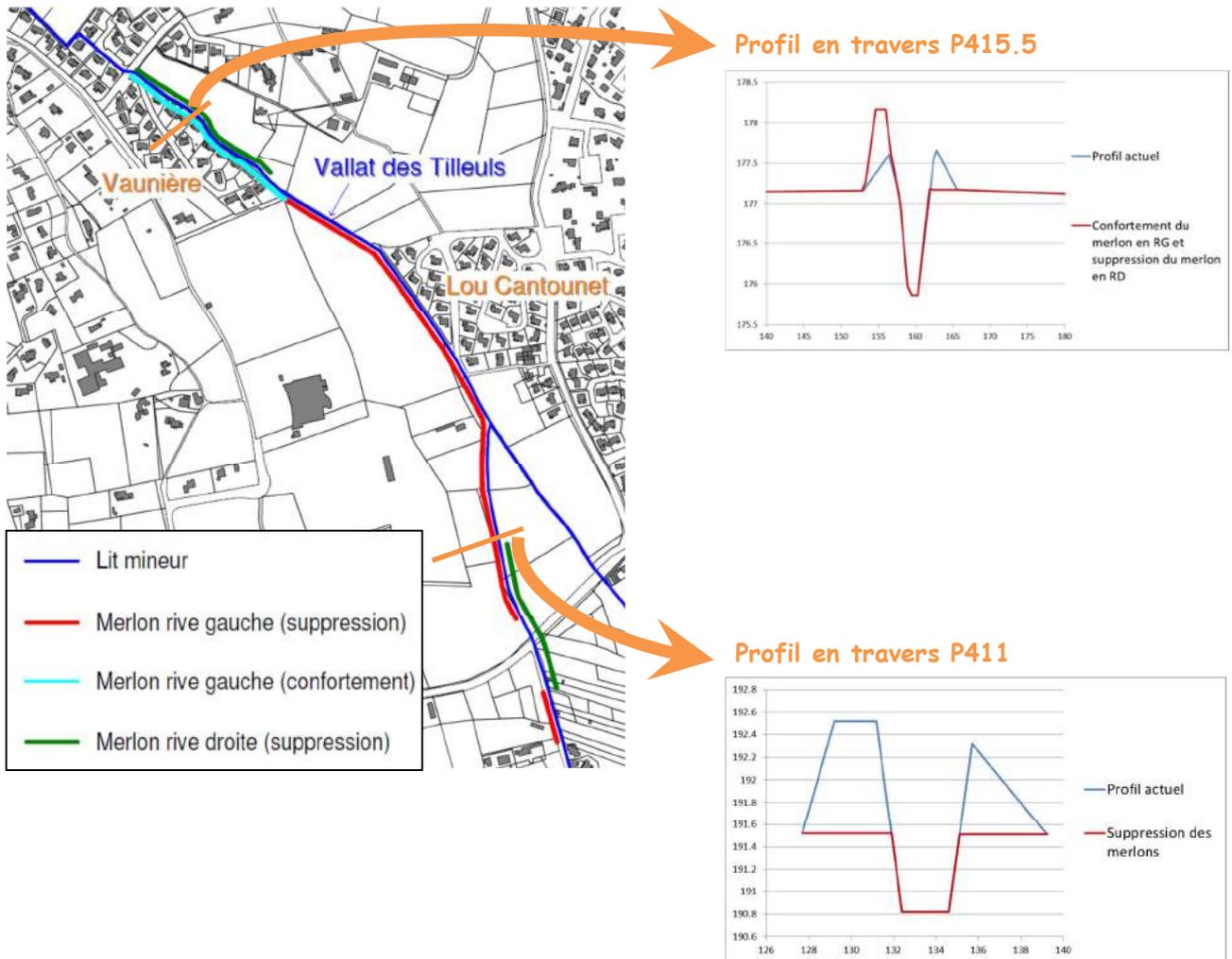
Le lit mineur du vallon des Tilleuls est bordé par des merlons hétérogènes et épars, vraisemblablement créés par les habitants eux-mêmes ou simplement par des dépôts de matériaux au cours du temps. Ces merlons n'ont pas vocation, du moins officielle, à lutter contre le risque inondation et n'ont ainsi pas été conçus en tant que tels. C'est pourquoi il a été proposé de les supprimer et de s'affranchir ainsi du risque de rupture de ces derniers, pouvant être préjudiciable pour les habitations situées à proximité de la brèche.

- Confortement

Le seul merlon susceptible de protéger réellement les habitations contre des débordements directs du cours d'eau se situe au droit du quartier de Vaunière sud en rive gauche du vallon des Tilleuls. Le supprimer aurait pour conséquence d'orienter directement les débordements vers les habitations, ce qui n'est pas l'objectif recherché. Ainsi, afin de l'utiliser comme moyen de protection rapprochée, il est proposé de le conforter (surélévation d'environ 1 m par rapport au terrain naturel derrière le merlon) et de l'homogénéiser.

La figure ci-après fait apparaître les merlons susceptibles d'être supprimés ou confortés.

FIGURE 3 : MERLONS DU VALLAT DES TILLEULS – BOUC-BEL-AIR



NB : S'il n'y a pas assez d'emprise pour le confortement du merlon en rive gauche, il sera possible de décaler légèrement le lit mineur vers la droite ou de remplacer le merlon par un mur conçu pour la protection contre les débordements de cours d'eau.

B - Les ouvrages

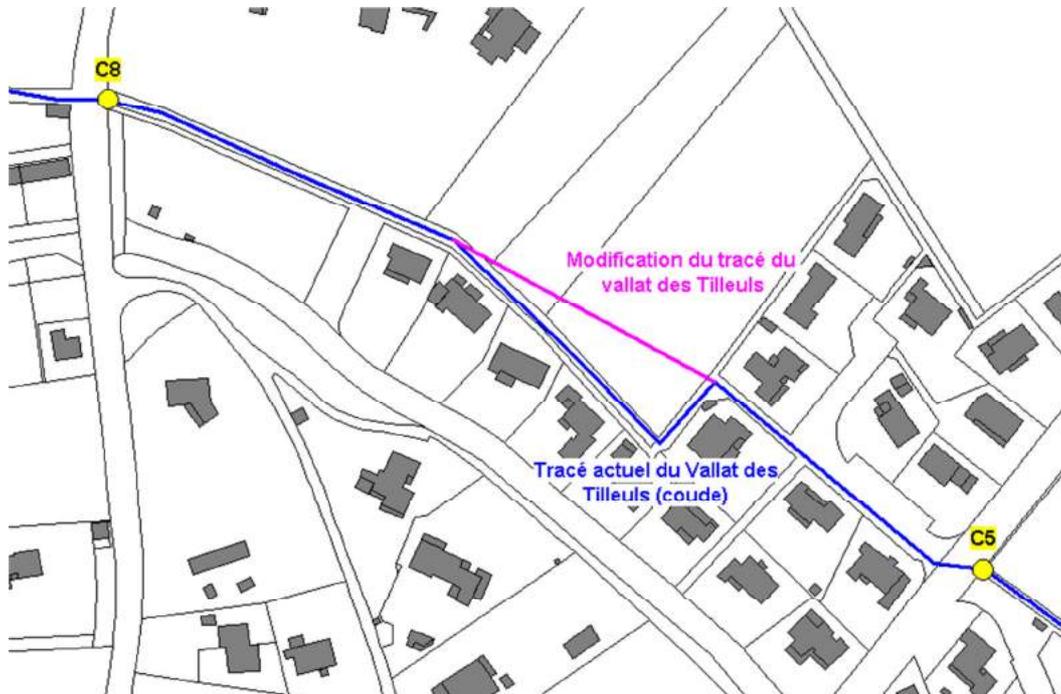
Il a été testé le recalibrage de deux ouvrages : C5 (dans le quartier de Vaunière) et C8 (sous le chemin de Sauvecanne), afin de leur conférer une capacité à minima décennale et tenter d'améliorer la situation. Ils sont présentés sur la figure ci-après.

C - Le « coude » de Vaunière

Dans le quartier de Vaunière, le vallat des Tilleuls est canalisé et son tracé présente un angle droit ne favorisant pas le bon écoulement des eaux. La présence de ce coude perturbe les écoulements en

crue et provoque des désordres, c'est pourquoi il a été proposé de la supprimer. Il est localisé sur la figure ci-après.

FIGURE 4 : RECALIBRAGE D'OUVRAGES ET MODIFICATION DU TRACÉ DU VALLAT DES TILLEULS – BOUC-BEL-AIR



3.2.2. Actions envisagées en lit majeur

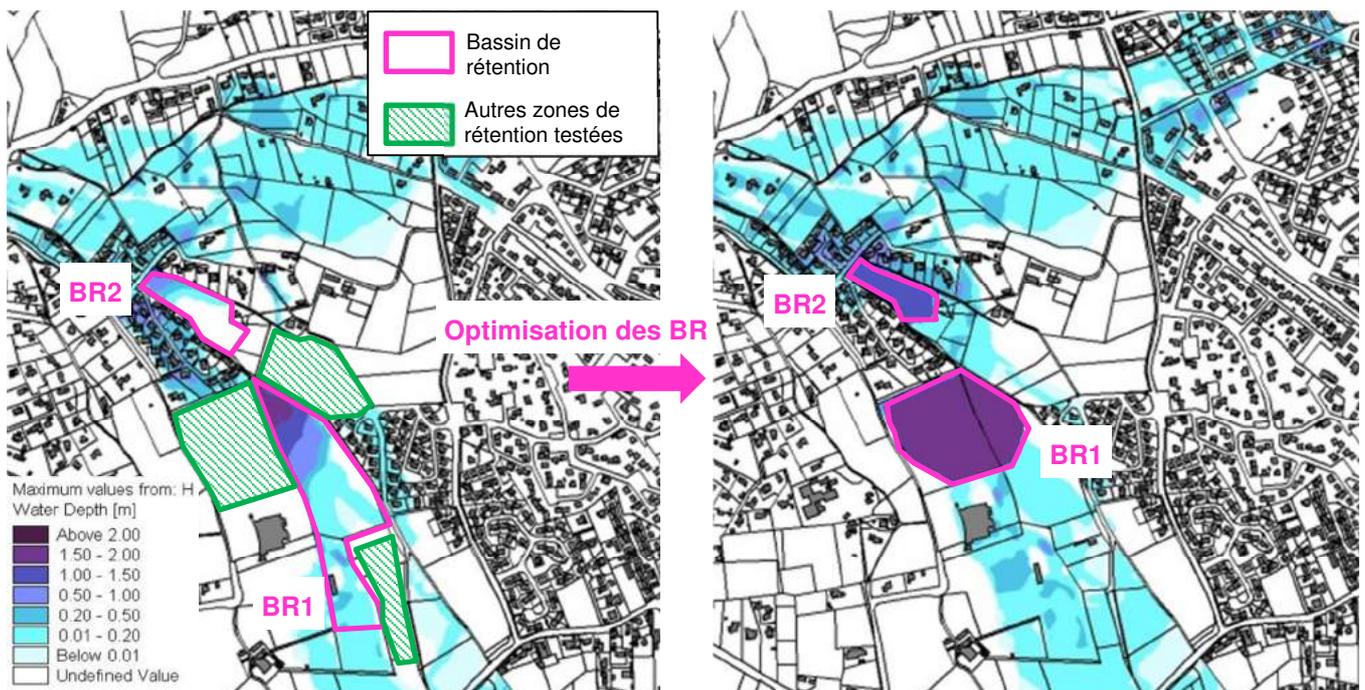
A - Rétention sur le vallat des Tilleuls

Plusieurs aménagements visant à faire de la rétention ont été envisagés. Dans un premier temps, les deux bassins de rétention sur le vallat des Tilleuls proposés dans le *Schéma directeur d'assainissement des eaux pluviales de la commune de Bouc-Bel-Air* (réalisé par le bureau d'études SOGREAH en Mars 2011), ont été intégrés au modèle : BR1 d'un volume de 107000 m³ et BR2 d'un volume de 13000 m³. Les résultats, non probants, ont permis de conclure que ces bassins étaient mal optimisés, le volume de décaissement étant trop important par rapport au volume d'eau réel stocké et le fond du bassin n'étant pas plat. Ainsi, deux nouveaux bassins ont été proposés, plus optimisés et ayant une incidence plus significative. La figure ci-après présente un extrait des résultats hydrauliques obtenus avec ces différentes configurations.

Après optimisation, le volume utile au stockage est estimé à environ 78800 m³ pour le BR1 et 4600 m³ pour le BR2.

Par ailleurs, d'autres zones de rétention ont été testées, elles sont hachurées en vert dans la figure ci-dessous.

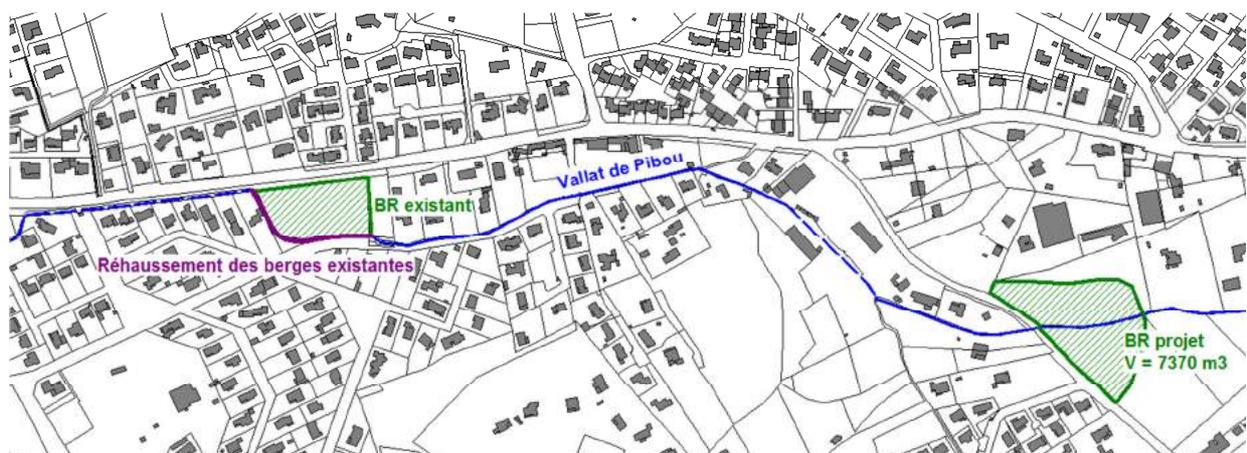
FIGURE 5 : OPTIMISATION DES BASSINS DE RETENTION PROPOSES DANS LE SCHEMA PLUVIAL – BOUC-BEL-AIR



B - Rétention sur le vallat de Pibou

Bien que le quartier de la Prentigarde ne soit pas des plus prioritaires (cf. *Tableau 1 : Secteurs impactés classés par ordre de priorité*), plusieurs bassins de rétentions ont été intégrés au modèle hydraulique sur le vallat de Pibou. Les berges du bassin de rétention existant ont été rehaussées. Notons que ces différents scénarii ne seront pas retenus par la suite car peu intéressants.

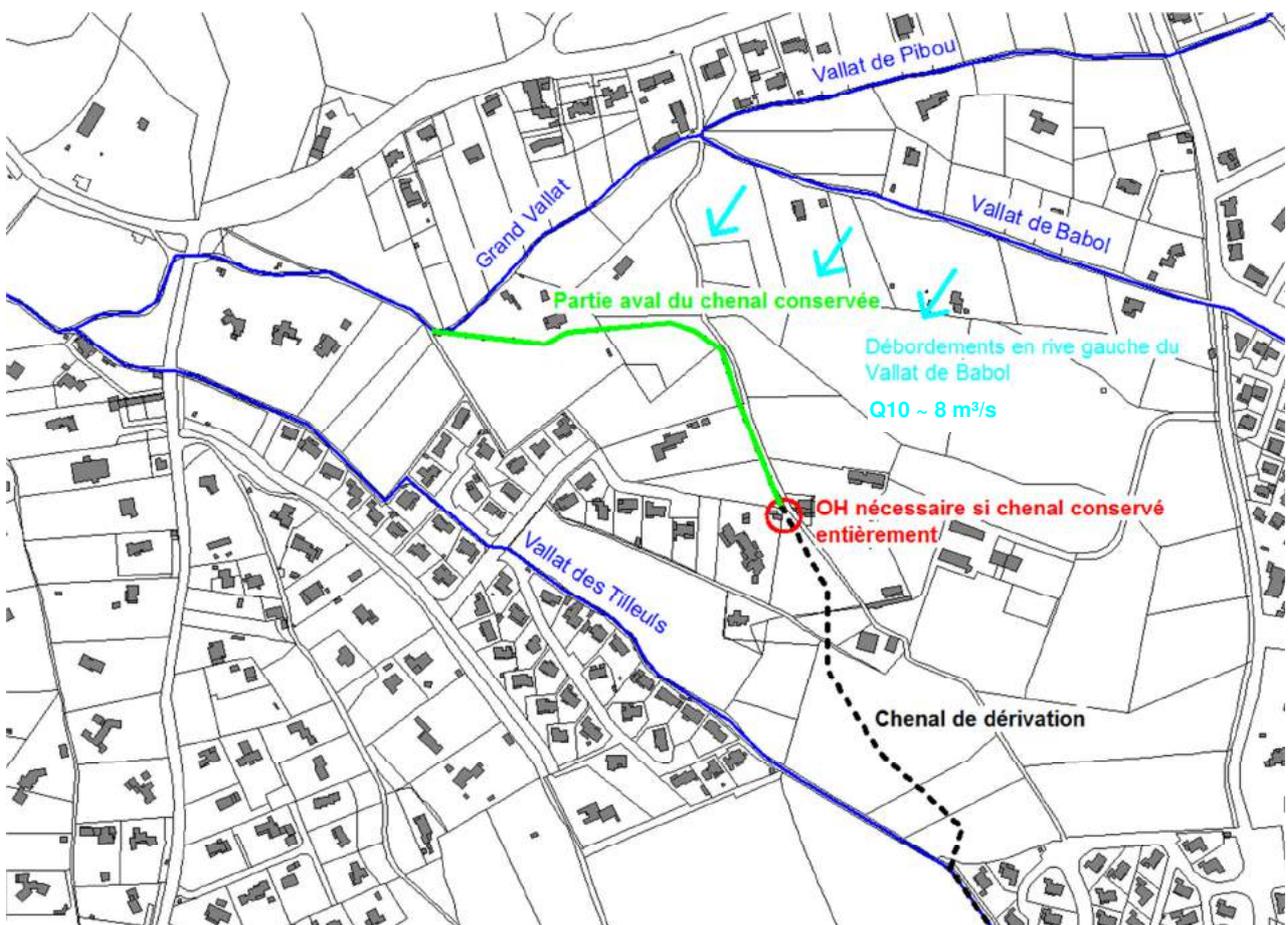
FIGURE 6 : RETENTION ENVISAGEE SUR LE VALLAT DE PIBOU – BOUC-BEL-AIR



C - Canal de dérivation

L'idée originelle était de mettre en place un canal de dérivation permettant de dévier les eaux du vallat des Tilleuls à l'est de Vaunière. Les résultats de la modélisation hydraulique montrant que ce canal était particulièrement intéressant car il interceptait les débordements en rive gauche du vallat de Babol, c'est alors plutôt cette fonction qui lui a été attribuée (plutôt que celui de dérivateur des eaux du vallat des Tilleuls). Ainsi, seule la partie aval du canal a été conservée (permettant par ailleurs de s'affranchir de la mise en place d'un ouvrage hydraulique au droit d'une zone particulièrement contrainte), le canal se transformant alors en noue se jetant in fine dans le Grand Vallat.

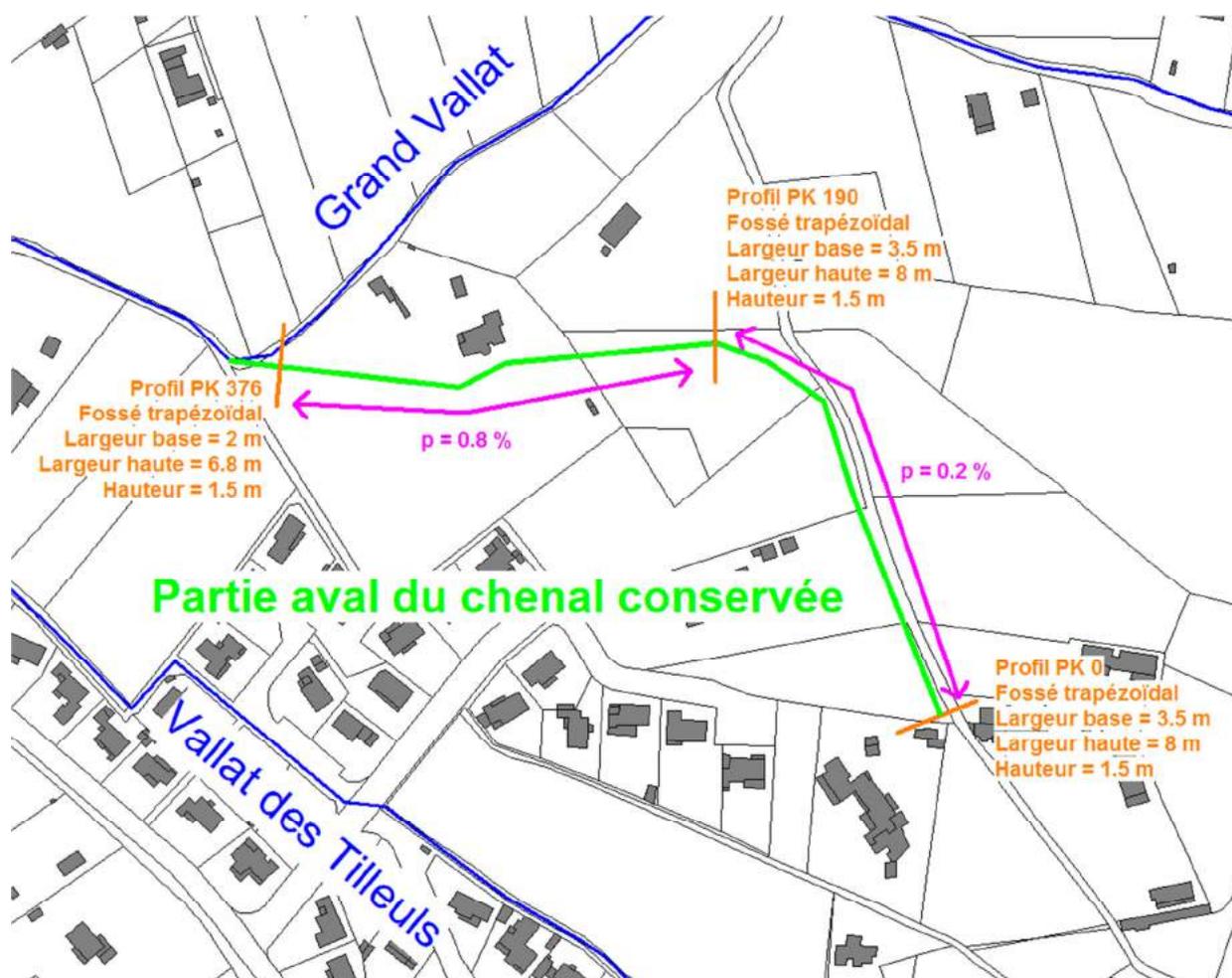
FIGURE 7 : OPTIMISATION DU CHENAL DE DERIVATION – BOUC-BEL-AIR



La partie aval du chenal a été dimensionnée pour accueillir le débit décennal débordé en rive gauche du vallat de Babol et intercepté par le chenal. **Le débit de dimensionnement est d'environ 8 m³/s.** Sur la première moitié du linéaire, le terrain naturel est peu pentu (0.2 %). Sur la deuxième moitié du linéaire, la pente augmente et passe à 0.8 %. Le coefficient de Strickler est de 22.

La section géométrique renseignée varie donc en fonction de la pente. Sur la figure ci-après, sont présentés des profils en travers du chenal de dérivation retenu.

FIGURE 8 : DIMENSIONS DU CHENAL DE DERIVATION EN PARTIE AVAL – BOUC-BEL-AIR



NB : Il est possible de modifier la section géométrique du chenal, pourvu simplement que la section hydraulique présentée ci-dessus soit conservée.

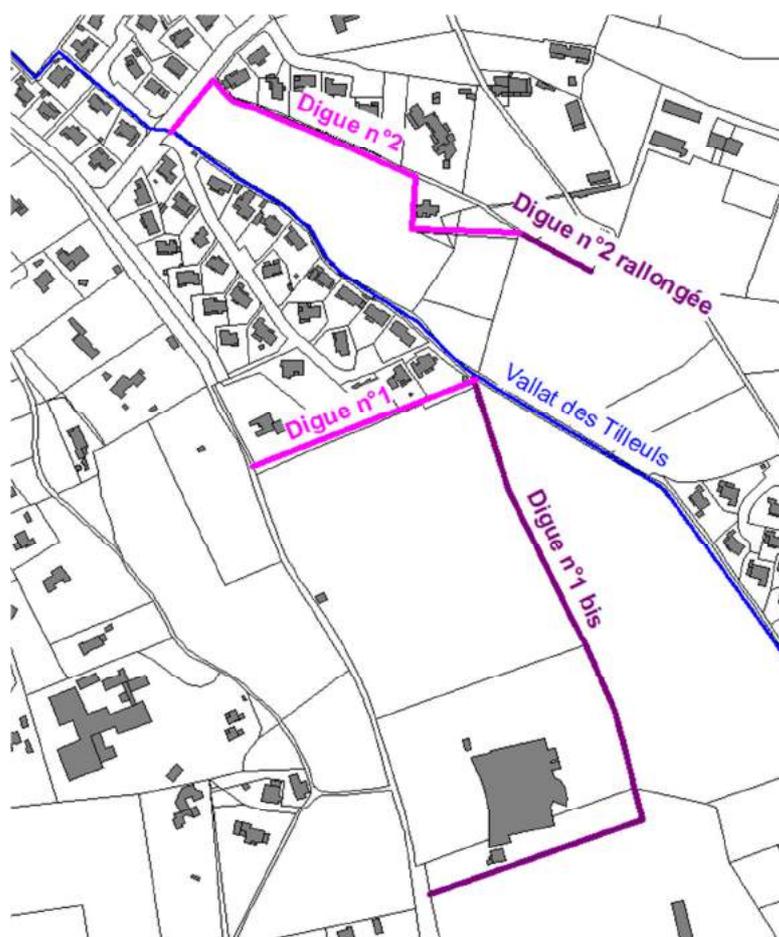
D - Protection rapprochée – Digue

Pour protéger les habitations et orienter les débordements de cours d'eau, deux digues ont été proposées : la digue n°1 permettant la protection du Vaunière Sud et la digue n°2 protégeant Vaunière Est.

Ces digues ont fait l'objet de plusieurs itérations : la digue n°2 initiale a été rallongée, la digue n°1 initiale a été modifiée pour devenir la digue n°1 bis.

En effet, la digue n°1 avait le désavantage de se situer en amont direct des habitations de Vaunière Sud et d'être perpendiculaire aux écoulements. Cette configuration nécessitait une hauteur de digue relativement importante et risquait d'être préjudiciable pour les habitations en cas de formation de brèche dans la digue.

FIGURE 9 : OPTIMISATION DES DIGUES DE PROTECTION – BOUC-BEL-AIR



3.2.3. Récapitulatif de l'ensemble des scénarii

Le tableau suivant présente l'ensemble des scénarii testés avec des commentaires permettant de conclure sur l'efficacité ou non de l'aménagement pour différentes occurrences de crues.

Les scénarios les plus probants sont présentés en détail ci-après.

TABLEAU 2 : RECAPITULATIF DE L'ENSEMBLE DES SCENARIOS TESTES SUR BOUC-BEL-AIR

		Aménagements BOUC-BEL-AIR																																															
		EA	Coude	Merlons	Rétention Vallat des Tilleuls					Chenal de dérivation			Combinaisons Rétention + Chenal				Digues				Combinaisons digues + chenal							Combinaisons digues + chenal + rétention				Combinaisons digues + chenal + rétention + recalibrage OH				Vallat de Pibou													
			EP5	EP1	EP4	EP12	EP2	EP3	EP13	EP6	EP7	EP6b	EP8	EP10	EP9	EP11	EP14	EP15	EP24	EP26	EP27	EP33	EP30	EP35	EP37	EP36b	EP36	EP38b	EP39	EP16	EP17	EP28	EP25	EP31	EP32	EP34	EP21	EP22	EP23	EP29	EP18	EP19	EP20						
Travail en le lit mineur	Merlons du Vallat des Tilleuls laissés à l'identique																																																
	Suppression des merlons du Vallat des Tilleuls																																																
	Suppression des merlons du Vallat des Tilleuls sauf en RG au droit de Vaunière																																																
	Rectification du coude de Vaunière																																																
	Redimensionnement d'ouvrage																																																
Bassins de rétention	Mise en place de bassin(s) de rétention sur le vallat des Tilleuls				BR1 et BR2 SP	BR1 et BR2 SP	BR1 SP	BR1 et BR2 SP	BR1 et BR2 SP				2 BR SP	2 BR SP	2 BR SP	2 BR SP																																	
	Ajout de zones potentielles d'expansion						-50 cm																																										
	Intégration d'un bassin de rétention sur le vallat de Pibou																																																
	Réhaussement des berges RG du vallat de Pibou au niveau du bassin de rétention existant																																																
Chenal de dérivation	Mise en place d'un chenal de dérivation sur le vallat des Tilleuls									Dispositif contrôlé O		Avail uniquement Chenal élargi		Dispositif contrôlé O		Dispositif contrôlé O																																	
	Digue - Vaunière Sud																																																
	Digue - Vaunière Est																																																
Protection rapprochée	Portails éanches																																																
	Digue - Vaunière Sud																																																
	Digue - Vaunière Est																																																
Observations - Q2	Observations - Q2		Pas d'impact - Capacité hydraulique du lit conservée et amélioration du transit adimensionnel	Observations - Q2	Vaunière Sud et Lou Cantounet HE	Vaunière Sud HE	Vaunière Sud HE et Vaunière Est sous-inondé	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés																							
	Observations - Q5	Vaunière Sud et Nord surinondés + Vaunière Est et Lou Cantounet sous-inondés			Vaunière Sud HE	Vaunière Sud HE et Vaunière Est sous-inondé	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés		
	Observations - Q10	Vaunière Nord surinondés + Vaunière Sud et Est et Lou Cantounet sous-inondés			Vaunière Sud surinondé	Vaunière Sud surinondé et Vaunière Est sous-inondé	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	Vaunière Nord et Est sous-inondés	
	Conclusion	BR (et zone d'expansion) rest efficace			BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace	BR efficace
Coût fourchette inférieure €	Coût fourchette inférieure €		11 350	60 000	790 000	1 045 000	650 000	735 000	990 000	85 000	-	31 500	885 000	-	825 000	-	75 000	80 000	21 500	25 000	55 000	65 000	120 000	575 000	580 000	-	115 000	125 000	115 000	-	691 000	710 500	-	615 500	650 000	550 000	-	-	-	-	-	71 000	150 000	3 000					
	Coût fourchette supérieure €		20 500	110 000	1 850 000	2 465 000	1 550 000	1 740 000	2 355 000	725 000	-	58 500	2 595 000	-	2 485 000	-	140 000	145 000	40 000	43 500	102 000	114 000	221 000	1 320 000	1 330 000	-	215 000	223 000	210 000	-	1 590 000	1 625 000	-	1 400 000	1 500 000	1 280 000	-	-	-	-	-	161 500	350 000	5 250					

Légende

- Impact nul par rapport à la situation actuelle
- Sous-inondation par rapport à la situation actuelle et/ou objectif atteint
- Sous-inondation et surinondation par rapport à la situation actuelle et/ou objectif moyennement atteint
- Surinondation par rapport à la situation actuelle et/ou objectif non atteint

Acronymes

- EP Etat projet
- EA Etat actuel
- OH Ouvrage hydraulique
- BR Bassin de rétention
- SP Schéma pluvial
- RG Rive gauche
- RD Rive droite
- HE Hors d'eau
- hd1 Hauteur maximale* de la digue n°1
- hd1bis Hauteur maximale* de la digue n°1 bis
- hd2 Hauteur maximale* de la digue n°2

Définitions

- Surinondation La hauteur d'eau en EP est supérieure à la hauteur d'eau en EA
- Sous-inondation La hauteur d'eau en EP est inférieure à la hauteur d'eau en EA

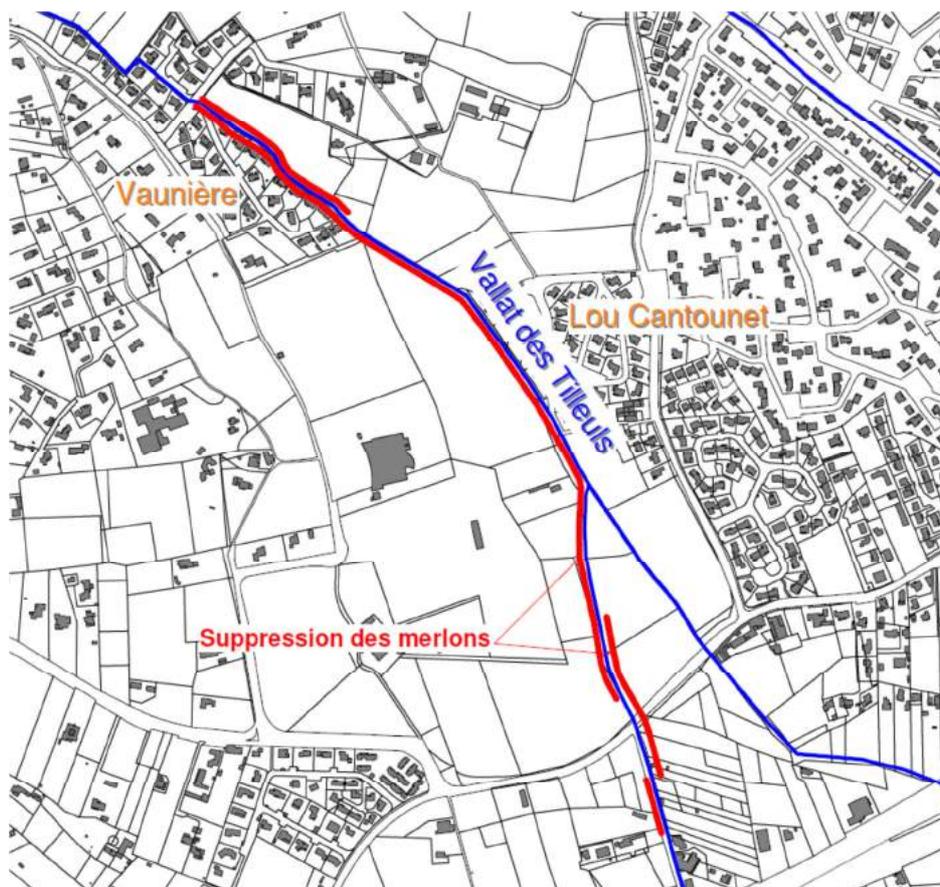
* Les hauteurs de digue sont indiquées sans revanche de sécurité.

3.3. PRESENTATION DE CERTAINS SCENARIOS EN DETAIL

3.3.1. EP1 : Suppression des merlons sur le vallat des Tilleuls

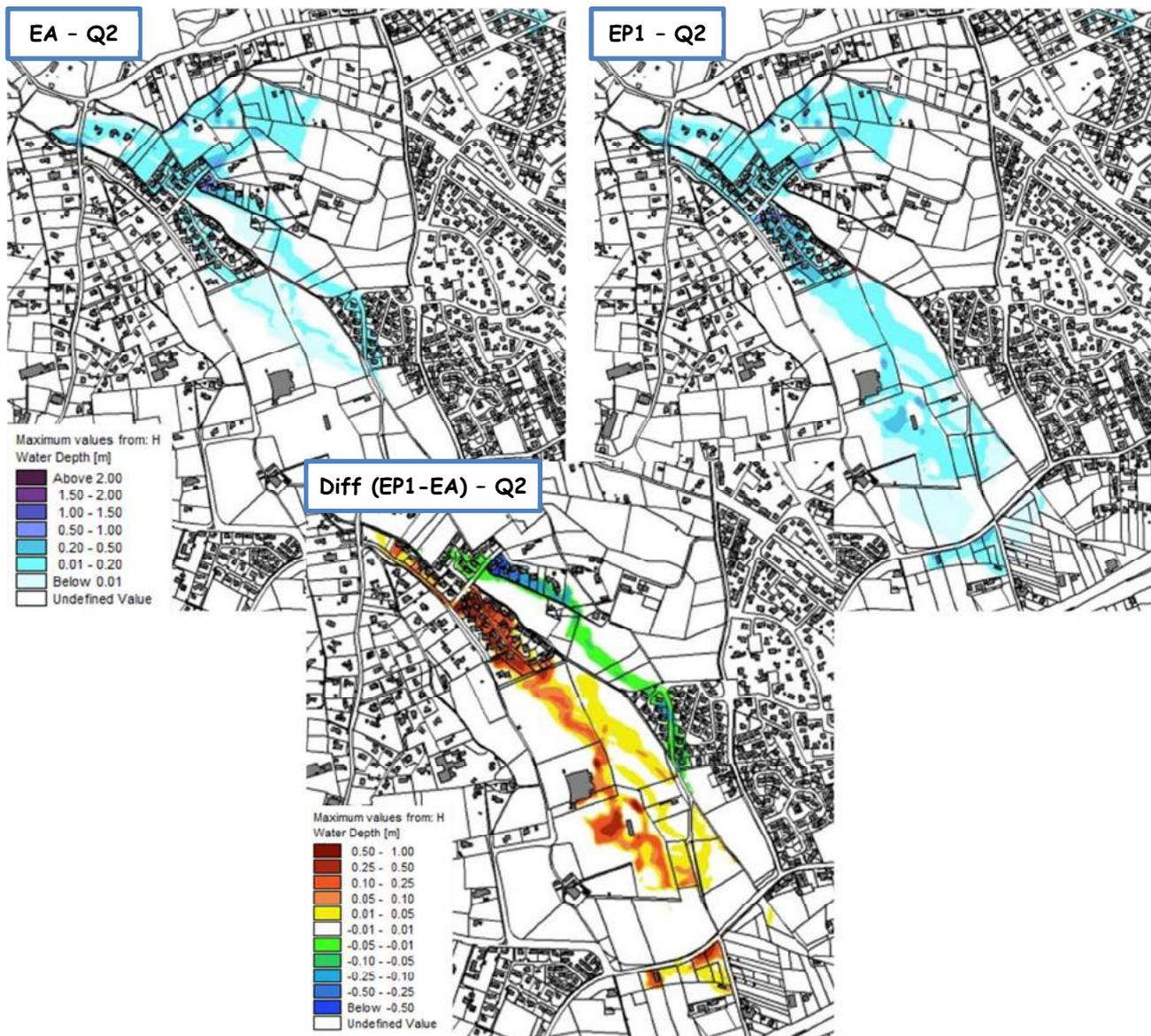
Dans ce scénario, l'ensemble des merlons existant en rive gauche et en rive droite du vallat des Tilleuls sont supprimés, comme l'illustre la figure ci-après.

FIGURE 10 : EP1 BOUC-BEL-AIR – SUPPRESSION DES MERLONS DU VALLAT DES TILLEULS



Les résultats hydrauliques obtenus pour la crue biennale sont présentés ci-après, ainsi que les différences de hauteur d'eau entre l'état actuel et l'état projet. Les couleurs chaudes représentent des secteurs sur lesquels la hauteur d'eau à l'état projet est supérieure à la hauteur d'eau en situation actuelle. Les couleurs froides indiquent les secteurs sur lesquels la hauteur d'eau à l'état projet est inférieure à la hauteur d'eau en situation actuelle. **L'objectif est donc d'avoir des couleurs froides sur les secteurs à enjeux.**

FIGURE 11 : RESULTATS HYDRAULIQUES DU SCENARIO EP1 – BOUC-BEL-AIR



La suppression des merlons du vallat des Tilleuls favorise les débordements du cours d'eau en rive gauche. Ainsi la rive droite se retrouve sous-inondée : le quartier de Lou Cantounet est hors d'eau pour Q2 et Q5. En revanche, le quartier de Vaunière Sud est surinondé (de plus de 50 cm pour Q2 au droit de certaines habitations). Pour les crues type Q5 et Q10, ce même phénomène d'amélioration de la rive droite au détriment de la rive gauche se retrouve. Pour Q10, certains merlons en situation actuelle étant déjà submergés, la surinondation de Vaunière Sud est moins importante (au maximum de 30 cm sur certaines habitations).

Causant la surinondation de secteurs habités, ce scénario n'est pas satisfaisant.

NB : Dans le scénario EP36b, combinant plusieurs aménagements, les merlons du Grand Vallat ont été supprimés. Cet aménagement n'apporte rien, il entraîne la surinondation de la rive droite au droit des habitations en amont du pont du chemin de Sauvecanne sur le Grand Vallat, avant la confluence avec le vallat des Tilleuls.

3.3.2. EP5 : Suppression du « coude »

Au cœur du quartier de Vaunière, le vallat des Tilleuls est canalisé et son tracé présente deux angles droits faisant obstacle aux écoulements et entraînant le dépôt de matériaux et donc une surélévation de la ligne d'eau localement (cf. *Figure 4 : Recalibrage d'ouvrages et modification du tracé du vallat des Tilleuls – Bouc-Bel-Air*). Le modèle hydraulique construit n'étant pas à l'échelle d'un tel aménagement, il est difficile d'illustrer l'impact qu'aurait la suppression du coude par des cartographies. Néanmoins, il s'agit là de faire preuve de « bon sens hydraulique ». En conservant la capacité hydraulique du canal, la suppression du coude favoriserait le bon transit des matériaux et un écoulement sans turbulence. **Cet aménagement est conseillé.**

3.3.3. EP6 et EP6b : Mise en place d'un chenal de dérivation

Comme présenté au § 3.2.2. C - *Chenal de dérivation*, ce scénario a fait l'objet de deux simulations : la première, EP6, faisant apparaître une branche de dérivation du vallat des Tilleuls vers le Grand Vallat en contournant le quartier de Vaunière par l'Est. La deuxième, EP6b, est une adaptation de la première et conserve la partie aval uniquement du chenal, devenant alors une noue interceptant les écoulements du vallat de Babol. Si le scénario EP6 est le plus efficace car il permet de mettre hors d'eau la partie Nord de Vaunière pour Q2, il est aussi plus coûteux car nécessitant la mise en place d'un ouvrage hydraulique. Le scénario EP6b, moins coûteux, permet de sous-inonder le quartier de Vaunière. Les résultats sont présentés ci-après.

FIGURE 12 : EP6B BOUC-BEL-AIR – CHENAL DE DERIVATION (TRONÇON AVAL UNIQUEMENT)

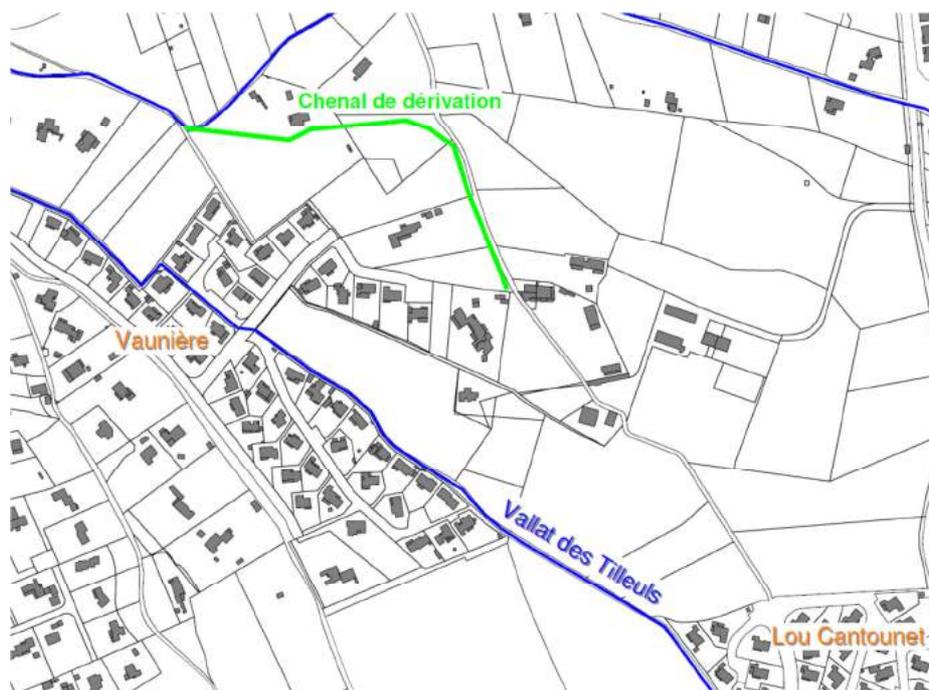


FIGURE 13 : RESULTATS HYDRAULIQUES DES SCENARIOS EP6 ET EP6B – BOUC-BEL-AIR

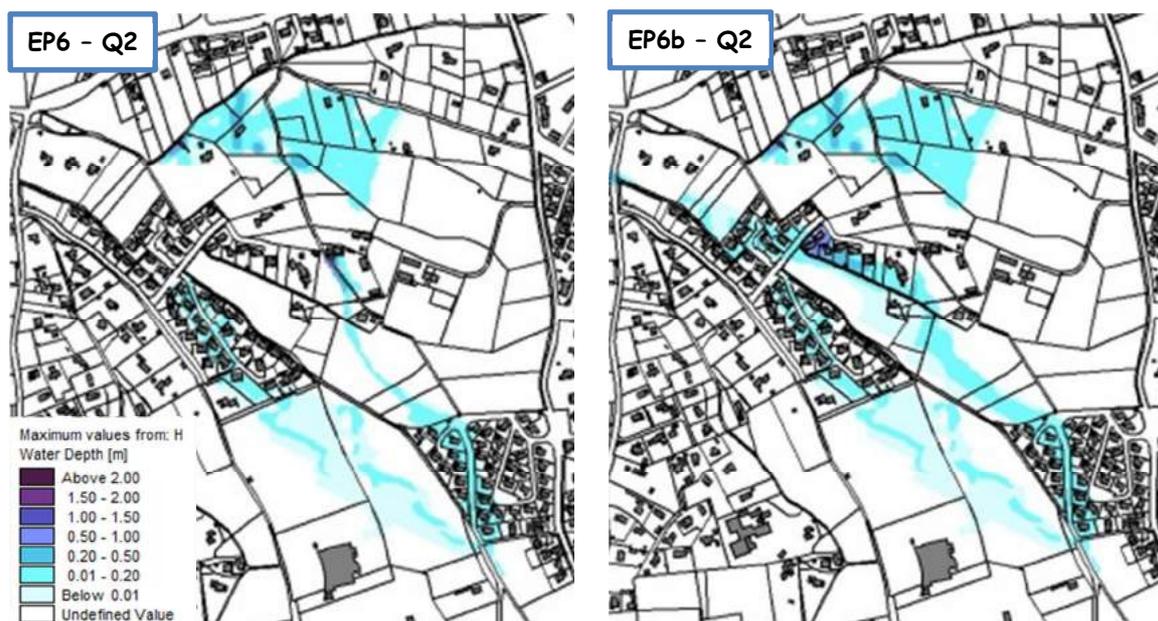
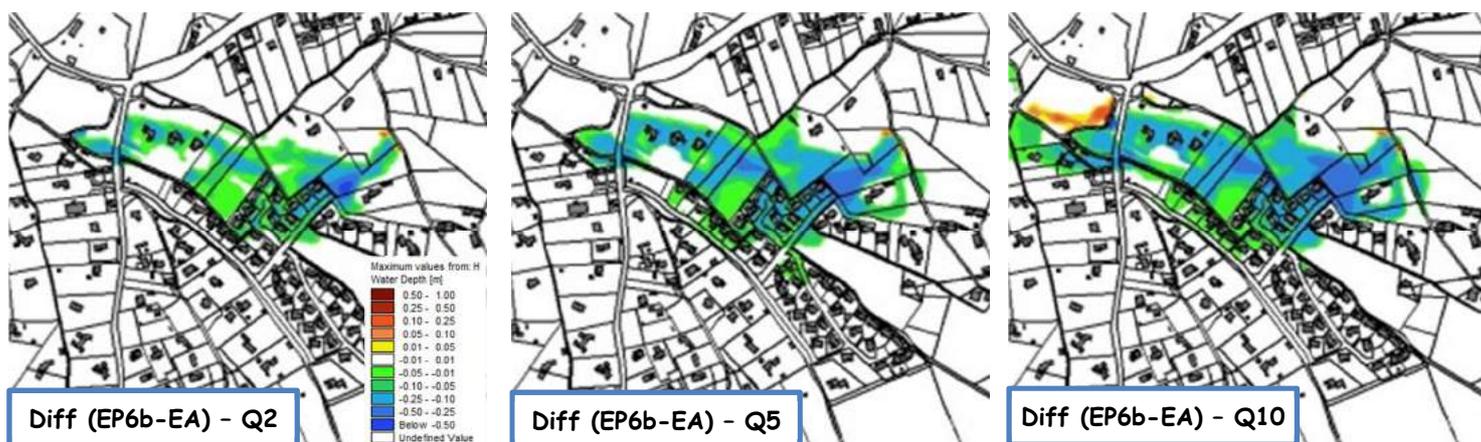


FIGURE 14 : DIFFERENCE DE HAUTEURS D'EAU ENTRE EP6B ET EA – BOUC-BEL-AIR



Pour Q2, le secteur Nord de Vaunière est sous-inondé de 5 à 25 cm, pour Q10 de 5 à 35 cm.

Ce scénario implique un aménagement simple et peu coûteux. Par ailleurs, aucune surinondation n'est constatée en zone habitée et l'aménagement n'a aucun impact sur le débit rejeté à l'aval (mesure prise au droit de la RD60a en amont de l'A51). La mise en place du chenal de dérivation interceptant les débordements du vallat de Babol est donc fortement conseillée.

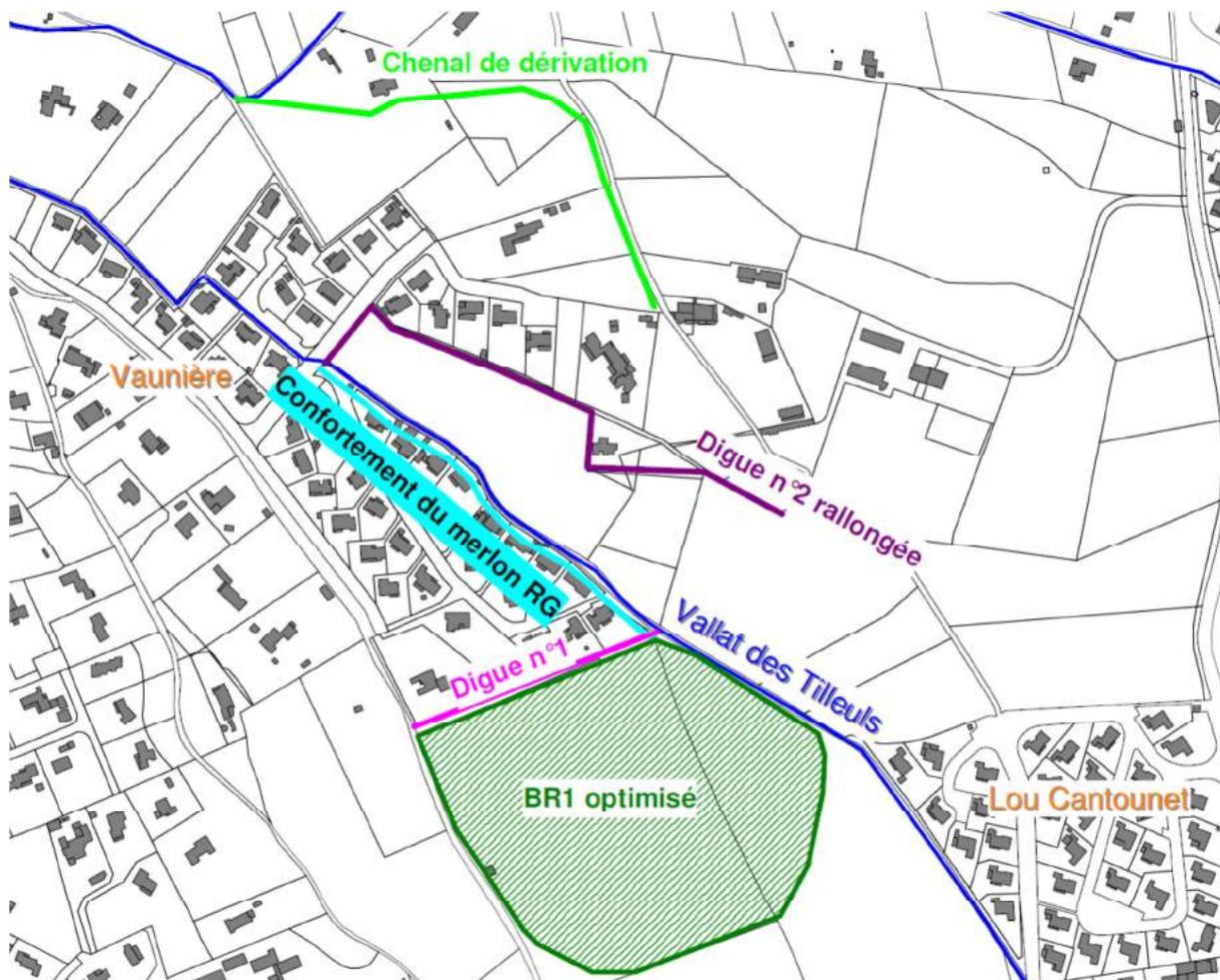
3.3.4. EP34 : Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection + BR1 optimisé

Ce scénario combine plusieurs aménagements, qui figurent sur l'illustration ci-après :

- Les merlons sont laissés à l'identique sauf en rive gauche au droit de Vaunière Sud où le merlon est conforté (environ 1 m au-dessus du terrain naturel),
- La mise en place du chenal de dérivation en conservant uniquement la partie aval,
- La mise en place des digues de protection (digue n°1 + digue n°2 rallongée),
- La mise en place du bassin de rétention BR1 optimisé.

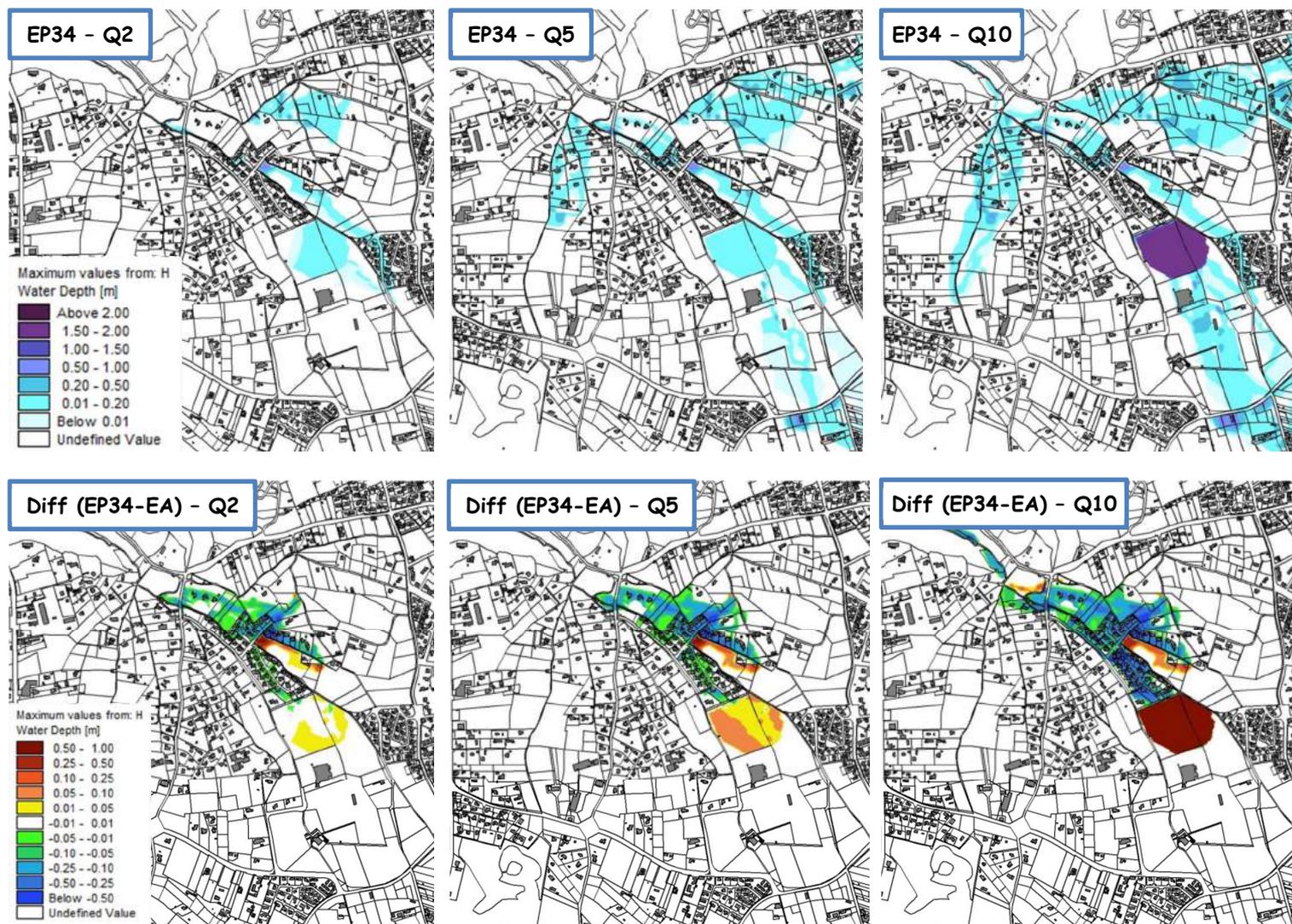
Pour plus de détail sur les différents aménagements, se référer aux figures suivantes : *Figure 3 : Merlons du vallat des Tilleuls – Bouc-Bel-Air*, *Figure 7 : Optimisation du chenal de dérivation – Bouc-Bel-Air*, *Figure 9 : Optimisation des digues de protection – Bouc-Bel-Air*, et *Figure 5 : Optimisation des bassins de rétention proposés dans le Schéma pluvial – Bouc-Bel-Air*.

FIGURE 15 : EP34 BOUC-BEL-AIR – MERLONS INCHANGES + CONFORTEMENT + CHENAL + DIGUES DE PROTECTION + BR1 OPTIMISE



Les résultats hydrauliques sont présentés ci-après.

FIGURE 16 : RESULTATS HYDRAULIQUES DU SCENARIO EP34 BOUC-BEL-AIR



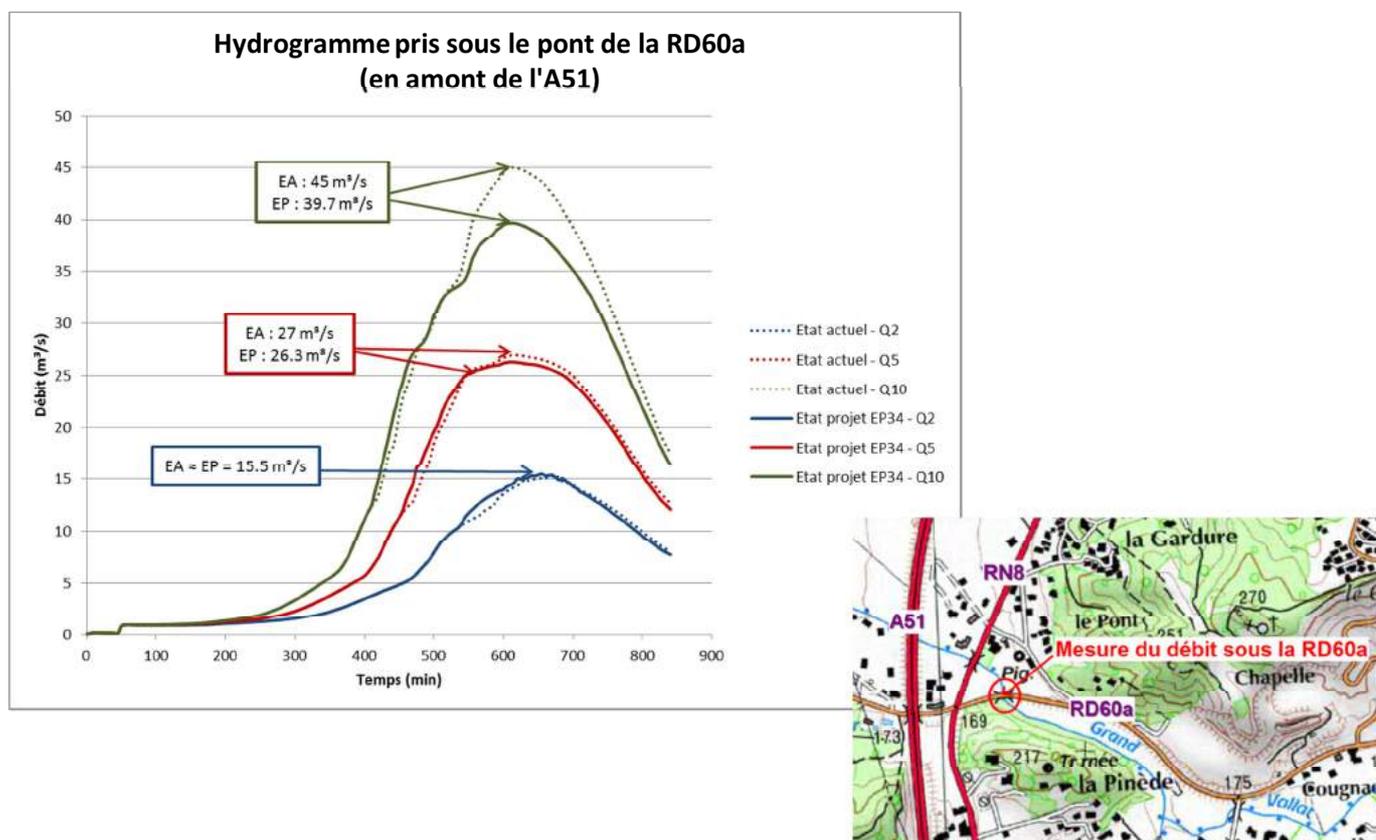
Pour Q2, le quartier de Vaunière est totalement mis hors d'eau. Les parties Nord et Est sont mises hors d'eau d'une part grâce au chenal de dérivation qui intercepte les écoulements du vallon de Babol, d'autre part grâce à la digue n°2 qui intercepte les écoulements en provenance de Lou Cantounet. Concernant la partie Sud, elle est protégée par la digue n°1.

Pour Q5 et Q10, les secteurs Sud et Est sont hors d'eau également car protégés par les deux digues. Quant à la partie Nord, elle est sous-inondée. Le chenal de dérivation ne déborde pas, c'est donc qu'il est correctement dimensionné (cf. § 3.2.2. C - Chenal de dérivation). Si ce secteur reste néanmoins inondé, c'est qu'en amont, l'ensemble des écoulements en lit majeur, limités de part et d'autre par les digues, rejoignent le lit mineur. La capacité du vallon dans le secteur Nord n'est donc pas suffisante

pour accueillir ce surplus de débit et vu l'étroitesse du secteur, il est difficile d'envisager un recalibrage du vallat.

Les bassins de rétention sont efficaces puisqu'ils sont complètement remplis pour Q10. En terme de débit, l'aménagement a tendance à diminuer légèrement le débit libéré à l'aval. La figure ci-dessous présente l'évolution du débit au cours du temps sous l'ouvrage de la RD60a en amont de l'A51. Pour Q2, la différence est négligeable (le bassin de rétention BR1 est à peine rempli). Pour Q5 et Q10, l'impact de la rétention se fait sentir, les débits rejetés à l'aval sont plus faibles à l'état projet qu'en situation actuelle.

FIGURE 17 : IMPACT DES AMENAGEMENTS DU SCENARIO EP34 SUR LES DEBITS – BOUC-BEL-AIR



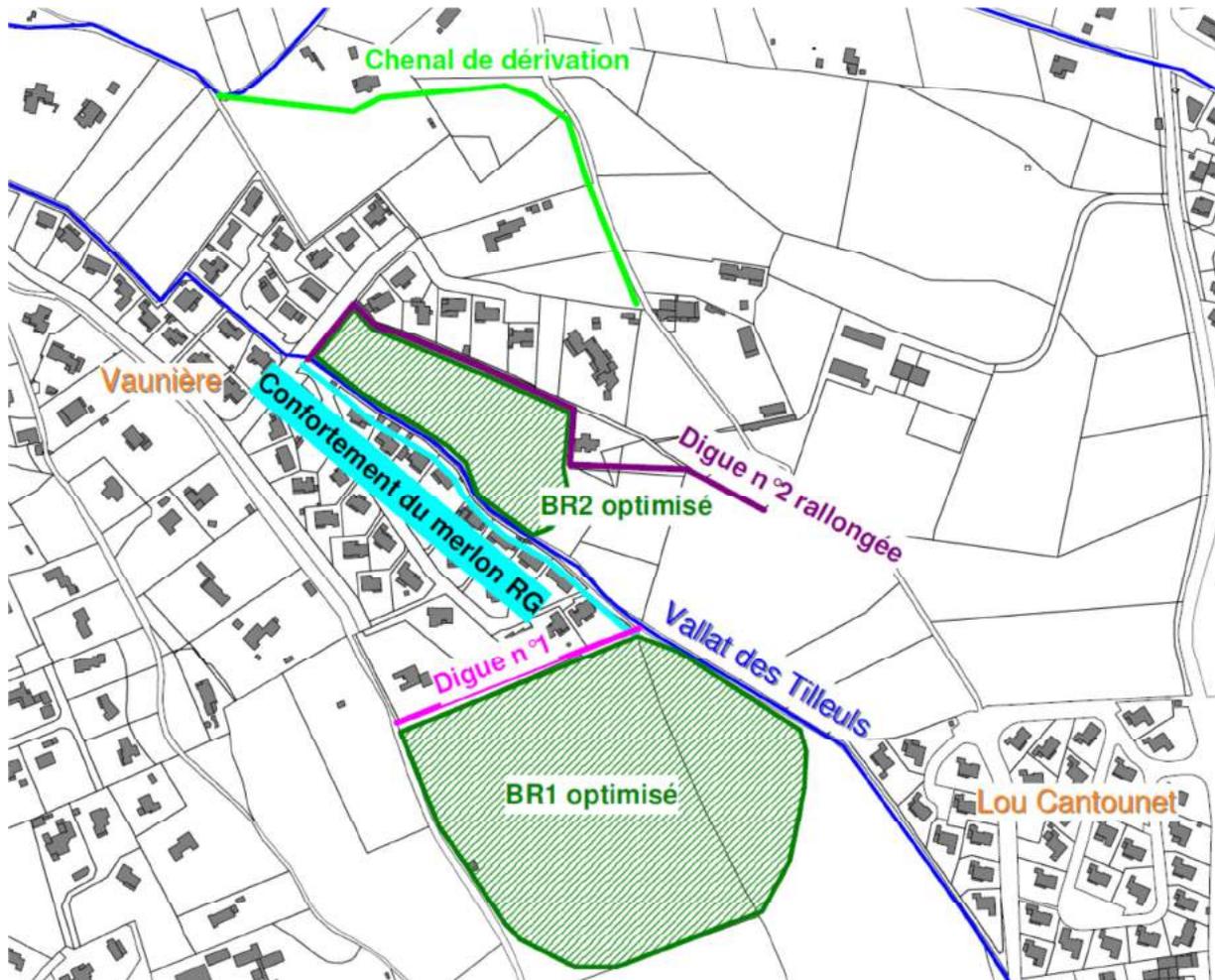
Le présent scénario EP34 possède plusieurs déclinaisons :

- EP32 : idem que EP34 mais avec le bassin de rétention BR2,
- EP31 : idem que EP34 mais avec la suppression des merlons,
- EP28 : idem que EP34 mais avec le bassin de rétention BR2 et la suppression des merlons.

- **Comparaison des scénarios EP34 et EP32**

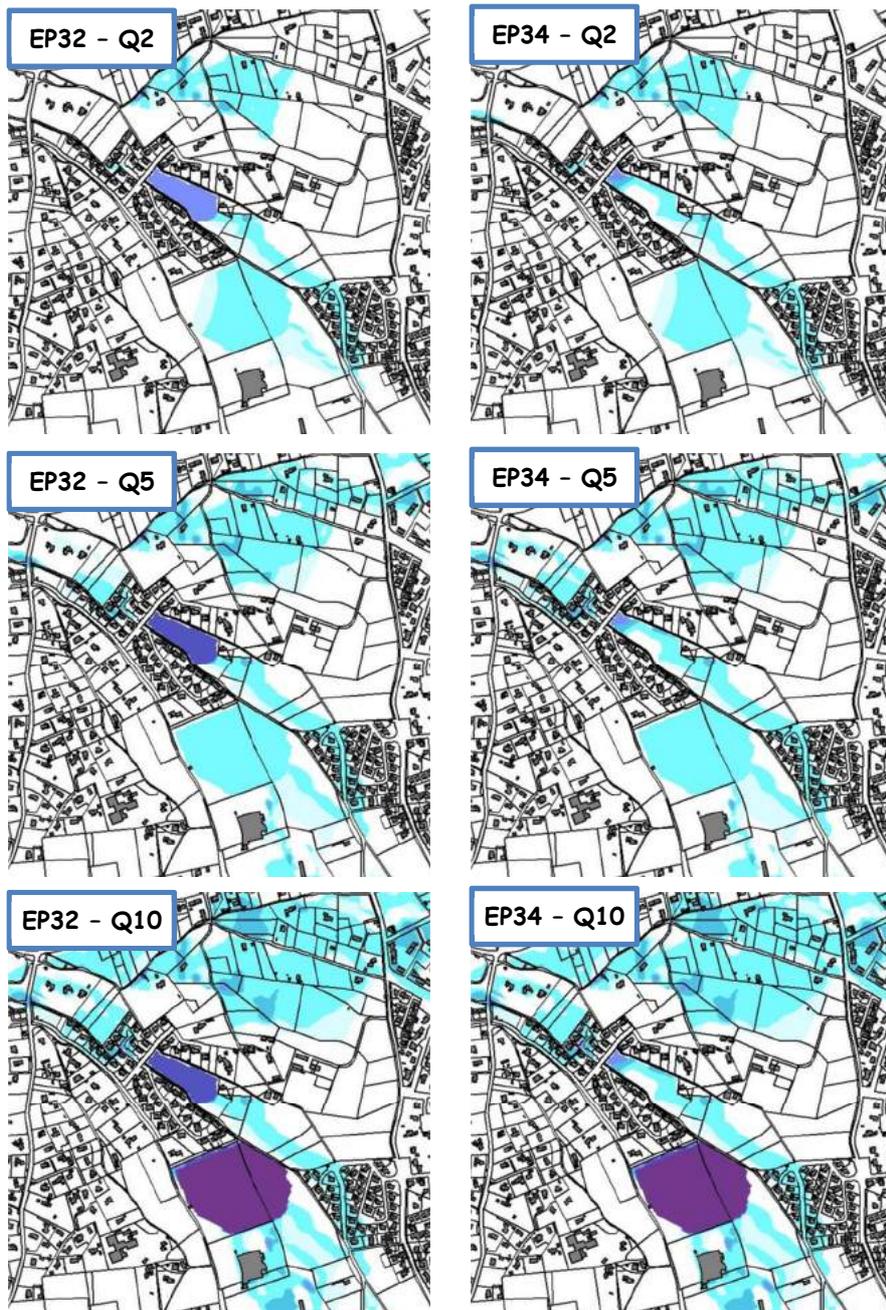
Le scénario EP32 est semblable au scénario EP34 sauf que le bassin de rétention BR2 est rajouté. Les aménagements concernés figurent sur l'illustration ci-après.

FIGURE 18 : EP32 BOUC-BEL-AIR – MERLONS INCHANGES + CONFORTEMENT + CHENAL + DIGUES DE PROTECTION + BR1 ET BR2 OPTIMISES



En comparant les scénarios EP34 et EP32, il apparaît que le bassin de rétention BR2 n'est pas indispensable. En effet, comme l'illustre la figure ci-après, même si le BR2 améliore légèrement la situation localement, la différence n'est pas flagrante.

FIGURE 19 : COMPARAISON DES SCENARIOS EP32 ET EP34 – BOUC-BEL-AIR



En terme de débit, le fait de mettre un deuxième bassin de rétention entraîne une légère diminution du débit rejeté à l'aval. Le tableau ci-dessous présente les débits de pointe pour chacun des scénarios en comparaison avec la situation actuelle.

TABLEAU 3 : COMPARAISON DES DEBITS REJETES A L'AVAL EP32 ET EP34 – BOUC-BEL-AIR

Occurrence de crue	EP32 (BR1 + BR2)	EP34 (BR1)	EA
Q2 (m³/s)	15.1	15.5	15.5
Q5 (m³/s)	25.2	26.3	26.9
Q10 (m³/s)	39.5	39.7	45

Enfin, si l'avantage du scénario EP32 est de réduire encore plus le débit rejeté à l'aval, il présente l'inconvénient de nécessiter la mise en place d'un deuxième aménagement, rendant plus coûteuse l'opération de protection. Le scénario EP34 semble donc être un bon compromis. Les résultats obtenus sont satisfaisants : il n'y a aucune surinondation en zone habitée, l'ensemble du quartier de Vaunière est soit hors d'eau soit sous-inondé et le débit rejeté à l'aval est légèrement diminué par rapport à la situation actuelle.

- **Comparaison des scénarios EP34 et EP31**

Le scénario EP31 est semblable au scénario EP34 sauf que les merlons sont supprimés sauf au droit du confortement en rive gauche. La figure ci-après illustre les différents aménagements concernés.

Comme vu au § 3.3.1. *EP1 : Suppression des merlons sur le vallon des Tilleuls*, la suppression des merlons sur le vallon des Tilleuls permet de décharger complètement la rive droite et de mettre hors d'eau le quartier de Lou Cantounet pour Q2 et Q5 (cf. Figure 11 : Résultats hydrauliques du scénario EP1 – Bouc-Bel-Air). La rive gauche en revanche se retrouve surinondée. Dans le scénario EP31, les écoulements sont stoppés par la digue n°1 et la surinondation ne se répercute donc pas sur le secteur de Vaunière Sud. Le problème se pose donc pour des crues d'occurrence supérieure à 10 ans, au cours desquelles la digue n°1, dimensionnée pour protéger jusqu'à Q10, est submergée. Le surplus de débit créé en rive gauche par la suppression des merlons se propage alors jusque dans Vaunière Sud et surinonde le secteur. Ce phénomène est cependant de moins en moins évident pour les crues importantes car les merlons sont de plus en plus submergés. Laisser les merlons tels qu'ils le sont aujourd'hui serait malgré tout plus sécuritaire. Il est prévu en phase 4 de modéliser les scénarios retenus pour la crue de référence. Les résultats permettront de statuer sur l'intérêt de la suppression des merlons du vallon des Tilleuls.

Un autre paramètre plaide en faveur de la conservation des merlons : la hauteur de la digue n°1. Pour une même occurrence de crue, la hauteur de la digue sera plus importante si les merlons sont

supprimés puisque les débordements seront amplifiés en rive gauche. La digue n°2 aura, elle, une hauteur moins importante.

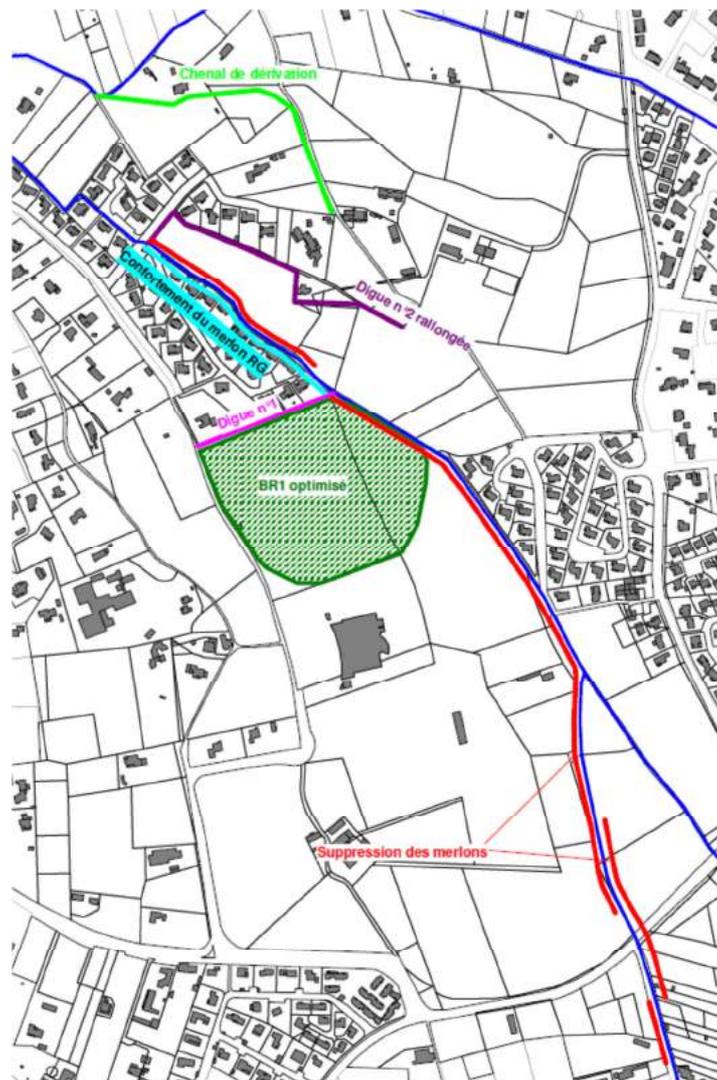
La hauteur de la digue n°1 pour les scénarios EP31 et EP34 est présentée ci-après.

TABLEAU 4 : HAUTEURS DES DIGUES – SCENARIOS EP31 ET EP34 BOUC-BEL-AIR

		EP31 (merlons supprimés sauf confortement)	EP34 (merlons inchangés sauf confortement)
Digue n°1	Q2	1.06 m	Digue inutile
	Q5	1.54 m	Digue inutile
	Q10	1.73 m	1.41 m

FIGURE 20 : EP31 BOUC-BEL-AIR - MERLONS INCHANGES + CONFORTEMENT + CHENAL + DIGUES DE PROTECTION + BR1

OPTIMISE + SUPPRESSION DES MERLONS



Dans les scénarios présentés ci-après, les bassins de rétention n'interviennent pas. A l'issue de cette dernière présentation de scénario, sera présentée une conclusion quant à l'efficacité ou non des bassins de rétention, de la suppression des merlons, du confortement du merlon en rive gauche au droite de Vaunière Sud et des digues de protection (cf. § 3.3.6. Conclusion).

3.3.5. EP37 : Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection

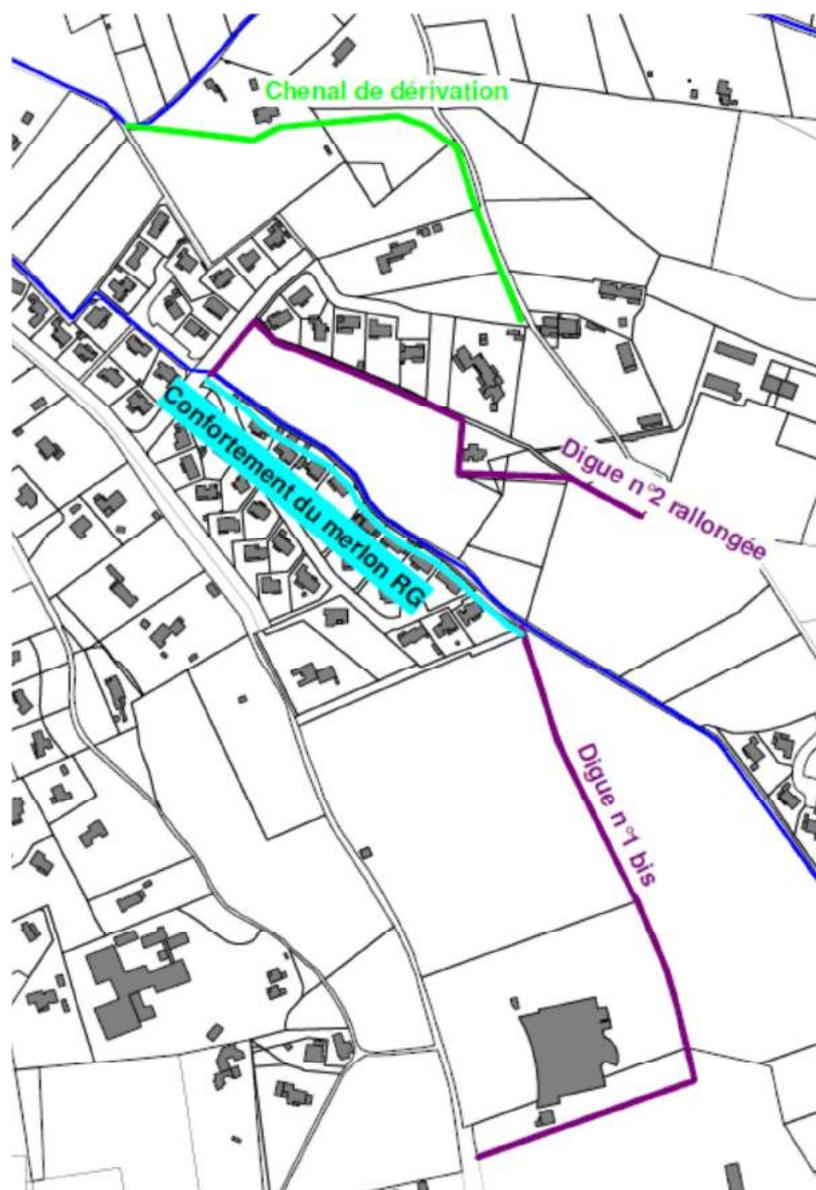
Ce scénario combine plusieurs aménagements :

- Les merlons sont laissés à l'identique sauf en rive gauche au droit de Vaunière Sud où le merlon est conforté (environ 1 m au-dessus du terrain naturel),
- La mise en place du chenal de dérivation en conservant uniquement la partie aval,
- La mise en place des digues de protection (digue n°1 bis + digue n°2 rallongée).

NB : Ce scénario est presque identique au scénario présenté précédemment (EP34) sauf qu'il n'y a pas de bassin de rétention et que la digue n°1 a changé en digue n°1 bis. Ce scénario va permettre de montrer d'une part que les bassins de rétention ne sont pas indispensables, d'autre part que la digue n°1 bis est plus intéressante que la digue n°1.

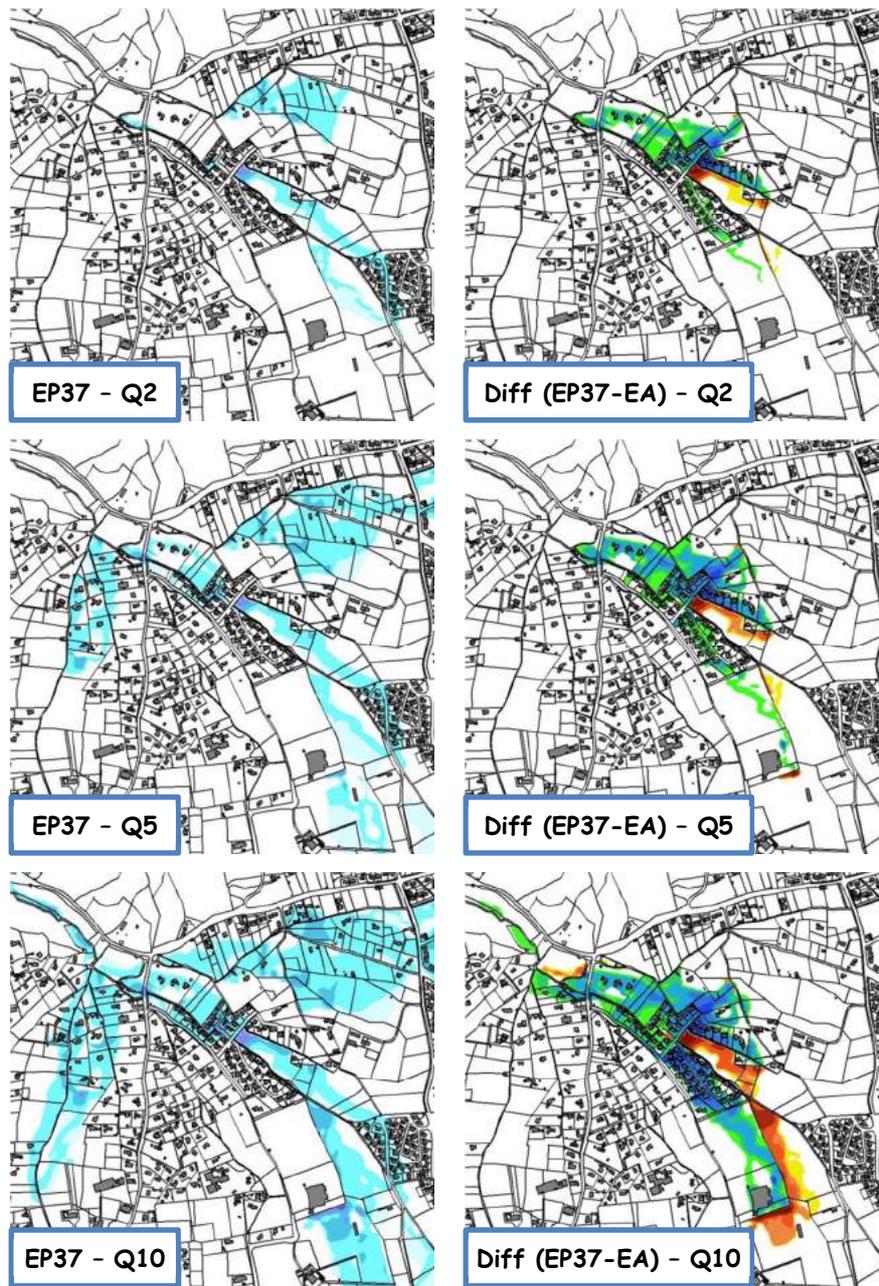
La figure suivante rappelle les différents aménagements. Pour plus de détail sur les différents aménagements, se référer aux figures suivantes : *Figure 3 : Merlons du vallat des Tilleuls – Bouc-Bel-Air*, *Figure 7 : Optimisation du chenal de dérivation – Bouc-Bel-Air*, et *Figure 9 : Optimisation des digues de protection – Bouc-Bel-Air*.

FIGURE 21 : EP37 BOUC-BEL-AIR – MERLONS INCHANGES + CONFORTEMENT + CHENAL + DIGUES DE PROTECTION



Les résultats hydrauliques sont présentés ci-après pour Q2, Q5 et Q10 ainsi que les cartographies des différences de hauteur d'eau par rapport à la situation actuelle.

FIGURE 22 : RESULTATS HYDRAULIQUES DU SCENARIO EP37 – BOUC-BEL-AIR



De même que pour le scénario EP34 présenté précédemment, le quartier de Vaunière est totalement mis hors d'eau pour Q2 grâce au chenal de dérivation qui protège le secteur Nord en interceptant les écoulements du vallon de Babol et à la digue n°2 qui protège le secteur Est en interceptant les écoulements en provenance de Lou Cantounet. La partie Sud quant à elle, est protégée par la digue n°1 bis.

Pour les crues Q5 et Q10, les secteurs Sud et Est sont hors d'eau également et la partie Nord est moins inondée qu'en situation de référence.

Par rapport au scénario EP34, ce scénario s'affranchit de bassins de rétention, évitant ainsi des travaux lourds et coûteux. En revanche, sans aucune rétention, le débit rejeté à l'aval reste inchangé par rapport à la situation actuelle.

Ce scénario fournit des résultats très satisfaisants puisque le quartier est complètement protégé pour Q2 et en partie protégé pour Q5 et Q10. La hauteur minimale (sans revanche) des digues nécessaire à la protection pour une occurrence donnée est présentée dans le

Tableau 5 : Hauteurs des digues – Scénario EP38b Bouc-Bel-Air.

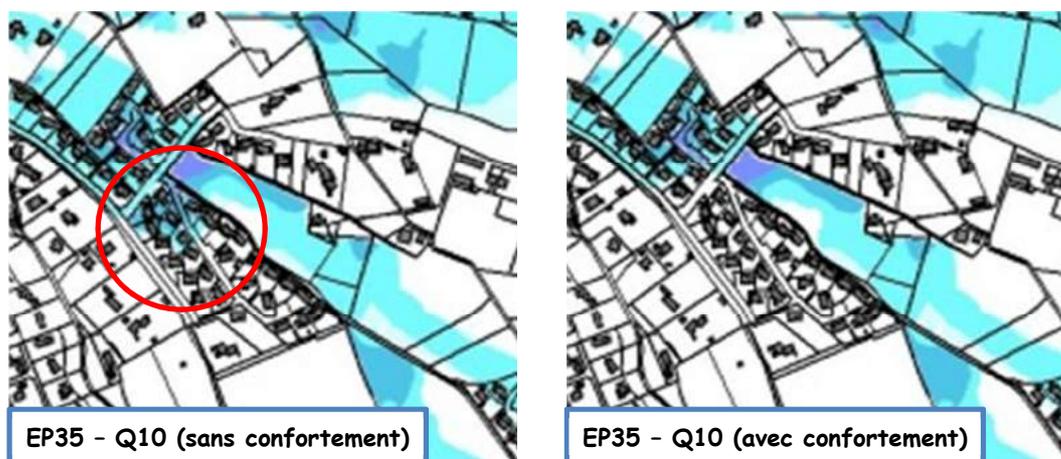
Ce scénario possède plusieurs déclinaisons :

- EP35 : idem que EP37 mais sans le confortement du merlon en rive gauche au droit de Vaunière Sud,
- EP36 et EP38b : idem que EP37 mais avec suppression des merlons du vallat des Tilleuls sans le confortement du merlon rive gauche (EP36) et avec (EP38b).

- **Comparaison des scénarios EP37 et EP35**

En comparant les scénarios EP37 et EP35, il apparaît que **le confortement du merlon en rive gauche au droit de Vaunière Sud permet de mieux protéger les habitations situées à proximité directe du vallat et s'inscrit dans la continuité de la digue n°1 bis. Cet aménagement est conseillé.**

FIGURE 23 : COMPARAISON DES SCENARIOS EP37 ET EP35 – BOUC-BEL-AIR



- **Comparaison des scénarios EP37 et EP36/EP38b**

Comme expliqué en page 30, supprimer les merlons du vallat des Tilleuls apporte comme avantage de protéger Lou Cantounet (hors d'eau pou Q2) puisque les débordements sont majoritairement orientés en rive gauche. L'inconvénient de cet aménagement est, d'une part qu'il nécessite une hauteur de digue n°1 bis plus importante que si les merlons sont laissés en état et, d'autre part, qu'il risque de surinonder le quartier de Vaunière Sud pour des occurrences de crue supérieure à celle pour laquelle a été dimensionnée la digue n°1 bis (il y a alors surverse par-dessus la digue). La digue n°2 aura, elle, une hauteur moins importante.

Les hauteurs de digue pour les scénarii EP37 et EP38b sont présentées ci-après.

TABLEAU 5 : HAUTEURS DES DIGUES – SCENARIO EP38B BOUC-BEL-AIR

		EP37 (merlons inchangés sauf confortement)	EP38b (merlons supprimés sauf confortement)
Digue n°1 bis	Q2	0.41 m	1.40 m
	Q5	0.91 m	1.50 m
	Q10	1.50 m	1.59 m
Digue n°2	Q2	0.78 m	Digue inutile
	Q5	0.80 m	0.57 m
	Q10	0.98 m	0.87 m

3.3.6. Conclusion

- **Le chenal de dérivation et le coude de Vaunière**

La mise en place du chenal de dérivation au Nord Est de Vaunière et le remplacement du double angle droit sur le vallat des Tilleuls au cœur du quartier sont les aménagements conseillés en priorité.

Indépendamment des autres aménagements, le chenal de dérivation montre clairement son efficacité même si le tronçon aval uniquement est retenu. Lorsqu'il est couplé à d'autres aménagements tels que la combinaison EP37, sa présence a d'autant plus d'intérêt car il vient en complément de la digue n°2 : le chenal permet la protection de Vaunière Nord, la digue n°2 Vaunière Est.

Le scénario EP6 correspondant au chenal complet (du vallon des Tilleuls vers le Grand Vallat) implique forcément la mise en place d'un ouvrage hydraulique coûteux et nécessitant de plus lourds travaux (cf. Figure 7 : *Optimisation du chenal de dérivation – Bouc-Bel-Air*). C'est pourquoi le scénario EP6b a été proposé, ne conservant que la partie aval du chenal initial et évitant ainsi la mise en place d'un ouvrage hydraulique. **Cet aménagement, simple et peu coûteux, peut être mis en place immédiatement car son efficacité est indépendante des autres aménagements envisagés.**

- **Les merlons**

Le confortement du merlon en rive gauche au droit de Vaunière Sud est presque indispensable. D'une part parce qu'il protège les habitations situées à proximité du vallon, d'autre part parce que cela évitera la formation de merlons illicites mal conçus et pouvant rompre à tout moment.

La suppression des merlons sur le vallon des Tilleuls (sauf pour la partie confortée) apporte des avantages et des inconvénients.

L'avantage est que le quartier de Lou Cantounet, situé en rive droite, est sous-inondé (voire hors d'eau pour Q2) si les merlons sont supprimés car les débordements apparaissent en conséquence majoritairement en rive gauche.

L'inconvénient est que la rive gauche se retrouve forcément surinondée et que cet apport de débit supplémentaire ne peut être contré que jusqu'à une certaine occurrence de crue. La digue n°1 (ou n°1 bis) stoppe les écoulements en direction de Vaunière Sud, mais au-delà de Q10, la hauteur de la digue devient trop importante et l'aménagement difficilement envisageable. La digue est alors submergée et le problème n'est pas résolu. A ce stade de l'étude, seules les crues de périodes de retour 2, 5 et 10 ans ont été modélisées. Il n'y a donc pas de cartographies prouvant que pour des crues de périodes de retour supérieures, la suppression des merlons entraîne la surinondation de Vaunière Sud malgré la mise en place de digues de protection, de confortements de merlons et/ou de mise en place de bassins de rétention. **Pour s'assurer de cela, il est prévu de modéliser certains scénarios d'aménagement pour la crue de référence en phase 4.**

Il semble néanmoins plus sécuritaire de maintenir les merlons en l'état, sauf bien sûr au droit de Vaunière Sud en rive gauche où le merlon sera conforté.

- **Les bassins de rétention**

Le (ou les) bassin(s) de rétention permettent d'une part de diminuer le débit rejeté à l'aval par rapport à la situation actuelle (cf. Figure 17 : Impact des aménagements du scénario EP34 sur les débits – Bouc-Bel-Air), d'autre part de diminuer les hauteurs des digues n°1 et n°2. Néanmoins, ces aménagements sont lourds, coûteux et contraignants notamment pour les propriétaires des terres.

Le tableau suivant permet d'illustrer l'impact du BR1 sur la hauteur de la digue n°1.

TABLEAU 6 : IMPACT DU BR1 SUR LA HAUTEUR DE LA DIGUE N°1 – BOUC-BEL-AIR

		EP33 (merlons inchangés + confortement + chenal + digues)	EP34 (idem mais avec BR1)
Digue n°1	Q2	0.43 m	Digue inutile
	Q5	0.83 m	Digue inutile
	Q10	2 m	1.41 m

Le bassin de rétention permet de réduire significativement la hauteur de la digue n°1 voire même de la rendre inutile pour les petites occurrences de crue.

Quant au bassin BR2, il a été montré précédemment qu'il n'est pas indispensable. S'il permet certes de réduire le débit rejeté à l'aval, les hauteurs d'eau et l'étendue de la zone inondable n'en sont pas pour autant réduites.

Finalement, **les bassins de rétention peuvent être considérés comme des aménagements complémentaires améliorant la situation notamment à l'aval par réduction du débit de pointe de crue.** Leur mise en place n'est pas indispensable puisqu'il est possible de trouver des scénarios très satisfaisants sans bassin de rétention (cf. § 3.3.5. EP37 : Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection). Si la commune souhaite néanmoins les mettre en place, la situation n'en sera qu'améliorée.

- **Les digues de protection**

Deux digues de protection ont été proposées : une digue située en amont de Vaunière Sud en rive gauche et une digue en rive droite permettant de protéger le secteur de Vaunière Est.

Pour protéger le secteur de Vaunière Sud, deux digues sont possibles : la digue n°1 ou la digue n°1 bis (cf. Figure 9 : *Optimisation des digues de protection – Bouc-Bel-Air*).

Même si la digue n°1 est longtemps restée parmi les meilleurs aménagements proposés et a fait l'objet de nombreuses simulations, un désavantage est apparu au cours de l'avancée de cette phase de l'étude. Son emplacement, transverse aux écoulements et à proximité directe des habitations du secteur de Vaunière Sud, présentait des risques tels que la rupture en amont immédiat de zones à enjeux.

Ainsi, il a été proposé la mise en place de la digue n°1 bis, non perpendiculaire aux écoulements et plus éloignée des habitations. Cette digue, couplée à d'autres aménagements, a montré son efficacité (cf. § 3.3.5. EP37 : *Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection*). Par ailleurs, en comparaison au scénario EP33 (idem EP37 mais avec digue n°1), la hauteur de la digue n°1 bis nécessaire à la protection des habitations pour Q10 est un peu plus faible que celle de la digue n°1.

TABLEAU 7 : HAUTEURS DES DIGUES N°1 ET N°1 BIS POUR DEUX SCENARIOS SEMBLABLES – BOUC-BEL-AIR

		Merlons inchangés + confortement + chenal + digue n°2	
		+ digue n°1 (EP33)	+ digue n°1 bis (EP37)
Hauteur de la digue	Q2	0.43 m	0.41 m
	Q5	0.83 m	0.91 m
	Q10	2 m	1.50 m

En conclusion, la digue n°1 bis plus recommandée que la digue n°1.

3.4. ESTIMATION DU COUT DES AMENAGEMENTS POUR CHAQUE SCENARIO

Dans le *Tableau 2 : Récapitulatif de l'ensemble des scénarios testés sur Bouc-Bel-Air*, figure un estimatif du coût des travaux pour chaque aménagement. Il est présenté sous forme de fourchette (inférieure et supérieure) et a été évalué sur la base de ratio de manière à pouvoir comparer les coûts des aménagements.

Les coûts des différents aménagements ont été estimés comme tel :

TABLEAU 8 : DETAIL DES COUTS DES AMENAGEMENTS – BOUC-BEL-AIR

Détail des prix			
Terrassement en déblai de petits volumes (lit mineur, chenal, etc)		Terrassement en remblai (digue, merlon)	
Sans évacuation des matériaux	8 €/m ³	Sans fourniture des matériaux	10 €/m ³
Avec évacuation des matériaux	15 €/m ³	Avec fourniture des matériaux	17.5 €/m ³
Terrassement en déblai de gros volumes (bassin de rétention)			
Sans évacuation des matériaux	5 €/m ³		
Avec évacuation des matériaux	12 €/m ³		

Ainsi, selon si les matériaux sont évacués ou non, fournis ou non, il ressort pour chaque aménagement une borne inférieure et une borne supérieure. Il est important de rappeler que le coût de chaque aménagement n'est, à ce stade de l'étude, qu'un ordre de grandeur. En phase 4, lorsque le maître d'ouvrage aura statué sur un ou plusieurs scénarios, ces derniers seront réévalués plus précisément.

3.5. SOLUTION(S) TECHNIQUE(S) PROPOSEE(S) ET ORDRE DES TRAVAUX

Compte tenu de ce qui a été présenté précédemment, il est maintenant possible d'établir un ordre chronologique des travaux en fonction de l'efficacité de chaque aménagement et de leur dépendance (ou non) à d'autres aménagements.

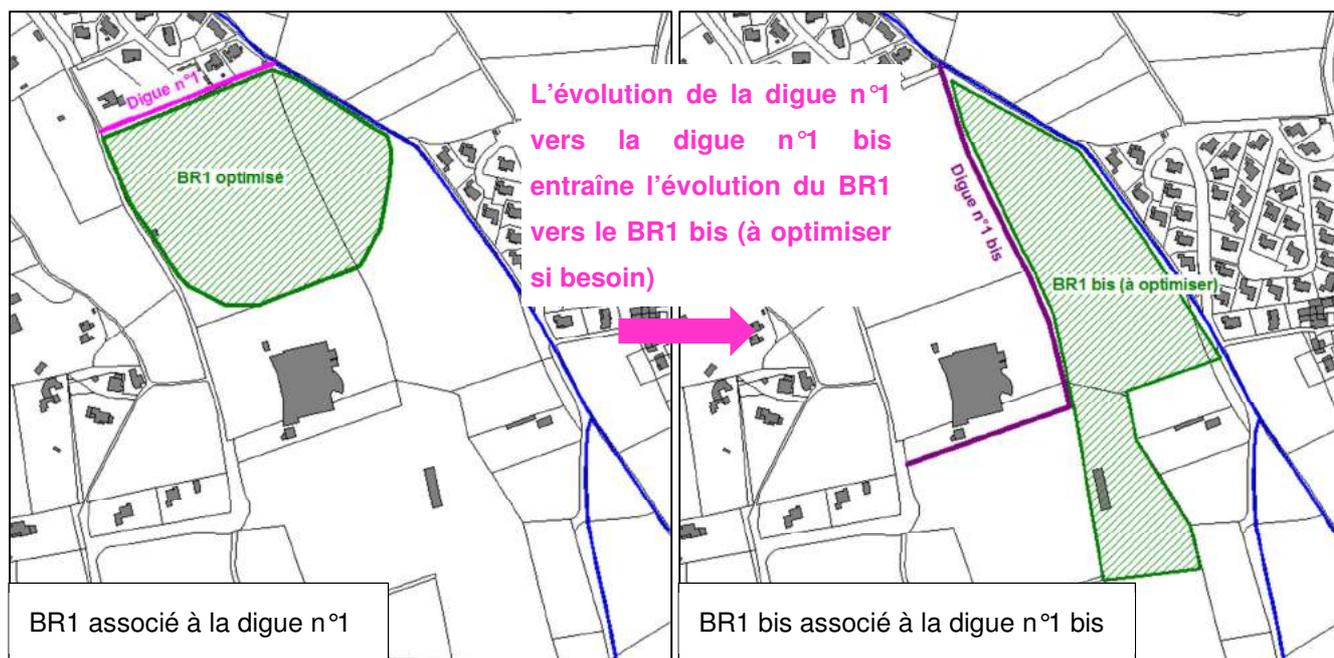
La solution proposée est la suivante, elle combine plusieurs aménagements :

- Solution minimale**
- 1- Mise en place du chenal de dérivation en conservant la partie aval uniquement** : cet aménagement est indépendant des autres et permet de mettre presque tout le quartier de Vaunière hors d'eau pour Q2.
 - 2- Mise en place des digues n°1 bis et digue n°2 rallongée** : attention, ces digues sont dépendantes l'une de l'autre. Par exemple, si la digue n°1 bis est mise en place sans la digue n°2, le secteur de Vaunière Est est surinondé pour Q10 (scénario EP39). La digue n°2 est donc indispensable pour contrer cette surinondation. Il est recommandé de commencer par la digue n°2 puis de mettre en place la digue n°1 bis.
- Solution plus complexe**
- 3- Confortement du merlon en rive gauche du vallon des Tilleuls au droit de Vaunière Sud** : cet aménagement permettra de mettre complètement hors d'eau le secteur de Vaunière Sud jusqu'à Q10.
 - 4- Complément – Mise en place du bassin de rétention BR1** : la digue n°1 bis a finalement été retenue (au détriment de la digue n°1). Ainsi si un bassin de rétention doit être implanté en amont de la digue n°1 bis, le BR1 deviendra BR1 bis comme illustré sur la figure ci-après.
 - 5- Complément – Mise en place du bassin de rétention BR2** : le bassin BR2 permet de réduire le débit rejeté à l'aval.

Il se dégage donc deux solutions, présentées dans la figure ci-après :

- une **solution minimale, correspondant au scénario EP6b** (cf. *Figure 12 : EP6b Bouc-Bel-Air – Chenal de dérivation (tronçon aval uniquement)*), nécessitant un aménagement relativement simple et peu coûteux ;
- une **solution plus complexe, correspondant au scénario EP37** (cf. *Figure 21 : EP37 Bouc-Bel-Air – Merlons inchangés + confortement + chenal + digues de protection*), nécessitant plus d'investissement (coût et durée des travaux) mais une protection plus élevée.

FIGURE 24 : MODIFICATION DU BR1 EN RETENANT LA DIGUE N°1 BIS – BOUC-BEL-AIR



Par ailleurs, il existe actuellement des petits murets perpendiculaires aux écoulements dans la partie Nord de Vaunière (cf. figure ci-après). Ces murets empêchent le ressuyage et le retour au cours d'eau, il est conseillé de les supprimer. Enfin, de manière à protéger Vaunière Nord (toujours en eau à partir de Q5 mais néanmoins sous-inondé par rapport à la situation actuelle), il est conseillé de mettre en place des batardeaux et/ou des portails étanches permettant d'éviter l'entrée d'eau dans les habitations. Cette protection rapprochée peut également être mise en place dans le quartier de Lou Cantounet, légèrement inondé pour une crue biennale.

FIGURE 25 : MURETS FAISANT OBSTACLE AUX ECOULEMENTS – VAUNIÈRE NORD BOUC-BEL-AIR

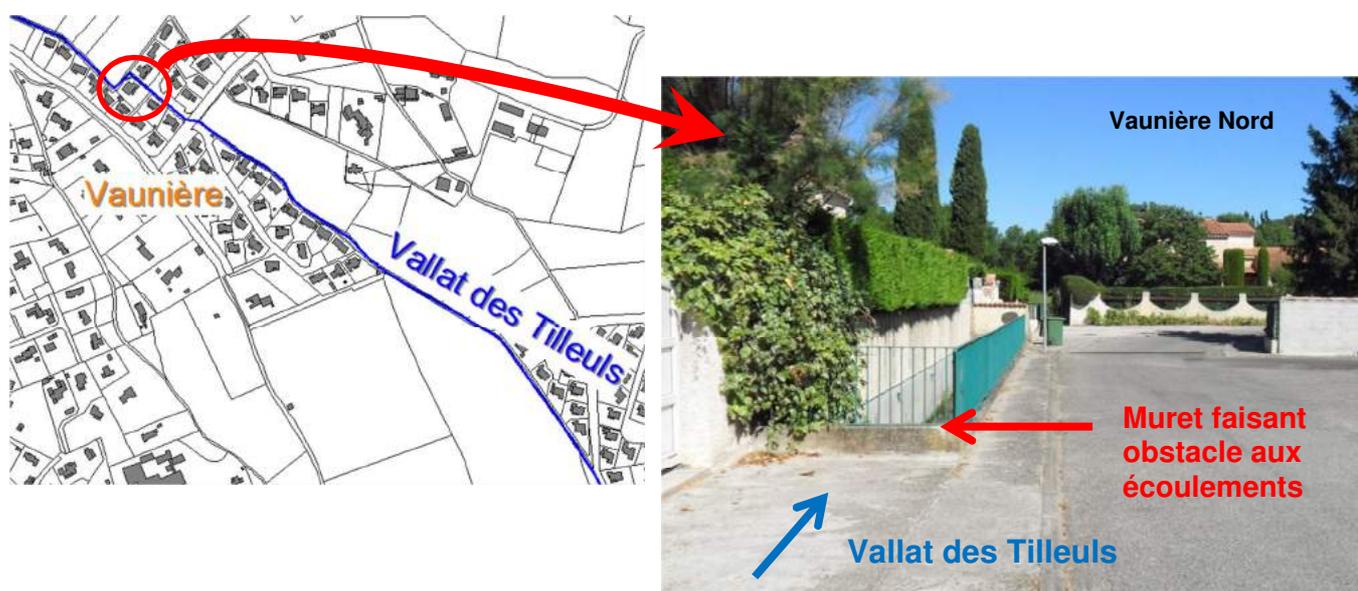




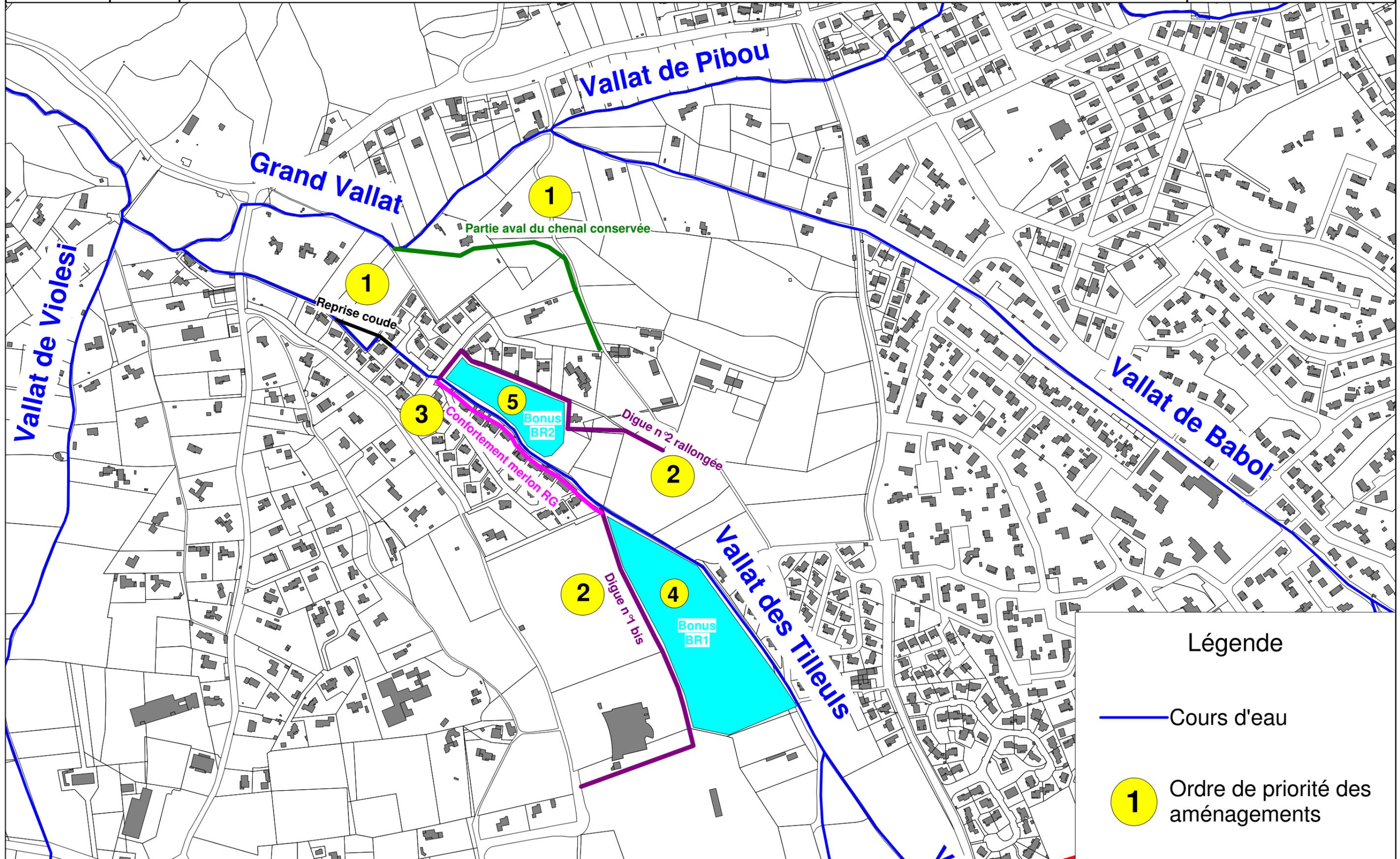
Figure 26 : Solutions techniques proposées - Bouc-Bel-Air

Etude N° 2714 - AOUT 2014

Echelle : 1 / 5 000

0 100 200 m

Fond de plan : Cadastre



3.6. SOLUTION(S) REGLEMENTAIRE(S) PROPOSEE(S)

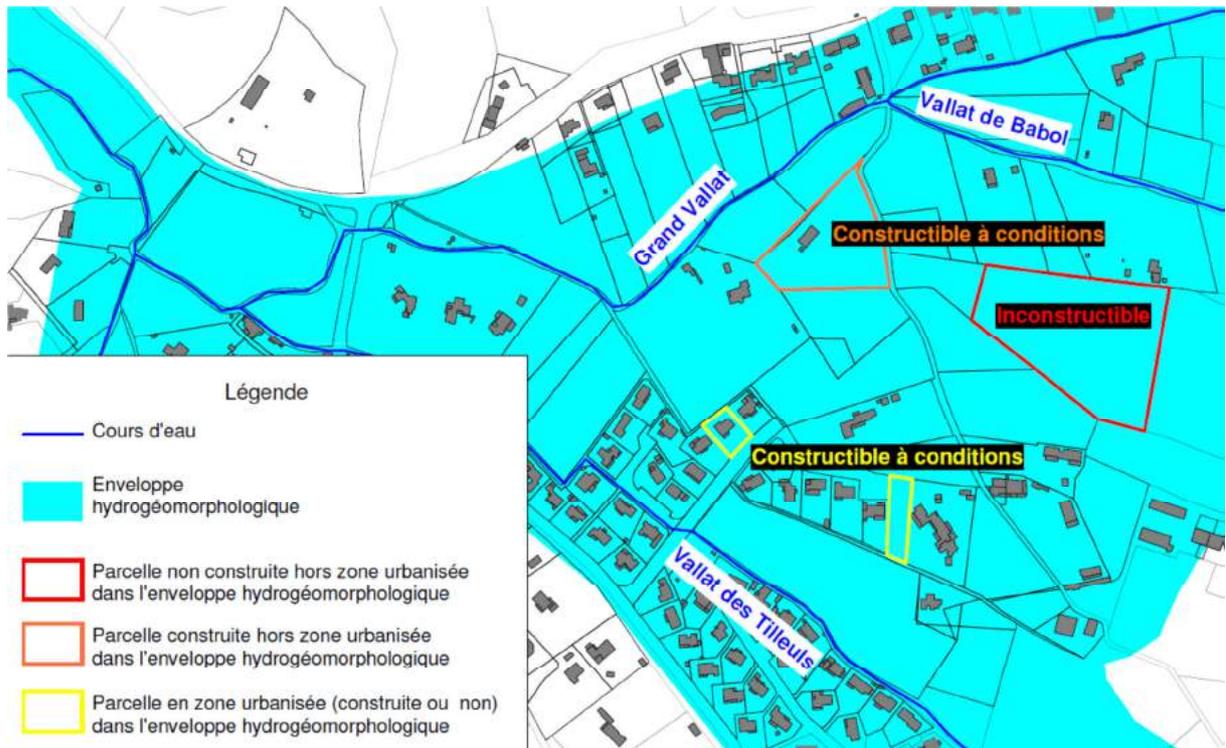
En plus des solutions techniques, des actions préventives à mener sur les zones de développement urbanistique futures de la commune ont été identifiées.

Sur la commune de Bouc-Bel-Air, certains secteurs participent déjà au ralentissement dynamique des crues : ce sont des espaces situés en lit majeur, non encore urbanisés, très souvent réservés à l'agriculture, non goudronnés et permettant ainsi une meilleure absorption de l'eau. **Il est indispensable de préserver ces milieux** et de ne pas perturber leur fonction d'amortissement. Pour cela, **il est conseillé d'inscrire ces zones agricoles comme non urbanisables dans le Plan Local d'Urbanisme de la commune de Bouc-Bel-Air. C'est pourquoi il est proposé d'adopter les prescriptions suivantes :**

- Parcelles **non construites** situées hors zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones inconstructibles**,
- Parcelles **construites** situées hors zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones constructibles soumises à prescriptions** telles que la surélévation des premiers planchers, la localisation des ouvertures, la transparence des écoulements, et le pourcentage d'extension du bâti par rapport au bâti existant.
- Parcelles (construites ou non) situées en zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones éventuellement constructibles soumises également à prescriptions.**

A titre d'exemple, la figure ci-après illustre ces préconisations.

FIGURE 27 : EXEMPLE DE SOLUTIONS REGLEMENTAIRES PROPOSEES – BOUC-BEL-AIR

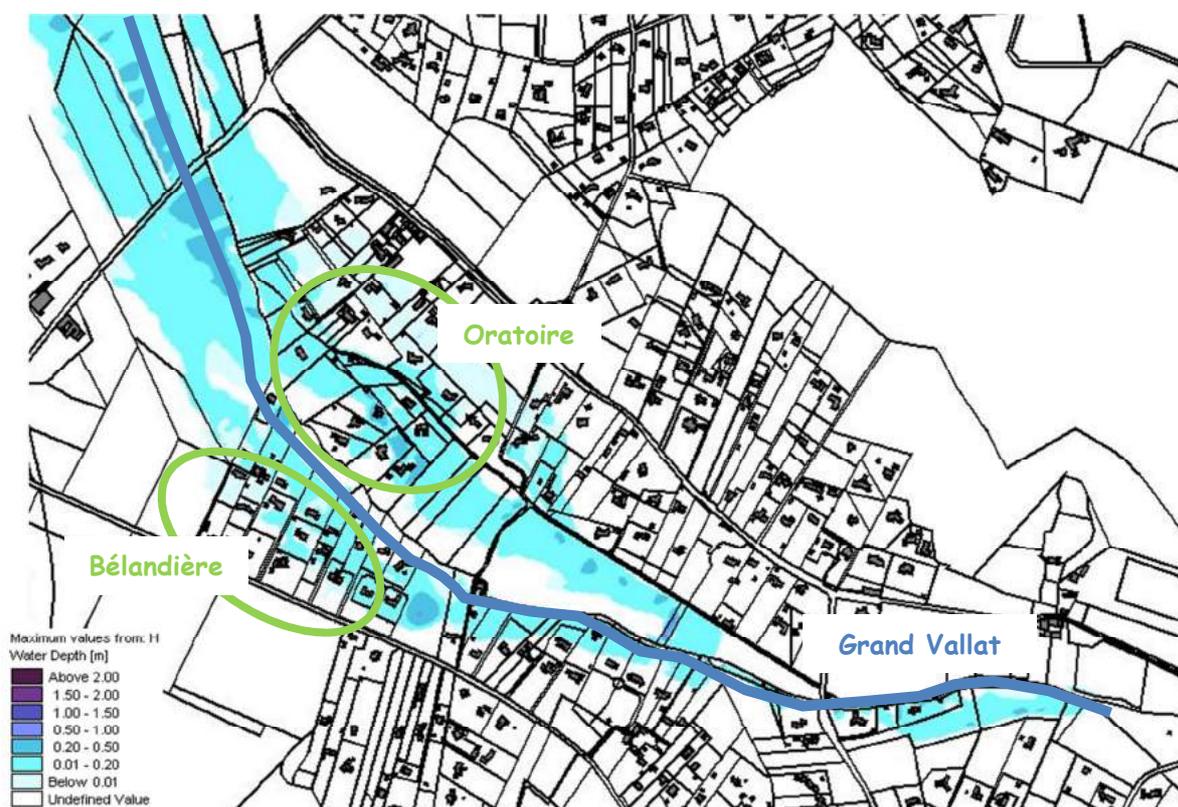


4. COMMUNE DE CABRIES – SECTEUR CALAS

4.1. RAPPEL DE L'ETAT ACTUEL ET DES ZONES PRIORITAIRES

Comme l'illustre la figure ci-après, **les quartiers de l'Oratoire et de la Bélandière, situés en amont de la RD60, sont inondés dès la crue biennale.** Dans le *Tableau 1 : Secteurs impactés classés par ordre de priorité*, ces deux secteurs **apparaissent prioritaires** au vu de la fréquence des inondations et des enjeux exposés.

FIGURE 28 : CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE DE LA CRUE BIENNALE – CABRIES



4.2. PRESENTATION DES AMENAGEMENTS ENVISAGES

Dans le but de protéger les quartiers de l'Oratoire et de la Bélandière, de nombreuses solutions ont été envisagées. Certaines se sont avérées peu intéressantes voire inefficaces, d'autres ont montré leur intérêt et on fait l'objet de plusieurs itérations jusqu'à obtenir le résultat le plus satisfaisant possible. Ce présent paragraphe présente, de manière exhaustive, l'ensemble des aménagements testés (**retenus ou non**). Les scénarios les plus intéressants, ainsi que leurs résultats, seront présentés en détail par la suite.

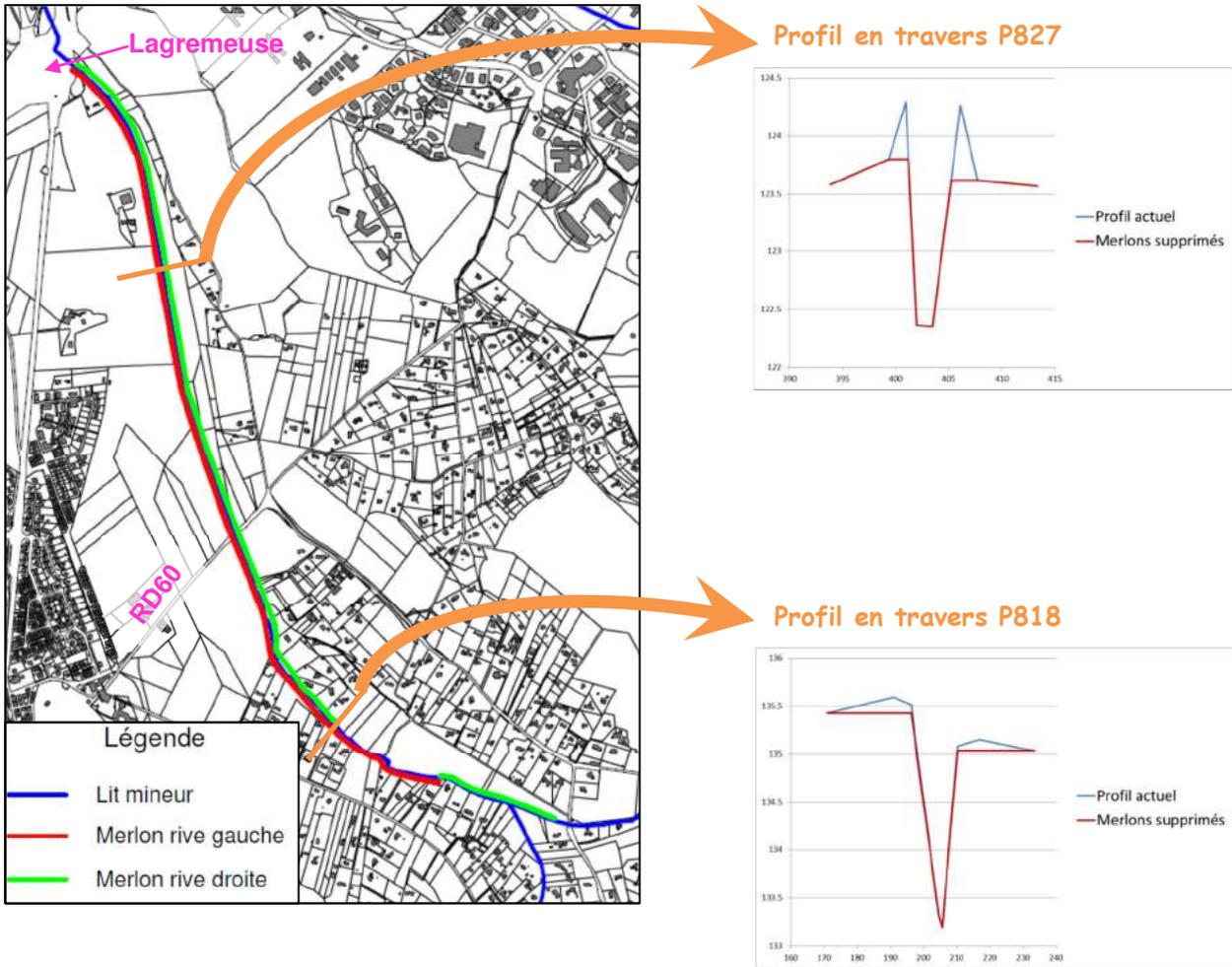
4.2.1. Actions envisagées en lit mineur

A - Les merlons

Le Grand Vallat est bordé par des merlons hétérogènes et épars, vraisemblablement créés par les habitants eux-mêmes ou simplement par des dépôts de matériaux au cours du temps. Ces merlons n'ont pas vocation, du moins officielle, à lutter contre le risque inondation et n'ont ainsi pas été conçus en tant que tel. C'est pourquoi il a été proposé de les supprimer et de s'affranchir ainsi du risque de rupture de ces derniers, pouvant être préjudiciable pour les habitations situées à proximité de la brèche.

La figure ci-après fait apparaître l'emplacement des merlons existant sur chacune des deux rives du Grand Vallat.

FIGURE 29 : MERLONS DU GRAND VALLAT – CALAS



B - Les ouvrages

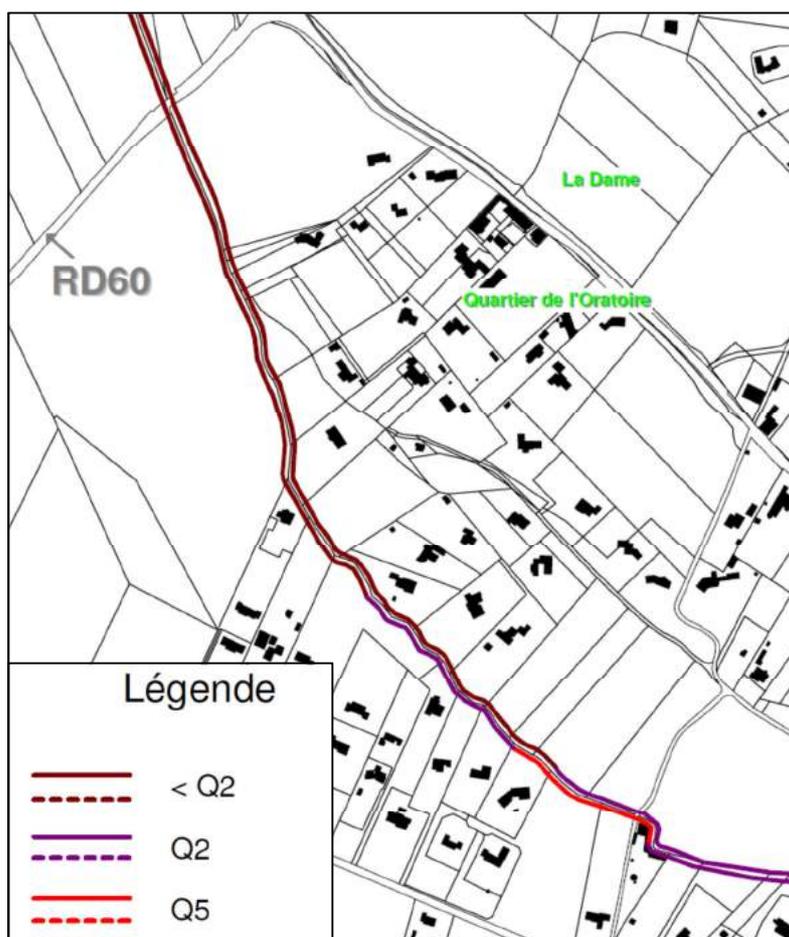
L'ouvrage permettant le franchissement de la RD60 sur le Grand Vallat est actuellement un cadre de dimensions 4.40 m x 1.50 m, d'une capacité hydraulique de l'ordre de 20 m³/s. Lors de la réalisation de la phase 1 de l'étude, à l'occasion d'une rencontre avec les services techniques de la commune, il avait été évoqué que cet ouvrage pourrait être à l'origine de la création d'une zone de stockage en amont de la RD60, du fait de sa faible capacité hydraulique.

Pour lever le doute, il a été modélisé un recalibrage de l'ouvrage permettant d'assurer le transit du débit décennal obtenu en ce point du Grand Vallat (scénario EP8), de l'ordre de 40 m³/s. La capacité hydraulique de l'ouvrage a donc été doublée (cadre de dimensions 7 x 1.8 m).

C - Recalibrage du lit mineur

Comme l'illustre la figure ci-après, extraite de la planche cartographique *Ph2-2b : Débits de premiers débordements – Secteur Bouc-Bel-Air & Cabriès* réalisée en phase 2, certains tronçons du Grand Vallat ont une capacité très limitée, inférieure à la capacité biennale.

FIGURE 30 : TRONÇONS DU GRAND VALLAT A CAPACITE LIMITEE EN AMONT DE LA RD60 – CALAS



Ainsi, de manière à homogénéiser la capacité du lit mineur, particulièrement dans ce secteur sensible car très urbanisé, il a été proposé de recalibrer les tronçons dont la capacité actuelle est inférieure à la capacité biennale au droit des habitations pour leur conférer une capacité au moins biennale (de l'ordre de 18 m³/s au nœud de calcul N9 pour le tronçon n°1 et de 22 m³/s au nœud N11 pour le tronçon n°2, cf. *Figure 7 : Débits de pointe sur l'ensemble du réseau hydrographique* du rapport de la phase 2).

Le détail du recalibrage est présenté sur les figures ci-après. **La pente du lit ainsi que les cotes de déversement en lit majeur sans les merlons ont été volontairement conservées.**

FIGURE 31 : VUE EN PLAN DES TRONÇONS RECALIBRES - GALAS

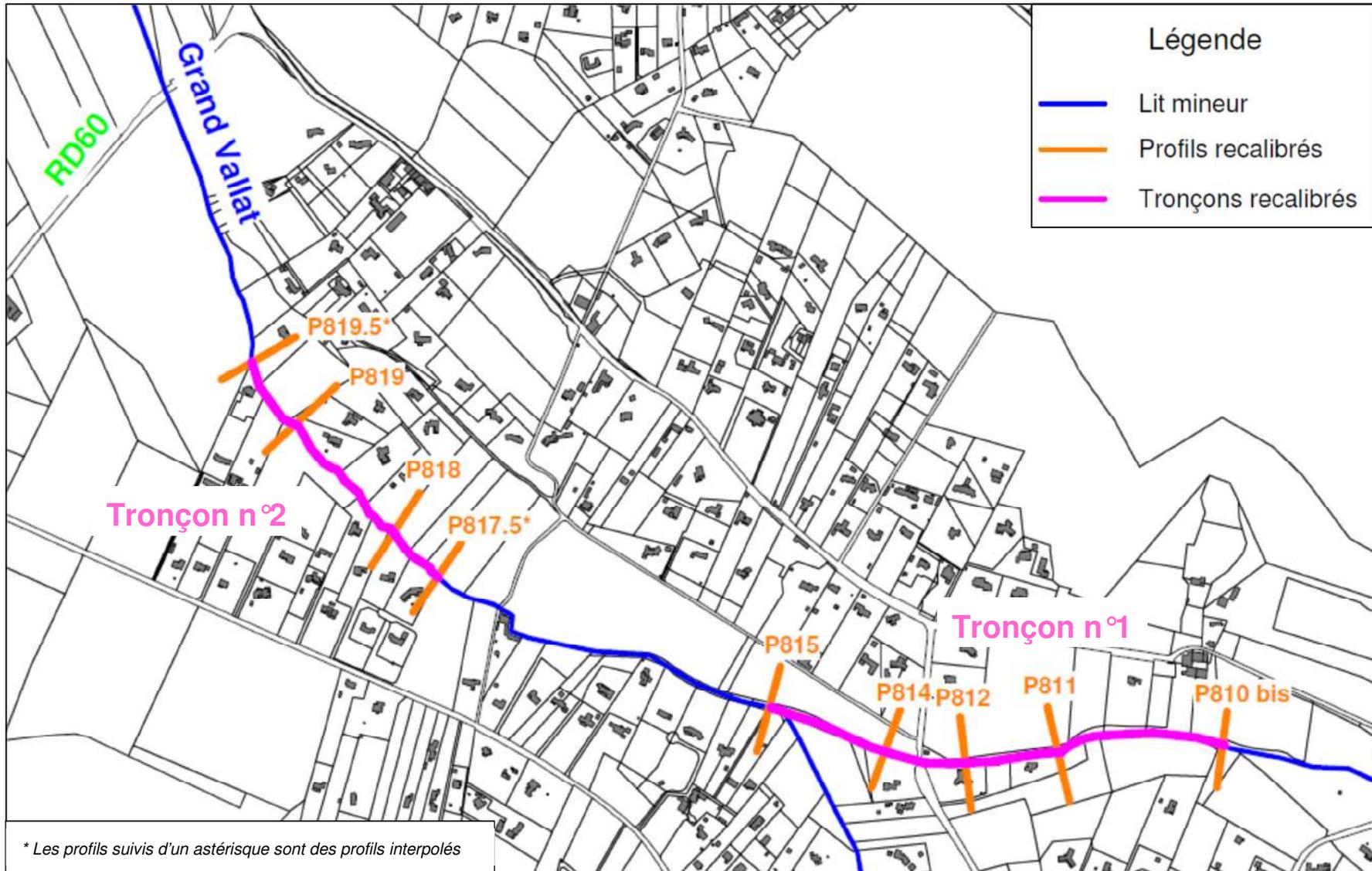


FIGURE 32 : PROFILS EN LONG DES TRONÇONS RECALIBRÉS – CALAS

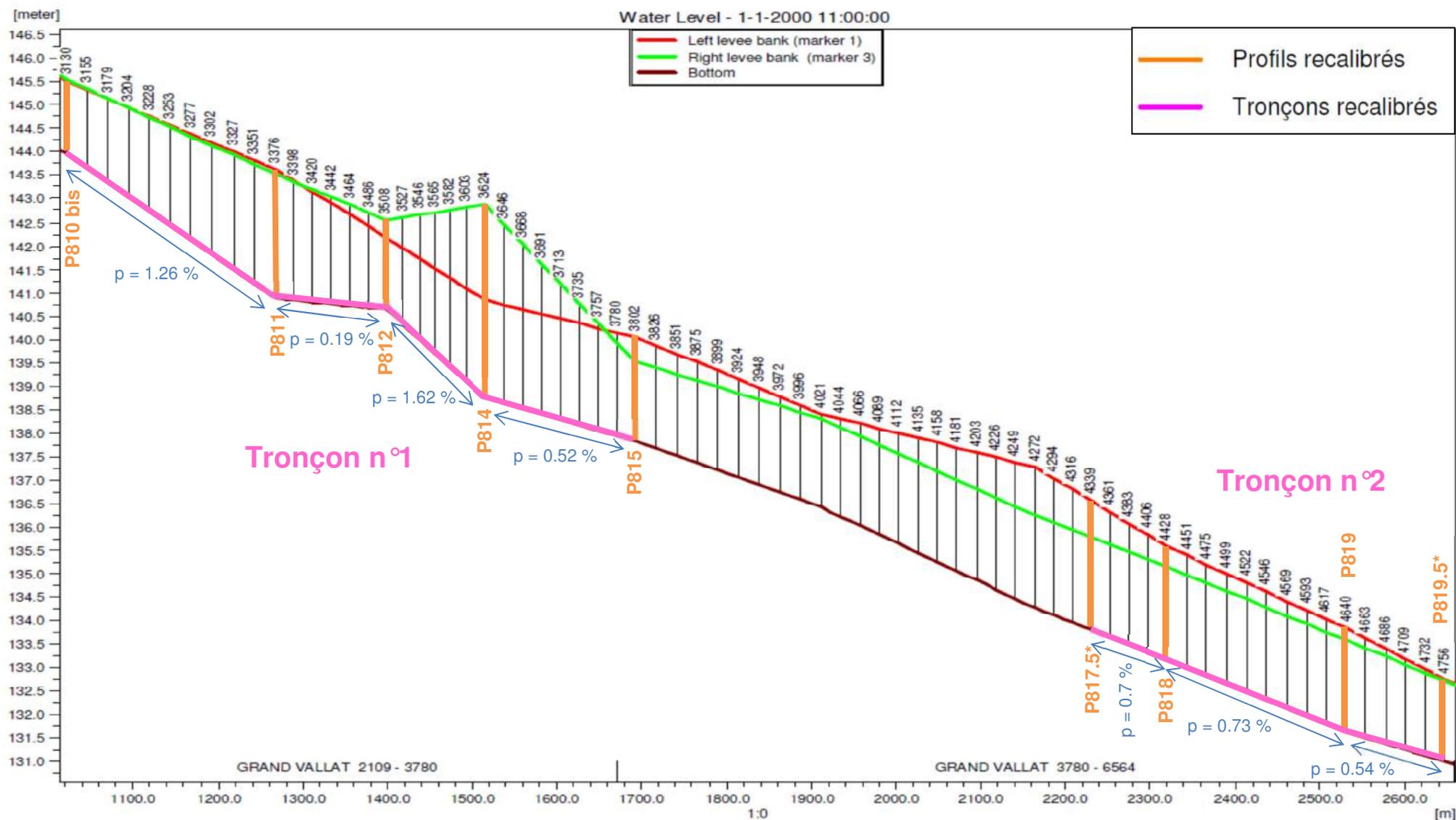
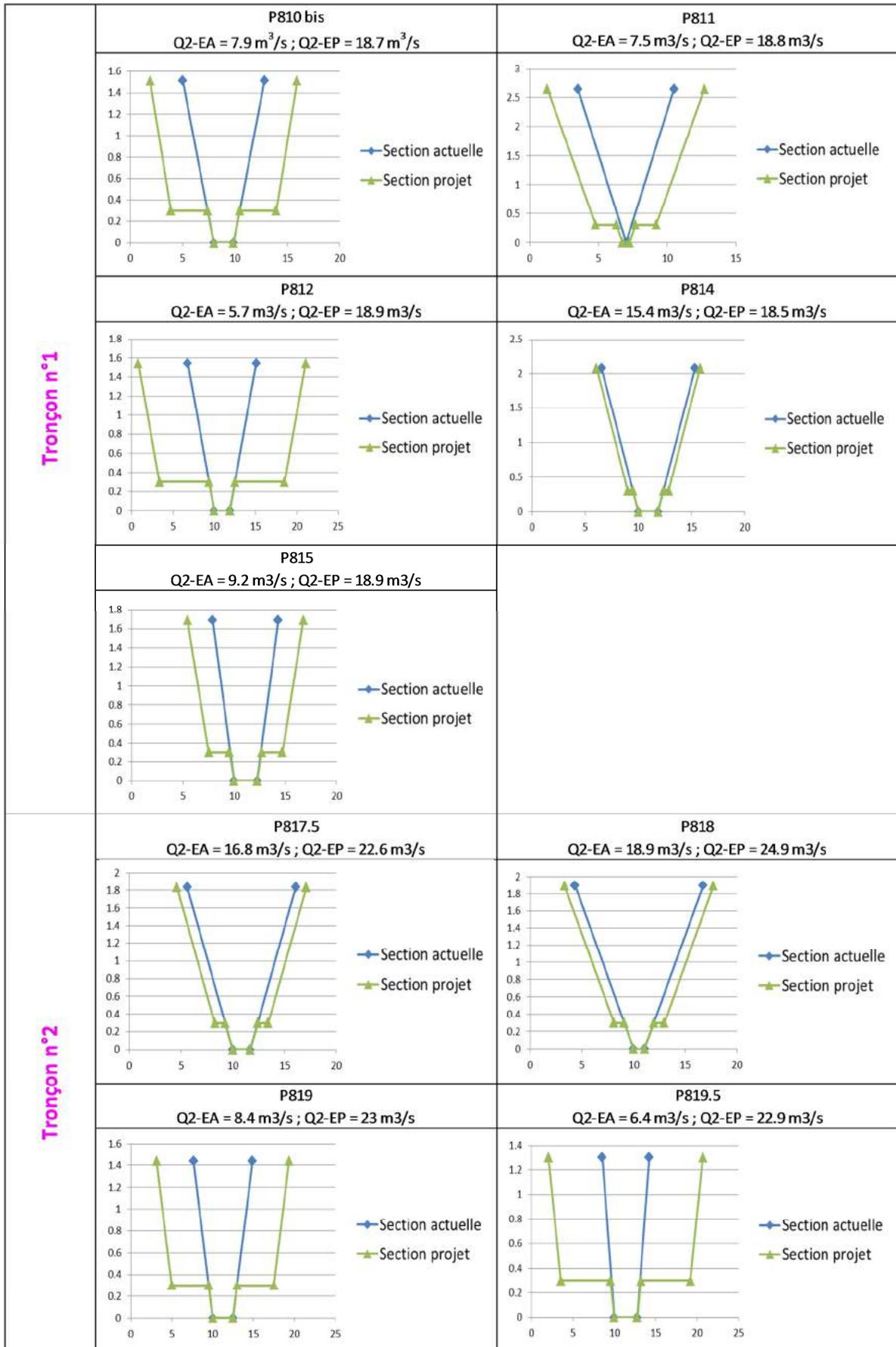


FIGURE 33 : PROFILS EN TRAVERS RECALIBRES GRAND VALLAT A CALAS



4.2.2. Actions envisagées en lit majeur

A - Rétention sur le Grand Vallat

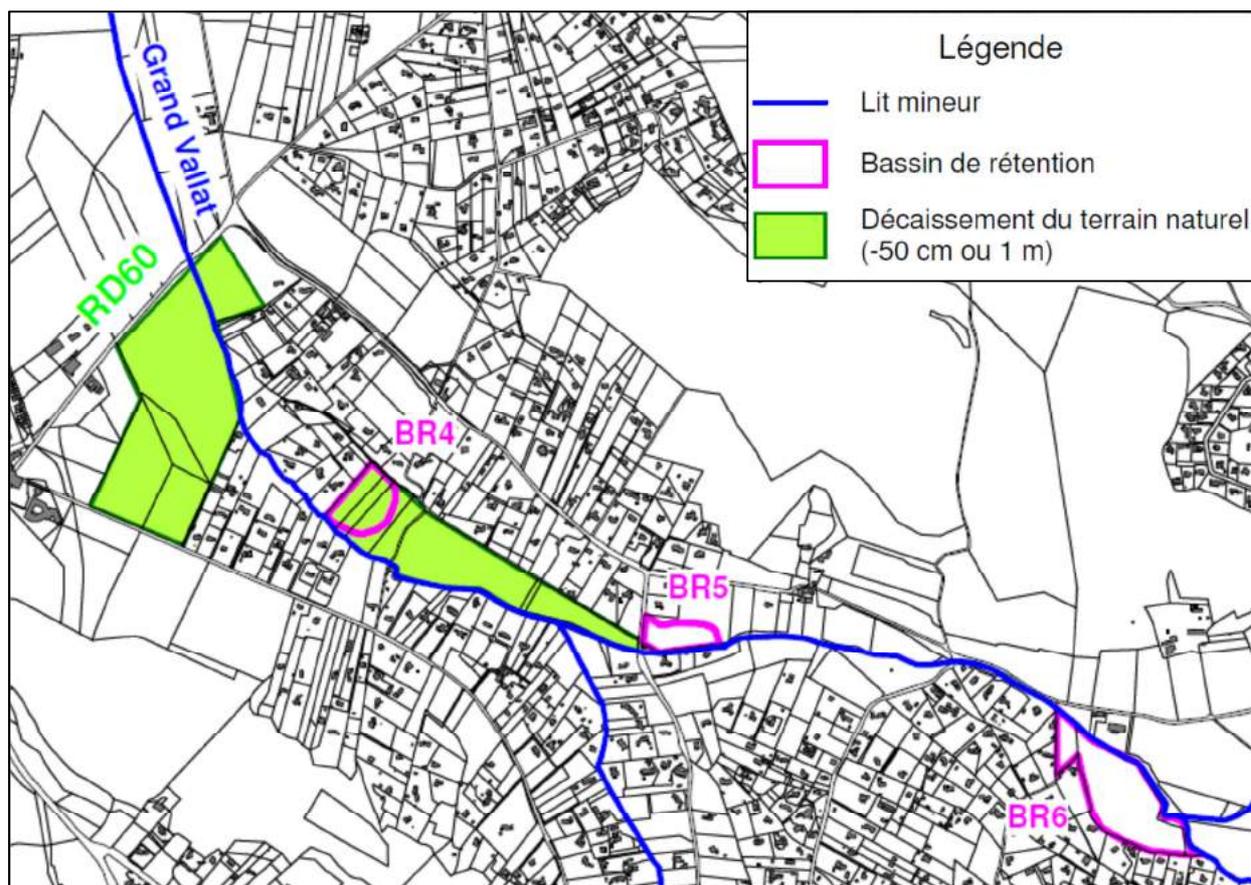
Plusieurs bassins de rétention ou zones de rétention (décaissement du terrain naturel) ont été intégrés au modèle hydraulique.

Concernant les bassins BR4, BR5 et BR6 présentent respectivement un volume utile de stockage de 16500 m³, 15960 m³, 4335 m³.

Concernant les zones de décaissement du terrain naturel, les terrains en amont de la RD60 représentent une superficie d'environ 94900 m², les terrains en rive droite du Grand Vallat de 81000 m². Ces terrains ont été décaissés de 0.5 m ou 1 m, les volumes totaux de décaissement variant donc entre 87950 et 175900 m³. Il est précisé que selon la topographie présente, le volume de décaissement n'est pas forcément égal au volume utile au stockage.

La figure ci-après illustre ces différentes zones de rétention.

FIGURE 34 : RETENTION EN LIT MAJEUR DU GRAND VALLAT – CALAS

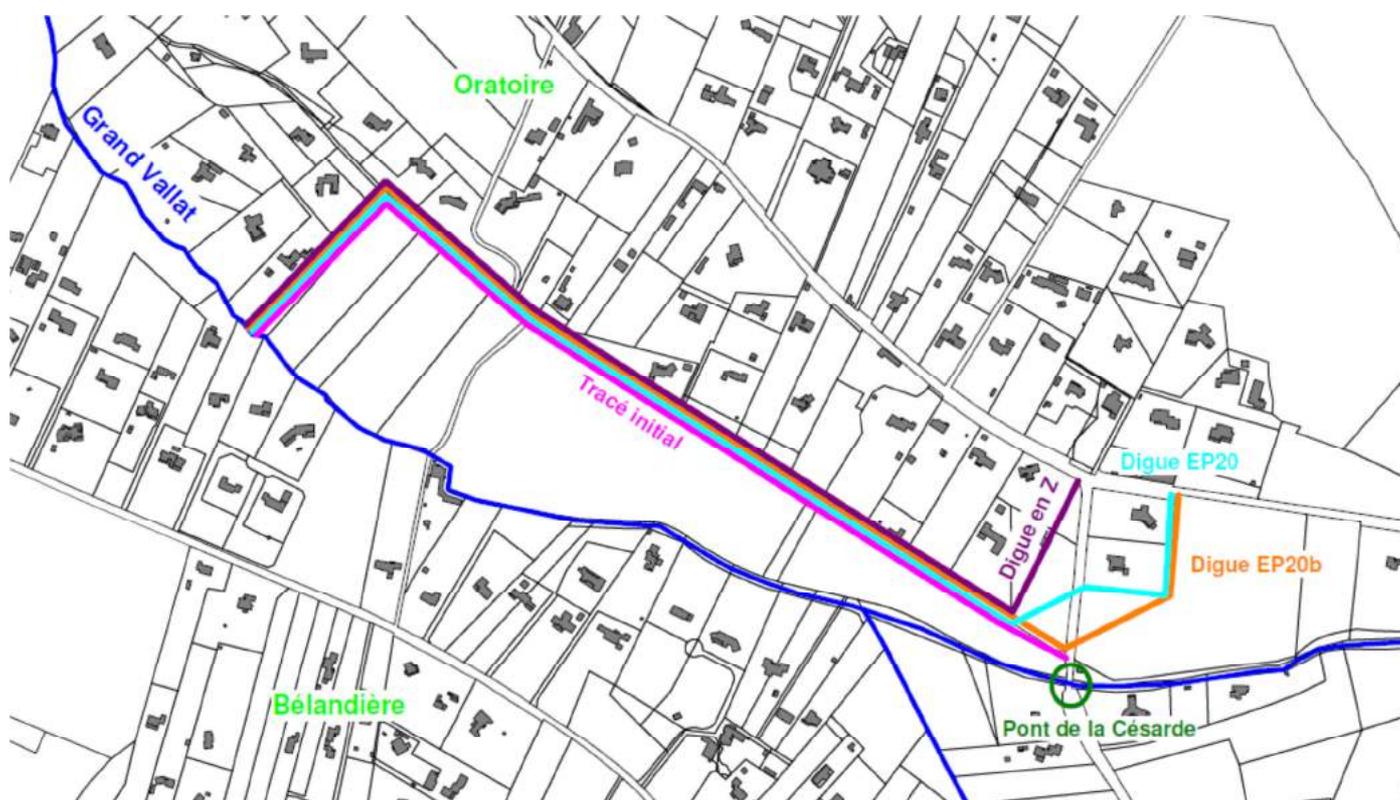


B - Protection rapprochée – Digue

Pour protéger les habitations et orienter les débordements de cours d'eau, une digue a été proposée, située en rive droite du Grand Vallat, permettant notamment de contrer la surinondation de la rive droite due à la suppression des merlons.

Son tracé a fait l'objet de plusieurs itérations : le tracé initial était contourné par les débordements du vallat au niveau du pont de la Césarde, ainsi la digue a été prolongée devenant ainsi ce qui sera dénommé par la suite « la digue en Z » du fait de sa forme. Cette digue a été modifiée à deux reprises (scénario EP20 et EP20b).

FIGURE 35 : OPTIMISATION DE LA DIGUE DE PROTECTION – CALAS



4.2.3. Récapitulatif de l'ensemble des scénarios

Le tableau suivant présente l'ensemble des scénarios testés avec pour chaque scénario de brefs commentaires permettant de conclure sur l'efficacité ou non de l'aménagement pour différentes occurrences de crues.

Les scénarios les plus probants sont présentés en détail ci-après.

TABLEAU 9 : RECAPITULATIF DE L'ENSEMBLE DES SCENARIOS TESTES SUR CABRIES

		Aménagements CABRIES																						
	EA	Cas isolés				Recalibrage vallat		Combinaison recalibrage GV + digue				Combinaison recalibrage GV + BR et recalibrage GV + digue + BR						Décaissement de terrains (hors bassins de rétention)						
		Merlons	OH	Digue	BR	EP 9	EP21	EP 10	EP16	EP20	EP20b	EP 11	EP 12	EP 13	EP 14	EP17	EP19	EP 2	EP 3	EP 4	EP 5	EP 6	EP 7	
		EP 1	EP 8	EP 15	EP18																			
Travail en le lit mineur	Merlons du Grand Vallat laissés à l'identique																							
	Suppression des merlons du Grand Vallat (jusqu'à Lagremeuse)																							
	Recalibrage d'ouvrage		Recalibrage OH RD60																					
	Recalibrage de deux tronçon du Grand Vallat pour Q2 (San Baquis Ouest et entre Béliandière et Oratoire)																							
Rétention	Décaissement des terrains en amont de la RD60																	- 0.50 m	- 1 m	- 0.50 m	- 1 m	- 0.50 m	- 1 m	
	Décaissement d'autres terrains en RD du Grand Vallat																					- 0.50 m	- 0.50 m	
	Mise en place d'un BR en rive droite du GV (BR4)				BR4							BR4	BR4	BR4	BR4	BR4								
	Mise en place d'un BR en rive droite du GV (BR5)													BR5										
	Mise en place d'un BR en rive droite du GV (BR6)																BR6							
Protection rapprochée	Digue transversale en RD du Grand Vallat			Digue en Z				Digue en Z	Digue en Z prolongée	Digue en Z prolongée bis				Digue en Z	Digue en Z	Digue en Z	Digue en Z							
Observations - Q2		Sous-inondation de la RG et surinondation de la RD	Impact nul par rapport à la situation actuelle	Béliandière et Oratoire quasiment HE	Le BR4 déborde dès Q2 Impact du BR négligeable.	RG HE mais RD surinondée	Sous-inondation négligeable de la RG	Aucune habitation inondée hd = 1.20 m									Le BR4 déborde dès Q2 - Pas d'impact sur Oratoire et RG HE							
Observations - Q5						RG HE ou sous-inondée mais RD surinondée		Habitations HE et quelques-unes sous-inondées Pas de surinondation hd = 1.48 m									RG HE et RD sous-inondée - qq habitations surinondées							
Observations - Q10								Habitations HE ou sous-inondées + quelques-unes surinondées hd = 1.67 m	Béliandière et Oratoire HE (quelques maisons sous-inondées)	Le prolongement de la digue en Z permet de protéger les deux maisons situées en rive droite du pont de la Césarde Q10 : hd = 1.98 m	Travaux légèrement différents par rapport à EP20 (évitant les points bas du TN) : Digue EP20b efficace Q2 : hd = 1.20 m Q5 : hd = 1.48 m Q10 : hd = 1.67 m						habitations en partie sous-inondées, quelques unes surinondées							
Conclusion		Sous-inondation de la RG au détriment de la RD	Recalibrage de l'OH sous la RD60 est inutile	Surinondation des Q10 de la RG (écoulements déviés par la digue)	BR inutile	Sous-inondation de la RG au détriment de la RD		La digue est contournée au niveau du pont de la Césarde pour Q10	Digue en Z efficace car pas de contournement aucune surinondation	Hauteur digue importante car située sur point bas -> rectification EP20b	Prolongement de la digue en Z efficace					Peu de différence par rapport à EP9, le BR n'est pas indispensable	Le BR n'apporte rien, contournement de la digue	Le BR n'apporte rien, digue en Z efficace						
Coût fourchette inférieure €	-	170 000	30 000	180 000	320 000	220 000	51 000	230 000	235 000	235 000	235 000	370 000	375 000	375 000	925 000	330 000	300 000	455 000	905 000	620 000	1 070 000	890 000	1 340 000	
Coût fourchette supérieure €	-	315 000	30 000	335 000	665 000	435 000	123 000	450 000	460 000	465 000	465 000	790 000	800 000	800 000	1 110 000	685 000	615 000	1 085 000	2 165 000	1 395 000	2 480 000	2 050 000	3 130 000	

Légende

- Impact nul par rapport à la situation actuelle
- Sous-inondation par rapport à la situation actuelle et/ou objectif atteint
- Sous-inondation et surinondation par rapport à la situation actuelle et/ou objectif moyennement atteint
- Surinondation par rapport à la situation actuelle et/ou objectif non atteint

Acronymes

- EP Etat projet
- EA Etat actuel
- OH Ouvrage hydraulique
- BR Bassin de rétention
- SP Schéma pluvial
- RG Rive gauche
- RD Rive droite
- HE Hors d'eau
- hd Hauteur maximale* de la digue

Définitions

- Surinondation La hauteur d'eau en EP est supérieure à la hauteur d'eau en EA
- Sous-inondation La hauteur d'eau en EP est inférieure à la hauteur d'eau en EA

* Les hauteurs de digue sont indiquées sans revanche de sécurité.

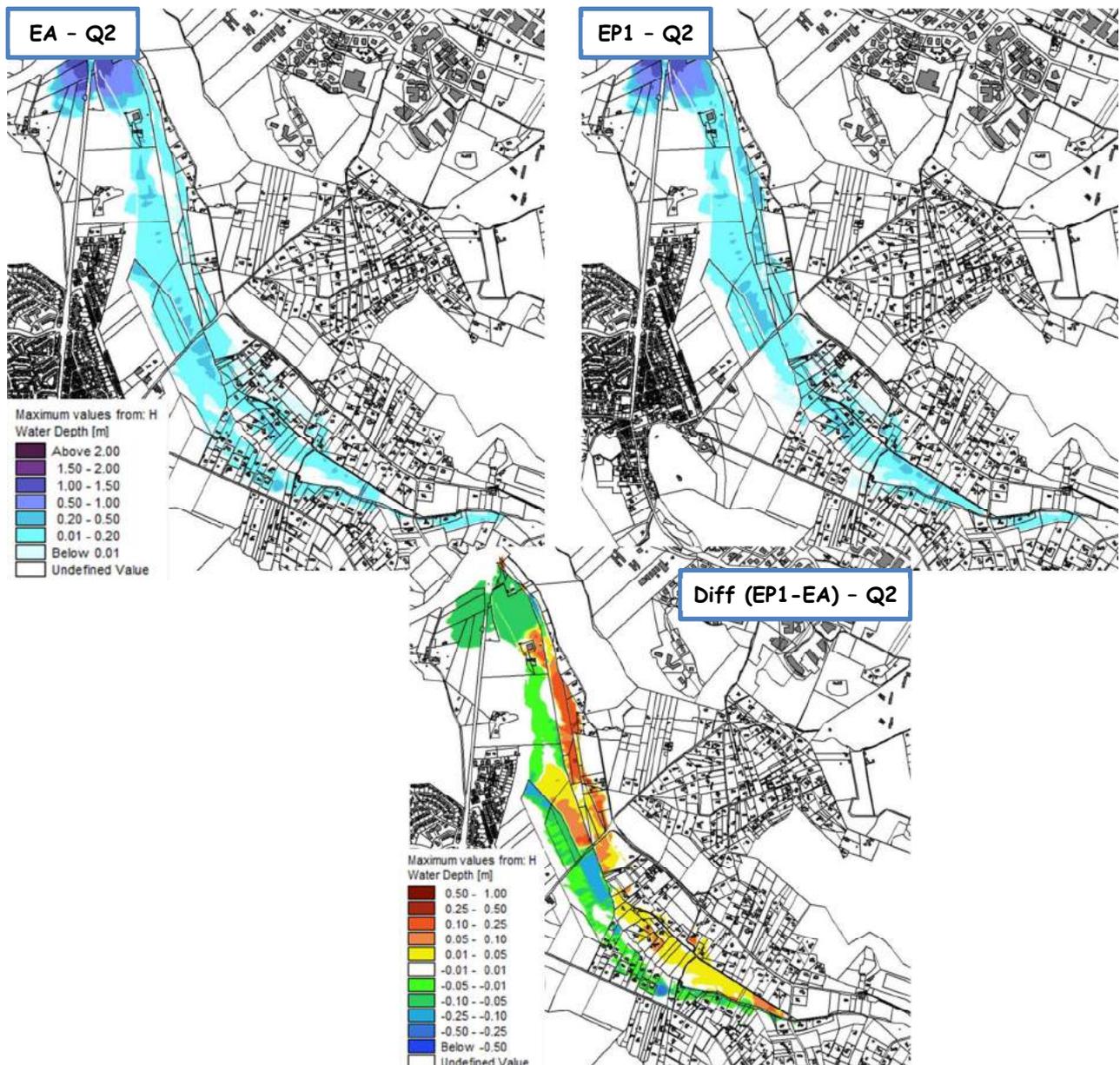
4.3. PRESENTATION DE CERTAINS SCENARIOS EN DETAIL

4.3.1. EP1 : Suppression des merlons du Grand Vallat

Dans ce scénario, l'ensemble des merlons existant en rive gauche et en rive droite du Grand Vallat sont supprimés.

Les résultats hydrauliques obtenus pour la crue biennale sont présentés ci-après, ainsi que les différences de hauteur d'eau entre l'état actuel et l'état projet. Les couleurs chaudes représentent des secteurs sur lesquels la hauteur d'eau à l'état projet est supérieure à la hauteur d'eau en situation actuelle. Les couleurs froides indiquent les secteurs sur lesquels la hauteur d'eau à l'état projet est inférieure à la hauteur d'eau en situation actuelle. **L'objectif est donc d'avoir des couleurs froides sur les secteurs à enjeux.**

FIGURE 36 : RESULTATS HYDRAULIQUES DU SCENARIO EP1 – CABRIES

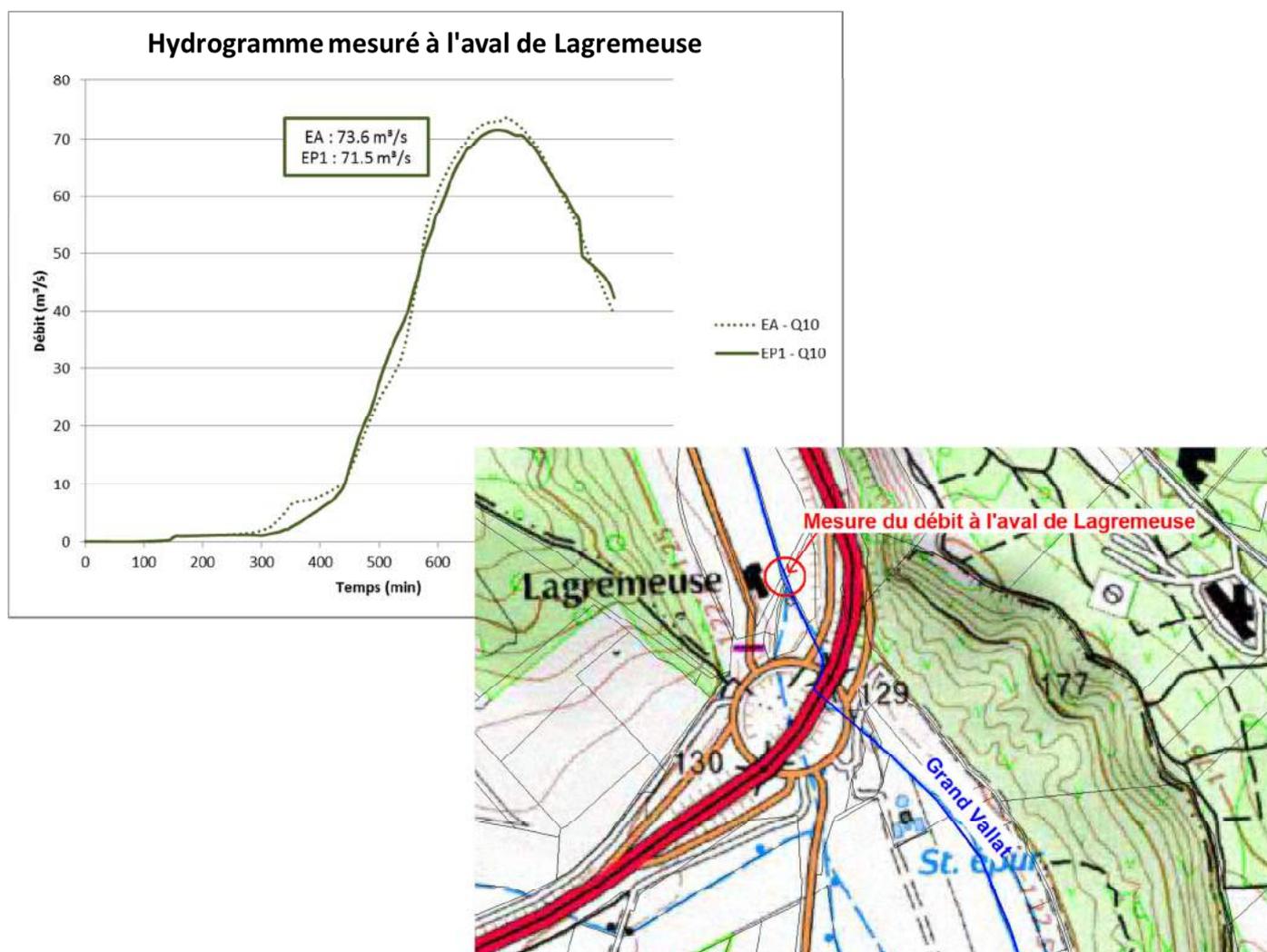


La suppression des merlons du Grand Vallat favorise les débordements du cours d'eau en rive droite. Ainsi la rive gauche est quasiment hors d'eau, à l'exception de quelques habitations. Ce scénario améliore significativement la situation sur le quartier de la Bélandière. En revanche, le quartier de l'Oratoire, en rive droite, est surinondé (pour Q2, en moyenne d'une dizaine de centimètres et au maximum de 20 cm localement). Pour les crues type Q5 et Q10, ce même phénomène d'amélioration de la rive gauche au détriment de la rive droite se retrouve. Notons que pour Q5 et Q10, la rive gauche est également quasi hors d'eau sur le secteur de la Bélandière.

Causant la surinondation de secteurs habités, ce scénario n'est pas satisfaisant mais reste néanmoins très efficace pour soulager la rive gauche. Il doit être complété par d'autres aménagements (tels que la digue en Z) pour contrer la surinondation de la rive droite.

Notons par ailleurs que la suppression des merlons entraîne une légère diminution du débit rejeté à l'aval (mesure prise à l'aval de Lagremeuse), notamment pour Q10, comme l'illustre la figure ci-après.

FIGURE 37 : IMPACT DE LA SUPPRESSION DES MERLONS DU GRAND VALLAT SUR LE DEBIT DECENNAL – CABRIES



4.3.2. EP8 : Recalibrage de l'ouvrage sous la RD60

Les détails du recalibrage de cet ouvrage ont déjà été présentés plus haut. Les résultats de la modélisation hydraulique ont montré que **le recalibrage de l'ouvrage** permettant le franchissement de la RD60 sur le Grand Vallat, même avec une capacité hydraulique doublée, **n'a strictement aucun impact sur la zone inondable**. Des débordements du lit principal apparaissent en effet bien en amont de la RD60. Ils sont à l'origine de la formation d'axes secondaires d'écoulement en rive droite et en rive gauche, causant la submersion de la RD60. La route est donc plus inondée par ces débordements que par la mise en charge de l'ouvrage sous la RD60. C'est pourquoi son recalibrage n'influe pas sur la zone inondable.

FIGURE 38 : OUVRAGE SOUS LA RD60 – CALAS



4.3.3. EP9 : Suppression merlons + recalibrage GV

Ce scénario combine plusieurs aménagements, présentés dans la figure ci-après :

- La suppression des merlons sur le Grand Vallat
- Le recalibrage des deux tronçons n°1 et 2 du Grand Vallat.

Il va permettre de montrer l'efficacité du recalibrage pour Q2. Les résultats sont présentés ci-après.

FIGURE 39 : EP9 CABRIES – SUPPRESSION DES MERLONS DU GRAND VALLAT + RECALIBRAGE DE DEUX TRONÇONS

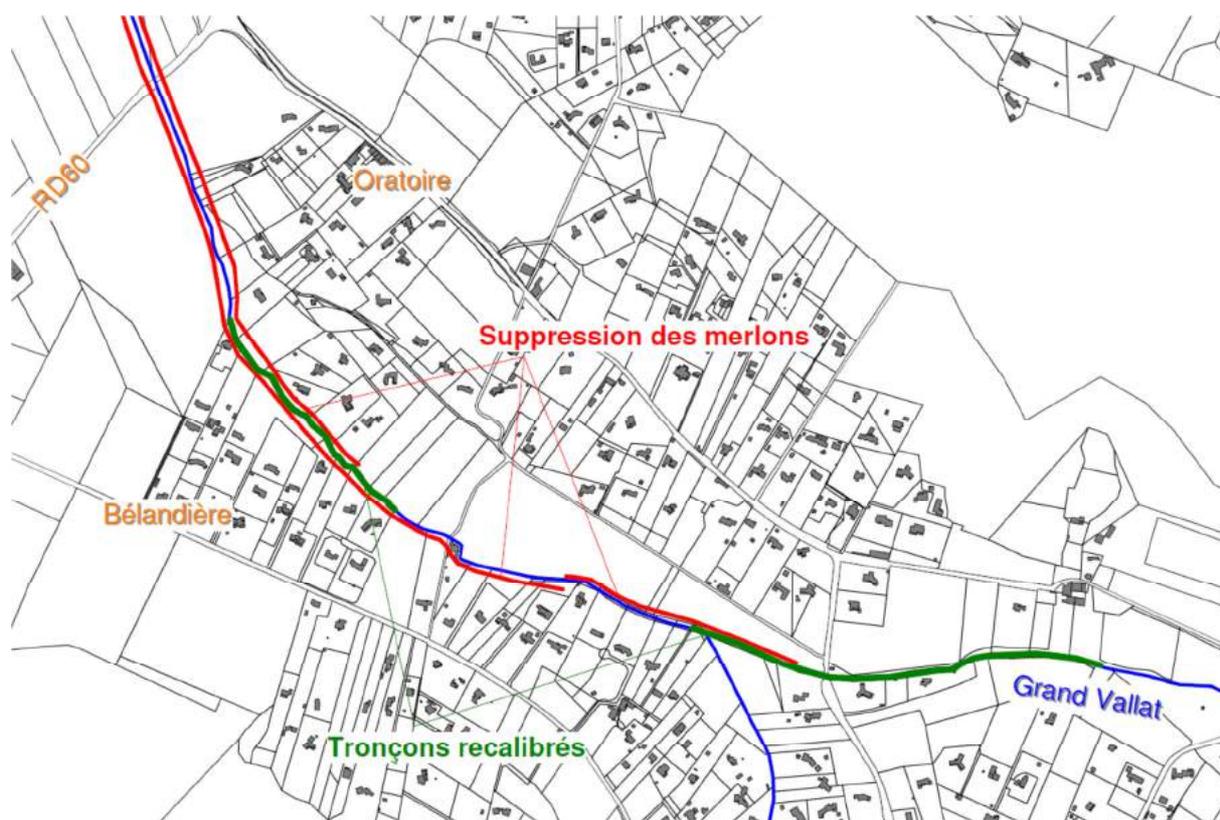
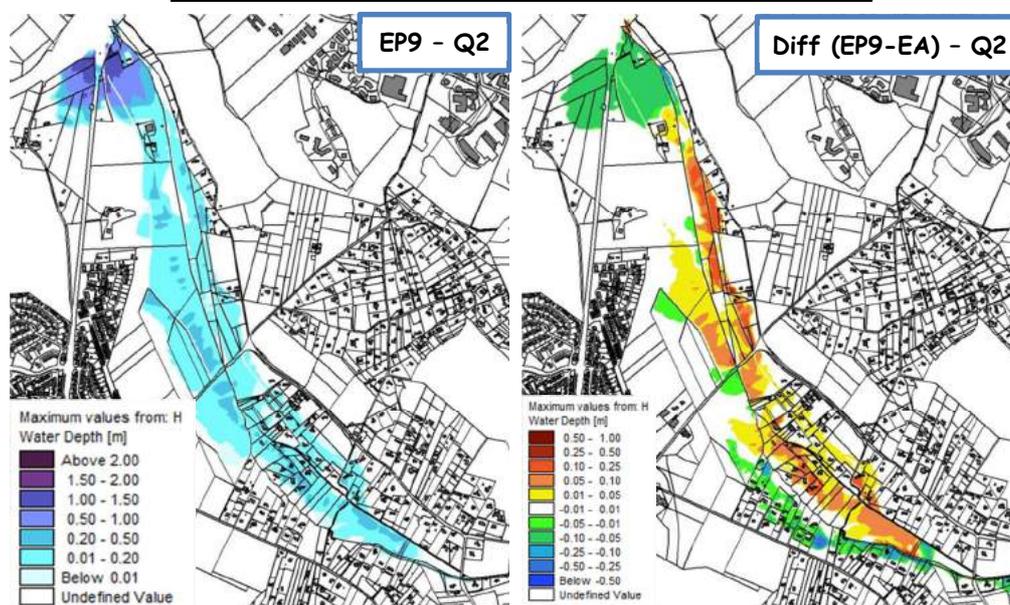


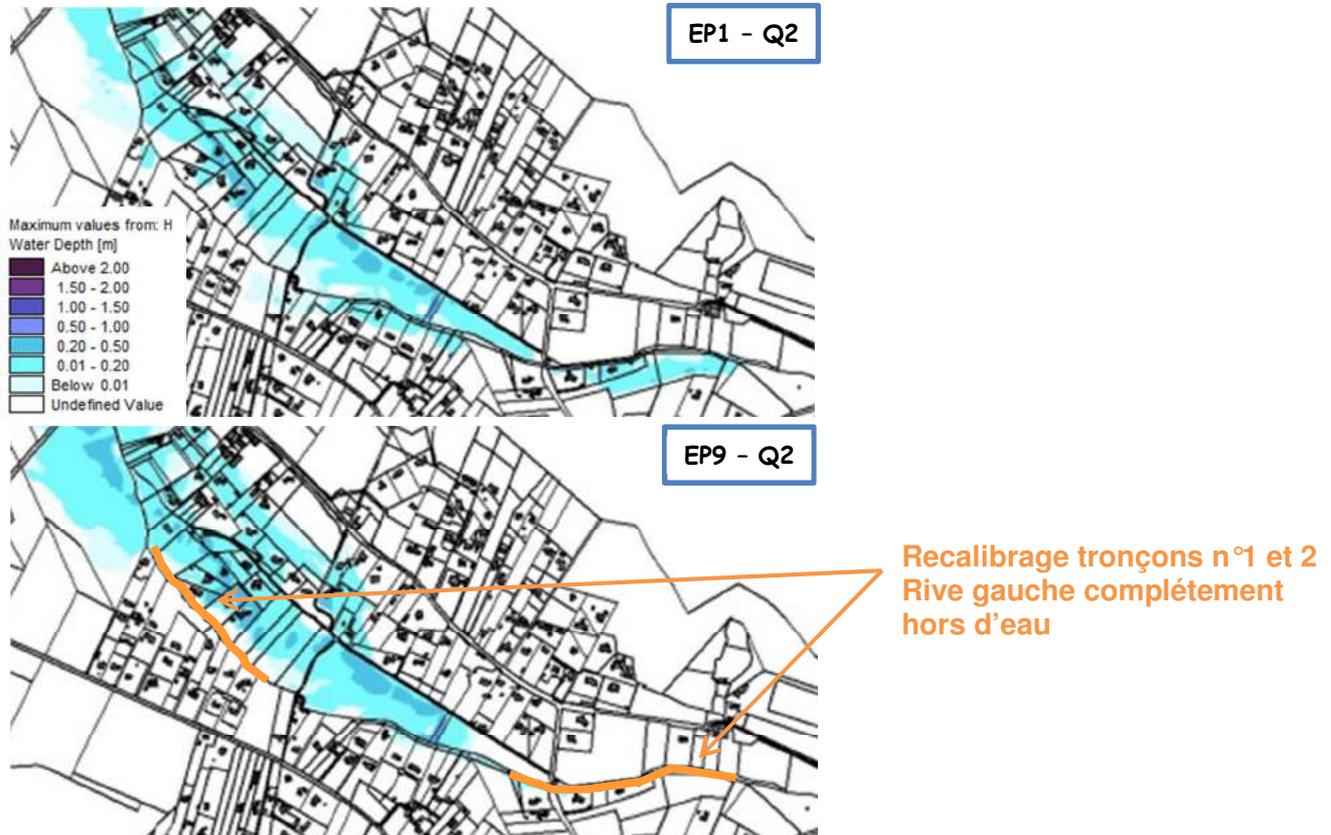
FIGURE 40 : RESULTATS HYDRAULIQUES DU SCENARIOS EP9 – CABRIES



Comme ce scénario intègre la suppression des merlons, les conclusions sont semblables à celles données au § 4.3.1. EP1 : Suppression des merlons du Grand Vallat : la rive gauche est sous-inondée et la rive droite surinondée de Q2 à Q10. Néanmoins, en comparant le scénario EP9 au scénario EP1

(idem que EP9 mais sans le recalibrage), il apparaît que le recalibrage permet de mettre **toutes** les habitations hors d'eau pour Q2. **Cet aménagement est donc très efficace.**

FIGURE 41 : COMPARAISON DES SCENARIOS EP9 ET EP1 – CABRIES



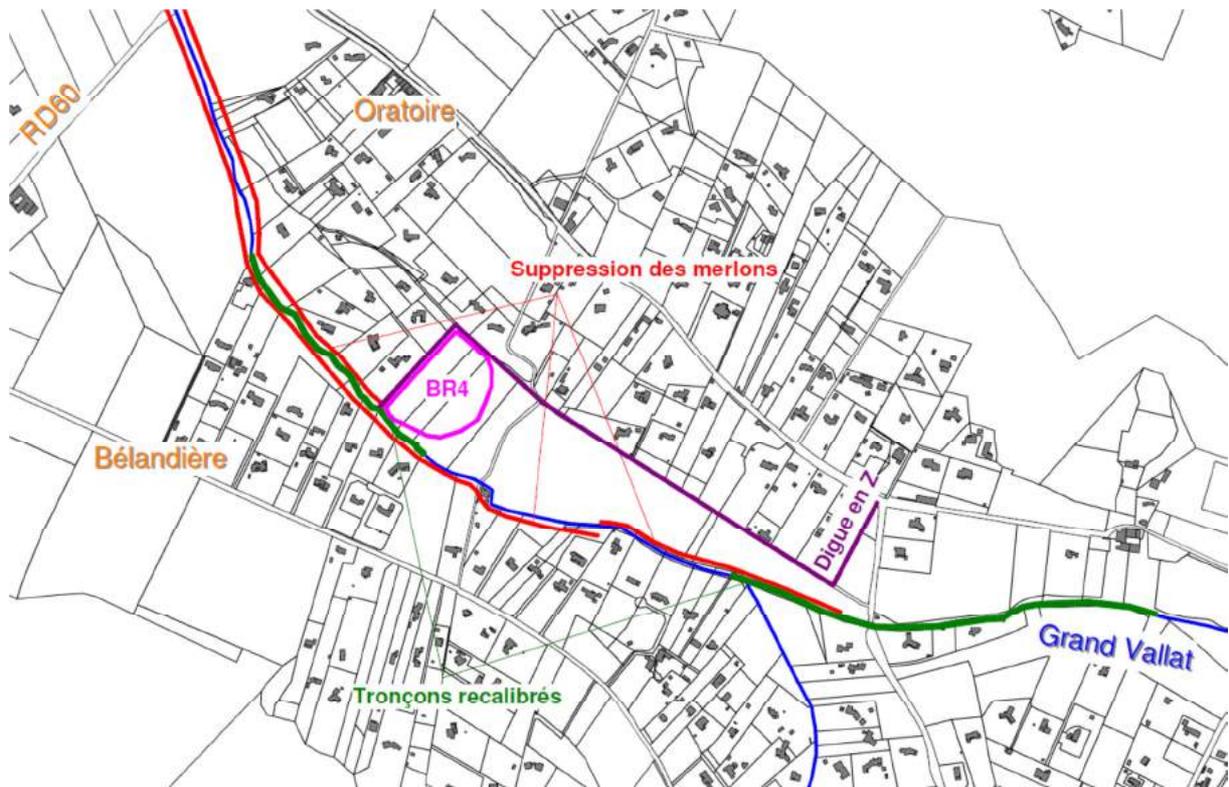
Ce scénario n'a pas d'impact significatif sur les débits.

4.3.4. EP13 : Suppression merlons + recalibrage GV + BR4 + digue en Z

Ce scénario combine plusieurs aménagements, présentés dans la figure ci-après :

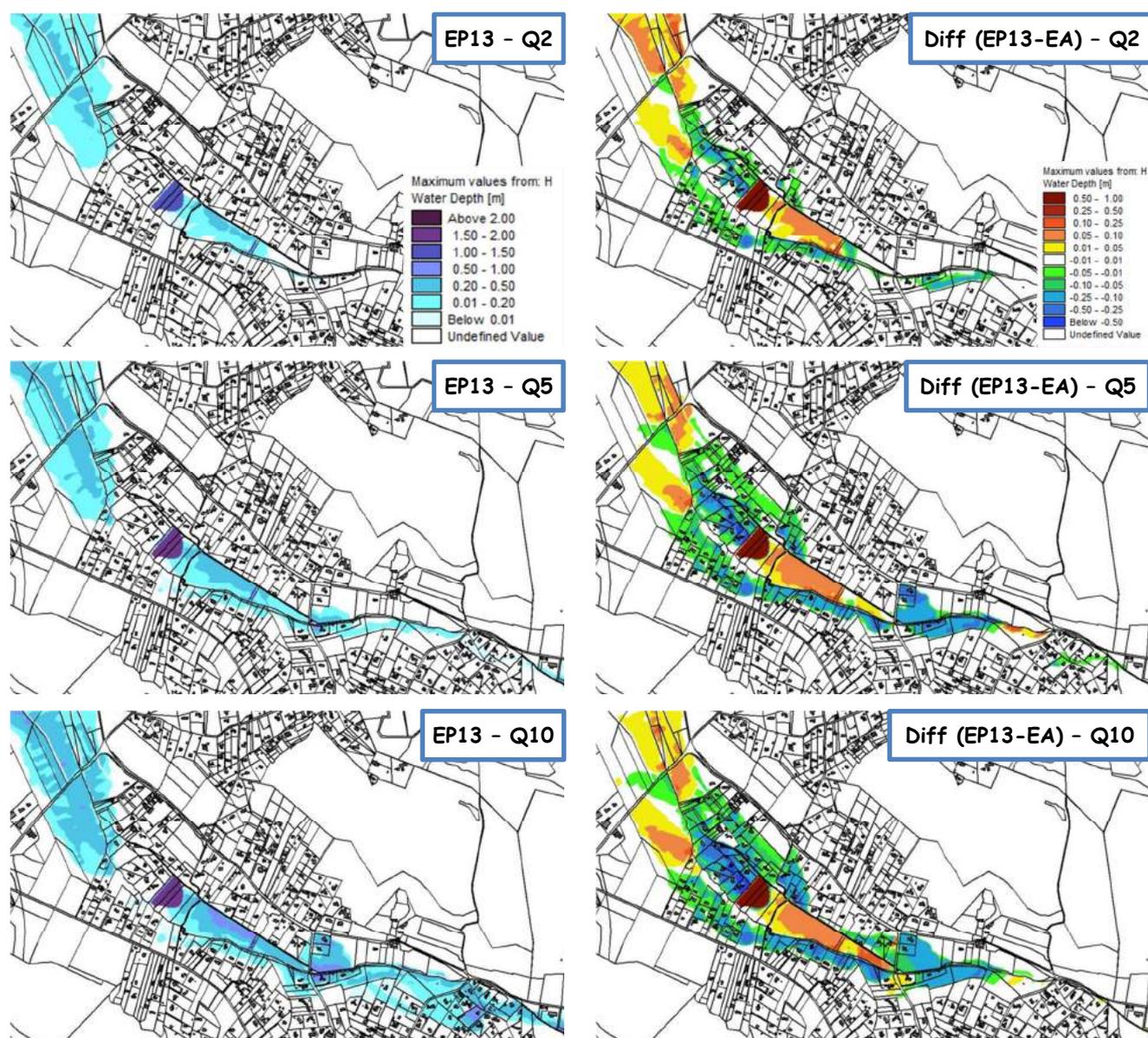
- La suppression des merlons sur le Grand Vallat,
- Le recalibrage des deux tronçons n°1 et 2 du Grand Vallat,
- La mise en place du bassin de rétention BR4
- La mise en place de la digue en Z.

*FIGURE 42 : EP13 CABRIES – SUPPRESSION DES MERLONS DU GRAND VALLAT + RECALIBRAGE DE DEUX TRONÇONS + BR4
+ DIGUE EN Z*



Ce scénario va permettre de montrer l'efficacité de la digue de protection et d'évaluer l'intérêt du bassin de rétention. Les résultats hydrauliques sont présentés ci-après.

FIGURE 43 : RESULTATS HYDRAULIQUES DU SCENARIO EP13 – CABRIES

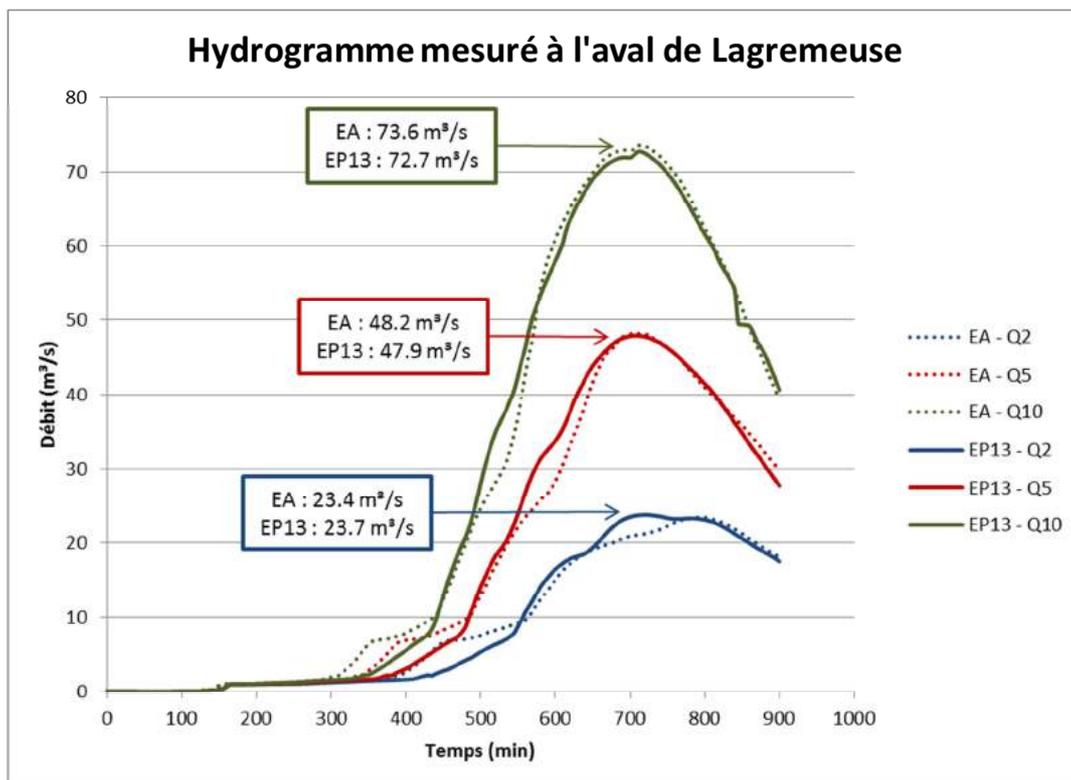


Pour Q2, il n'y a strictement aucune habitation en eau. Pour Q5 et Q10, la zone inondable sur les secteurs habités est nettement réduite par rapport à la situation actuelle. Pour Q10, trois habitations sont très légèrement surinondées, de 1 à 4 cm.

La suppression des merlons permet donc de protéger quasi totalement la rive gauche (quartier de la Bélandière, cf. *Figure 28 : Cartographie de la zone inondable de la crue biennale – Cabriès*), la digue en Z permet quant à elle de protéger la rive droite (quartier de l'Oratoire). Le quartier de San Baquis, situé au Sud-Est des cartographies présentées plus haut, est inondé pour Q10 tel qu'en situation actuelle, il n'y a pas d'aggravation. Cette combinaison d'aménagements montre clairement son efficacité pour les crues testées.

Le bassin de rétention est efficace puisqu'il est complètement rempli dès Q2. L'aménagement a peu d'impact sur les débits. Le débit rejeté à l'aval de Lagremeuse est légèrement plus faible en état projet qu'en état actuel, sauf pour Q2 où l'écart est très légèrement inversé mais reste peu significatif. Le bassin de rétention n'a pas effet d'écèlement significatif.

FIGURE 44 : IMPACT DES AMENAGEMENTS DU SCENARIO EP13 SUR LES DEBITS – CABRIES

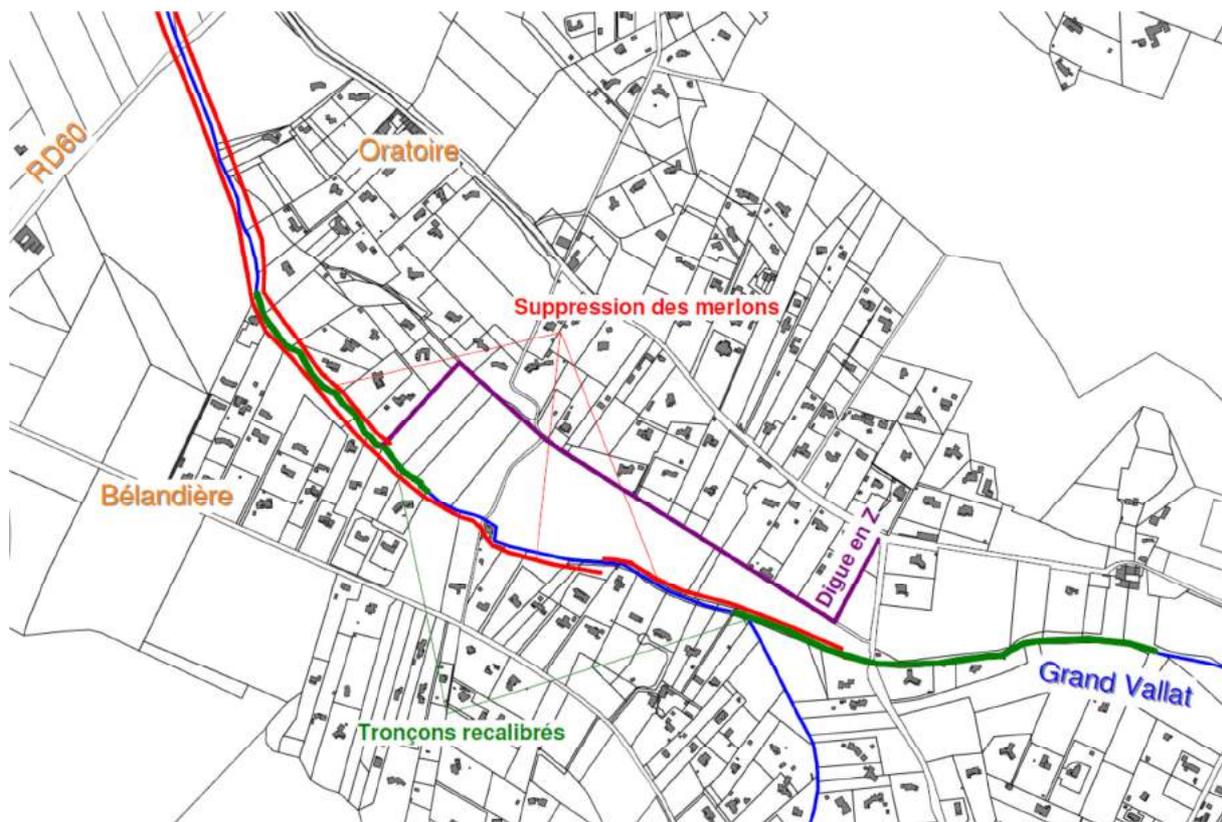


4.3.5. EP16 : Suppression merlons + recalibrage GV + digue en Z

Ce scénario combine plusieurs aménagements, présentés dans la figure ci-après :

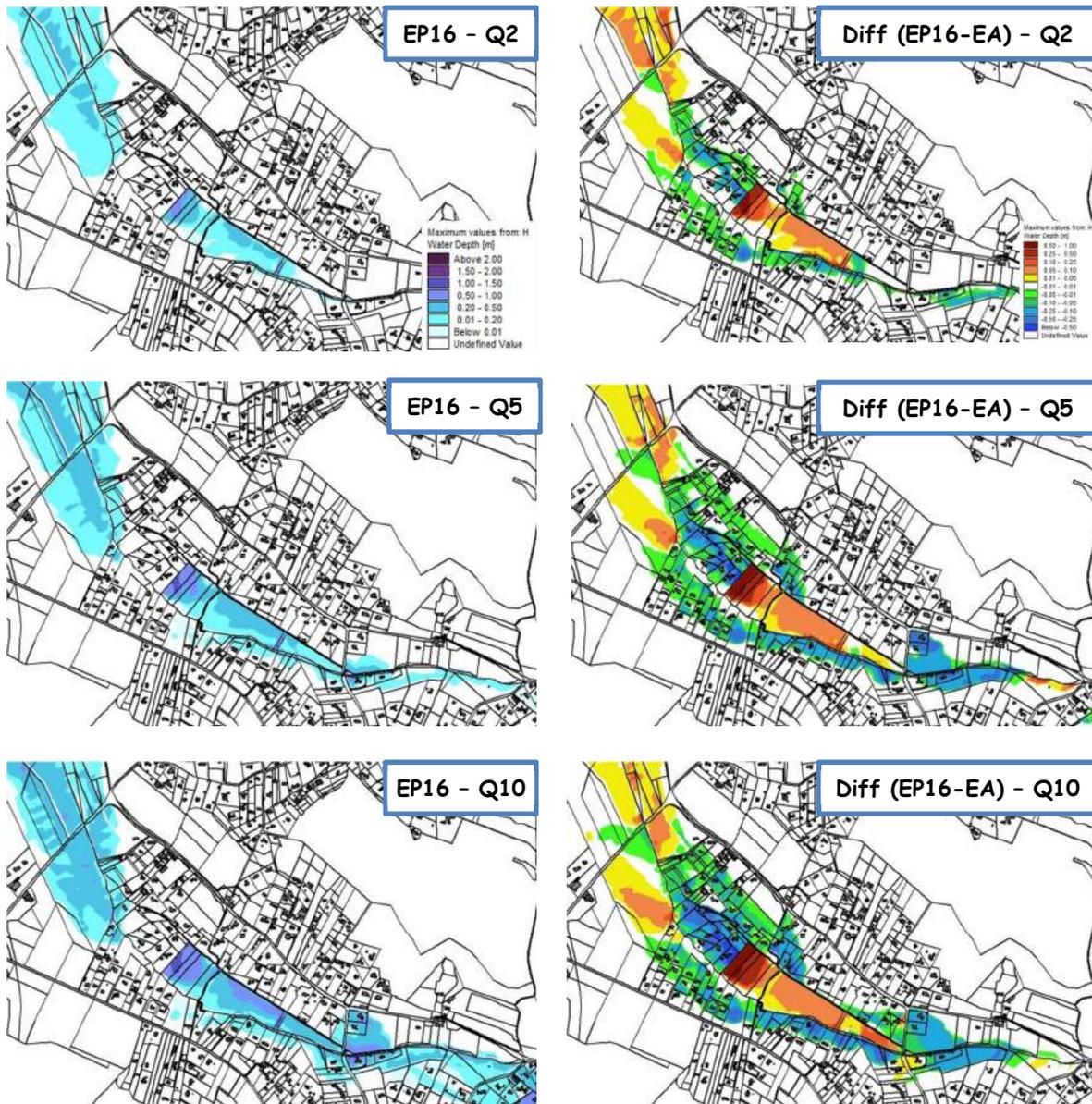
- La suppression des merlons sur le Grand Vallat,
- Le recalibrage des deux tronçons n°1 et 2 du Grand Vallat,
- La mise en place de la digue en Z.

FIGURE 45 : EP16 CABRIES – SUPPRESSION DES MERLONS DU GRAND VALLAT + RECALIBRAGE DE DEUX TRONÇONS + DIGUE
EN Z



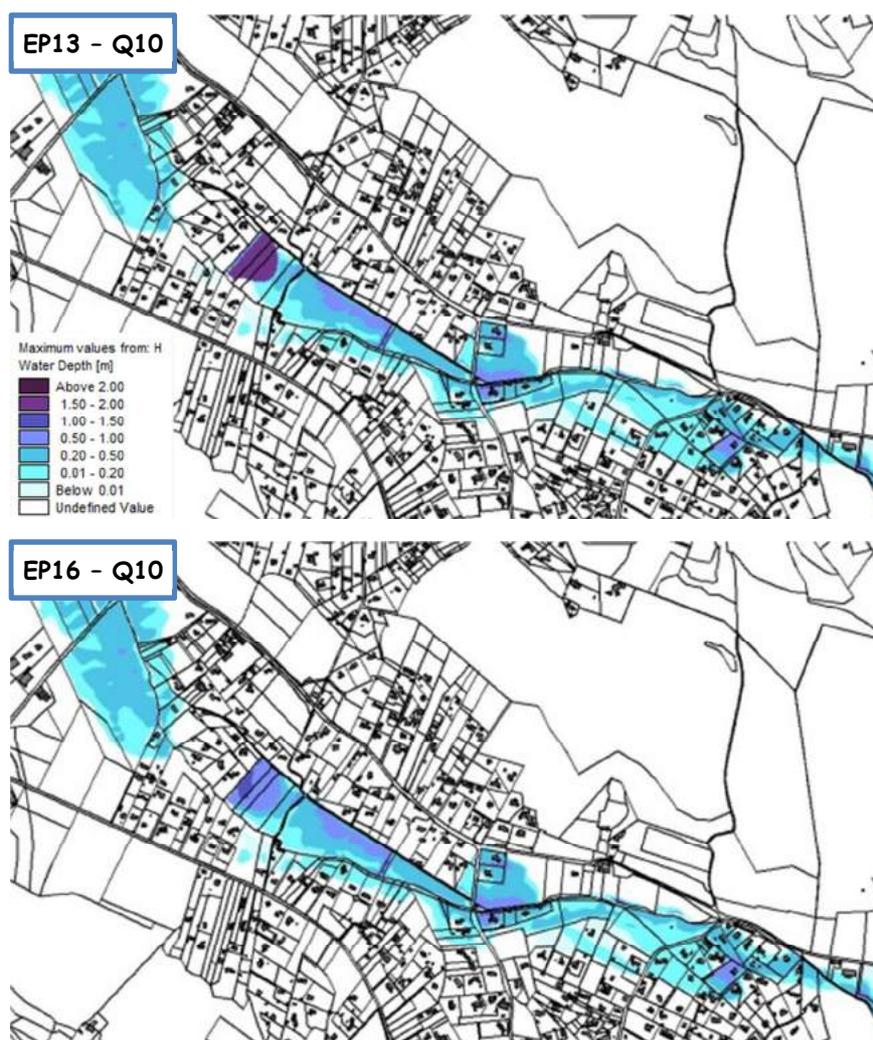
C'est donc le même scénario que le scénario EP13, présenté précédemment mais sans le bassin de rétention. Les résultats hydrauliques sont présentés ci-après.

FIGURE 46 : RESULTATS HYDRAULIQUES DU SCENARIO EP16 – CABRIES



Exactement comme pour EP13, il n'y a strictement aucune habitation en eau pour Q2. Pour Q5 et Q10, les quelques habitations en eau sont toutes sous-inondées. Pour Q10, il y a toujours trois habitations surinondées de 1 à 4 cm. La figure ci-après permet de comparer EP13 et EP16 pour la crue décennale.

FIGURE 47 : COMPARAISON DES SCENARIOS EP13 ET EP16 – CABRIÈS



Pour une crue décennale, la zone inondable est quasiment inchangée par rapport à EP13. **Le bassin BR4 ne présente que peu d'intérêt**, d'autant plus qu'il ne permet pas d'écrêter les débits (cf. Figure 44 : Impact des aménagements du scénario EP13 sur les débits – Cabriès).

En terme de débit rejeté à l'aval de Lagremeuse, on retrouve exactement la même conclusion que pour EP13 : le débit évacué est légèrement plus faible en état projet qu'en état actuel, sauf pour Q2 où l'écart est très légèrement inversé mais reste peu significatif.

Ce scénario combine trois aménagements très efficaces et s'affranchit d'un bassin de rétention nécessitant des travaux plus lourds et plus coûteux. Notons que les aménagements « suppression des merlons » et « digue en Z » sont dépendants l'un de l'autre et ne peuvent être conçus séparément au risque de surinonder des secteurs habités. La hauteur maximale de la digue varie entre 1.20 m et 1.67 m de Q2 à Q10 et est atteinte dans sa partie Nord, au milieu du tronçon transversal au vallat.

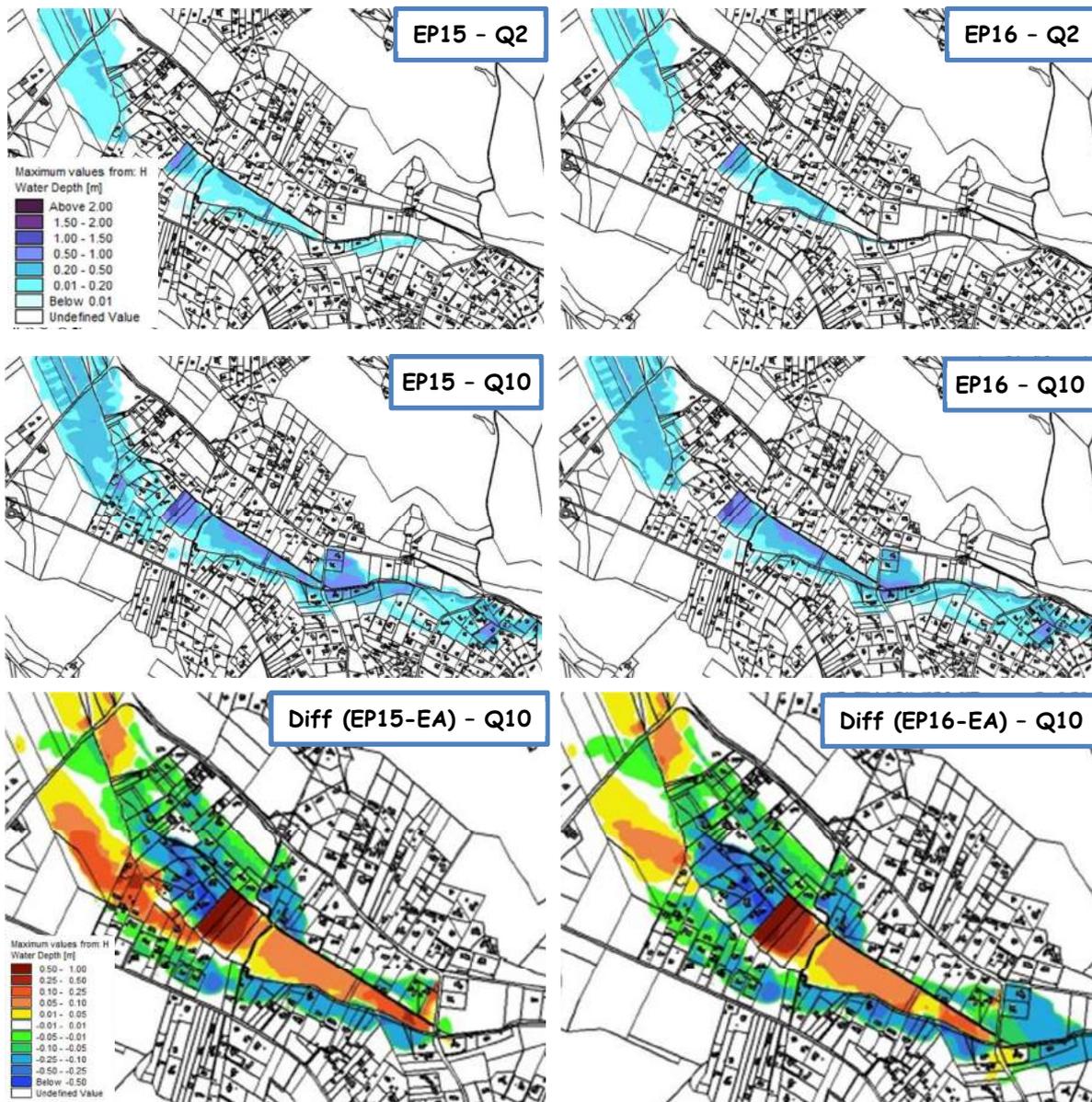
Le scénario EP16 présente plusieurs déclinaisons :

- EP15 : idem que EP16 mais sans le recalibrage des tronçons n°1 et 2
- EP20b : idem que EP16 mais tracé de la digue en Z légèrement modifié.

- **Comparaison des scénarios EP15 et EP16**

Dans le scénario EP16, les tronçons n°1 et 2 sont recalibrés pour augmenter leur capacité hydraulique, la digue en Z est intégrée et les merlons supprimés. Il peut être possible d'envisager le même scénario sans le recalibrage des deux tronçons. Cette comparaison va permettre de montrer l'efficacité du recalibrage et surtout sa dépendance avec les deux autres aménagements.

FIGURE 48 : COMPARAISON DES SCENARIOS EP15 ET EP16 CABRIES



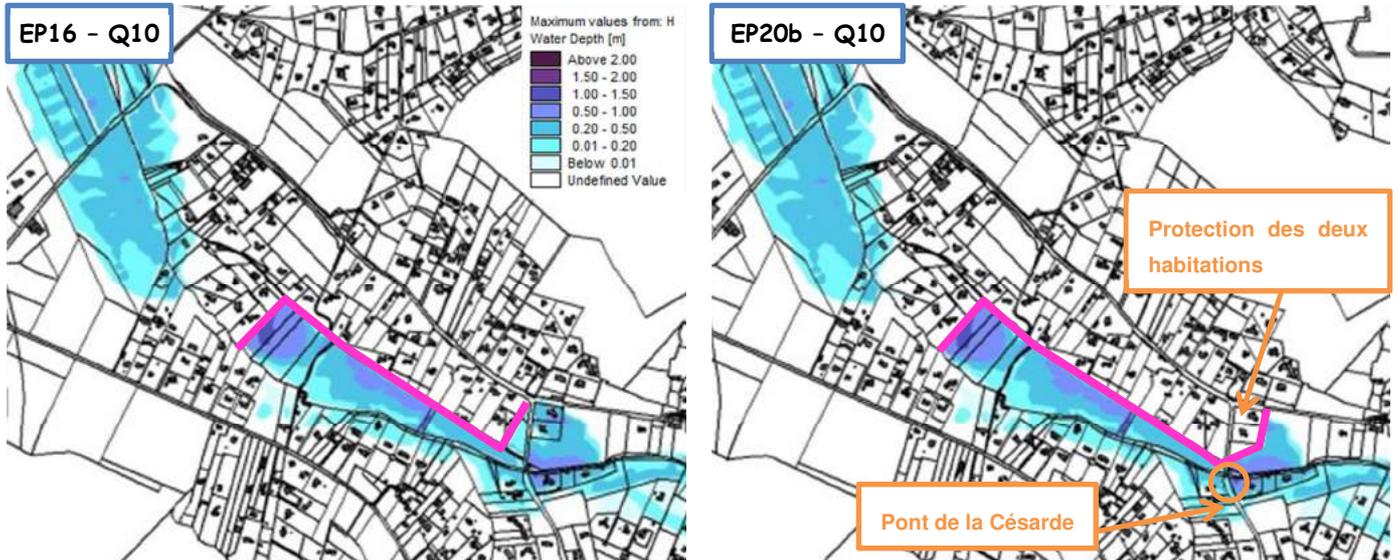
Pour Q2, les résultats hydrauliques sont semblables (entre EP15 et EP16) si ce n'est que le recalibrage permet de mettre la rive gauche complètement hors d'eau, ce qui n'est pas le cas pour EP15. Pour Q10, la différence est plus flagrante, sans le recalibrage, le vallon déborde au droit de l'oratoire et de la Bélandière. Ces débordements orientés par la digue vers la rive gauche ont malheureusement pour effet de surinonder le quartier de la Bélandière. Pour Q2 et Q5, il n'y a aucune surinondation en zone habitée.

Le recalibrage est donc très important et l'efficacité de la combinaison « suppression des merlons + digue en Z » dépend de ce dernier.

- **Comparaison des scénarios EP20b et EP16**

Dans le scénario EP20b, la seule modification apportée par rapport à EP16 est le tracé de la digue en Z (cf. Figure 35 : Optimisation de la digue de protection – Calas). Ce nouveau tracé permet en effet de protéger les habitations situées en amont de la route traversant le Grand Vallat par le pont de la Césarde en rive droite. Cette modification est efficace : les deux habitations sont protégées et la zone inondable reste quasiment inchangée par rapport à EP16.

FIGURE 49 : COMPARAISON DES SCENARIOS EP20B ET EP16 CABRIES



L'implantation de la digue en Z du scénario EP20b nécessitera le reprofilage de la route menant au pont de la Césarde. Au droit de cette route, la hauteur d'eau maximale atteinte pour une crue décennale est comprise entre 2 et 10 cm, ainsi la hauteur de la digue à cet endroit sera de l'ordre d'une dizaine de centimètres, le reprofilage de la route sera donc mineur. La hauteur maximale de la digue observée pour Q10 est de 1.67 m, idem que pour EP16.

4.3.6. Conclusion

- **Les merlons**

Si la suppression des merlons du Grand Vallat permet de soulager significativement la rive gauche, elle reste préjudiciable pour la rive droite surinondée. C'est pourquoi cette solution ne doit pas être mise en place seule et nécessite un aménagement complémentaire empêchant la surinondation de la rive droite tel qu'une digue de protection.

- **La digue de protection**

La digue en Z, en complément de la suppression des merlons, permet de protéger le quartier de l'Oratoire. Elle est d'autant plus efficace quand son tracé correspond à celui de l'EP20b car elle permet de protéger deux habitations supplémentaires. Attention, mettre en place cette digue sans autre aménagement surinonderait la rive gauche, c'est pourquoi il est primordial que cet aménagement soit couplé avec la suppression des merlons

- **Recalibrage de deux tronçons du vallat**

Lorsque les merlons sont supprimés, le recalibrage apparaît intéressant car il permet de mettre complètement hors d'eau la rive gauche pour Q2 et de la soulager significativement pour Q5. En revanche pour Q10, le recalibrage apparaît obligatoire car il permet d'éviter la surinondation de la rive gauche, l'eau stockée en amont de la digue étant orientée vers la rive gauche.

- **Rétention**

Aucun scénario faisant apparaître des aménagements favorisant le stockage d'eau (bassins de rétention ou simplement décaissement du terrain naturel) n'a apporté de résultats satisfaisants. Les bassins de rétention ne permettent pas d'écroulement et ont un effet négligeable sur la zone inondable.

Finalement, les trois aménagements les plus intéressants sont : la suppression des merlons, la digue de protection et le recalibrage. **L'efficacité de chacun de ces trois aménagements dépend de la présence des deux autres. C'est pourquoi il est primordial de les mettre en place, dans la mesure du possible, simultanément.**

4.4. ESTIMATION DU COUT DES AMENAGEMENTS POUR CHAQUE SCENARIO

De la même manière que pour la commune de Bouc-Bel-Air, un estimatif du coût des travaux pour chaque aménagement a été évalué à partir de ratios, rappelés dans le tableau ci-après, de manière à pouvoir comparer les aménagements entre eux, budgétairement parlant. Ces estimatifs apparaissent dans le *Tableau 9 : Récapitulatif de l'ensemble des scénarios testés sur Cabriès*.

TABLEAU 10 : DETAIL DES COUTS DES AMENAGEMENTS – CABRIES

Détail des prix

Terrassement en déblai de petits volumes (lit mineur, chenal, etc)		Terrassement en remblai (digue, merlon)	
Sans évacuation des matériaux	8 €/m ³	Sans fourniture des matériaux	10 €/m ³
Avec évacuation des matériaux	15 €/m ³	Avec fourniture des matériaux	17.5 €/m ³
Terrassement en déblai de gros volumes (bassin de rétention)			
Sans évacuation des matériaux	5 €/m ³		
Avec évacuation des matériaux	12 €/m ³		

Ainsi, selon si les matériaux sont évacués ou non, fournis ou non, il ressort pour chaque aménagement une borne inférieure et une borne supérieure. Il est important de rappeler que le coût de chaque aménagement n'est, à ce stade de l'étude, qu'un estimatif grossier. En phase 4, lorsque le maître d'ouvrage aura statué sur un ou plusieurs scénarios, ces derniers seront réévalués plus précisément.

4.5. SOLUTION(S) TECHNIQUE(S) PROPOSEE(S) ET ORDRE DES TRAVAUX

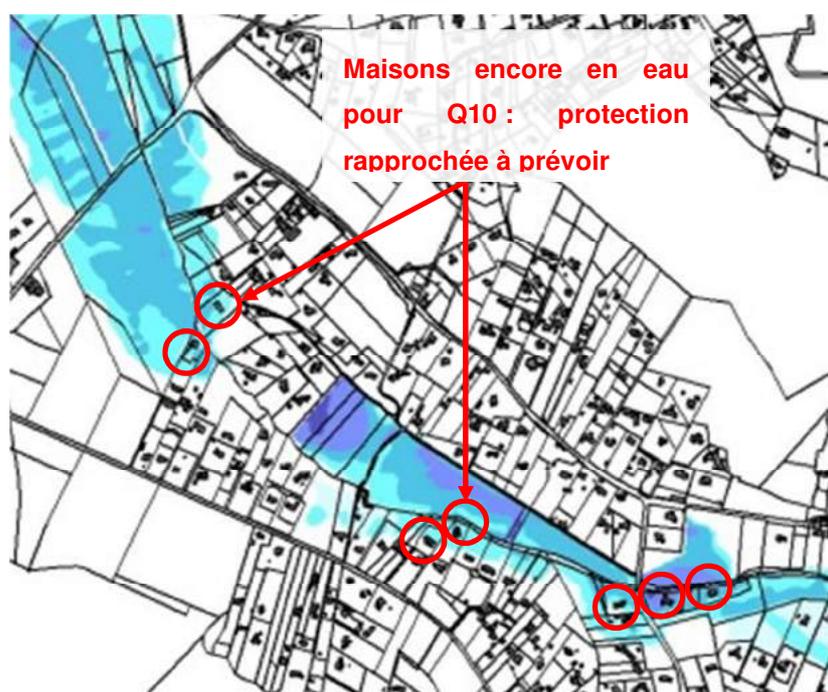
Contrairement à Bouc-Bel-Air pour qui deux scénarios ont été proposés : un scénario « minimal » et un deuxième plus complexe, il n'est pas possible de faire de même sur la commune de Cabriès. De tous les scénarios envisagés, le scénario EP20b ressort intéressant et contient trois aménagements, tous dépendants les uns des autres. Etant donné leurs incidences réciproques, il est préconisé la réalisation simultanée de ces trois aménagements.

Néanmoins, si un choix doit être fait dans l'ordonnancement des travaux, il serait conseillé les priorités suivantes :

- 1- **Mise en place de la digue de protection « digue en Z tracé EP20b »** : en attendant la suppression des merlons, cet aménagement permettra de protéger le quartier de l'Oratoire. Il n'y a néanmoins un risque de surinondation de la rive gauche (comme observée pour EP15 en crue décennale), c'est pourquoi la suppression des merlons doit être effectuée rapidement après la mise en place de la digue.
- 2- **Suppression des merlons du Grand Vallat** : cela permettra de modifier la répartition des débits et de favoriser les débordements en rive droite vers la digue de protection déjà conçue.
- 3- **Recalibrage des tronçons du Grand Vallat n°1 et 2** : il empêchera la surinondation de la rive gauche due à l'évacuation de l'eau stockée en amont de la digue.

Pour les quelques habitations encore inondées, de la protection rapprochée (type batardeaux et/ou portails étanches) peut être envisagée, comme l'illustre la figure ci-après.

FIGURE 50 : SCENARIO EP20B CABRIES – CRUE DECENNALE, IMPLANTATION DE BATARDEAUX SUR LES MAISONS ENCORE EN EAU



Pour Cabriès comme sur Bouc-Bel-Air, les travaux devront être réalisés en période de pluie rare dans un laps de temps le plus court possible.

De même, chaque scénario retenu (sur Cabriès comme sur Bouc-Bel-Air) devra être modélisé avec la crue de référence (1993). Le scénario ne pourra être retenu que si aucune surinondation préjudiciable n'apparaît en zone habitée. Il n'est donc pas exclu que dans des cas comme celui de Cabriès, où les débordements sont favorisés en rive droite avec la suppression des merlons, apparaissent de la surinondation pour la crue de référence, malgré la digue de protection (qui sera calibrée pour Q10). Ainsi le scénario devra être optimisé de manière à supprimer cette surinondation.



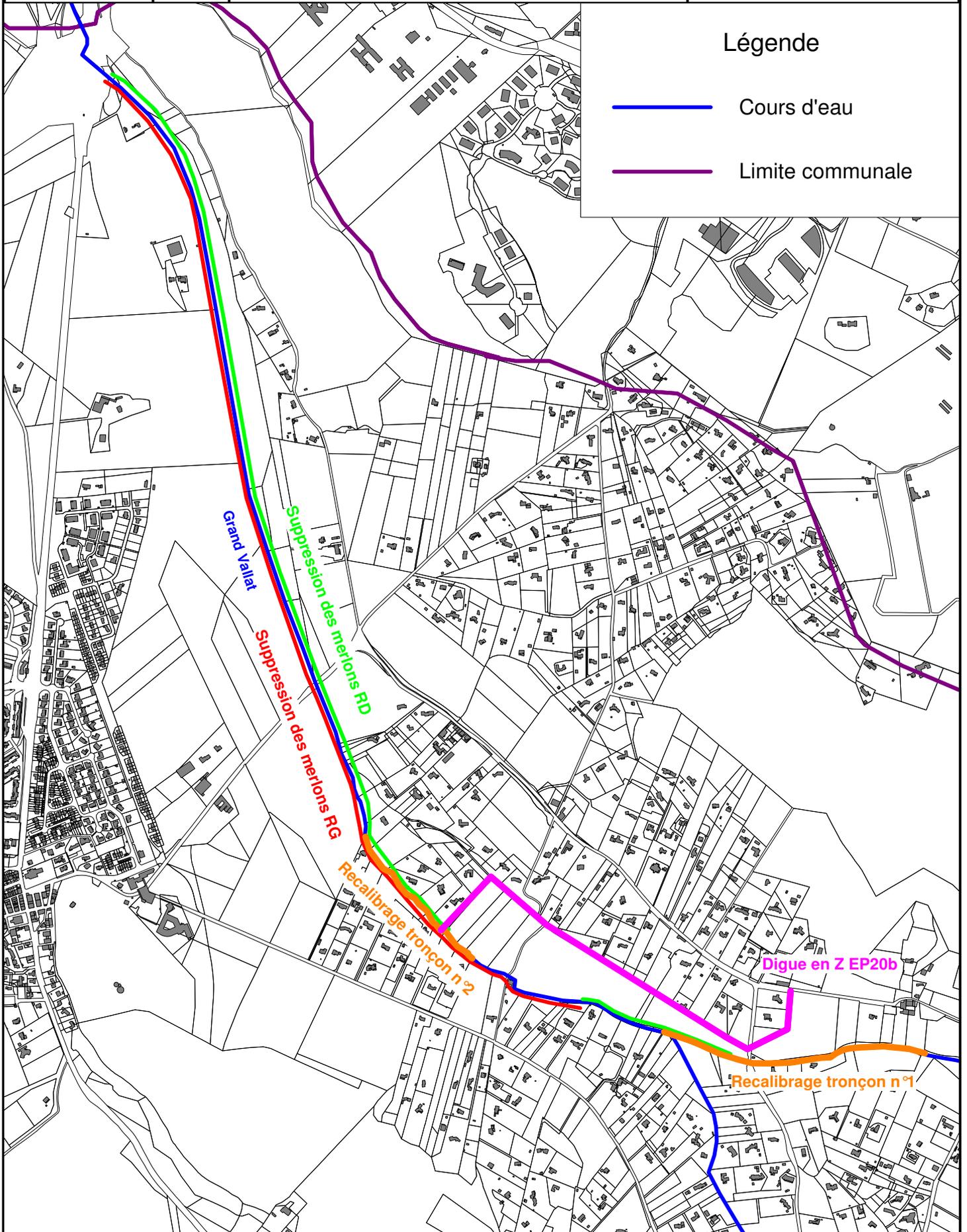
Figure 51 : Solution technique proposée - Cabriès

Etude N° MM2714 - AOUT 2014



Légende

-  Cours d'eau
-  Limite communale



4.6. SOLUTION(S) REGLEMENTAIRE(S) PROPOSEE(S)

Comme sur Bouc-Bel-Air, des solutions réglementaires complètent les solutions techniques. Des actions préventives sont à mener sur les zones de développement urbanistique futures de la commune. Certains secteurs, non encore urbanisés, participent déjà au ralentissement dynamique des crues. **Il est indispensable de préserver ces milieux** et de ne pas perturber leur fonction d'amortissement. Pour cela, **il est conseillé d'inscrire ces zones agricoles comme non urbanisables dans le Plan Local d'Urbanisme de la commune de Cabriès. C'est pourquoi il est proposé d'adopter les prescriptions rappelées ci-après (identiques à celles citées pour Bouc-Bel-Air) :**

- Parcelles **non construites** situées hors zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones inconstructibles**,
- Parcelles **construites** situées hors zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones constructibles soumises à prescriptions** telles que la surélévation des premiers planchers, la localisation des ouvertures, la transparence des écoulements, et le pourcentage d'extension du bâti par rapport au bâti existant.
- Parcelles (construites ou non) situées en zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones éventuellement constructibles soumises également à prescriptions.**

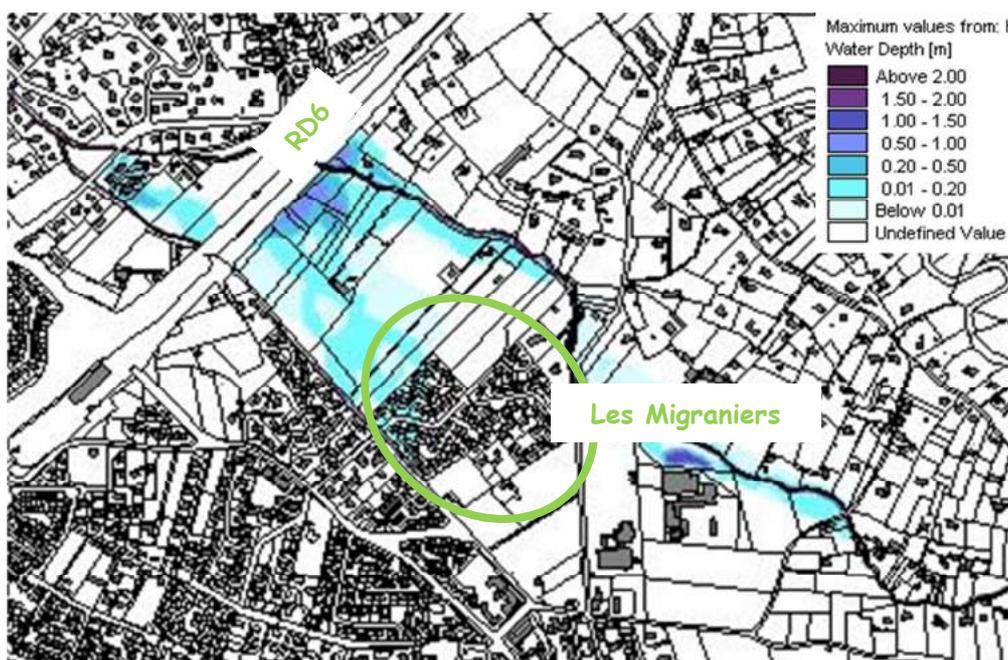
La *Figure 27 : Exemple de solutions réglementaires proposées – Bouc-Bel-Air* illustre ces différents cas.

5. COMMUNE DE SIMIANE-COLLONGUE

5.1. RAPPEL DE L'ETAT ACTUEL

Sur la commune de Simiane-Collongue, traversée par le vallat des Mourgues et le vallat de Babol, les dysfonctionnements hydrauliques n'apparaissent qu'à partir d'une crue décennale. Les débordements en rive droite du vallat des Mourgues inondent légèrement le lotissement des Migraniers. Compte tenu de la fréquence plus rare des inondations, la commune de Simiane-Collongue n'est pas apparue prioritaire et n'a pas fait l'objet de proposition d'aménagements techniques. Seules des solutions réglementaires ont été proposées.

FIGURE 52 : CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE DE LA CRUE DECENNALE – SIMIANE-COLLONGUE



5.2. SOLUTION(S) REGLEMENTAIRE(S) PROPOSEE(S)

Comme sur Bouc-Bel-Air et Cabriès, des solutions réglementaires complètent les solutions techniques. Des actions préventives sont à mener sur les zones de développement urbanistique futures de la commune. Certains secteurs, non encore urbanisés, participent déjà au ralentissement dynamique des crues : c'est le cas par exemple des terrains situés entre le RD6 et le lotissement des Migraniers, cette zone de stockage « naturelle » participe grandement à l'amortissement des crues. **Il est indispensable de préserver ces milieux** et de ne pas perturber leur fonction d'amortissement. Pour cela, **il est conseillé d'inscrire ces zones agricoles comme non urbanisables dans le Plan Local d'Urbanisme de la commune de Cabriès. C'est pourquoi il est proposé d'adopter les prescriptions rappelées ci-après (identiques à celles citées pour Bouc-Bel-Air et Cabriès) :**

- Parcelles **non construites** situées hors zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones inconstructibles**,
- Parcelles **construites** situées hors zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones constructibles soumises à prescriptions** telles que la surélévation des premiers planchers, la localisation des ouvertures, la transparence des écoulements, et le pourcentage d'extension du bâti par rapport au bâti existant.
- Parcelles (construites ou non) situées en zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones éventuellement constructibles soumises également à prescriptions.**

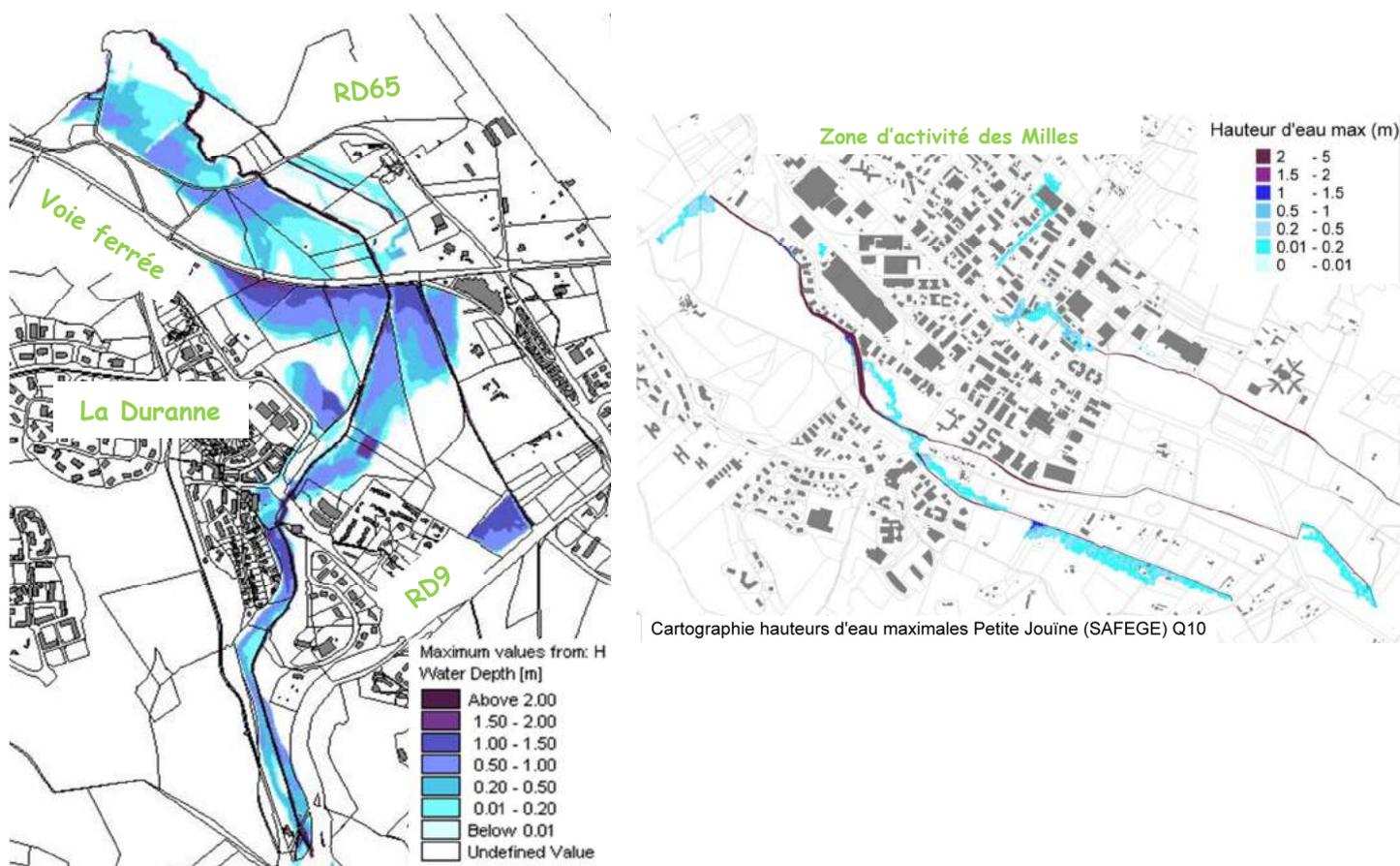
La *Figure 27 : Exemple de solutions réglementaires proposées – Bouc-Bel-Air* illustre ces différents cas.

6. COMMUNE D'AIX-EN-PROVENCE

6.1. RAPPEL DE L'ETAT ACTUEL

Sur la commune d'Aix-en-Provence, traversée par le Grand Vallat et la Petite Jouïne, il n'y a pas de dysfonctionnements hydrauliques observés pour la crue décennale. Ainsi, compte tenu de la fréquence plus rare des inondations, la commune d'Aix-en-Provence n'est pas apparue prioritaire et n'a pas fait l'objet de proposition d'aménagements techniques. Seules des solutions réglementaires ont été proposées.

FIGURE 53 : CARTOGRAPHIE DE LA ZONE INONDABLE DE LA CRUE DECENNALE – AIX-EN-PROVENCE



6.2. SOLUTION(S) REGLEMENTAIRE(S) PROPOSEE(S)

Comme sur Bouc-Bel-Air, des solutions réglementaires complètent les solutions techniques. Des actions préventives sont à mener sur les zones de développement urbanistique futures de la commune. Certains secteurs, non encore urbanisés, participent déjà au ralentissement dynamique des crues, tels que les terrains situés en amont de la RD65 ou de la voie ferrée **Il est indispensable de préserver ces milieux notamment pour protéger l'Arc** et de ne pas perturber leur fonction d'amortissement. Pour cela, **il est conseillé d'inscrire ces zones agricoles comme non urbanisables dans le Plan Local d'Urbanisme de la commune d'Aix-en-Provence. C'est pourquoi il est proposé d'adopter les prescriptions rappelées ci-après (identiques à celles citées pour les communes précédentes) :**

- Parcelles **non construites** situées hors zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones inconstructibles**,
- Parcelles **construites** situées hors zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones constructibles soumises à prescriptions** telles que la surélévation des premiers planchers, la localisation des ouvertures, la transparence des écoulements, et le pourcentage d'extension du bâti par rapport au bâti existant.
- Parcelles (construites ou non) situées en zone urbanisée et dans l'enveloppe hydrogéomorphologique : **zones éventuellement constructibles soumises également à prescriptions.**

La *Figure 27 : Exemple de solutions réglementaires proposées – Bouc-Bel-Air* illustre ces différents cas.

7. PERSPECTIVES PHASE 4

7.1. OBJECTIFS PHASE 4

L'objectif de la phase 4 est d'élaborer une synthèse et un programme détaillé des opérations et mesures de gestion. A partir des scénarios retenus par le Maître d'Ouvrage et le Comité de Pilotage, un programme des actions à engager sur le bassin versant pour réduire les risques d'inondation et protégés les secteurs densément urbanisés sera établi.

L'ordre de priorité d'intervention sera déterminé à partir des critères tels que :

- La non aggravation du risque inondation à l'échelle du bassin versant,
- Une logique liée aux enjeux présents sur le bassin versant : travaux priorités en fonction du niveau de gravité et de l'ampleur de risque existant,
- La non aggravation du risque inondation lors des phases transitoires de travaux,
- L'analyse financière au vue de l'efficacité de chaque aménagement conduisant à prioriser les aménagements (une analyse coût-bénéfice détaillée devra être réalisée ultérieurement néanmoins),
- Les capacités financières des maîtres d'ouvrages potentiels et des financeurs,
- La maîtrise foncière des terrains servant d'assiette aux travaux,
- Les aspects réglementaires et administratifs des travaux.

7.2. CONTENU

Dans le cadre de la phase 4, chaque aménagement fera l'objet d'une présentation détaillée des éléments suivants :

- Description et situation,
- Contraintes particulières : acquisition de terrains, appréciations de l'impact sur le milieu (paysage, milieu aquatique, etc.), contraintes d'exploitations et mesures de gestion,
- Objectifs résolus avec quantification : pourcentage de réduction des débits de pointe, de réduction des zones inondables et de réduction de la vulnérabilité,
- Degré d'urgence et hiérarchisation en fonction de l'efficacité ou des impératifs de protection du milieu,
- Mesures de gestion garantissant la durabilité et la pérennité des aménagements.

Les scénarios retenus seront affinés ainsi que leur chiffrage. Ils seront également testés avec la crue de référence afin de s'assurer de la non aggravation de certains secteurs par rapport à l'état actuel.

8. CONCLUSION

A l'issu de la phase 3, plusieurs solutions sont envisageables sur les communes de Bouc-Bel-Air et Cabriès pour réduire le risque inondation et protéger les secteurs urbanisés :

- **Sur Bouc-Bel-Air** : deux solutions ont été proposées, l'une de faible coût consistant à mettre en place un chenal de dérivation, l'autre plus coûteuse combinant ce dernier chenal avec deux digues de protection et un confortement de merlon.
- **Sur Cabriès** : une seule solution a été proposée, combinant la suppression des merlons, la mise en place d'une digue de protection et le recalibrage de deux tronçons actuellement très limitant du Grand Vallat.

Sur chacune des quatre communes du bassin versant du Grand Vallat, ont été proposés des solutions réglementaires consistant à geler des zones d'expansion favorisant le ralentissement dynamique des crues au Plan Locaux d'Urbanisme des communes.

Ces propositions préservent au mieux le fonctionnement naturel des cours d'eau, favorise le principe de ralentissement dynamique, s'adapte à chaque contexte communal et économique, et adopte une politique de gestion solidaire amont-aval et rive droite-rive gauche. En cela, **elles s'inscrivent dans les préconisations du SAGE de l'Arc et du SDAGE Rhône Méditerranée.**

Dans le choix des scénarios l'aspect technique et efficacité mais également l'aspect faisabilité et financier ont été pris en compte. A ce stade de l'étude, l'aspect foncier n'a pas encore été considéré. En phase 4, ces scénarios seront revus si besoin selon les résultats de la crue de référence et décisions du maître d'ouvrage et du comité de Pilotage. L'analyse des coûts des travaux sera également affinée et mise en rapport avec le nombre d'enjeux protégés. Cela permettra d'établir une analyse coût-bénéfice simplifiée.