

Communauté territoriale Sud Luberon



B2-301-05 | SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DE VILLELAURE

Rapport d'Avant-Projet (solutions retenues)

**Pièce jointe n°9
DOCUMENT
DE TRAVAIL**

SMAVD - Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance

190, rue Frédéric Mistral | 13370 Mallemort

Tél | +33 (0)4 90 59 48 58 - Site : <http://www.smavd.org>



Rev D C B A Réf.	Rédigé par	Vérifié par	Approuvé par	Modifications	Date
	P. LE STRAT	E. DUVERGER	B. JACOPIN	Document initial	Avril 2022
	B2-301-05-AVP solutions retenues.docx			Diffusion	INTERNE

Sommaire

1. INTRODUCTION	4
1.1. CONTEXTE	4
1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE	4
1.3. OBJECTIFS VISES	6
1.4. INTERFACE DU PROJET AVEC D'AUTRES PROGRAMMES D'ETUDES	6
2. DONNEES UTILISEES POUR L'ETUDE	7
2.1. ETUDES ANTERIEURES	7
2.2. DONNEES TOPOGRAPHIQUES	7
2.3. DONNEES GEOTECHNIQUES	8
2.4. DONNEES HYDRAULIQUES ET MORPHOLOGIQUES	8
3. FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE A L'ETAT ACTUEL	9
3.1. ETAT ACTUEL A 3 000 m ³ /s (PERIODE DE RETOUR 30 ANS)	9
3.2. ETAT ACTUEL A 4 000 m ³ /s (PERIODE DE RETOUR 50 ANS)	10
3.3. ETAT ACTUEL A 5 000 m ³ /s (PERIODE DE RETOUR 100 ANS)	10
4. RECENSEMENT DES CONTRAINTES	11
4.1. SECTEUR DE LA DIGUE DU FORT NORD	11
4.2. SECTEUR DE LA DIGUE DU FORT INTERMEDIAIRE	12
4.3. SECTEUR DE LA DIGUE DU CANAL DE JANSON	12
4.4. SECTEUR DU SIPHON DU CANAL DE JANSON	12
4.5. SECTEUR DU CHEMIN DES ISCLES	12
4.6. SECTEUR DES EPIS TRANSVERSAUX AU CHEMIN DES ISCLES	12
4.7. DEBROUSSAILLAGE ET DEBOISEMENT	13
4.8. MAINTIEN DES DESSERTEES D'HABITATION ET PARCELLES AGRICOLES	13
5. DEFINITION DES PARTIS D'AMENAGEMENTS PAR SECTEUR	13
5.1. SECTEUR DE LA DIGUE DU FORT NORD	14
5.2. SECTEUR DE LA DIGUE DU FORT INTERMEDIAIRE	17
5.3. SECTEUR DE LA DIGUE DU CANAL DE JANSON	19
5.4. SECTEUR DU SIPHON DU CANAL DE JANSON	20
5.5. SECTEUR DU CHEMIN DES ISCLES	20
5.6. SECTEUR DES EPIS TRANSVERSAUX AU CHEMIN DES ISCLES	24
5.7. CARTE DE SYNTHESE DES AMENAGEMENTS RETENUS	26
6. BENEFICES HYDRAULIQUES DES AMENAGEMENTS	27
6.1. ETAT PROJETE A 4 000 m ³ /s (PERIODE DE RETOUR 50 ANS)	27
6.2. ETAT PROJETE A 5 000 m ³ /s (PERIODE DE RETOUR 100 ANS)	28
7. ANALYSE FONCIERE	29
8. ESTIMATION DES TRAVAUX	29
9. ANALYSE MULTICRITERE DES AMENAGEMENTS ETUDIES	30
10. PHASAGE DES TRAVAUX ET PLANNING OPERATIONNEL PREVISIONNEL	31
11. CONCLUSION	32
11.1. SYNTHESE DES AMENAGEMENTS RETENUS	32
11.2. CARACTERISTIQUES DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT DE VILLELAURE	32
ANNEXES	33

1. Introduction

1.1. CONTEXTE

Le secteur Pertuis / Villelaure / Cadenet se caractérise par l'extrême complexité de son système de protection contre les crues : c'est un des tronçons de Durance qui dispose du plus grand linéaire d'ouvrages (près de 4 km d'ouvrages par km de rivière), et les ouvrages qui composent ce système sont considérés peu fiables en raison de leur hétérogénéité et de leurs faiblesses structurelles.

Sur la commune de Villelaure, les études hydrauliques ont mis en évidence une inondabilité de la plaine pour une crue de 4000 m³/s, où les enjeux sont essentiellement agricoles avec des zones d'habitats diffus. Par ailleurs, le mauvais état des ouvrages et leur comportement anarchique en cas de crue pourraient représenter un danger pour les riverains.

Depuis le 1^{er} janvier 2018, la communauté territoriale Sud Luberon (COTELUB) est compétente en matière de gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations sur le territoire de Villelaure. Elle souhaite engager un programme de restructuration associant d'une part la sécurisation d'une ligne de protection contre les inondations, et d'autre part la restauration d'une partie des fonctionnalités de la rivière en supprimant, abaissant ou reculant certains des ouvrages trop proches du lit.

Dans cet objectif, elle a confié au SMAVD, par voie de conventionnement, l'ensemble des attributions inhérentes à la qualité de Maître d'ouvrage pour l'élaboration du programme d'études jusqu'à leur complète exécution.

1.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE

1.2.1. OUVRAGES EXISTANTS ET ENJEUX A PROTEGER

Le projet se situe sur la commune de Villelaure, en rive droite de la Durance. Il correspond globalement à toute la plaine de Villelaure située au sud de la voie ferrée.

Les enjeux présents dans la zone d'étude sont essentiellement agricoles, avec des zones d'habitats diffus, dont les principaux hameaux sont repérés sur la carte suivante.

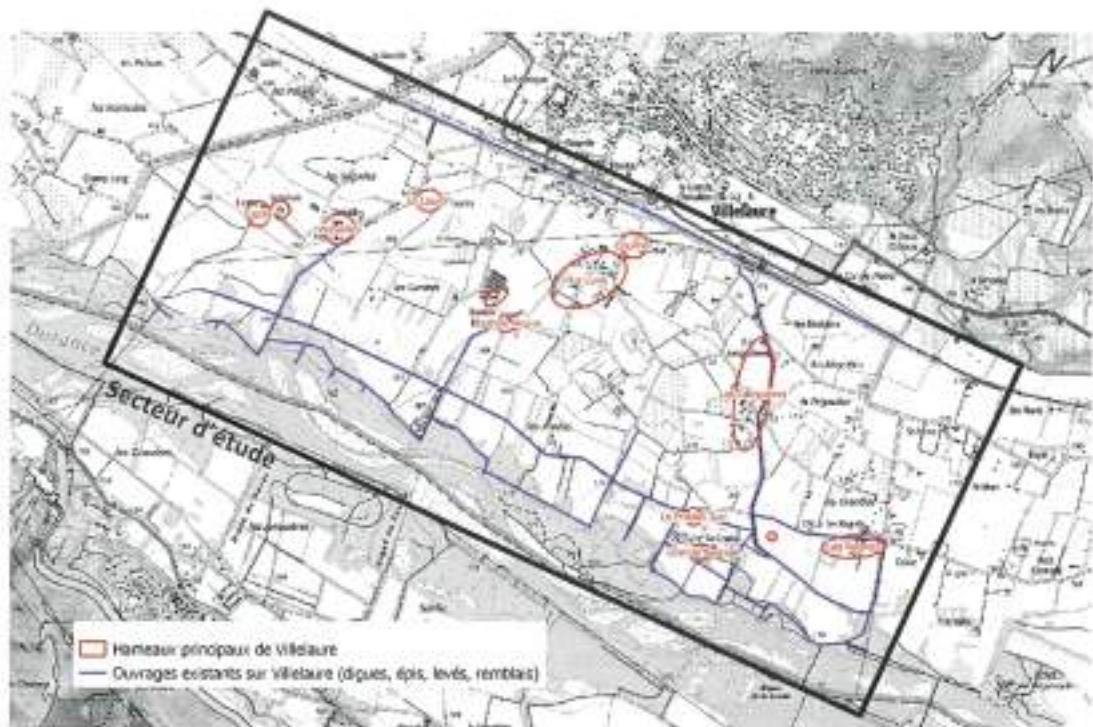


Figure 1 : localisation de la zone d'étude et les ouvrages existants / enjeux présents

1.2.2. SECTORISATION DU PROJET

La zone d'étude est découpée en six secteurs, chacun étant caractérisé par une problématique particulière.

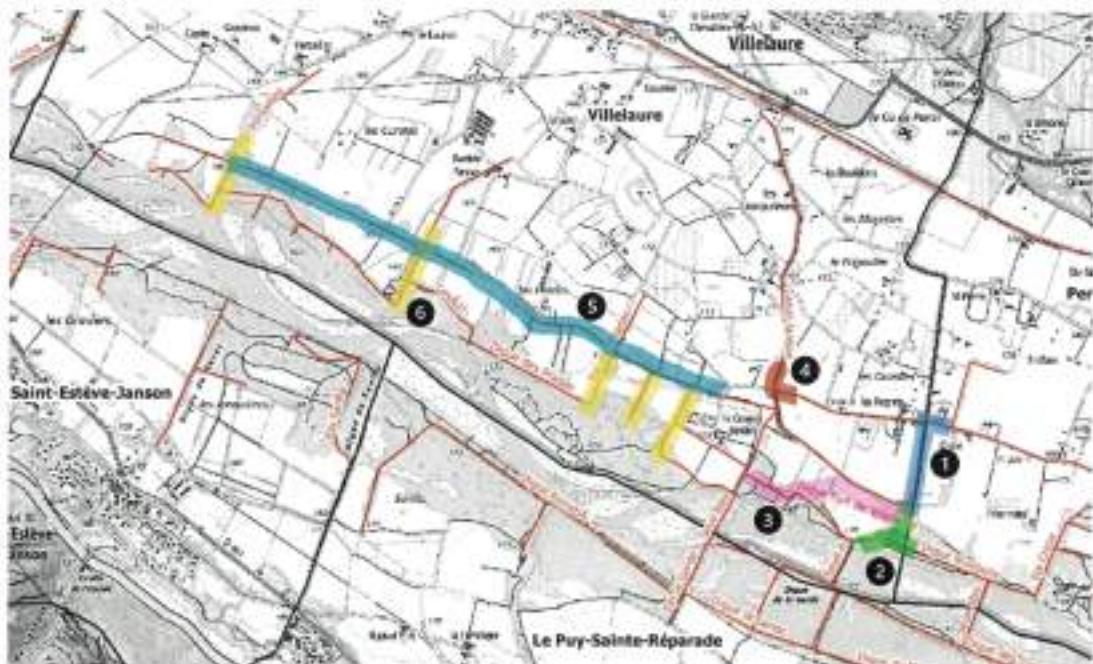


Figure 2 : sous-secteurs d'étude

Ces 6 sous-secteurs sont de l'amont vers l'aval :

Secteur 1 : Digue du Fort Nord (bleu foncé)

Secteur 2 : Digue du Fort intermédiaire et digue de Rivebelle (vert)

Secteur 3 : Digue du canal de Janson (magenta)

Secteur 4 : Siphon du canal de Janson (rouge)

Secteur 5 : Chemin des Iscles de la Durance (bleu clair)

Secteur 6 : Epis transversaux au chemin des Iscles (jaune)

1.3. OBJECTIFS VISES

Le projet concerne principalement de l'habitat diffus en plaine et des zones d'exploitation agricole. Le secteur est caractérisé par la présence d'un nombre important d'ouvrages existants, à ce jour non fiables, et au calage altimétrique aléatoire. La densité des ouvrages présents constitue un obstacle aux écoulements et aggrave l'inondabilité du secteur.

L'objectif général des aménagements proposés est de garantir d'une part, un niveau de protection des habitats jusqu'à $4\ 000\ m^3/s$ correspondant à un débit d'occurrence cinquantennal et, d'autre part, un niveau de sûreté garantissant l'absence de ruptures accidentelles du système d'endiguement jusqu'au débit de $6\ 500\ m^3/s$ correspondant à la crue exceptionnelle.

Les aménagements viseront également à éviter la formation d'écoulements divergents vers le Nord du village, en favorisant le ressuyage des eaux vers la Durance.

Enfin, un recul stratégique des ouvrages composant le futur système d'endiguement de Villelaure couplé et la neutralisation d'un certains nombres d'ouvrages transversaux (épis) permettront d'une part d'améliorer les capacités d'écoulement des crues par le lit mineur ainsi que le ressuyage du lit majeur, et d'autre part de restaurer, préserver ou alléger les pressions sur les enjeux écologiques présents en bord de rivière.

1.4. INTERFACE DU PROJET AVEC D'AUTRES PROGRAMMES D'ÉTUDES

Dans le cadre de sa politique de valorisation du territoire durancien, le SMAVD a initié un programme ambitieux de réalisation d'itinéraires en mode doux, sur les deux rives de la Durance entre Mirabeau et Avignon. Ce programme prévoit la réalisation d'infrastructures au plus de la rivière, à destination des touristes à vélo en itinérance ou en séjour ainsi des riverains dans le cadre de leurs loisirs ou trajets quotidiens.

Sur le tronçon Pertuis-Villelaure, le projet de véloroute prévoit la réalisation d'un tronçon de 9 km environ entre le pont de Pertuis et le chemin des Iscles de Durance à Villelaure, sur pistes, crêtes de digue et routes communales.

Les interfaces techniques et de programmation du projet de véloroute avec le projet de restructuration du système d'endiguement de Villelaure ont été étudiées : les points d'interface sur la commune de Villelaure se situent au niveau des ouvrages existants de la digue de Rivebelle, de la digue du Fort et du canal de Janson, objet de travaux de restructuration. Les deux projets sont menés de manière concertée afin d'intégrer les spécificités et calendriers de réalisation de chacun.



Figure 3 : Interfaces des projets digue et véloroute sur la commune de Villelaure

2. Données utilisées pour l'étude

2.1. ETUDES ANTERIEURES

Par ordre chronologique :

- Etudes globales sur la moyenne et basse Durance (SOGREAH/AQUALIS/CESAME/TELEOS)
« Schéma d'aménagement et de gestion de la moyenne et basse Durance »
 - Etat des lieux et diagnostic en hydrologie, hydraulique, morphologie et milieux naturels (1998-2001)
 - Propositions d'action (2001)
- Etude générale (ISL / SOGREAH)
« Restructuration et confortement des ouvrages de protection contre les inondations concernant les communes de Pertuis, Villelaure, Meyrargues, Le Puy-Sainte-Réparade, Saint-Estève-Janson et Cadenet »
 - Phases 1 et 2 : Etat des lieux et diagnostic (2005)
 - Phase 3 : Discussions des options d'aménagement (2005)
 - Phase 4 : Optimisations et incidences des aménagements (2006)
 - Phase 5 : Avant-projet (2009)
- Etudes spécifiques au secteur Pertuis-Villelaure (SMAVD)
 - Diagnostic de la situation actuelle (2015, 2017, 2020-2021)
 - Analyse hydraulique détaillée des scénarios d'aménagement (2017 et 2020-2021)
 - Schéma d'aménagement complet (2020)

2.2. DONNEES TOPOGRAPHIQUES

L'avant-projet est présenté sur un fond topographique réalisé à partir des données Lidar de 2020 et complété ponctuellement par des levés topographiques terrestres levés en 2020.

2.3. DONNEES GEOTECHNIQUES

Le projet tient compte des recommandations issues des études géotechniques de niveau G2-AVP menées en 2020 (Géolithe – Fondasol).

2.4. DONNEES HYDRAULIQUES ET MORPHOLOGIQUES

2.4.1. NIVEAUX D'EAU EN CRUE

Le service hydraulique du SMAVD a mis à jour en 2021 son modèle hydraulique pour le tronçon Eze-La Roque, permettant de préciser finement les dynamiques d'écoulement en crue (zone inondées, hauteurs d'eau, vitesses, ruptures d'ouvrages...) sur la zone d'étude de Villelaure.

L'état actuel et l'état projet ont été modélisés pour les crues suivantes :

- 3 000 m³/s soit Q30
- 4 000 m³/s soit Q50
- 5 000 m³/s soit Q100
- 6 500 m³/s soit Qexceptionnelle

Il est précisé qu'avant 3 000 m³/s les débordements de la Durance pour les crues inférieures sont contrôlés par les ouvrages historiques de premier rang, situés à proximité du lit mineur.

2.4.2. NIVEAUX DE PROTECTION ET DE SURETE

Compte tenu des enjeux présents dans le périmètre d'étude et conformément aux principes généraux de protection précisés au paragraphe 1.3, il a été retenu en première approche :

- un niveau de protection à 4 000m³/s (calage pour les sections renforcées aux déversements) ;
- un niveau de sûreté à 6 500 m³/s (crue de référence pour les ouvrages insubmersibles).

2.4.3. REVANCHE A PRENDRE EN COMPTE

Le calage altimétrique des ouvrages étant réalisé sur la base des résultats de modélisation numérique (consistant par nature à des représentations des écoulements après simplifications diverses), il s'agit de prendre en considération d'éventuelles revanches sur les lignes d'eau calculées de manière à intégrer : les éventuelles évolutions du lit mineur, la variabilité des conditions d'écoulements (état des essartements notamment), d'éventuelles perturbations localisées des conditions d'écoulement non modélisées, comportement aléatoire des ruptures des ouvrages ne faisant pas partie du système de protection...

Les niveaux de revanche retenus au stade de l'avant-projet sont les suivants :

- Les ouvrages fiabilisés et renforcés à la surverse seront calés au niveau modélisé pour la crue cinquantennale (4 000 m³/s) auquel sera ajoutée une revanche de 10 cm ;
- Les ouvrages neufs non renforcés aux déversements seront calés au niveau modélisé pour la crue exceptionnelle (6 500 m³/s) auquel sera ajoutée une revanche de 20 cm.

2.4.4. TENDANCES MORPHOLOGIQUES GENERALES

La morphologie de la rivière étant largement contrôlée par une succession de seuils et un faible transit

sédimentaire par chargement de matériaux provenant de l'amont (mobilisation des matériaux locaux uniquement), il n'a pas été pris d'hypothèses particulières au sujet des potentielles évolutions morphologiques.

3. Fonctionnement hydraulique à l'état actuel

L'inondabilité de la plaine de Villelaure est analysée au regard de deux scénarios de modélisation de tenue ou rupture des ouvrages présents dans la plaine, et ce pour tous les ouvrages susceptibles d'influer les écoulements des eaux de la Durance (digues, épis, levés, remblais divers) :

- Scénario de tenue des ouvrages existants (= sans rupture)
- Scénario de rupture probable des ouvrages existants.

Les cartographies suivantes présentent les emprises inondées en aplat bleu pour le scénario sans rupture, et en aplat rouge pour le scénario de rupture probable.

A titre indicatif, le scénario de rupture probable est le scénario principal des atlas dynamiques des zones inondables.

3.1. ETAT ACTUEL A 3 000 M³/S (PERIODE DE RETOUR 30 ANS)

A 3 000 m³/s sur la commune de Villelaure, les débordements modélisés dans le scénario probable provoquent l'inondation ou la menace de plusieurs zones à enjeux comme les hameaux de la Grande Bastide, des Pradas sud et de la Bastide Neuve (aplat rouge sur la figure suivante).

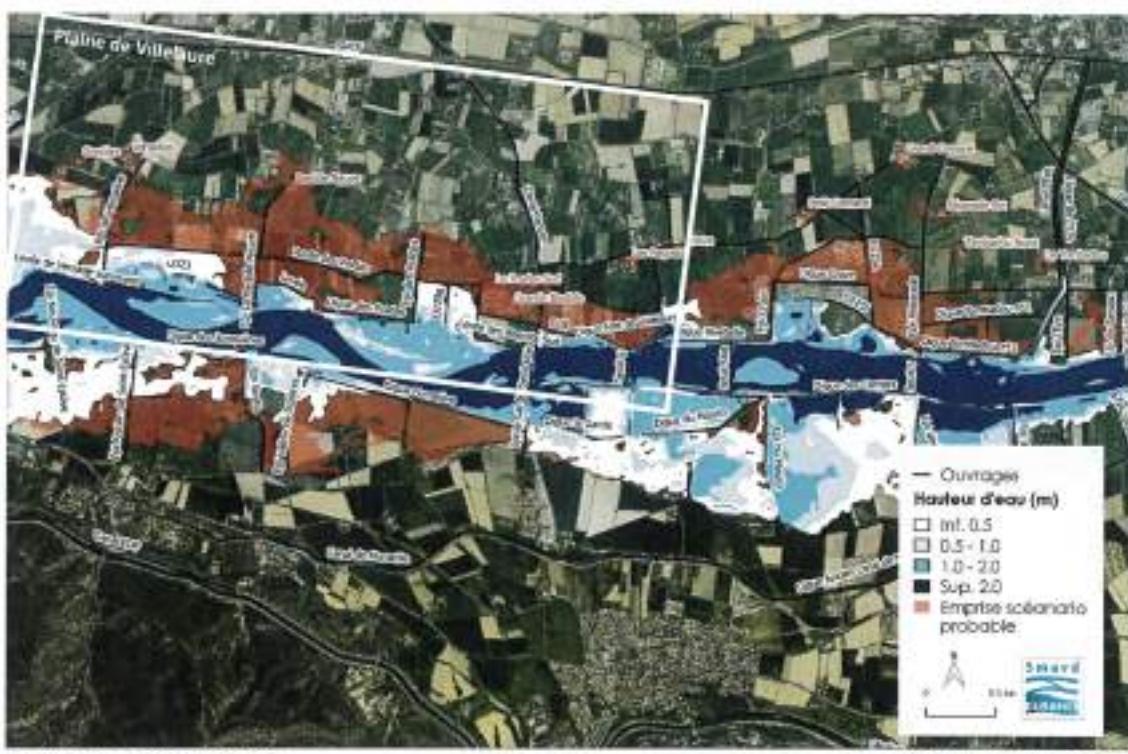


Figure 4 : inondabilité en situation actuelle à 3 000 m³/s (Q30)

3.2. ETAT ACTUEL A 4 000 m³/s (PERIODE DE RETOUR 50 ANS)

A 4000 m³/s, dans les scénarios de tenue ainsi que de ruptures probables des ouvrages, des écoulements dans le lit majeur ont lieu au nord du chemin des Iscles de Durance. Celui-ci surverse massivement, inondant la plaine de Villelaure dont les hameaux de Versailles et Capite. Les premiers débordements sur le chemin des Iscles de Durance interviennent aux alentours de 3 500 m³/s dans le secteur des Pradas et vers 4 000 m³/s en aval de l'épi de la Bastide Neuve.

En cas de rupture des ouvrages les plus vulnérables, les hameaux de la Grande Bastide et des Pradas sud sont susceptibles d'être inondés.

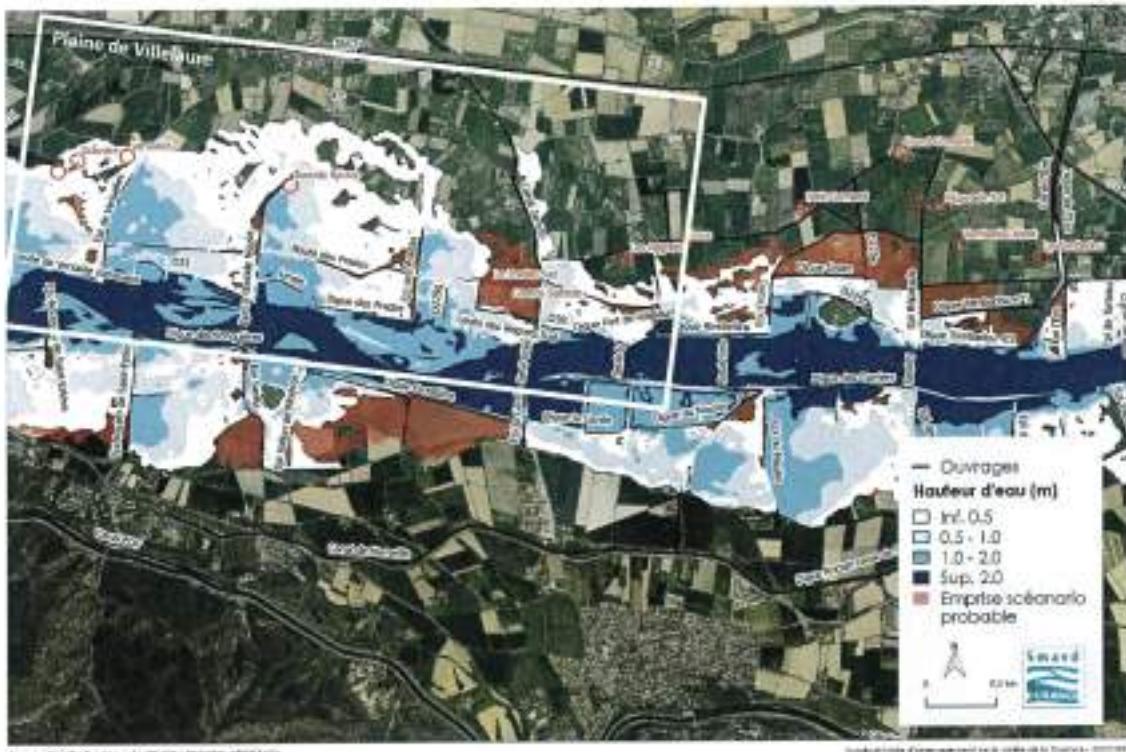


Figure 5 : inondabilité en situation actuelle à 4 000 m³/s (Q50)

3.3. ETAT ACTUEL A 5 000 m³/s (PERIODE DE RETOUR 100 ANS)

A 5000 m³/s, dans le scénario sans ruptures comme dans le scénario probable, la surverse sur le chemin des Iscles de Durance est massive et généralisée, inondant une grande partie de la plaine de Villelaure et des enjeux habités.

Dans le scénario sans ruptures, comme dans le scénario probable, les écoulements remontent le long du canal de Janson jusqu'à la voie ferrée.

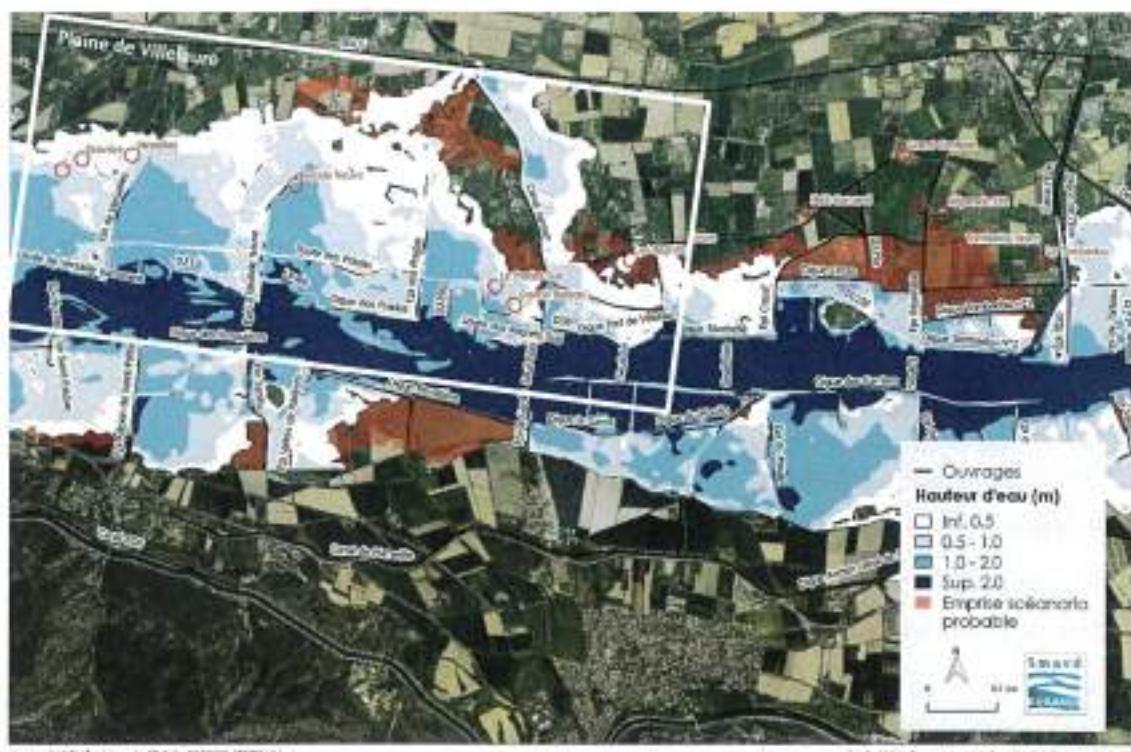


Figure 6 : inondabilité en situation actuelle à 5 000 m³/s (Q100)

4. Recensement des contraintes

Ce chapitre a pour objet de lister les différentes contraintes opérationnelles, foncières et écologiques, recensées pour les secteurs où les aménagements sont projetés.

En plus des observations faites sur site, une Déclaration de projet de Travaux (DT) a été réalisée pour mieux appréhender les différentes contraintes liées aux réseaux.

Un inventaire naturaliste est en cours de réalisation pour mieux appréhender les enjeux écologiques présents au droit et à proximité des aménagements envisagés (espèces et habitats d'espèces protégées et patrimoniales).

4.1. SECTEUR DE LA DIGUE DU FORT NORD

Les contraintes suivantes ont été recensées :

- Travail à proximité de routes (voies secondaires)
- Ligne électrique aérienne – Enedis, à déplacer
- Ligne téléphonique aérienne – Orange déplacement à envisager, pas de réponse du concessionnaire
- Canal de Janson
- Conduite GEOSEL (pipeline)
- L'accès pour l'entretien du canal sera perturbé voire impossible pendant la durée du chantier

En termes de foncier, le secteur est situé en partie sur le domaine public (digue existante) et en partie sur des terrains agricoles privés.

4.2. SECTEUR DE LA DIGUE DU FORT INTERMEDIAIRE

Les contraintes suivantes ont été recensées :

- Intérêts écologiques, déboisement à prévoir

En termes de foncier, le secteur est situé principalement sur le domaine public.

4.3. SECTEUR DE LA DIGUE DU CANAL DE JANSON

Les contraintes suivantes ont été recensées au droit du projet :

- Réseau souterrain GEOSEL
- Terrains agricoles privés
- Travaux à proximité d'habitat non déclaré, des accès provisoires devront être maintenus

A proximité du projet mais qui ne devrait pas avoir de conséquence sur les travaux :

- Canal de Janson

En termes de foncier, le secteur est situé en principalement sur des terrains agricoles privés.

4.4. SECTEUR DU SIPHON DU CANAL DE JANSON

Les contraintes suivantes ont été recensées :

- Travail à proximité de routes (voies secondaires)
- Ligne électrique aérienne – Enedis, à déplacer
- Canal de Janson
- Terrains agricoles privés

En termes de foncier, le secteur est situé en principalement sur des terrains propriétés du Syndicat du canal de Cadenet mixte Sud Luberon.

4.5. SECTEUR DU CHEMIN DES ISCLES

Les contraintes suivantes ont été recensées :

- Travaux sur voiries ou à proximité de la chaussée
- Terrains agricoles privés
- Branches secondaires de réseau d'irrigation
- Assainissement routier (fossé)
- Accès riverains, parcelles agricoles à maintenir

En termes de foncier, le secteur est situé en partie sur le domaine public (chemin des Iscles de Durance) et en partie sur du domaine privé (parcelles agricoles) pour les aménagements en pied de chaussée (renforcements à la surverse).

4.6. SECTEUR DES EPIS TRANSVERSAUX AU CHEMIN DES ISCLES

Les contraintes suivantes ont été recensées :

- Intérêts écologiques, déboisement à prévoir

- Accès chantier par terrains privés
- Accès et pistes du Motocross pourraient être sur l'emprise chantier

En termes de foncier, le secteur est situé en principalement sur du domaine privé (parcelles agricoles, habitat fortuit, motocross...).

4.7. DEBROUSSAILLAGE ET DEBOISEMENT

Des travaux de débroussaillage, déboisement et dessouchage importants seront nécessaires pour libérer les emprises de chantier sur les secteurs de la digue du fort intermédiaire et sur les épis transversaux au chemin des Iscles. De manière plus ponctuelle, il faudra également en prévoir sur le secteur canal de Janson.

Idéalement, ces travaux se réalisent en septembre-octobre pour ne pas gêner la nidification des oiseaux, et la reproduction puis l'hibernation des chiroptères. Il est possible - bien que non recommandé - de réaliser ces opérations jusqu'à fin février, sous réserve d'entreprendre en septembre-octobre une inspection préalable des arbres à abattre³ et un bouchage des cavités repérées.

Compte tenu du nombre importants d'arbres à abattre, il faudra réaliser ces travaux dans le cadre d'un marché spécifique.

4.8. MAINTIEN DES DESSERTES D'HABITATION ET PARCELLES AGRICOLES

Pour les aménagements prévus le long de la route du chemin des Iscles ainsi que pour les épis transversaux à araser, des mesures de maintien des accès aux habitations, aux parcelles agricoles et aux usagers (motocross par exemple) seront prévus.

Des déviations ou des pistes provisoires pourront être mises en place pendant les travaux. Ces dispositifs provisoires pourront être étudiés selon des plans de principe de circulation en phase PRO. Ces plans feront l'objet d'un VISA en préparation de chantier pendant les études d'exécution pour être en accord avec le phasage et le calendrier précis du chantier.

5. Définition des partis d'aménagements par secteur

L'ensemble des scénarios d'aménagement étudiés dans le cadre l'avant-projet sont présentés par secteur dans les paragraphes suivants.

Les partis d'aménagement proposés tiennent compte des analyses et réflexions menées antérieurement lors de l'étude du schéma d'aménagement. En particulier, il est rappelé la stratégie retenue pour la protection de la plaine de Villelaure :

- Protection des secteurs habités par une ligne de défense unique, éloignée de la Durance pour favoriser les écoulements des crues dans le lit majeur, éviter la mise en œuvre de protection contre les érosions externes, éviter des interventions sur les milieux naturels au droit des ouvrages historiques de premier rang et permettre ainsi une renaturation de l'espace de bon fonctionnement de la Durance entre la ligne de protection et la Durance ;

³ Pour les arbres de plus de 30 cm de diamètre.

- Suppression des phénomènes accidentels, sources de dangers pour les personnes et d'endommagements importants des terrains et infrastructures routières.

Les ouvrages historiques de 1^{er} rang, qui ne jouent plus de rôle de protection, seront neutralisés ou abandonnés. Pour le dimensionnement de la ligne de protection, il a été considéré une défaillance massive de ces ouvrages de 1^{er} rang afin de maximiser dans les modélisations hydrauliques de l'état projeté, les hauteurs de charge sur les ouvrages du système d'endiguement.

5.1. SECTEUR DE LA DIGUE DU FORT NORD

Actuellement, bien que son altimétrie générale soit haute en apparence, la digue du fort Nord ne peut être considérée comme fiable lors de mises en charge en crue. Par ailleurs, des risques de contournement au Nord de la digue sont possibles.

L'objectif d'aménagement pour ce secteur est d'empêcher les entrées d'eau jusqu'à 4 000 m³/s (Q50), et en cas de crue plus importante de sécuriser les surverses sur l'ouvrage pour éviter toute rupture.

Pour ce faire, il est proposé de s'appuyer sur les berges du canal de Janson et des chemins bordant le canal, où trois tronçons homogènes seront aménagés.

De manière générale le long du canal, la berge rive gauche (amont) est principalement constituée de bourrelets de curage. Elle fera l'objet d'arasements ponctuels réguliers pour éviter toute rupture brutale en cas de mise en charge.



Figure 7 : aménagements sur le secteur de la digue du Fort Nord
(tronçon 1 en violet, tronçon 2 en jaune et tronçon 3 en orange)

Le premier tronçon, en violet sur la carte, consiste à fiabiliser la berge entre le canal et la route communale (chemin de Vidalet sur la commune de Pertuis) jusqu'à une crue d'occurrence cinquantennale Q50 (4 000 m³/s) sur un linéaire. L'idée est de déblayer sur 120 ml environ l'actuelle berge constituée de matériaux de curage et de les substituer avec des matériaux géotechniquement compatibles avec un usage de digue et correctement compactés. La crête de ce remblai sera calée à Q50 + revanche.

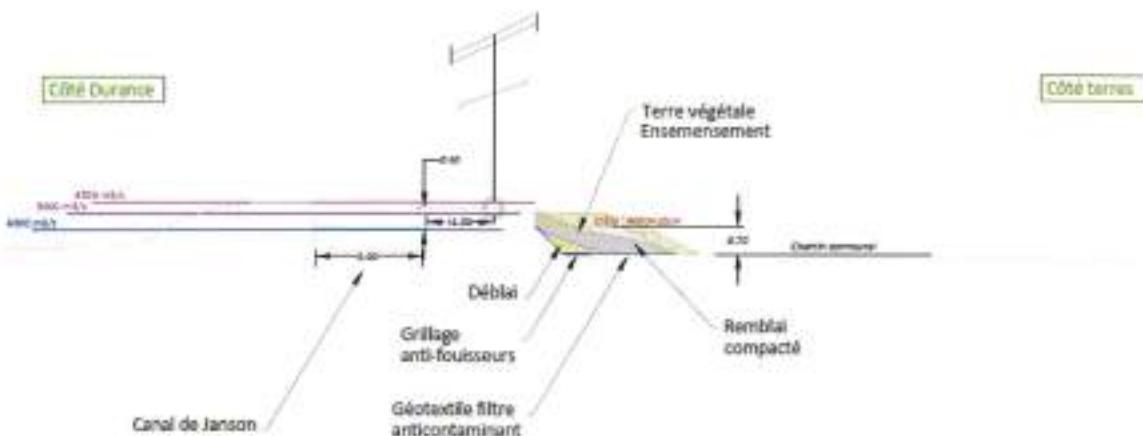


Figure 8: profil-type du tronçon 1 (confortement de la berge du canal de Janson)

Le deuxième tronçon, en jaune sur la carte, sur 75ml, consiste à protéger et sécuriser les habitations situées à l'arrière immédiat de la digue pour éviter une surverse au droit des bâtis. Une protection insubmersible a été privilégiée sur ce tronçon dans la mesure où la hauteur de chute est importante au droit des maisons.

Par ailleurs, l'emprise disponible en pied de la digue actuelle du Fort Nord est relativement contrainte et ne permet pas d'envisager une réhausse en remblai. Par conséquent, il est proposé de réaliser un mur-digue d'une hauteur insubmersible (Qex + revanche).

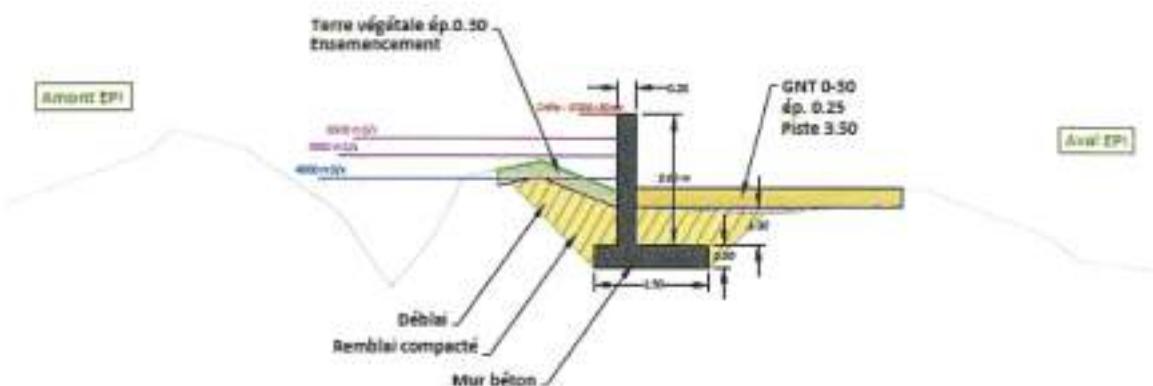


Figure 9: profil-type du tronçon 2 (mur-digue insubmersible)

Le troisième tronçon de 350ml, en orange sur la carte, consiste à homogénéiser la cote de protection à Q50 le long du chemin bordant le canal avec une longrine béton et de renforcer la piste et la talus aval en cas de surverse lors de crues supérieures. La route en crête de la digue du fort Nord sera reprise avec un béton cyclopéen (pavage 60-300kg enrobé de béton), le talus aval sera armé avec des enrochements libres de calibres moyens (60-300kg) penté à 4H/1V sur une épaisseur d'environ 0,6m. En pied de talus, une fosse de dissipation de 2m de long sera réalisée avec des enrochements libres de

calibres plus importants (0,5-1tonne).

En parallèle, des échancrures seront créées à intervalle régulier sur le bourrelet de la rive gauche du canal pour éviter sa rupture brutale en cas de mise en charge.

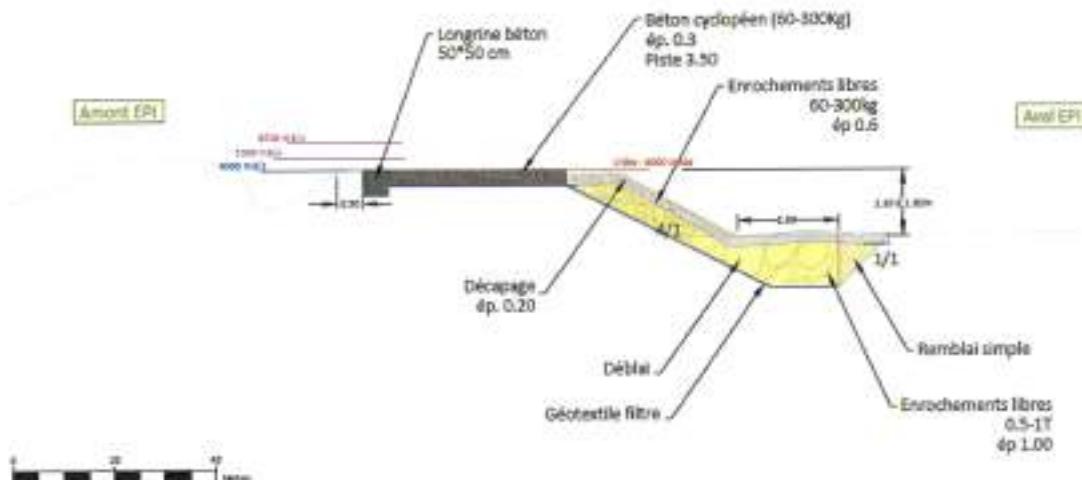


Figure 10: profil-type du tronçon 3 (section renforcée au déversement)

La partie aval de la digue du Fort Nord se poursuivra avec l'ouvrage à créer, appelé pour le projet « digue du canal de Janson ». Un profil de transition sera à créer, rampe puis profil insubmersible, pour passer d'un ouvrage avec une hauteur de protection à Q50 à un ouvrage de hauteur insubmersible. Par ailleurs, cette zone de transition enjambera le canal de Janson, ce dernier sera donc busé pour le passage sous digue et son seuil sera décalé en aval de la digue créée. Une vanne de sécurité sera installée pour pouvoir étancher cet ouvrage traversant en cas de crue, la vanne sera manœuvrable depuis la crête de digue.



Figure 11: zone de transition entre la digue du Fort Nord et la digue du canal de Janson

5.2. SECTEUR DE LA DIGUE DU FORT INTERMÉDIAIRE

La digue du Fort intermédiaire est un ouvrage historique, agressif d'un point de vue hydraulique, qui s'avance jusqu'en limite du lit vif. Son arasement favorisera le retour en Durance des débordements provenant de l'amont (flux entrés à Pertuis en aval de l'Eze) et limitera la hauteur de mise en charge sur la digue du Fort Nord ainsi que sur la digue du canal de Janson à créer.



Figure 12: vue en plan de la digue du Fort intermédiaire - en jaune.

Les travaux consisteront à araser au TN cet ouvrage composite, en partie en remblai et en partie maçonner avec quelques enrochements. Des travaux de déblais et de démolition seront à prévoir.

Par ailleurs, comme le montre la vue aérienne, le secteur est relativement boisé, des travaux de dégagement des emprises (déboisement et débroussaillage) seront également à prévoir en période favorable (automne). Les dessouchages pourront être réalisés au moment des travaux de terrassement.

Cas de la brèche de Rivebelle

Juste en amont de la digue du Fort intermédiaire, se situe la digue de Rivebelle. Cette dernière a fait l'objet d'une rupture sur environ 40 ml lors d'une crue de l'Eze en décembre 2019.



Figure 13: photo de la brèche de Rivebelle

L'analyse des impacts hydrauliques de cette brèche a montré que, malgré la présence de la brèche, l'emprise des écoulements dans les terres est limitée et reste cantonnée à la ripisylve située au nord de l'ouvrage pour des crues de l'ordre de $2\ 000\ m^3/s$ (Q5 à Q10) proches des valeurs atteintes en 2019. A $3\ 000\ m^3/s$ (Q30), la brèche de Rivebelle est quasi sans influence sur l'emprise des écoulements et les hauteurs d'eau. Pour les crues supérieures ou égales à $4\ 000\ m^3/s$ (Q50), la présence de la brèche est plutôt favorable en permettant un meilleur ressuyage des écoulements venant de Pertuis.

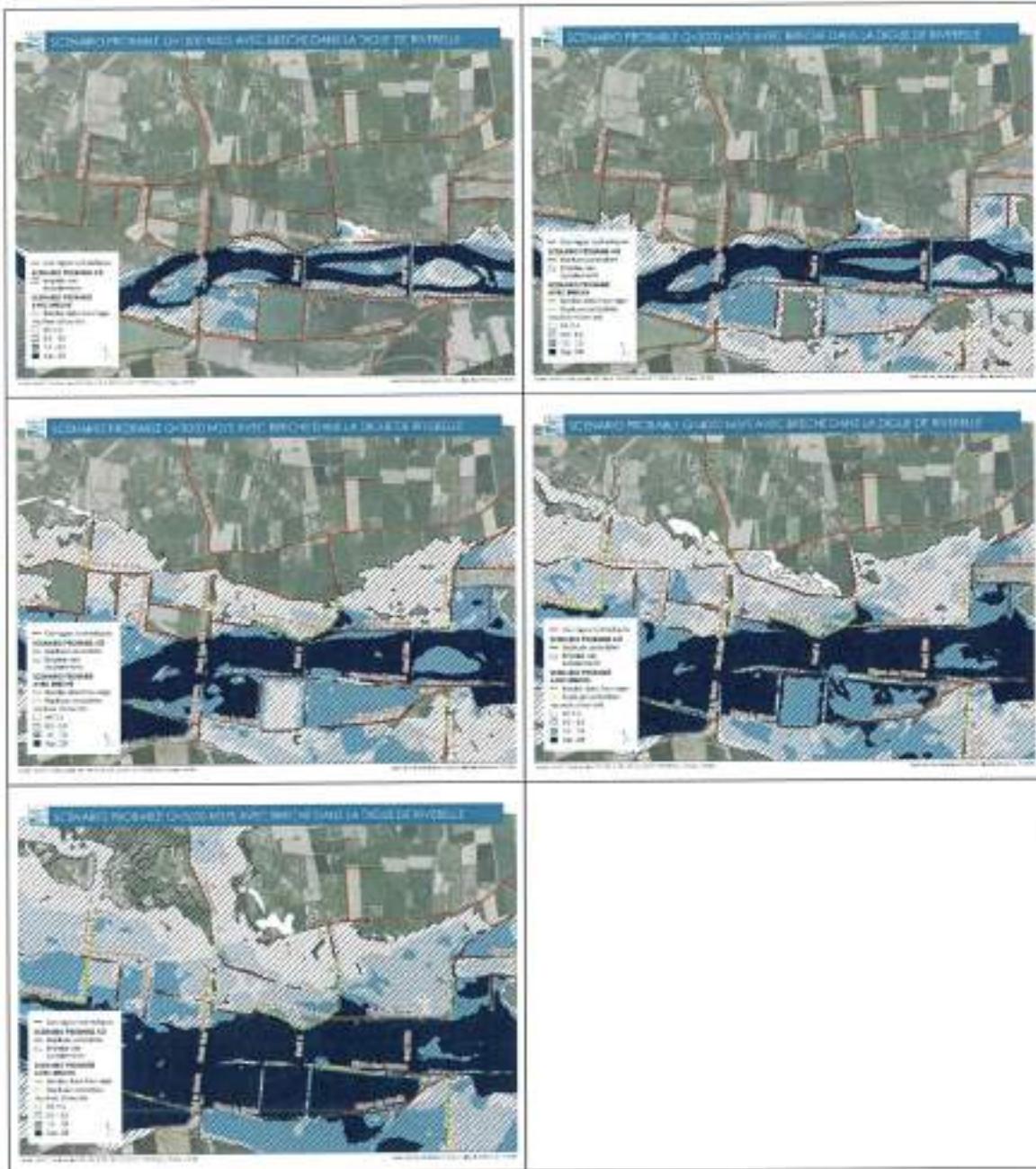


Figure 14: cartes des impacts hydrauliques de la brèche de Rivebelle

Ainsi, la brèche sur la digue de Rivebelle n'occasionnant pas de sur-aléa pouvant mettre en danger la population de Villelaure, quel que soit le débit ou le scénario de modélisation considéré, il est proposé de conserver la brèche et de procéder à sa stabilisation :

- Sur les flancs de la brèche, les matériaux décompactés par la rupture brutale de la digue seront purgés.
- Lorsque le remblai sain sera atteint, des rampes pourront être taillées dans l'ouvrage pour permettre le maintien des usages sur le secteur et veiller à la bonne compatibilité du projet de véloroute du tronçon Pertuis-Villelaure.

Les profils et pentes de rampes seront étudiés plus en détail en phase projet.

Il pourra globalement être considéré que la digue de Rivebelle aura été neutralisée.

5.3. SECTEUR DE LA DIGUE DU CANAL DE JANSON

La digue du canal de Janson est un ouvrage neuf à créer sur la plupart de son linéaire. Il débute à l'amont dans le prolongement de la digue du fort Nord et se raccorde à l'aval sur une levée existante située au Sud du hameau de la Grande Bastide.

Cet ouvrage calé à une hauteur insubmersible (Qex + revanche) vise à protéger le canal de Janson et sécuriser le hameau de la Grande Bastide.

Deux tracés ont été étudiés, le tracé retenu par COTELUB étant le tracé Sud (représenté en orange sur la figure suivante) pour les raisons suivantes :

- Linéaire plus court ;
- Impact moindre des parcelles agricoles en cours d'exploitation.



Figure 15: vue en plan des tracés proposés pour la digue du canal de Janson.

Ce tracé Sud longe le canal de Janson, côté Durance, en étant relativement éloigné du canal du fait de la présence d'un pipeline enterré (conduite Geosel transportant hydrocarbures ou saumures entre stockage souterrain de Manosque et l'étang de Berre). La digue devra franchir le pipeline, et des mesures particulières de suivi des travaux (mesures de vibrations par exemple), voire une validation de l'implantation des ouvrages seront certainement à prévoir avec le gestionnaire du réseau.

L'ouvrage à créer est un ouvrage en remblais pouvant atteindre une hauteur de 2,6 m, doté de pistes d'exploitation circulables en crête et en pied d'ouvrage. Sur les talus côté Durance, une géogrille et un ensemencement seront mis en œuvre pour pallier au risque d'érosion externe.

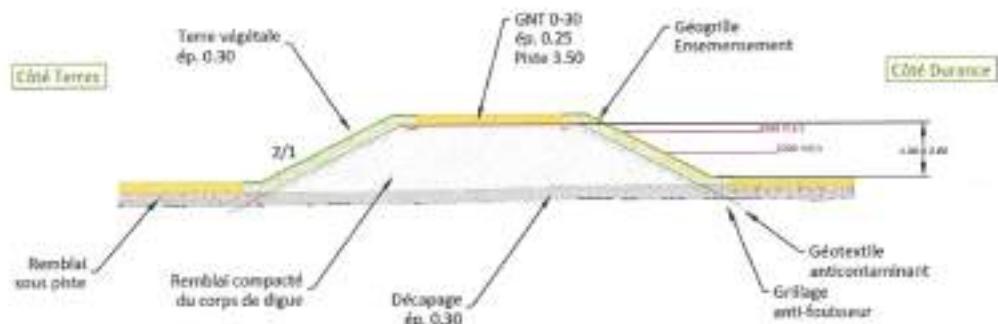


Figure 16: coupe-type de la digue du canal de Janson.

La terminaison aval de la digue du canal de Janson est prévue de se raccorder sur une levée existante. Cette dernière est légèrement boisée. Il est prévu de la déboiser, la dessoucher et la démonter avant de reconstruire un ouvrage neuf afin de bien maîtriser la qualité de compactage des matériaux. Un ouvrage traversant de drainage des eaux de surface sera également mis en place dans ce secteur. Une vanne étanche sera installée, manœuvrable depuis la crête de digue.

Les principes de rétablissement des accès des chemins agricoles ont été intégrés et seront implantés plus finement en concertation avec les usagers.

5.4. SECTEUR DU SIPHON DU CANAL DE JANSON

Aménagement abandonné pour les raisons suivantes :

- Bénéfice hydraulique modéré (non-suppression de l'écoulement divergent vers la voie ferrée) ;
- Contraintes fortes pour le gestionnaire du canal de Janson au droit du siphon (entretien plus régulier et plus coûteux : grilles, vannes et busage).

5.5. SECTEUR DU CHEMIN DES ISCLES

Ce secteur constitue une part conséquente du système d'endiguement de Villelaure.

L'idée est d'appuyer la protection sur le remblai de la route existante, d'homogénéiser le niveau de protection à $4\ 000\ m^3/s$ ($Q_{50} +$ revanche) et de renforcer à la surverse les sections qui le nécessitent.

Au total, ce sont 1700 ml de route qui ont été étudiés et après analyse hydraulique et topographique, le chemin des Iscles a été découpé en 7 tronçons homogènes.



Figure 17 : vue en plan des 7 tronçons homogènes sur le chemin des Iscles.

Une présentation de chaque tronçon de l'aval vers l'amont est proposée ci-dessous :

Tronçon 1 : 450 ml. Sur ce secteur, la route est suffisamment haute pour assurer le niveau de protection, son altimétrie actuelle se situant entre Q100 et Qex. Il est donc proposé de ne pas aménager ce tronçon. En cas de surverse sur ce secteur (crue au-delà de Q100), un matelas d'eau sera déjà présent en pied à l'arrière de la route du fait des entrées d'eau provenant de l'amont du système (surverses sur la digue du Fort Nord au-delà de Q50). Par ailleurs, les vitesses critiques de surverses n'étant pas élevées, il est proposé de conserver le talus de remblais dans son état actuel (enherbé) sans aménagement particulier.

Tronçon 2 : 650 ml. Sur ce secteur, la route est sous le niveau de crue à Q50. Il est donc proposé de mettre en œuvre une réhausse le long de la route au niveau de protection visé (Q50 + revanche). C'est le secteur où la réhausse de la protection est la plus importante, elle pourra aller jusqu'à 1,1m. Pour éviter une réhausse complète de la route, solution consommatrice en emprise de terrains agricoles, il est proposé de cuveler le canal d'irrigation longeant la route avec un caniveau en béton, dont un des voiles servira de mur-digue assurant le niveau de protection. Cette solution entraîne une augmentation de la hauteur de chute en cas de surverses, nécessitant la mise en œuvre de dispositifs de renforcement à la surverse. Toujours dans un souci de consommation des emprises, il est proposé de gérer les surverses avec un dispositif en gradin à l'aide de gabions boites. Ce dispositif permettra par chutes successives de dissiper l'énergie et d'éviter toute problématique d'érosion externe.

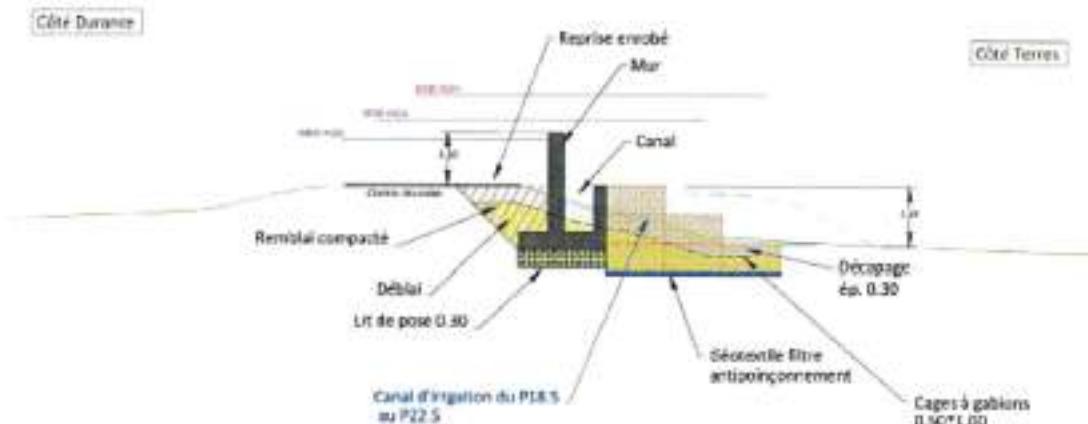


Figure 18: profil-type de la section 2 du chemin des Iscles.

Tronçon 3 : 500ml. Sur ce secteur, la route est suffisamment haute pour assurer le niveau de protection, son altimétrie actuelle étant supérieure au niveau de la crue Q50. Il est donc proposé de ne pas aménager ce tronçon. En cas de surverse sur ce secteur, on observe deux configurations qui ne nécessitent pas d'aménagement lourd :

- Linéaire où l'altimétrie de la voie est comprise entre Q100 et Qex : il y aura déjà un matelas d'eau en pied (entrée des eaux depuis l'amont du système) et les vitesses critiques de surverses ne sont pas élevées ce qui permet de laisser le talus de remblais dans son état actuel (enherbé).
- Linéaire où l'altimétrie de la voie est comprise entre Q50 et Q100 : la hauteur de chute n'est pas très importante (autour du mètre de chute) et les vitesses critiques de surverses ne sont pas élevées ce qui permet également de laisser le talus de remblais dans son état actuel (enherbé).

Une discussion a eu lieu sur l'éventualité d'installer une géogrille sur le talus aval afin de garantir une sécurité supplémentaire en cas de surverse. Cette option reste ouverte au stade de l'avant-projet.

Tronçon 4 : 210ml. Sur ce secteur, la route se situe environ au niveau de la crue Q50. Il est donc proposé de lisser et d'homogénéiser le niveau de protection visé (Q50 + revanche) avec une poutre béton (ou bordure compatible avec circulation routière) calée en bord de chaussée. En cas de surverses, la hauteur de chute est importante, allant jusqu'à 1,4m. Cette configuration impose un renforcement du talus aval à la surverse. Sur cette section, il est proposé d'armer le talus avec des enrochements de calibres moyens (60-300kg) en utilisant la pente du talus existant qui est déjà relativement douce (4H/1V). Localement, le canal d'irrigation en pied de remblais sera à déplacer.

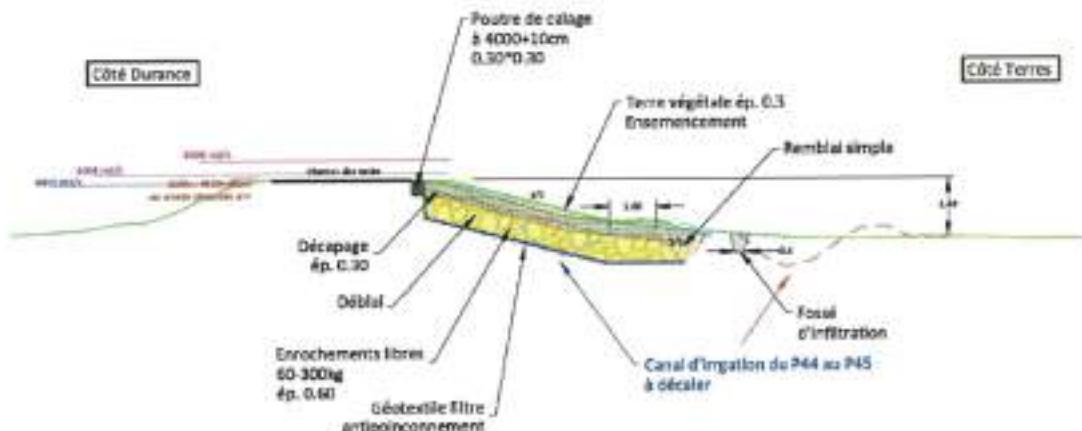


Figure 19: profil-type de la section 4 du chemin des Iscles.

Tronçon 5 : 200ml. Sur cette section, la route se situe légèrement en-dessous du niveau de la crue à Q50. Il est donc proposé d'effectuer une légère réhausse du niveau de protection visé (Q50 + revanche) avec une poutre béton (ou bordure compatible avec la circulation routière) calée en bord de chaussée. Cette solution entraîne une augmentation de la hauteur de chute en cas de surverses, impliquant la mise en œuvre de dispositifs de renforcement à la surverse. Localement, l'emprise étant contrainte (canal, bâti...), il est donc proposé de mettre en place un dispositif de renforcement à la surverse le moins consommateur d'espace possible au moyen de gradins de gabions boites. Ce dispositif permettra par chutes successives de dissiper l'énergie et d'éviter toute problématique d'érosion.

externe.

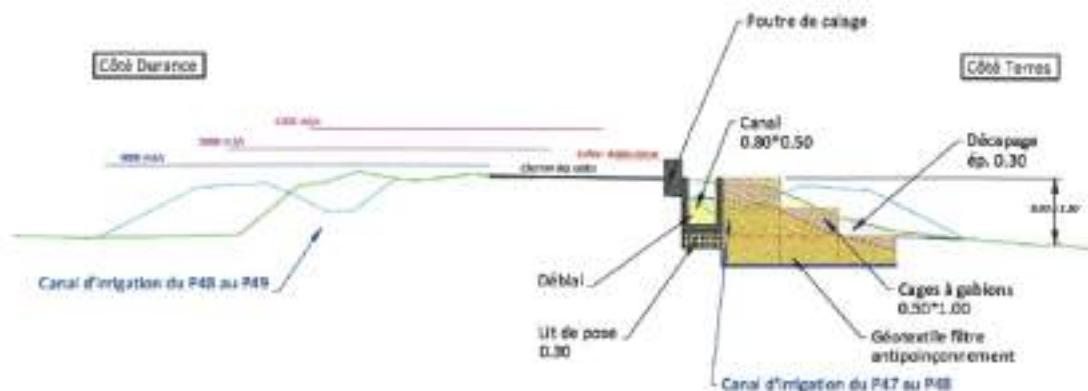


Figure 20: profil-type de la section 5 du chemin des Iscles.

Tronçon 6 : 175ml. Même configuration que la section 5, à la différence près suivante : le canal n'est pas présent. Pour simplifier la transition avec la section 5 lors de la mise en œuvre, il est proposé de poursuivre le dispositif de renforcement à la surverse par gradins de gabions boîtes.

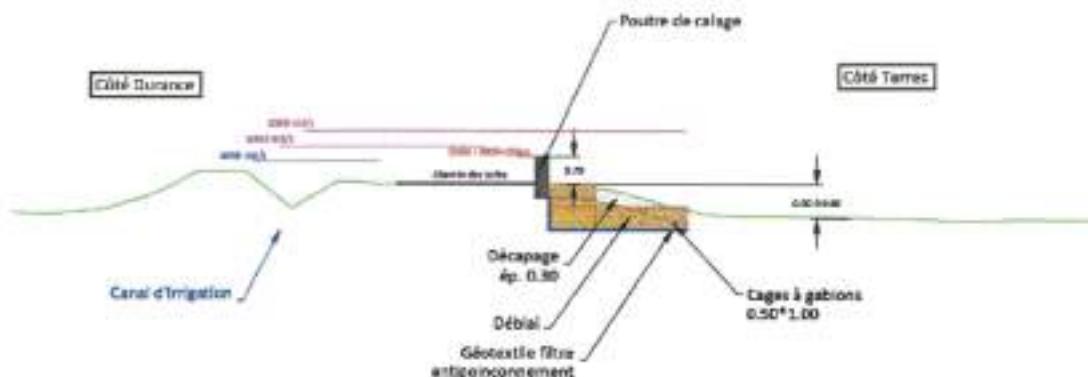


Figure 21: profil-type de la section 6 du chemin des Iscles.

Tronçon 7 : 445ml. Sur ce secteur, la route se situe environ au niveau de la Q50. Il est donc proposé de lisser et d'homogénéiser le niveau de protection visé (Q50 + revanche) avec une poutre béton (ou bordure compatible avec la circulation routière) calée en bord de chaussée. Sur cette portion, la hauteur de chute est modérée (0,4m à 1,1m) et les pentes de talus sont très douces. Il est donc proposé de ne pas installer de dispositif particulier de renforcement à la surverse.

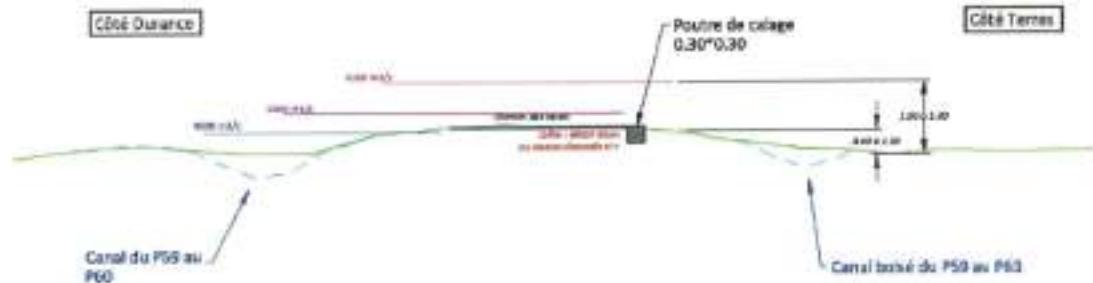


Figure 22: profil-type de la section 7 du chemin des Iscles.

En parallèle des sections d'aménagement présentées ci-dessus, trois points spécifiques intégrés à l'aménagement doivent être également évoqués :

1. Les réseaux d'irrigation :

De nombreuses filioles et branches secondaires longent ou traversent le chemin des Iscles. Ces ouvrages ont été répertoriés et localisés sur nos plans et sont en interface, à de nombreuses reprises, avec les aménagements projetés. Des modifications ou des déplacements ponctuels de ces réseaux sont à prévoir. Le projet devra donc intégrer les rétablissements des ouvrages d'irrigation dans les travaux. Chaque ouvrage traversant devra être traités vis-à-vis du risque d'érosion de conduit / de contact et être équipé d'une vanne de sécurité, manœuvrable depuis l'accotement de la route.

2. Rétablissement des accès :

Les divers accès débouchant sur le chemin des Iscles seront rétablis. La continuité de la protection hydraulique sera assurée à chaque croisement le nécessitant par une réhausse localisée du profil en long de la route.

3. Travaux sur chaussée ou bord de chaussée :

Le chantier d'aménagement du chemin des Iscles en une route-digue nécessitera des travaux importants depuis la chaussée. La route devra être fermée à la circulation mais le maintien des accès aux propriétés devra être prévu (alternat ou accès provisoire à définir selon cas). Par ailleurs, le trafic des poids lourds et des engins de chantier endommagera très certainement, localement, la couche de roulement qui devra être reprise. Ces travaux sont recommandés.

5.6. SECTEUR DES ÉPISS TRANSVERSAUX AU CHEMIN DES ISICLES

De nombreux épis perpendiculaires au chemin des Iscles sont raccordés à ce dernier, créant ainsi des obstacles successifs aux écoulements en crue et mettant localement davantage en charge le chemin des Iscles. Par ailleurs, le risque de rupture anarchique de ces épis lorsqu'ils sont mis en charge est important. Il est donc proposé d'araser partiellement ces épis, par des trouées d'environ 100 ml de part et d'autre du chemin des Iscles, en vue de faciliter les écoulements dans le lit majeur, faire baisser la ligne d'eau en crue et parer au risque de comportement accidentel (rupture).



Figure 23: vue en plan des épis à araser (en jaune) de part et d'autre le chemin des Iscles

D'un point de vue technique, ces travaux consisteront à déblayer les ouvrages en terres, déposer les enrochements et démolir les portions maçonneries. D'importants travaux de libération des emprises (débroussaillage et déboisement) sont à prévoir en période favorable (automne). Le dessouchage pourra être effectuer au moment des terrassements. Par ailleurs des accès provisoires (pistes) seront à effectuer pour la réalisation des travaux.

5.7. CARTE DE SYNTHESE DES AMENAGEMENTS RETENUS

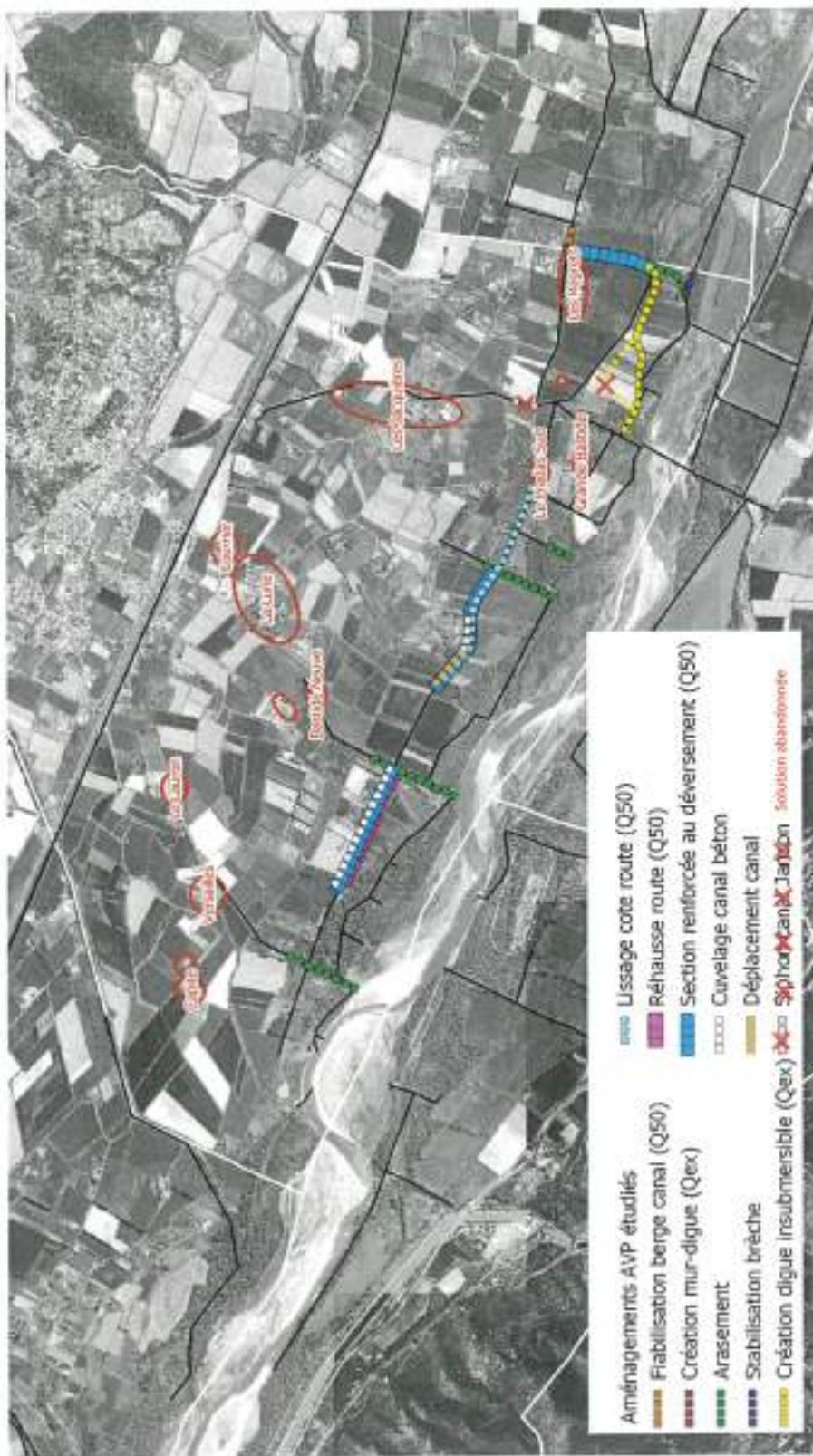


Figure 24: vue synthétique des aménagements retenus

6. Bénéfices hydrauliques des aménagements

L'analyse des impacts hydrauliques des aménagements proposés est réalisée pour les débits suivants : 4000 m³/s (Q50) correspondant au niveau de protection visé pour la plaine de Villelaure, 5000 m³/s (Q100) et 6500 m³/s (Qex).

6.1. ETAT PROJETÉ A 4 000 M³/S (PÉRIODE DE RETOUR 50 ANS)

La figure suivante montre une réduction significative de l'inondabilité de la plaine à 4 000 m³/s par rapport à la situation actuelle, avec notamment :

- la mise à sec de plusieurs hameaux de la plaine au Nord du Chemin des Iscles de Durance ;
- la réduction significative des hauteurs d'eau au droit des hameaux restant inondés (Grande Bastide et Pradas Sud passent d'une hauteur d'eau de 0,5-1 m à 0-0,5 m) ;
- la suppression des phénomènes de ruptures accidentielles au droit du canal de Janson et des épis transversaux au Chemin des Iscles de Durance ;
- une réduction notable des surfaces agricoles inondées.

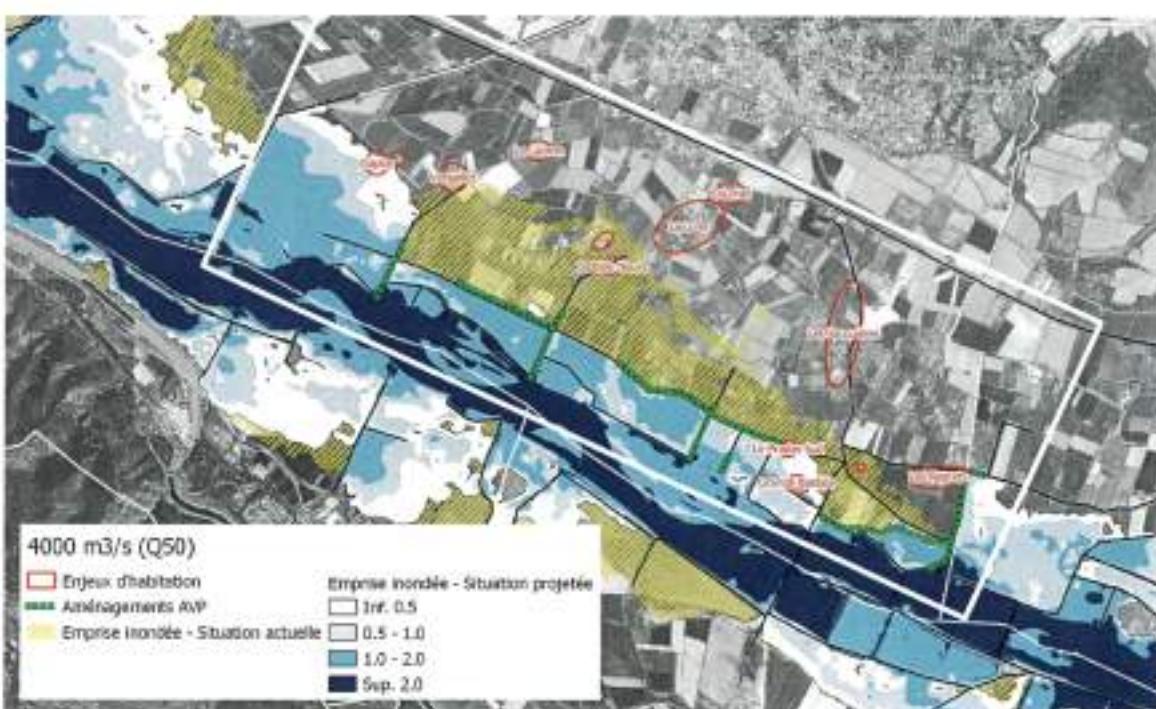


Figure 25: comparaison des zones inondées avec et sans aménagements à 4 000 m³/s (Q50)

Une étude de diagnostic de la vulnérabilité du territoire est actuellement menée par le SMAVD sur toute la basse Durance¹. Les premiers résultats du volet Bâti (habitats, établissements publics, ERP et enjeux économiques) permettent d'apporter les éléments quantitatifs suivants sur les dommages évités à Villelaure :

¹ Etude réalisée par le cabinet SEPIA dans le cadre des études du PAPI d'intention Basse Durance. Volet Bâti réalisé en 2020-2021, volets Agricoles et Réseaux à venir prochainement.

- En situation actuelle (scénario probable), 19 bâtiments d'habitation sont exposés au risque inondation, pour un coût total de dommages évalué à 290 000 € ;
- En situation projeté (scénario probable), 3 bâtiments d'habitation restent exposés (coût des dommages non encore évalué).

6.2. ETAT PROJETÉ A 5 000 m³/s (PÉRIODE DE RETOUR 100 ANS)

A 5000 m³/s, la zone protégée de Villelaure est inondée hormis dans le secteur des Jacquières.

Les aménagements réalisés permettent néanmoins d'améliorer la situation existante en termes de :

- réduction des hauteurs d'eau au droit des hameaux, notamment au droit de la Grande Bastide et Pradas Sud, réduisant ainsi la mise en danger des personnes ;
- suppression des phénomènes de ruptures accidentielles évitant ainsi la mise en danger des personnes mais également les dommages sur les voiries et les patrimoines fonciers / agricoles.

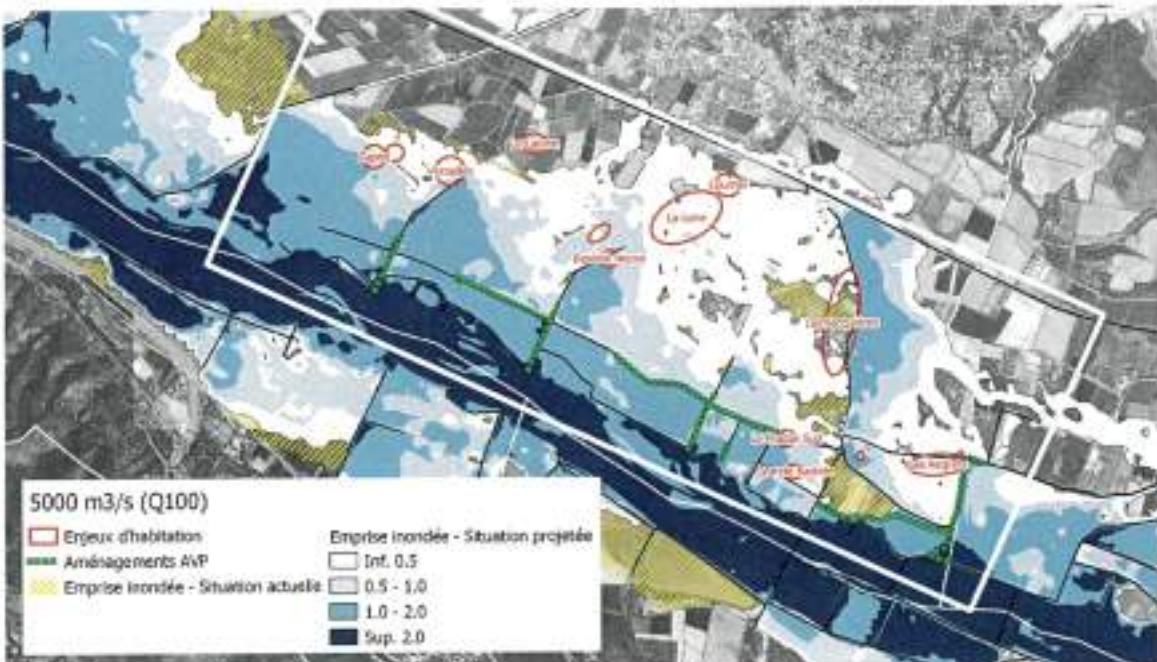


Figure 26: comparaison des zones inondées avec et sans aménagements à 5 000 m³/s (Q100)

Le diagnostic de vulnérabilité en basse Durance évalue pour la crue centennale, les dommages évités suivants sur le volet Bâti (habitats, établissements publics, ERP et enjeux économiques) de Villelaure :

- En situation actuelle (scénario probable), 65 bâtiments d'habitation sont exposés au risque inondation, pour un coût total de dommages évalué à 1 200 000 € ;
- En situation projeté (scénario probable), environ 60 bâtiments d'habitation restent exposés (coût des dommages non encore évalué mais exposition en termes de hauteur d'eau inférieure à la situation actuelle).

7. Analyse foncière

Une analyse parcellaire a été réalisée au droit des aménagements retenus afin d'identifier les parcelles et propriétaires concerné et établir une première estimation des surfaces occupées par le projet. Les surfaces occupées sont données en ordre de grandeur par fourchette d'emprise ; elles seront affinées en phase de projet.

En synthèse, il ressort que le projet intercepte de nombreuses parcelles et propriétaires, le découpage parcellaire de la plaine de Villelaure étant caractérisé par des parcelles en bande étroite. Au total, il est recensé 180 parcelles, 67 propriétaires concernés pour une enveloppe foncière totale de l'ordre de 4 hectares.

Le listing détaillé de cette analyse foncière est joint en annexe.

8. Estimation des travaux

L'ensemble des travaux de restructuration du système d'endiguement de Villelaure est estimé à un montant total de 3 340 000 € HT se décomposant comme suit :

Secteurs	Montant € HT	
	Montant total	Dont débroussaillage et déboisement
Digue du Fort Nord	500 000	-
Digue du Fort intermédiaire	30 000	5 000
Digue du canal de Janson	550 000	20 000
Chemin des Iscles	Aménagements de protection	1 610 000
	Réfection totale de chaussée	380 000
Epis transversaux au chemin des Iscles	270 000	50 000
TOTAL TRAVAUX	3 340 000	80 000

Ce montant n'inclut pas le coût des acquisitions foncières nécessaires au droit des ouvrages constitutifs du système d'endiguement, ni la mission d'animation correspondante.

9. Analyse multicritère des aménagements étudiés

	Technique	Indicateurs hydrologiques et niveaux de protection	Indicateurs, maintenances, exploitation	Environnement	Fonction	Combinaison en phase étanche	Usage et contraintes en phase défensive	Coûts (en €)
Digue du Fort Stell	Assèchement complet et lent Désassèchement Perte de fond Niveau sous le niveau des deux rivières Débit de l'Orbiel jusqu'à présent Lent à présent	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude - Réduction des débits pour l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Prévention contre les crues Assèchement Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Prévention contre les crues Assèchement Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Prévention contre les crues Assèchement Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	100 000
Digue du Fort Intermédiaire	Orbiel Aude	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude		Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude	Prévention contre les crues			80 000
Digue du canal de l'Orbiel	Orbiel Aude Canal de l'Orbiel / Aude Canal de l'Orbiel / Llobregat	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude - Réduction des débits pour l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Prévention contre les crues Assèchement	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	100 000
Création des îlots de l'Orbiel	Assèchement Création Garde-ciel Lobregat L'Orbiel Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Prévention contre les crues Assèchement Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	100 000
Rehaussement du champ des îlots	Ancien niveau de l'Aude Création	Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude		Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude	Prévention contre les crues Assèchement		Impact des interventions sur l'environnement : - Réduction de la surface d'eau - Réduction des débits pour l'Orbiel et l'Aude Niveau de protection jusqu'à 1000 m²/s Orbiel	100 000

10. Phasage des travaux et planning opérationnel prévisionnel

Un planning opérationnel permettant d'évaluer de manière globale la durée du chantier et l'enchaînement des travaux sur les différents secteurs est proposé dans le tableau ci-dessous. Ce dernier tient compte des enjeux environnementaux connus à ce jour et des contraintes d'origines.

Des possibilités d'optimisation sont possibles mais pour cela nous devons des contraintes environnementales, mais aussi évidentes à ce jour : échéances, pratiques agricoles, accès prévotels, usages privés...

	Quantités, hypothèses et rendements des principales tranches (non exhaustif)	Remarques	Automne année n	Hiver année n+1	Printemps année n+1	Début été année n+1	Automne année n+1	Hiver année n+2
Débouchement	répository : 1 500 arbres	Réduire la mortalité impact post-construction	L'automne des débouchés (ex : Débouché Aout et renouvellement Copeau) (en fin d'automne Aout et tout d'automne automne 2016)					
Digue en fond	Mur GC (60m) : 15 arbres Pits inter-sympétiques, 5000m² : 1 arbre Renforcement et aménagement, 2800m² : 4 arbres Bouge canal et canal : 15 arbres Reseau, Silene, 15 arbres	Nécessité de faire un débouché du canal (élagage et déplacement des arbres)		Prévention contre le gel				
Digue des îlots intermédiaires	Débouchage : 1 arbre Orbien, 800m² : 5 arbres Érosion, 100m² : 1 arbre	Opératif : gérer la croissance des végétaux*		Prévention contre le gel				
Digue du canal de rétention	Rampe, 1 000m² : 4 arbres Surfique, 1 000m² : 4 arbres Puits, 2 000m² : 3 arbres	Tous réserves de disponibilité suffisamment de matériaux de remblai			Prévention contre le gel			
Chemin des îlots	Géotextile, matel, bordure et caniveau, 800m² : 2 arbres Ballast basse, 3000m² : 1 arbre Bordure, 200m² : 1 arbre Fond, 1 000m² : 1 arbre	Nécessité de faire un débouchage des canaux (pour débouchage temporaire)					Prévention contre le gel	
Îlots de galets et d'autre des îlets	Préparation ardo : 3 arbres Bordure : 2 arbres Ballast, 1000m² : 2 arbres Bordure, 3000m² : 4 arbres	Retirer du mobilier des îlets** A faire avant l'assèchement des chemins des îlets pour faciliter circulation et éviter dégâts sur voie de débouchage			Prévention contre le gel			

* A noter que pour les élémentations des autres îlots du projet afin de pouvoir ré-utiliser les mobilier pour les travaux de création/confortement de digues.

11. Conclusion

11.1. SYNTHESE DES AMENAGEMENTS RETENUS

Le parti d'aménagement retenu est le suivant :

- **Digue du Fort Nord** : fiabiliser la protection jusqu'à la crue cinquantennale et sécuriser les surverses pour les crues supérieures ;
- **Digue du Fort Intermédiaire** : araser partiellement au TN l'ouvrage existant pour faciliter les retours d'eau en Durance des écoulements provenant de l'amont ; stabiliser la brèche de la digue de Rivebelle ;
- **Digue du canal de Janson** : créer un ouvrage insubmersible suivant le tracé Sud ;
- **Chemin des Iscles de Durance** : fiabiliser la protection jusqu'à la crue cinquantennale et sécuriser les surverses pour les crues supérieures en intégrant la réfection totale de la chaussée sur le linéaire de travaux ;
- **Epis transversaux du chemin des Iscles** : araser partiellement au TN certains ouvrages existants pour faciliter les écoulements et faire baisser les lignes d'eau en crue le long de la route.

Sur cette base, il est proposé de fixer le coût d'objectif de l'opération à 3 340 000 € HT.

Plusieurs pistes d'optimisations restent à l'étude (mouvement de terres, réemploi des matériaux, localisation précise des zones à araser, planning chantier et phasage, validation géotechnique de niveau projet...) et seront abordées dans le cadre des études de projet.

11.2. CARACTERISTIQUES DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT DE VILLELAURE

Au stade de l'avant-projet, il peut être esquissé le futur système d'endiguement de Villelaure comme suit :

Ouvrages constitutifs :

- Remblai conforté sur le chemin de Vidalet (Pertuis)
- Digue du Fort Nord
- Digue du canal de Janson
- Chemin des Iscles de Durance



Figure 27: tracé prévisionnel du futur système d'endiguement de Villelaure

Linéaire total : environ 4,5 km

Niveau de protection : 4 000 m³/s (crue cinquantennale)

Niveau de sûreté : 6 500 m³/s (crue exceptionnelle)

Emprise indicative de la zone protégée :

La cartographie suivante est établie par différenciation des zones inondées entre l'état actuel et l'état projeté au niveau de protection visé (Q50, 4000 m³/s) :

- En aplati rose : comparaison avec le scénario probable de l'état actuel (ruptures les plus probables des ouvrages existants)
- En hachuré : comparaison avec le scénario pessimiste de l'état actuel (emprise maximale d'inondation)

Elle donne une première indication de la zone potentiellement protégée (= zone mise à sec grâce au système d'endiguement). Nous précisons que cette méthodologie n'est pas réglementaire dans la mesure où les services de l'Etat imposent de considérer tous les ouvrages environnants du système comme neutralisés (sur le même principe que les cartes PPRI) → la zone protégée réglementaire pourra donc être différente de celle présentée ci-dessous.

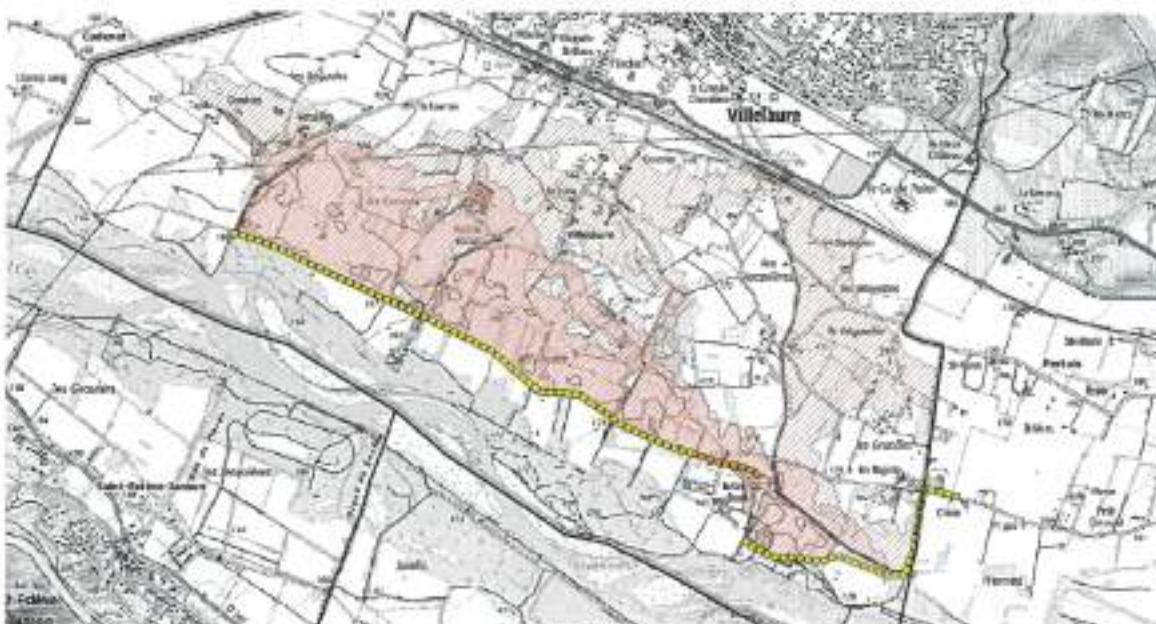


Figure 28: emprise indicative de la zone protégée du futur SE de Villelaure

Annexes

- Dossier graphique :
 - Planche Digue du Fort Nord
 - Planche Digue du canal de Janson
 - Planche Chemin des Iscles
- Listing des parcelles occupées par le projet