

Programme d'aménagement hydraulique de lutte contre les crues et les inondations du Pansard et du Maravenne

Etude de dangers

Document B : Analyse des risques et justification des performances

CONSULTING

SAFEGE opérant sous la marque SUEZ Consulting (SIREN 542 021 829)
Aix Métropole - Bâtiment D
30, Avenue Henri Malacrida
13100 AIX EN PROVENCE

Direction France

SAFEGE SAS - SIÈGE SOCIAL
Parc de l'île - 15/27 rue du Port
92022 NANTERRE CEDEX
www.safege.com

Version : Version d'avancement Ind E

Date : Janvier 2020

Nom Prénom : GERY Maxime

Visa : ROPERT Matthieu


SAFEGE
Ingénieurs Conseils

 **SUEZ**

Ce document a été réalisé par du personnel de SAFEGE SAS (opérant sous la marque commerciale SUEZ Consulting) ; SAFEGE SAS est un organisme agréé en tant qu'intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques, conformément à l'arrêté du 13 mai 2019

Numéro du projet : 15MHY001

Intitulé du projet : Programme d'aménagement hydraulique de lutte contre les crues et les inondations du Pansard et du Maravenne - Commune de la Londe les Maures (83)

Intitulé du document : EDD - Document B : Analyse des risques et justification des performances

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
Ind A	Maxime GERY	Matthieu ROPERT	Nov 2017	Version initiale
Ind B	Matthieu ROPERT		Juillet 2018	Intégration des modifications du programme d'aménagement
Ind C	Matthieu ROPERT		Décembre 2018	Intégration nouveau planning et élément G2AVP
Ind D	Matthieu ROPERT		Février 2019	Intégration des remarques communes
Ind E	Matthieu ROPERT		Janvier 2020	Intégration des remarques SCSOH

Sommaire

Contents

4.....	Caractérisation des aléas naturels	6
4.1	Risque inondation.....	6
4.1.1	Hydrologie	6
4.1.2	Hydraulique	9
4.1.3	Embâcle.....	12
4.1.4	Transport solide et sédimentaire	13
4.1.5	Submersion marine	13
4.2	Risque Mouvement de terrain	17
4.3	Risque sismique	18
4.3.1	Principe de vérification	18
4.3.2	Vérification de la stabilité au séisme	20
4.3.3	Visite post-Séisme.....	21
5.....	Descriptions du système de protection	21
5.1	Les ouvrages existants	24
5.2	Les ouvrages à construire	25
5.2.1	Description des ouvrages du système d'endiguement amont RD98	25
5.2.2	Description des ouvrages du système d'endiguement du Maravenne	31
5.2.3	Description des ouvrages du système d'endiguement de la plaine du Bastidon	36
5.2.4	Prescriptions communes à toutes les digues en terre du système	46
5.2.5	Description des autres aménagements.....	46
5.2.6	Les accès aux digues	57
5.3	Description fonctionnelle du système d'endiguement	58
5.3.1	Modalités de fonctionnement du programme d'aménagement.....	58
5.3.2	Modalités de fonctionnement des ouvrages créés.....	69
5.3.1	Mesures prises lors des travaux pour limiter les conséquences des crues	72
5.4	Fonctionnement hydraulique lors de la crue de janvier 2014	73
6.....	Retour d'expérience concernant la zone protégée et le système d'endiguement.....	77
6.1	Crues de 2014.....	77
6.1.1	Précipitations Janvier 2014	77
6.1.2	Précipitations Novembre 2014	78
6.1.3	Désordres observés sur le Pansard	79
6.1.4	Désordres observés sur le Maravenne	81

6.1.5	Rupture de digues / merlons	85
6.1.6	Embâcles	86
6.2	Retour d'expérience sur des systèmes similaires	86
6.2.1	Retour d'expérience de la crue de l'Agly du 6 mars 2013	86
6.2.2	Retour d'expérience vis-à-vis des défaillances des clapet anti retour du Symadrem	88
6.3	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)	88
6.3.1	Principe et démarche générale	88
6.3.2	Résultats de l'AMDE.....	88
6.3.3	Conclusions sur l'AMDE	91

7.....Diagnostic approfondi des éléments constitutifs du système d'endiguement..... 93

7.1	Généralités	93
7.2	Danger potentiel de l'ouvrage	94
7.2.1	Justification vis-à-vis de la stabilité des digues en terre	94
7.2.2	Justification vis-à-vis de la stabilité des digues en palplanches	99
7.3	Dysfonctionnement des ouvrages traversants	101
7.4	Dysfonctionnement des batardeaux.....	101
7.5	Dysfonctionnement humain/acte de malveillance	102
7.6	Moyens mis en œuvre pour assurer l'entretien, la surveillance et les réparations courantes des ouvrages	102

8.....Etude des risques de venues d'eau dans et en dehors de la zone protégée 103

8.1	Méthode du nœud Papillon.....	103
8.1.1	Principe et démarche générale	103
8.1.2	Construction des arbres d'évènements.....	103
8.2	Détermination des probabilités des scénarii de défaillance	108
8.2.1	Probabilité attribuée aux crues.....	108
8.2.2	Probabilités attribuées aux défaillances	109
8.2.3	Synthèse des dysfonctionnements.....	111
8.2.4	Analyse probabiliste des scénarios	112
8.3	Analyse des résultats des scénarios.....	115
8.3.1	Analyse des risques du système d'endiguement nord RD98	115
8.3.2	Analyse des risques du système d'endiguement de la plaine du Bastidon	122
8.3.3	Analyse des risques du système d'endiguement du Maravenne	128

9.....Présentation et analyse de l'organisation mise en place par le gestionnaire pour l'exercice de ses missions – Adéquation des moyen mis en place pour la surveillance et l'entretien courant avec objectif de protection garanti.....	135
9.1 Organisation du gestionnaire pour assurer la performance du système et la sécurité.....	135
9.1.1 Plan Communal de Sauvegarde (PCS)	140
9.1.2 Schéma local d'alerte des campings.....	140
9.1.3 Organisations locales de gestion des évènements à risque	141
9.2 Consignes de surveillance des ouvrages en toutes circonstances et des consignes d'exploitation en période de crue	142
9.3 Procédures d'identification et d'évaluation des principaux risques.....	143
9.3.1 Identification et l'évaluation des principaux risques	143
9.3.2 Surveillance en toutes circonstances	144
9.3.3 <i>Situation d'urgence</i>	145
9.3.4 <i>Gestion retour d'expérience</i>	147
9.4 Moyen d'information sur les crues	149
9.4.1 <i>Document d'information communal des populations sur les risques Majeurs (Dicrim)</i> 149	
9.4.2 Surveillance et prévisions des crues	149
9.4.3 Alerte de la population.....	150
9.5 Procédures d'information et de communication avec les autorités	151
9.6 Moyens mise en œuvre pour le respect des procédures	152
9.7 Rôle des barrières de sécurité lié à l'organisation du gestionnaire.....	152
10 ...Recommandations de SAFEGE / SUEZ Consulting	154
10.1 Concernant la gestion de crise	154
10.1.1 Amélioration de la prévision du risque	154
10.1.2 Amélioration de la connaissance du niveau de risque	154
10.1.3 Adaptation de la gestion de la crise et l'alerte.....	154
10.1.4 Fermer route RD88.....	155
10.1.5 Amélioration des conditions de communication	155
10.2 Concernant la surveillance de l'ouvrage.....	155
10.2.1 Amélioration de la connaissance des ouvrages à travers un registre.....	155
10.2.2 Suivi et surveillance des ouvrages	156
11 ...Cartographie	158

4 CARACTERISATION DES ALEAS NATURELS

4.1 Risque inondation

La commune de la Londe-les-Maures est sous l'influence des crues du Pansard et du Maravenne. Les derniers événements marquants sont ceux de Janvier et Novembre 2014.

Les données concernant le fonctionnement hydrologique et hydraulique des cours d'eau de la Londe Les Maures sont issues des études suivantes :

- Étude hydraulique et de définition d'une stratégie de prévention et de protection contre les inondations des zones à enjeux de la commune SAFEGE – 2015 - 2016
 - Rapport de reconnaissance de terrain
 - Rapport de l'étude de modélisation hydrologique
 - Rapport de construction et calage du modèle hydraulique
 - Rapport d'étude des possibilités d'aménagements
- Le dossier AVP des aménagements projeté SAFEGE – 2017 - 2019
- Le PPRi de la commune de la Londe les Maures – DDTM 83

4.1.1 Hydrologie

Ce chapitre présente l'hydrologie du Maravenne et de son affluent le Pansard.



Figure 4-1: Localisation du Pansard et du Maravenne

L'analyse hydrologique récente réalisée par SAFEGE, s'appuie sur un modèle pluie-débit sur tout le bassin découpé en 81 sous-bassins, couplé à un modèle hydraulique d'écoulement (1D/2D). Ce modèle hydraulique qui reçoit en données d'entrée les résultats du modèle pluie-débit est calé sur l'événement de janvier 2014 et validé sur l'événement de novembre 2014 (2 crues dont on dispose des laisses de crues nivelés). Une méthode itérative entre hydrologie et hydraulique, a permis de consolider les incertitudes inhérentes aux données d'entrée des modèles (notamment les apports pluviométriques).

Les données d'entrée utilisées pour établir l'hydrologie du Pansard et du Maravenne sont :

- Les données pluviométriques caractérisant les événements de janvier et novembre 2014, acquises auprès de Météo-France.
- Les données pluviométriques statistiques (quantiles SHYREG) élaborées par l'IRSTEA.
- L'étude de caractérisation hydraulique de l'événement du 19 janvier 2014, Retour d'Expérience des intempéries sur le département du Var.
- Les quantiles de pluie établis selon la méthode SHYREG sont fournis par Météo-France à partir d'un modèle à pas de maille de 1 km qui est calé sur des données climatiques des postes Météo-France.

Les résultats de ces analyses sont synthétisés dans les tableaux suivants.

Tableau 4-1 : Quantiles de pluie extrêmes sur les bassins du Maravenne et Pansard estimés par la méthode SHYREG développée par l'IRSTEA

Quantile de pluie sur le bassin du MARAVENNE (mm)					
Durée	100 ans	50 ans	30 ans	20 ans	10 ans
1h	82	73	67	61	53
2h	92	82	76	70	61
3h	103	92	85	78	69
4h	113	101	94	86	76
6h	133	118	109	100	87
12h	175	155	143	130	113
24h	229	201	184	165	141

Quantile de pluie sur le bassin du PANSARD (mm)					
Durée	100 ans	50 ans	30 ans	20 ans	10 ans
1h	81	72	66	60	52
2h	90	80	74	68	60
3h	100	89	83	77	67
4h	110	98	91	84	74
6h	128	114	106	97	85
12h	168	149	138	125	109
24h	219	191	175	158	135

Figure 4-2: Pluies statistiques

Les résultats des estimations des débits de pointe pour les différentes occurrences sont les suivants :

Débit de pointe	Maravenne avant confluence	Pansard	Maravenne après confluence
	Safege	Safege	Safege
T=10 ans	195 m ³ /s	158 m ³ /s	297 m ³ /s
T=20 ans	238 m ³ /s	193 m ³ /s	364 m ³ /s
T=50 ans	298 m ³ /s	243 m ³ /s	459 m ³ /s
T=100 ans	345 m ³ /s	283 m ³ /s	535 m ³ /s
Q100 pseudo-spécifiques (m ³ /s/km ^{1,6})	20	15	17

Figure 4-3: Débits de crue

Selon les estimations, le bassin versant du Maravenne réagit plus fortement à la pluie que celui du Pansard, du fait d'une pente moyenne plus élevée.

Les débits centennaux pseudo-spécifiques estimés du Pansard et du Maravenne sont assez élevés, entre 15 et 20 m³/s/km.

Ces débits caractéristiques calculés à partir d'un modèle calé sur un événement réel, réactualisent les valeurs estimées il y a 20 ans par des méthodes plus empiriques (analogie avec les bassins voisins) dans le cadre du PPRI et visiblement largement sous-estimées.

Les résultats des estimations des débits de pointe pour l'évènement de Janvier 2014 :

Bassin versant	Maravenne	Vallon du Tamary	Pansard	Maravenne après confluence
Débit de pointe (m ³ /s)	321	119	213	523
Heure du débit de pointe	19/01/2014 10:45	19/01/2014 09:15	19/01/2014 11:25	19/01/2014 10:55
Surface du bassin versant (km ²)	34	11	41	75
Débit de pointe spécifique (m ³ /s/km ²)	9	11	5	7
Débit de pointe pseudo-spécifique (m ³ /s/km ^{1,6})	19	18	11	16

Figure 4-4: Débit de la crue de janvier 2014

Selon les résultats de la simulation, lors de l'évènement du 19 janvier, le Maravenne a réagi plus fortement et plus rapidement que le Pansard.

Selon les estimations, le débit centennal de pointe du Maravenne, après confluence avec le Pansard, est de l'ordre de 535 m³/s, soit du même ordre de grandeur que le débit de pointe « hydrologique » estimé lors de la crue de janvier 2014 (sans tenir compte des phénomènes de laminage). Néanmoins :

- Le volume de la crue de janvier 2014 est moins volumineuse (crue « pointue ») qu'une crue centennale
- L'occurrence de la crue du Pansard lors de l'évènement de janvier 2014 est moins importante (entre 20 et 50ans) et ses débordements (bourg, plaine du Bastidon) concentre une part importante des secteurs à enjeux touché par les inondations

Aussi, après comparaison des emprises des débordements des événements statistiques et de la crue de janvier 2014, son occurrence est considérée de l'ordre de 30 ans.

4.1.2 Hydraulique

4.1.2.1 Risque établi au PPRI

La commune dispose d'un PPRI caractérisant le risque inondation sur le Maravenne et son affluent le Pansard. Il a été prescrit le 13 octobre 2003 et approuvé en décembre 2011.

L'aléa a été définie selon par deux paramètres : la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement.

La crue de référence du PPRI est la crue centennale dont le débit avait été estimé dans une étude hydraulique et hydrologique en 1993 et réévalué en 1997 suite à une expertise post-crue de 1996.

La cartographie des zones inondables, réalisée sur la base d'une analyse hydrogéomorphologique et de calculs hydrauliques de lignes d'eau a fait l'objet d'ajustements

suite aux aménagements qui ont été effectués dans les années 1990 et à la révision de certaines hypothèses de calcul avant d'être approuvée en 2005.

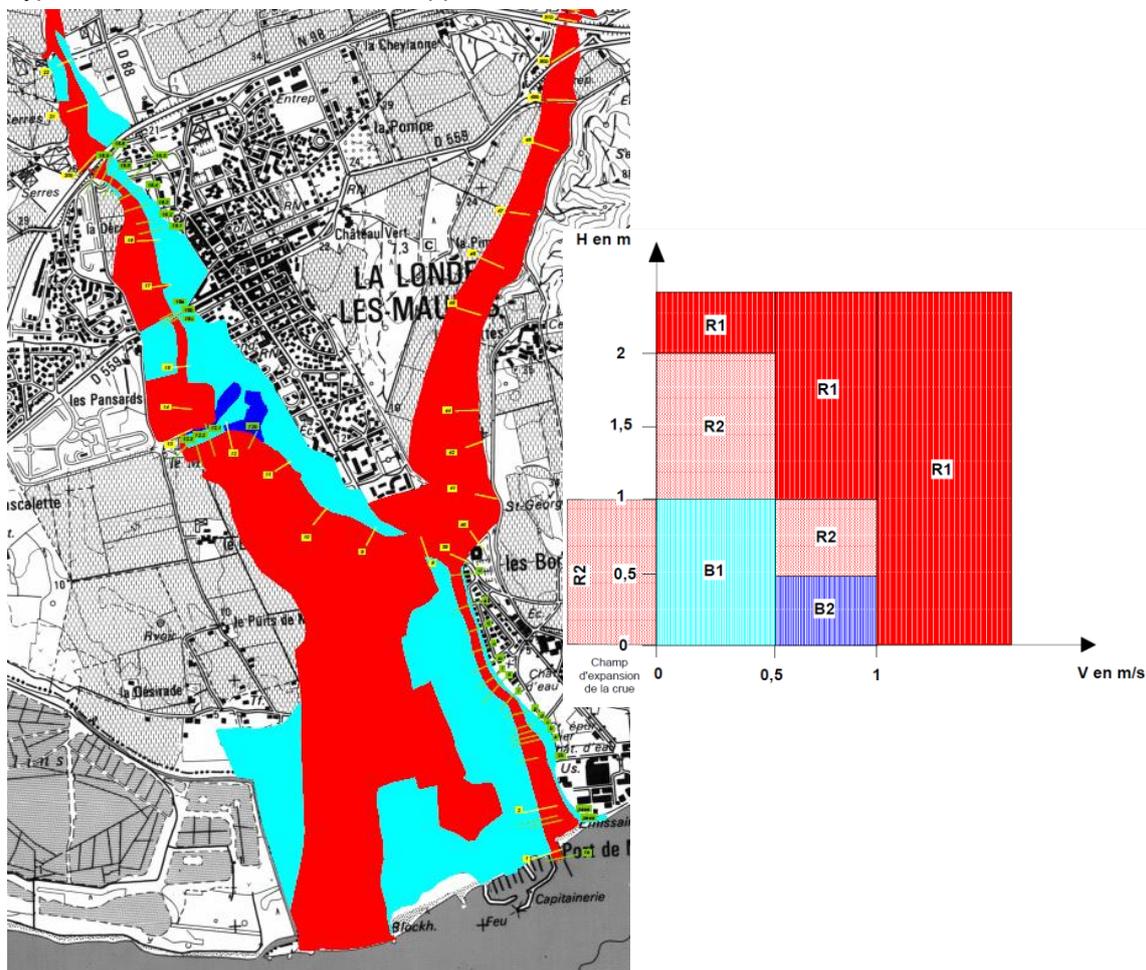


Figure 4-5: Extrait du PPRi sur la commune de la Londe-Les-Maures

La plus forte crue connue est dorénavant la crue de janvier 2014 (occurrence de l'ordre de 30 ans).

4.1.2.2 Risque établi à partir des crues récentes

L'analyse post crues des événements de 2014 ont permis de définir l'aléa inondation (ampleur, période de retour, cartographies de l'emprise des inondations, reconstitution des débits transités).

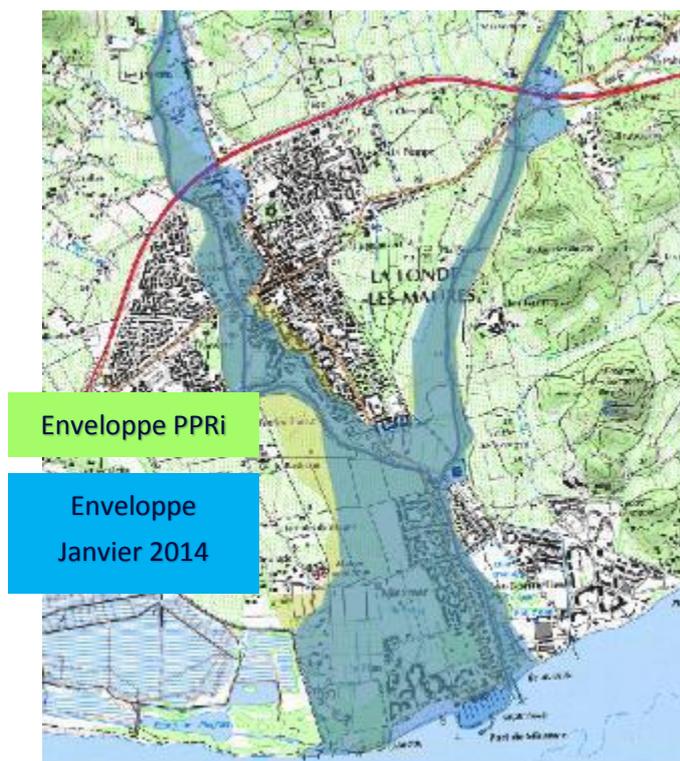


Figure 4-6: Comparaison entre l'aléa estimé par le PPRI et l'aléa constaté en janvier 2014

Sur la zone d'étude (le Pansard depuis le secteur Bas-Jasson jusqu'à la confluence et le Maravenne en aval de la confluence avec le Pansard) plusieurs ouvrages de protection influencent le régime d'écoulements des cours d'eau, soit :

- Les merlons existants ;
 - « Merlon » du Pansard (1.2 km) en rive droite en amont de la confluence avec le Maravenne (secteur du Bastidon). Ce merlon a déjà rompu à plusieurs reprises (crues de janvier et de novembre 2014).
 - « Merlon » (800 m) en rive gauche du Maravenne, à l'aval de la confluence avec le Pansard. Cette « digue » n'a pas rompu en 2014 du fait de la faible mise en charge de l'ouvrage (lié aux déversements en rive droite)
- Les ouvrages de franchissements
 - Pont de la RD98 (Pansard) ;
 - Pont du Gué du pin de la commune (Pansard)
 - Pont de la cave coopérative (Pansard).
 - Pont Ducournau (Pansard)
 - Pont submersible du port (Maravenne)

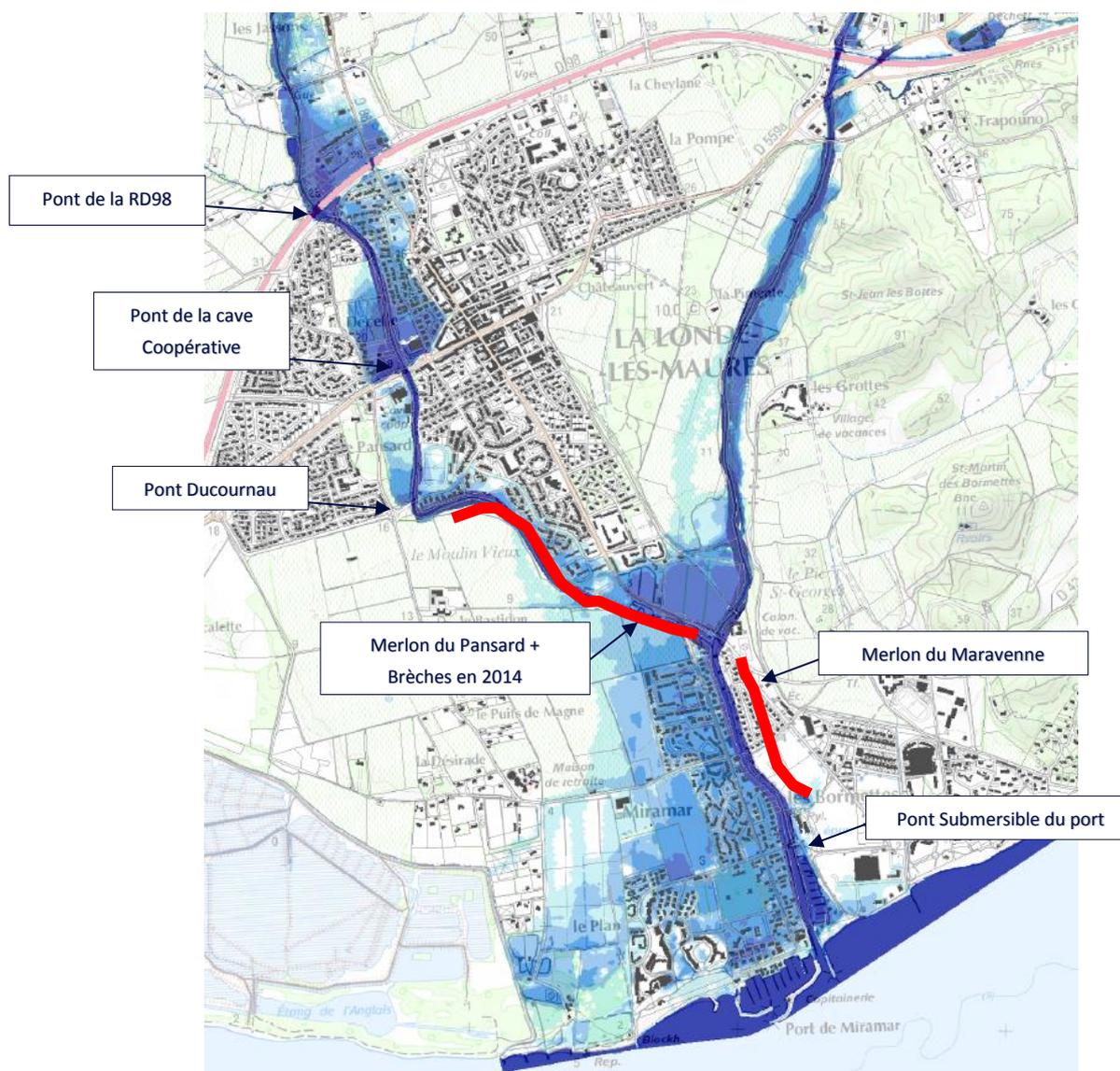


Figure 4-7: Enveloppe de crue de Janvier 2014 et localisation des ouvrages hydrauliques existants

4.1.3 Embâcle

Les embâcles, généralement des troncs d'arbres, de grosses souches, des débris et autres, représentent un véritable risque d'obstruction. Par ailleurs, le risque d'embâcles est accru en période de crues.

Compte tenu du retour d'expérience des crues de 2014, le risque d'embâcles ne peut pas être négligé. Le risque d'embâcle est particulièrement important au:

- gué du pin de la commune
- pont de la Cave coopérative
- gué des pêcheurs (port)

Néanmoins, le programme d'aménagement prévoit la reprise de ces ouvrages de façon à limiter ce risque (élargissement des arches, suppression des ponts cadres...). Par conséquent, ce risque

d'embâcle sera moindre après la réalisation du projet d'aménagement pour lutter contre les crues et les inondations du Pansard et du Maravenne.

En revanche dans le cadre de cette étude de dangers, la présence d'embâcles sur les ouvrages seront considérés comme une défaillance du système car ils peuvent générer des rehaussements de la ligne d'eau et le déversement sur les digues du programme.

4.1.4 Transport solide et sédimentaire

Hors période de crue :

En régime normal, le cours d'eau est susceptible de transporter des matériaux (plutôt en suspension). Ces matériaux sont susceptibles de se déposer au niveau des secteurs de faibles vitesses d'écoulement, c'est-à-dire dans le port du Maravenne et dans le chenal du port (sous influence de la mer).

D'autre part, ces secteurs sont également sous l'influence du transport sédimentaire littoral. Aussi des dépôts sableux sont observés au niveau de l'exutoire du Maravenne où des opérations de dragage sont régulièrement menées. Ce même phénomène est à attendre sur le chenal du port où un bouchon sableux sera rapidement créé. Des opérations de dragage du bouchon sableux sont également prévu sur l'exutoire du chenal du port afin d'éviter que le bouchon soit trop large.

En période de crue :

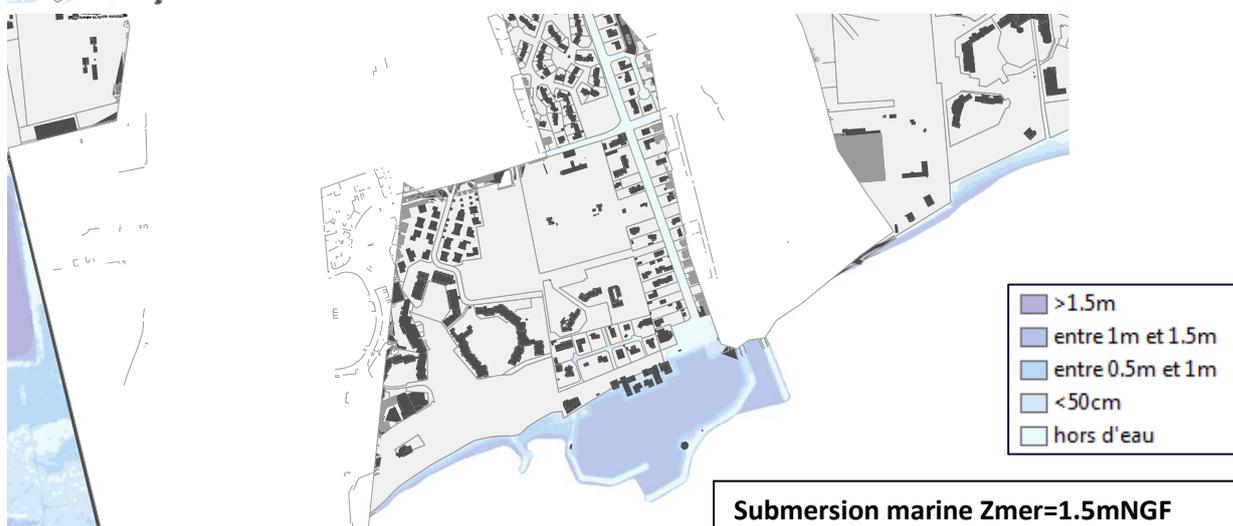
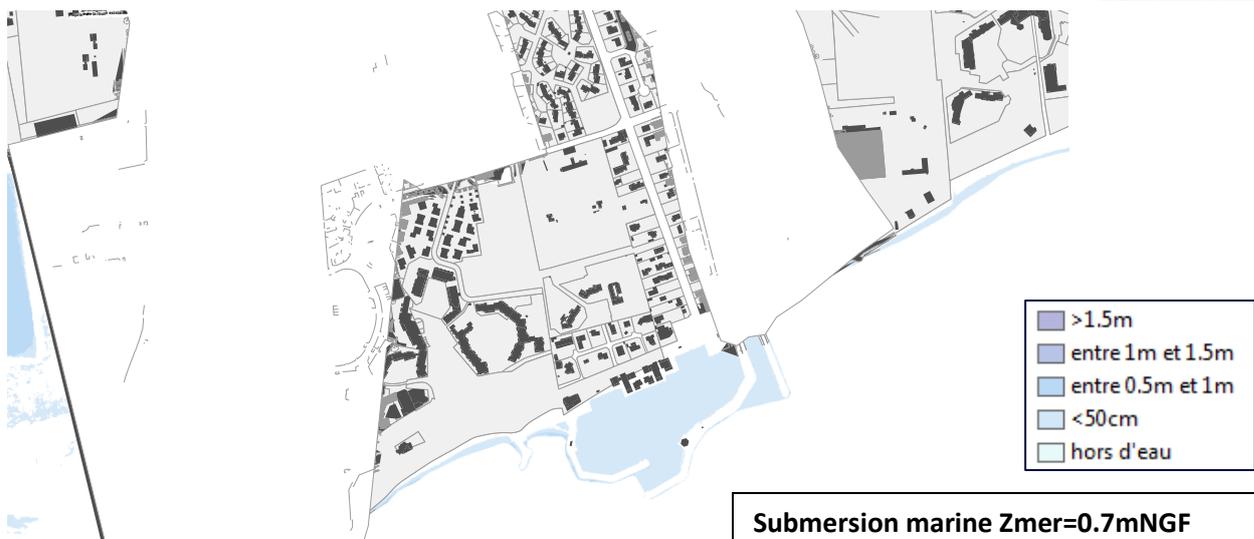
En crue, les cours d'eau sont susceptibles de transporter des matériaux sous forme de charriage (matériaux plus grossier). Compte tenu du fonctionnement actuel observé sur les cours d'eau, on note qu'en période de crue des signes d'érosion de berge sont observés (notamment au niveau de la confluence Maravenne Pansard). Néanmoins, peu de modification sont observés quant aux évolutions du profil en long. On peut considérer que les cours d'eau ont atteint leur pente d'équilibre. On note cependant une rupture de pente dans le profil en long du Pansard en amont du pont de la cave coopérative lié à la fixation du profil en long généré par l'ouvrage routier.

Au niveau des exutoire en mer du chenal du port, l'étude hydraulique lié à la formation de la barre sableuse sur le chenal du port montre que le cours d'eau a suffisamment de puissance pour effacer partiellement le bouchon sableux. Plus la crue sera important, plus le bouchon sableux sera évacué en mer. Il a ainsi été vérifié que pour les crues testées (de 50m³/s à Q janvier 2014), l'évacuation du bouchon est suffisante pour éviter le débordement du cours d'eau.

4.1.5 Submersion marine

La mer, exutoire du Maravenne, est soumis à différents phénomènes physique pouvant avoir un effet significatif sur son niveau : houles, vagues, dépressions atmosphérique, vent...

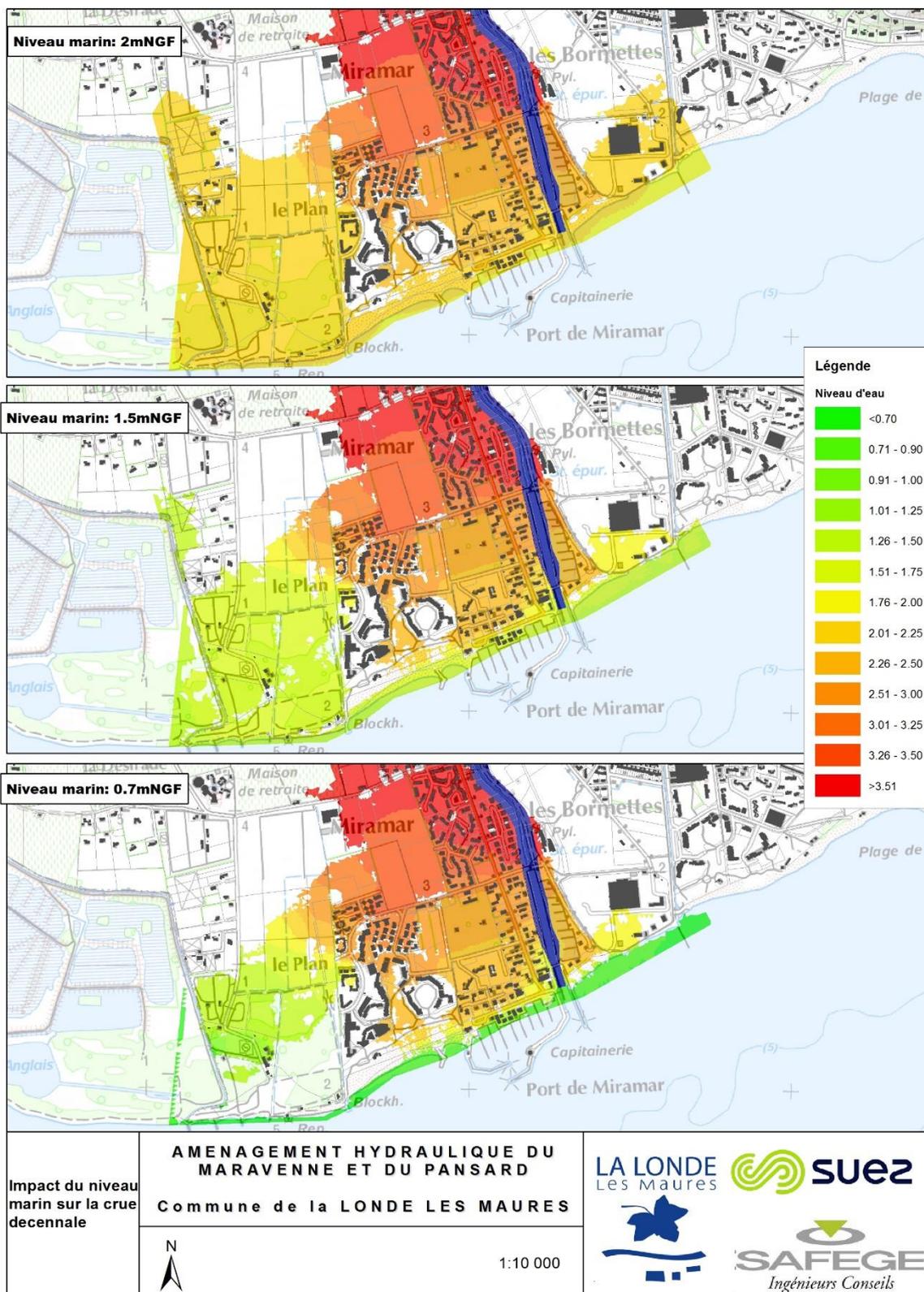
En dehors des périodes de crue, aucun ouvrage de protection contre la submersion marine n'est présent. Aussi la mer inonde l'ensemble des terrains situé sous son niveau. Ci-dessous sont présentées les cartes des hauteurs d'eau pour différents niveaux de mer (0.7, 1.5 et 2mNGF)





En crue, des tests de sensibilité ont été menés pour analyser l'effet du niveau marin sur les niveaux de crue du Maravenne. Le test est réalisé sur la crue décennale du cours d'eau et pour les niveaux de mer suivants :

- $Z=0.7\text{mMGF}$
- $Z=1.5\text{mMGF}$
- $Z=2.0\text{mMGF}$



On note que l'impact du niveau de mer est restreint sur l'extrémité aval du champ d'expansion des crues et que le remous est limité. Seuls les terrains sous le niveau de mer sont impactés par le niveau marin.

4.2 Risque Mouvement de terrain

Le territoire du Côtiers des Maures est concerné par un aléa retrait gonflement faible. En cas de construction dans les secteurs concernés par cet aléa, les projets d'aménagement et de construction ont intégré la nature géologique et les caractéristiques des terrains d'assise.

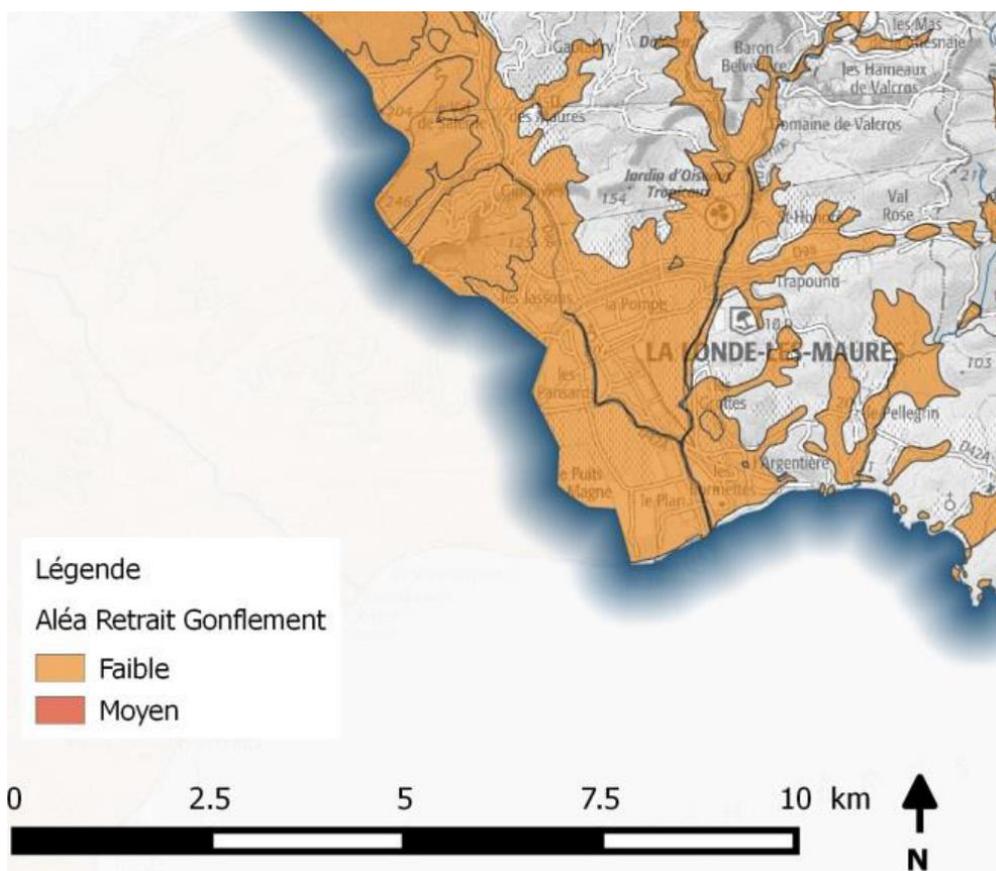


Figure 4-8: Représentation de l'aléa retrait gonflement sur le territoire du PAPI (Source : PAPI)

Le terrain est soumis au retrait gonflement des argiles, aussi une étude géotechnique a été menée lors l'élaboration du projet. Cette mesure est l'une des plus sûre puisqu'elle permet de faire une reconnaissance de la nature géologique et des caractéristiques géométriques des terrains d'assise, de caractériser le comportement des sols d'assise vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement, etc.

Les conclusions des études réalisées dans le cadre de la conception des aménagements ont vérifiées le bon dimensionnement des ouvrages (Etude géotechnique mission G2 AVP – Hydrogéotechnique Sud Est – juillet 2018) notamment en ce qui concerne les caractéristiques du sol de fondation des ouvrages. Les éléments suivants ont été vérifiés :

- L'analyse de l'assise des digues (décapage des couches superficielles à prévoir)
- Le risque de poinçonnement (pas de risque de poinçonnement mais vérification à apporter en phase conception)

- Le risque de tassement (tassement faible <0.5cm)

4.3 Risque sismique

Un séisme, ou tremblement de terre, se traduit en surface par des vibrations du sol. Il est provoqué par une rupture de roches en profondeur suite à l'accumulation de contraintes et d'une grande énergie qui se libère. Les séismes naturels sont d'origine tectonique ou volcanique.

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique (entré en vigueur le 1er mai 2011), divisant le territoire national en 5 zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'environnement modifiés par les décrets 2010-1254 du 22 octobre 2010 et 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'arrêté du 22 octobre 2010) :



Zonage sismique de la France en vigueur depuis le 1er mai 2011 (art. D. 563-8-1 du code de l'environnement)

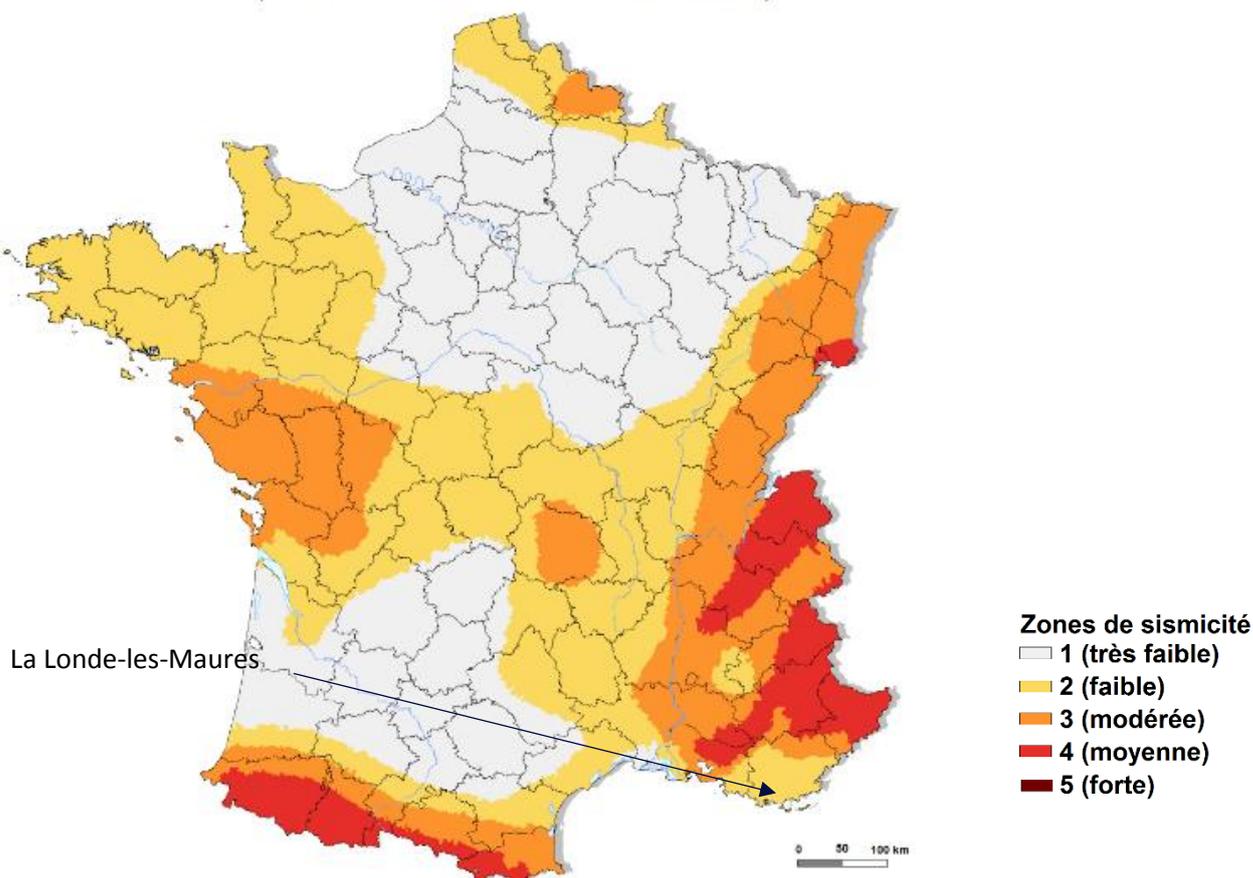


Figure 4-9 : Zonage sismique en France

La commune de La Londe-les-Maures est située en zone sismique 2 « faible ».

4.3.1 Principe de vérification

Les vérifications de stabilité au séisme sont réalisées selon les recommandations du rapport du Groupe de Travail « RISQUES SISMIQUES ET SÉCURITÉ DES OUVRAGES HYDRAULIQUES ».

4.3.1.1 Vérification du risque potentiel de liquéfaction

Les exigences de vérification vis-à-vis du risque potentiel de liquéfaction sont présentées dans le tableau ci-dessous, extrait du rapport « RISQUES SISMIQUES ET SÉCURITÉ DES OUVRAGES HYDRAULIQUES ».

7.5.2.2. Vérification du risque potentiel de liquéfaction

La vérification de la sécurité structurale des digues concerne en priorité la liquéfaction, sachant que ces ouvrages sont établis sur des fondations alluviales souvent sableuses et où la nappe phréatique maintient le plus souvent des conditions de saturation des matériaux. De ce point de vue, une attention particulière doit être portée aux systèmes d'endiguement où la rivière est "perchée" au-dessus de la plaine.

Zone de sismicité	Classe D	Classe C	Classe B	Classe A
1	non imposé	non imposé	non imposé	non imposé
2	non imposé	non imposé	non imposé	OUI
3	non imposé	non imposé	OUI	OUI
4	non imposé	OUI	OUI	OUI
5	OUI	OUI	OUI	OUI

Tableau 7-23 - Exigence de vérification de l'absence de risque potentiel de liquéfaction - digues

Figure 4-7 : Niveau d'étude recommandé – vérification du potentiel de liquéfaction

Les systèmes d'endiguement du projet sont de classes B. Par conséquent, pour Les digues du système, la vérification de l'absence de risque potentiel de liquéfaction n'est pas exigée.

4.3.1.2 Vérification de la stabilité – niveau d'étude

Le tableau ci-dessous est extrait du rapport « RISQUES SISMIQUES ET SÉCURITÉ DES OUVRAGES HYDRAULIQUES » :

7.5.2.3. Niveaux d'études recommandés

Les recommandations en matière d'études graduées sont les suivantes :

Zone de sismicité	Classe D	Classe C	Classe B	Classe A
1	α	α	α	α
2	α	α	α	α
3	α	α	α	β
4	α	α	β	β
5	α	β	β	β

Tableau 7-24 - Recommandations pour les études graduées - digues

α : vérification de la conformité aux règles du génie civil
 β : vérification de la stabilité par méthode pseudo-statique

Figure 4-8 : Niveau d'étude recommandé (RISQUES SISMIQUES ET SÉCURITÉ DES OUVRAGES HYDRAULIQUES)

D'après les recommandations du GT rappelées ci-dessus, les vérifications sont à mener dans une première phase vis-à-vis de la conformité aux règles du génie civil.

La vérification de la conception parasismique est décrite dans les paragraphes suivants du rapport du GT:

7.4.2. Analyse fonctionnelle – Bilan des données existantes

7.4.2.1. Vérification de la conception parasismique du barrage

L'analyse fonctionnelle, au demeurant partie intégrante de l'étude de danger pour les barrages qui y sont soumis, est la première phase de l'expertise parasismique des barrages de toutes classes. Notamment, en rassemblant la documentation existante sur la conception et la maintenance, elle décrit les scénarii de défaillance associés aux situations sismiques et examine l'aptitude des barrières de sécurité à prévenir ou limiter les conséquences des initiateurs de rupture.

Si la synthèse documentaire démontre le bon état de ces barrières (fonctions principales de l'ouvrage : étanchéité, stabilité, filtration, drainage, protection, évacuation et surveillance) et qu'aucun initiateur de rupture ne peut dégrader cet état (voir chapitre 6.2.1.1), alors l'ouvrage est considéré comme ayant de bonnes aptitudes parasismiques.

Si au contraire, l'état d'une ou plusieurs barrières n'est pas connu ou est dégradé, ou si la connaissance du comportement des matériaux constitutifs du remblai et de la fondation est incomplète pour mener à bien l'analyse fonctionnelle, ce qui est souvent le cas des études de réévaluation, alors l'analyse des données existantes est à compléter par une analyse comportementale de ces matériaux, pour déterminer la nature et la profondeur des études à mener par la suite pour l'évaluation sismique de l'ouvrage. En conséquence, si des données manquent pour conclure l'analyse fonctionnelle, elles sont recherchées dans un programme de reconnaissances.

4.3.2 Vérification de la stabilité au séisme

Le décret ° 2010-1254 du 22 octobre 2010, publié au journal officiel du 24 octobre 2010, relatif à la prévention du risque sismique classe le site en zone 2.

On peut considérer par extrapolation des investigations réalisées que la classe de sol est de classe B, pour la partie Amont (au Nord du pont de la cave coopérative), ; de classe C, à partir du pont de la cave coopérative sur le Pansard, jusqu'à l'aval du projet au sud. La distinction de la classe de sol pourra être affinée au droit de chacun des ouvrages par le biais de sondages complémentaires. Il appartient au concepteur du projet de retenir le profil sismique le plus défavorable en cas de doute.

Pour information :

- $a_{gr} = 0.7 \text{ m/s}^2$ en zone sismique 2, accélération maximale
- $S = 1.35$ pour site de classe B, zone 2,
- $S = 1.5$ pour site de classe C, zone 2,

Si on se base sur un critère d'uniformité granulométrique et notamment $C_u = D_{60}/D_{10} < 15$, on identifie que seuls les sols de classe A1, B1 et D1, si leur degré de saturation est de 100 % (cad qu'ils sont baignés par une nappe aquifère), sont susceptibles de liquéfaction sous sollicitation sismiques.

Dans le contexte du projet, ce risque est à étudier de façon plus précise en mission G2 PRO au droit du secteur sud : aménagement 7b, 7a, 6a et 6b ou la présence de sol A1, B1 et D1 est la plus fréquente et ou le risque de saturation par remontée de nappe ou phénomène d'enchassage est le plus élevé.

Extrait de l'analyse géotechnique G2AVP

4.3.3 Visite post-Séisme

Aujourd'hui aucune visite post séisme n'est programmée. Les consignes de surveillance des ouvrages à réaliser imposent de telles visites.

5 DESCRIPTIONS DU SYSTEME DE PROTECTION

Le projet de protection contre les débordements du Pansard et du Maravenne s'inscrit à travers plusieurs aménagements le long du Pansard et du Maravenne.

Ces aménagements sont classés en **trois systèmes d'endiguement**

- **en amont de la RD98** : système de protection rapproché en rive gauche du Pansard
 - ▷ Recalibrage du Pansard en amont de la RD98 (Aménagement 16), l'endiguement du secteur Bas-Jasson (Aménagement 17) et l'interception des eaux de ruissellements par la création d'un réseau pluvial sous la route de la Jouasse (Aménagement 18);
- **au niveau du Maravenne** : système de protection rapproché en rive gauche du Maravenne
 - ▷ Recalibrage du Maravenne entre la confluence avec le Pansard et le chenal de délestage (Aménagement 5) ;
 - ▷ Maintien et confortement de la digue de protection des enjeux en rive gauche du Maravenne (Aménagement 4) ;
- **La Plaine du Bastidon** : Système de protection éloigné pour les maitrise des eaux alimentant la zone d'expansion des crues
 - ▷ Création d'un déversoir vers la plaine du Bastidon (Aménagement 9)
 - ▷ Création d'endiguement de protection des enjeux de part et d'autre de la plaine du Bastidon
 - Une digue à l'ouest pour protéger les Campings (Aménagements 6a et 7a)
 - Une digue à l'est avec un déversoir fonctionnant pour la crue de protection pour protéger le centre-ville (Aménagements 6b et 7b)

○ **Des aménagement annexes :**

- RD98 – Cave coopérative
 - ▷ Recalibrage du Pansard entre la RD98 et la cave coopérative (Aménagement 14) et reprise du gué du pin de la commune (Aménagement 15) et du pont de la cave coopérative (Aménagement 13) ;
- Pont Ducournau
 - ▷ Création d'une nouvelle ouverture du pont Ducournau (Aménagement 11) ;
- Pont Ducournau - Déversoir
 - ▷ Recalibrage du Pansard entre le pont Ducournau et le déversoir (Aménagement 10) ;
- Secteur du Port
 - ▷ Création d'un bras de délestage sur la partie terminale du Maravenne (Aménagement 1) et d'une passerelle piétonne pour permettre son franchissement (Aménagement 3). Au niveau de la plaine du Bastidon
 - ▷ Reprise du gué du port (Aménagement 2).

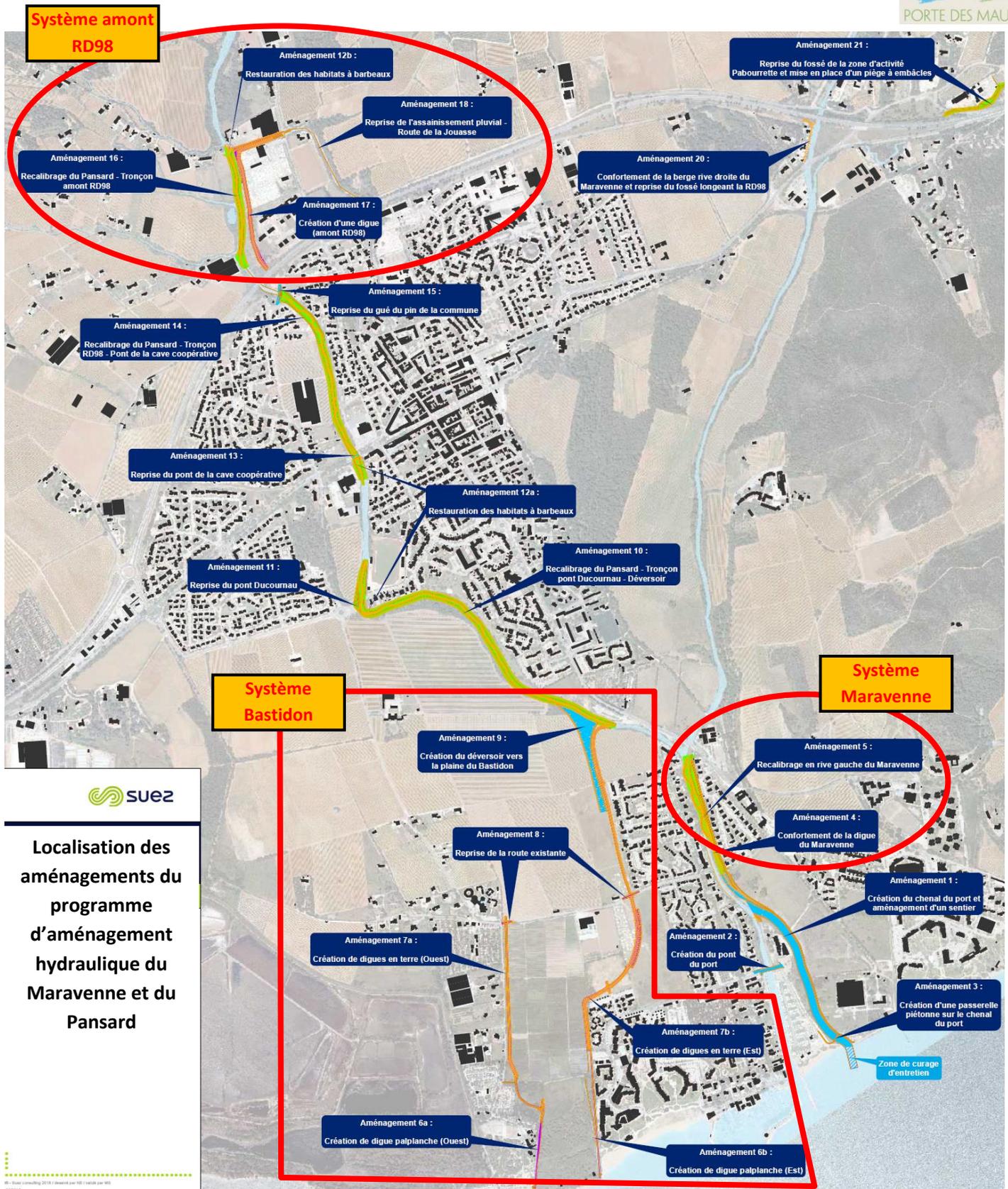


Figure 5-1: Aménagements pour la protection contre les inondations du Pansard et du Maravenne et systèmes d'endiguement

5.1 Les ouvrages existants

Description de la digue existante du Maravenne

Concernant la digue existante en rive gauche le long du Maravenne en aval de la confluence Maravenne Pansard, aucun document concernant sa réalisation est existant. Les caractéristiques géométriques de cette digue sont les suivantes :

- Digue en terre
- Longueur : 900 ml
- Géométrie
 - pente de talus : environ 2/1
 - largeur de la crête de digue : environ 1m
 - hauteur : de l'ordre de 1.5m (localement 2m environ)
 - niveau de la crête : comprise entre 7.32 mNGF et 4.01 mNGF
- Niveau de protection : L'ouvrage, situé entre le chemin des amanites et les lotissements, ne fait pas l'objet d'aucune surveillance spécifique à une digue. On note que de nombreux arbres anciens sont présents sur une très grande partie du linéaire de la digue. Aussi la stabilité de cette digue, dès sa mise en charge, ne peut être assurée.



Figure 5-2: Digue du Maravenne

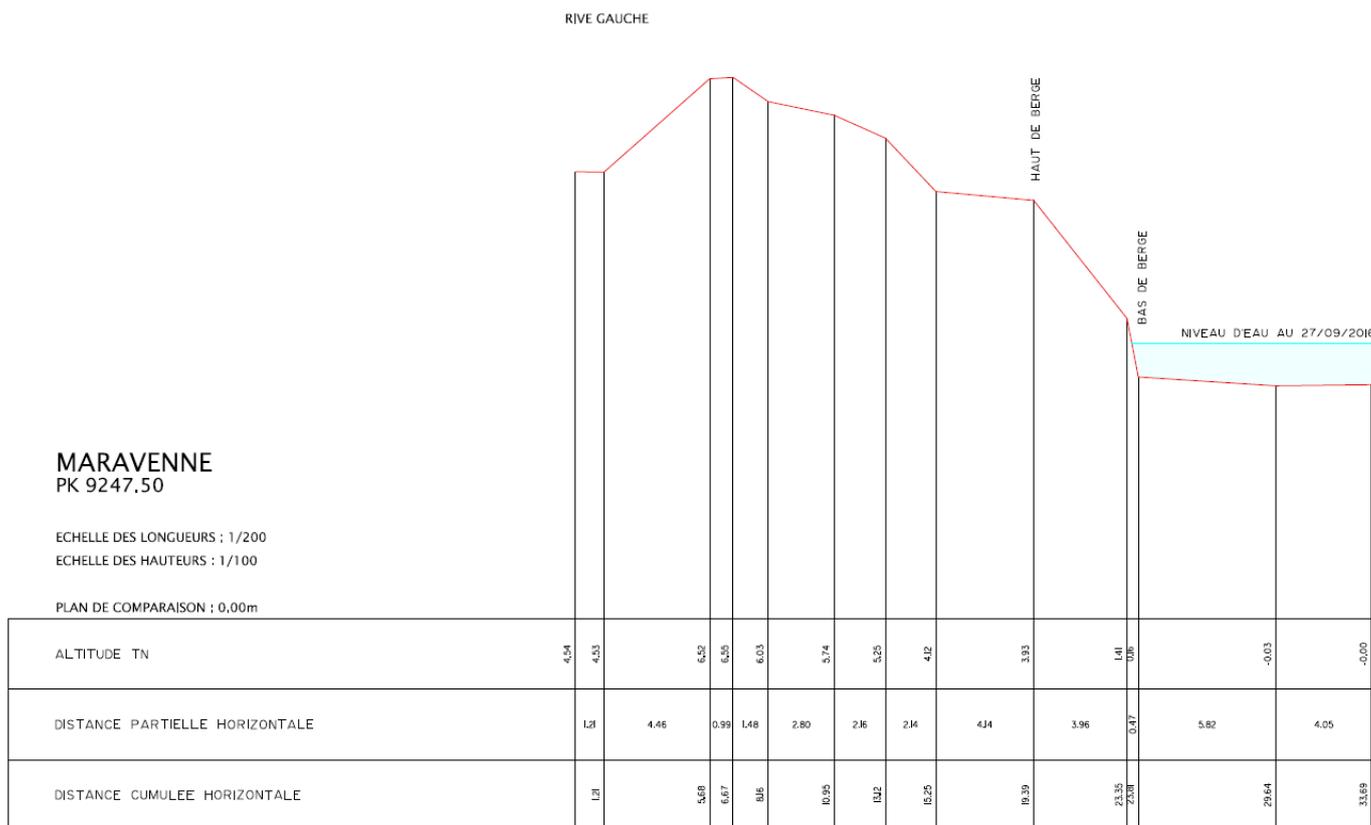


Figure 5-3: Coupe de la digue du Maravenne

5.2 Les ouvrages à construire

5.2.1 Description des ouvrages du système d'endiguement amont RD98

5.2.1.1 Aménagement 17 : Digue Amont RD98

Le rôle de cette digue est de protéger les enjeux en rive gauche de Pansard (Quartier Bas-Jasson) touchés par plus de 2 mètres d'eau en 2014.

Les caractéristiques de cette digue sont les suivantes :

- Objectif : Protection crue type janvier 2014
- Digue en terre
- Longueur : 600 ml
- Géométrie
 - Pente de talus : 2/1
 - Largeur de la crête de digue : 3m
 - Hauteur : variable de 0.48m à 3.15m
 - niveau de la crête : comprise entre 23,65 mNGF et 25,93 mNGF soit PHE Q100
- Niveau de protection
 - Revanche minimale : 32cm pour Q2014, 0cm pour Q100

- Charge maximale : 2.57 pour Q2014, 3.15m pour Q100
- Protection érosion interne
 - Clé d'étanchéité
 - Recharge aval
 - Filtre / drain
 - Géotextile aux interfaces (remblais / fondation – remblais / drain)
 - Protection minérale du drain /filtre
 - Grille anti fouisseur sur les talus
- Protection érosion externe
 - Géogrille talus amont
- Equipement :
 - 2 ouvrages de transparence hydraulique muni d'un clapet anti-retour et vanne

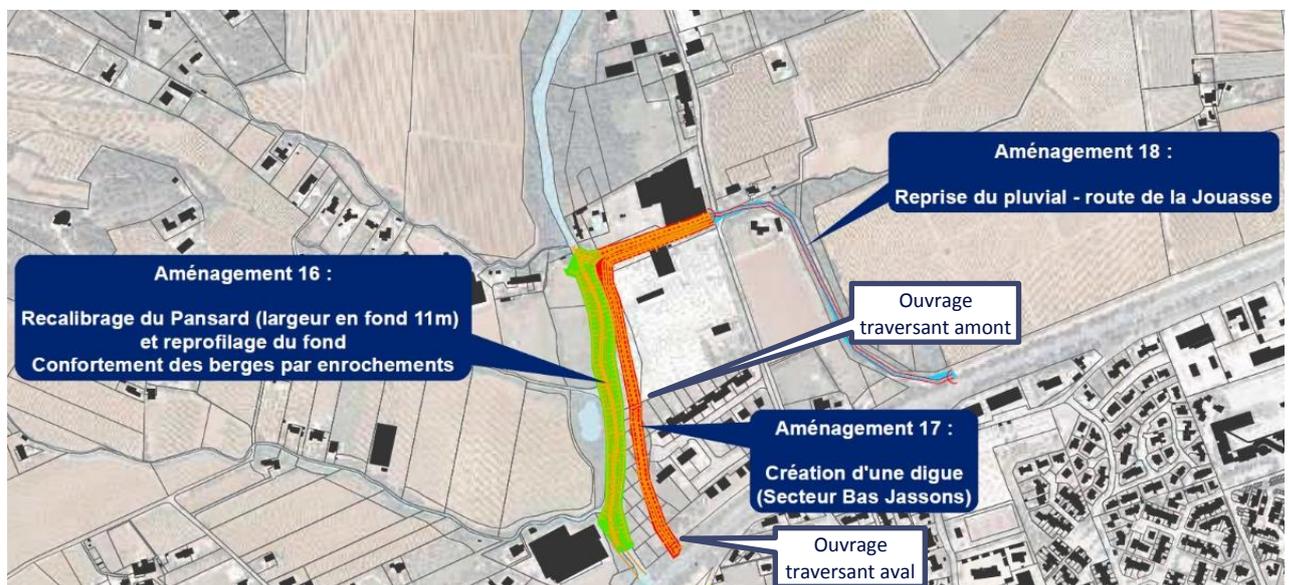


Figure 5-4: Vue en plan de la digue RD98

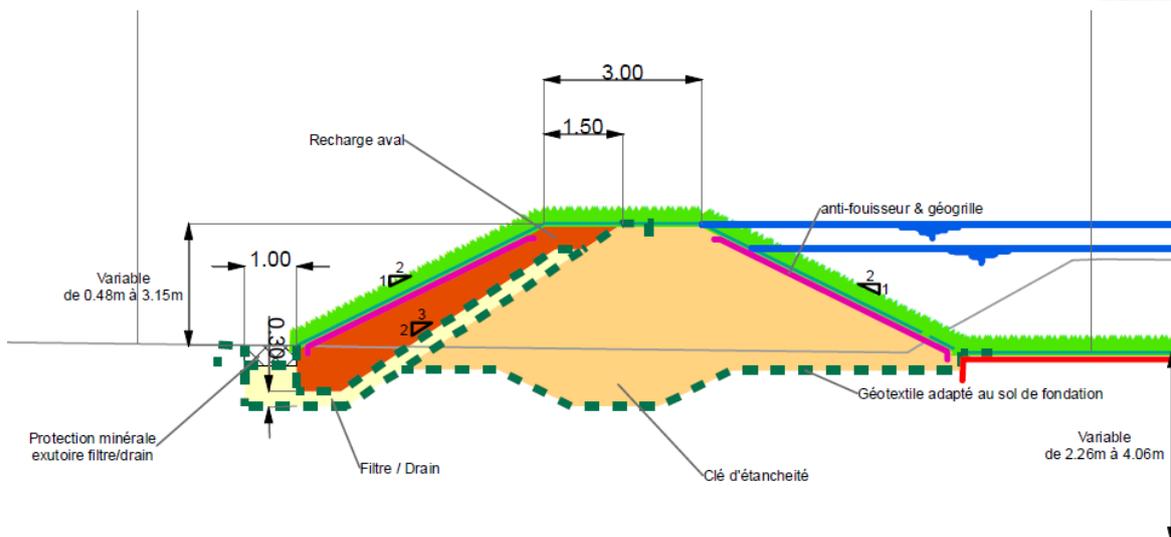


Figure 5-5: Profil en travers de la digue RD98

Ouvrage traversant

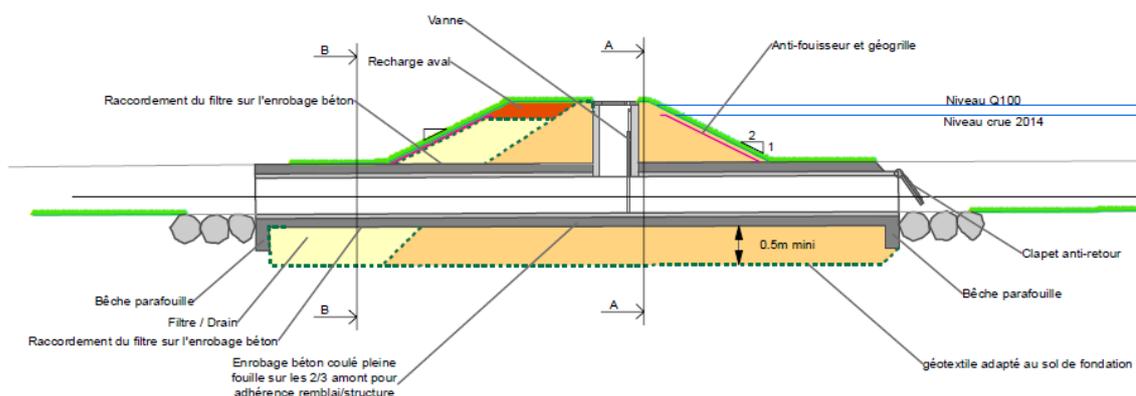


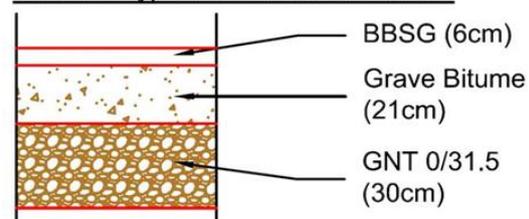
Figure 5-6: ouvrage traversant

○ Voirie RD88 traitée comme **déversoir de sécurité**

La route de Bas-Jasson fonctionne comme un déversoir de sécurité de la digue de la RD98 pour une crue supérieure à 30 ans. Il permet ainsi d'éviter la mise en charge (et le déversement) de la digue côté nord. Il est dimensionné pour une crue d'occurrence 100 ans.

- Voirie submersible
- Occurrence des premiers déversements : 30 ans (crue type 2014)
- Longueur : 22m
- Niveau : 25.46 – 25.49 mNGF (inchangé par rapport à la situation actuelle)
- Couche de roulement : 6cm

Structure type de voirie submersible :





- Grave bitume : 21cm d'épaisseur
- GNT 0/31.5 : 30cm
- Bèche d'ancrage en périphérie : 107cm de profondeur
- Confortement du raccordement voirie submersible / digue par protection enrochement bétonné.

L'endiguement protégera les enjeux pour une crue de type Janvier 2014 (protection de l'ordre de 30 ans).

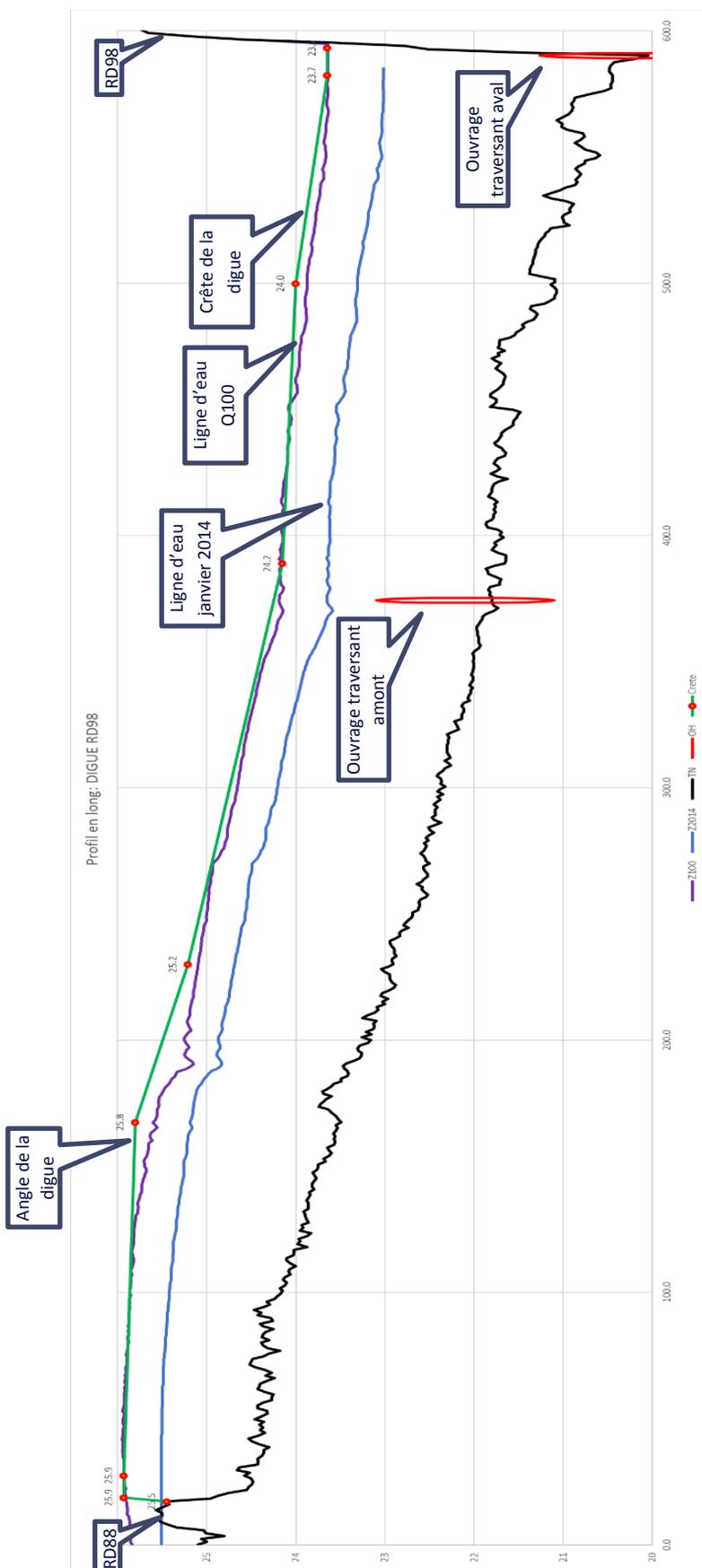


Figure 5-7: Profil en long de la digue RD98

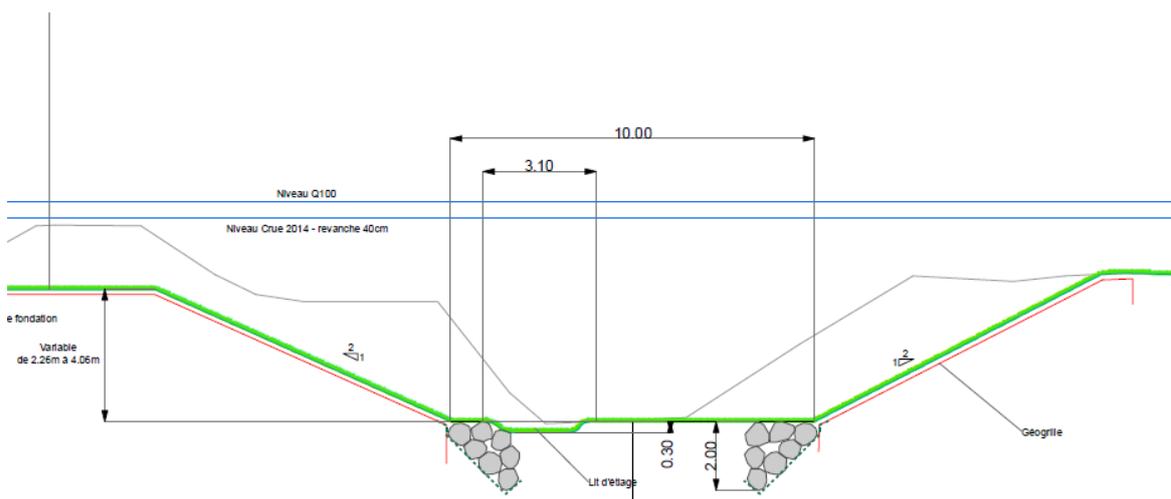
Le ruissellement pluvial étant très marqué de ce côté, l'aménagement de telles digues ne pourrait être fait qu'en intégrant la gestion des eaux pluviales au travers de cette digue. Aussi, la route de la Jouasse sera équipée d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement. Il permettra de collecter les eaux de ruissellement afin de les diriger en dehors de la zone protégée. Par ailleurs, la digue du quartier des Bas-Jasson sera équipée de clapets anti-retours au niveau de la cote 25,93 et 23.65mNGF pour assurer le bon drainage des eaux pluviales de la zone protégée.

5.2.1.2 Aménagement 16 : Recalibrage Amont RD98

Ce tronçon de cours d'eau est recalibré pour abaisser la ligne d'eau en crue.

Les caractéristiques de cet aménagement sont les suivantes :

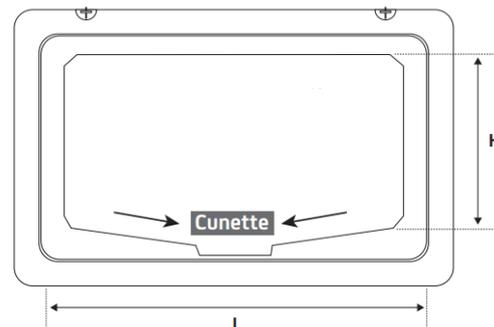
- Longueur : 450 ml
- Berge naturelle protection géogrille
- Hauteur : variable de 2.26m à 4.06m
- pente de talus : 2/1
- largeur en fond : 10m
- Equipement :
 - 2 raccords de fossé
 - Parafouille en enrochement 40 – 300kg : 2m
- Lit d'étiage
 - Débit (module) : 311 l/s
 - Pente : 0.4%
 - Berge naturelle
 - Hauteur : 30cm
 - Largeur : 1.3-3.1m



5.2.1.3 Aménagement 18 Assainissement pluvial route de la Jouasse

Le rôle du réseau d'assainissement pluvial de la route de la Jouasse est l'interception des ruissellements de la route et la protection du secteur du Bas Jasson.

- Objectif : Protection événement type janvier 2014
- Tronçon amont
 - Longueur : 480 ml
 - Cadre béton enterré
 - Dimension : 1.5x1h
 - Pente : 0.9% mini
 - Capacité : 4.85m³/s



- Tronçon aval
 - Longueur : 180 ml
 - Fossé naturel trapézoïdal
 - Dimension : 0.8x4.8x1h
 - Pente : 1.8% mini
 - Capacité 4.9m³/s

5.2.2 Description des ouvrages du système d'endiguement du Maravenne

5.2.2.1 Aménagement 4 : Digue du Maravenne

Le rôle de cette digue est de protéger les enjeux en rive gauche du Maravenne à l'aval de la confluence. L'aménagement prévoit le confortement de la digue existante sans modification de la côte de la crête.

Les caractéristiques de la digue sont les suivantes :

- Objectif : Protection crue type janvier 2014
- Longueur : 625 ml
- Digue en terre
- Parapet en crête de digue : hauteur 85cm
- Géométrie
 - Pente de talus : 2/1
 - Largeur en crête : 3m
 - Hauteur (avec parapet) : 0.85m à 1.85m
 - Cote supérieure du parapet: Variable de 5.76 à 6,63 mNGF
- Niveau de protection
 - Revanche minimale par rapport crête du parapet : 1.15m pour Q2014, 85cm pour Q100
 - Charge maximale : 0.70m pour Q2014, 1.0 m pour Q100
- Protection érosion interne
 - Clé d'étanchéité
 - Recharge aval
 - Filtre / drain

- Géotextile aux interfaces (remblais / fondation – remblais / drain)
- Protection minérale du drain / filtre
- Grille anti fousseur sur les talus
- Protection érosion externe
- Géogrille talus amont



Figure 5-8; Vue en plan de la digue du Maravenne

A noter : la berge rive droite est plus basse que la crête de la digue. Les débordements se produiront de façon préférentielle en rive droite bien avant un éventuel déversement sur cette digue.

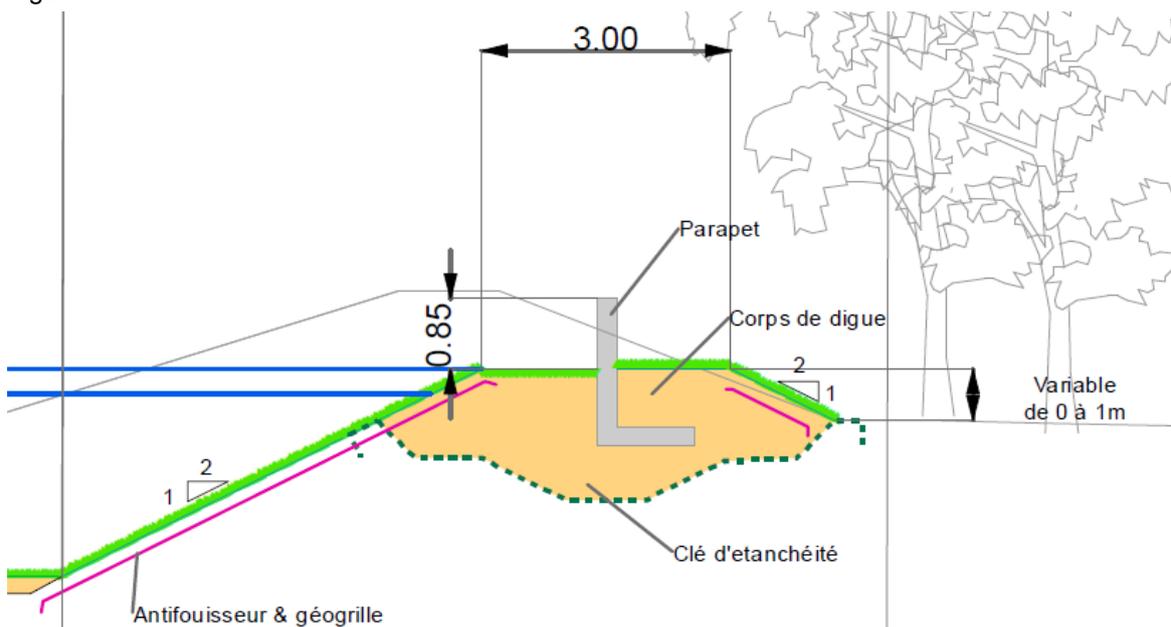


Figure 5-9: Profil en travers de la digue du Maravenne



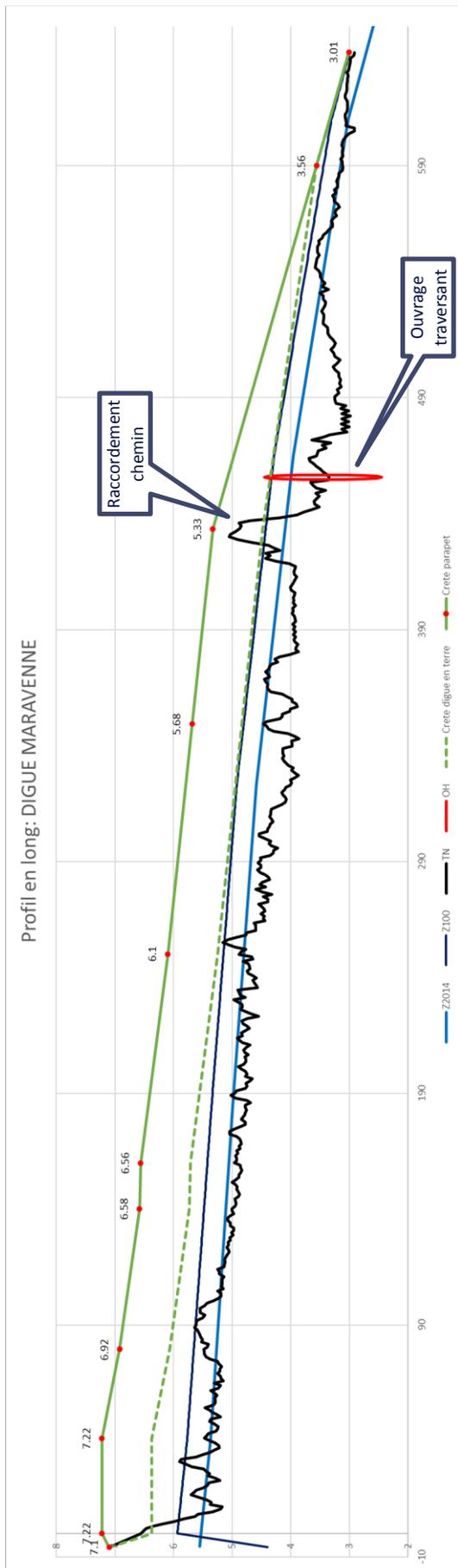
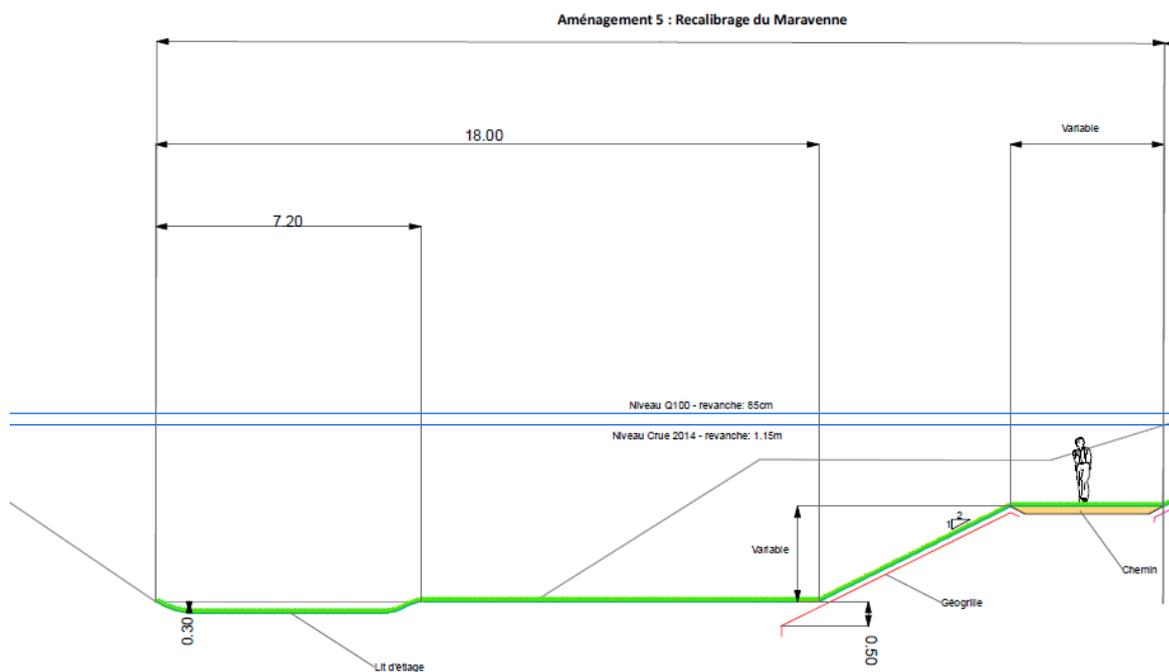


Figure 5-10: Profil en long de la digue du Maravenne

La digue du Maravenne ne surverse pas en crue de danger.

5.2.2.2 Aménagement 5 : Recalibrage rive gauche du Maravenne

- Longueur : 600 ml
- Berge naturelle protection géogrille
- Pente de talus : 2/1
- Largeur en fond : 18m
- Parafouille géogrille : 0.5m
- Cheminement piéton en risberme
- Lit d'étiage
 - Débit (module) : 723l/s
 - Longueur : 300 ml
 - Pente : 0.2%
 - Berge naturelle
 - Hauteur : 30cm
 - largeur : 5.4-7.2m

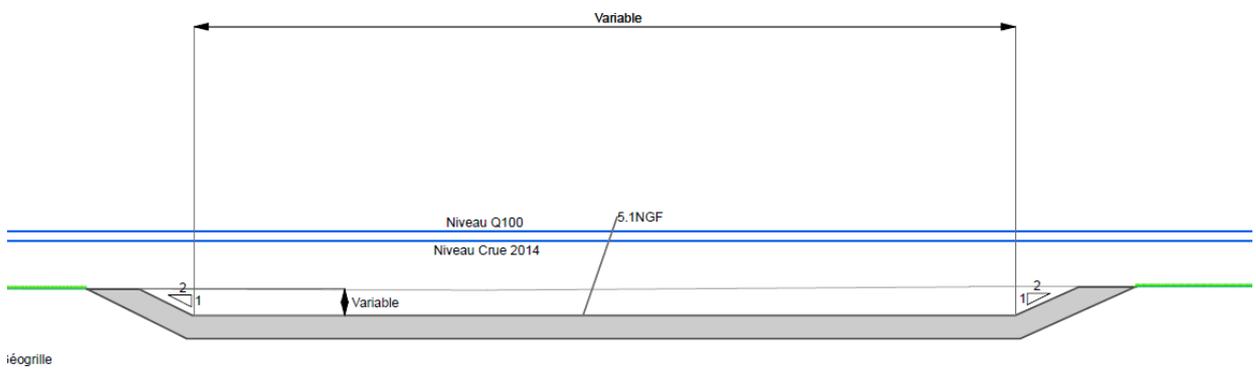
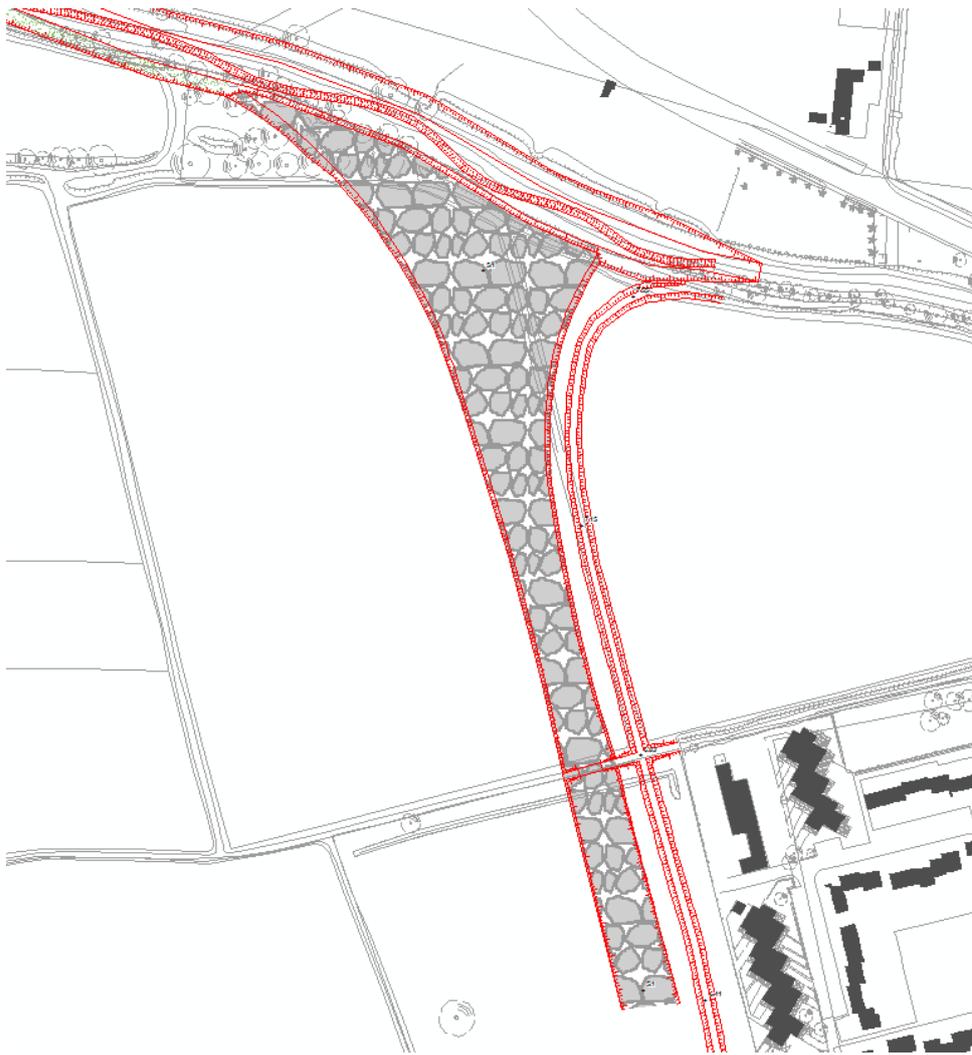




5.2.3 Description des ouvrages du système d'endiguement de la plaine du Bastidon

5.2.3.1 Aménagement 9 : Déversoir du Pansard

- Occurrence des premiers déversements : 2 ans
- Longueur : 360 ml
- Berge et fond en enrochement
- Hauteur : variable de 0 à 1.5m
- Largeur : variable de 100m au nord à 25m au sud
- pente de talus : 2/1



5.2.3.2 Aménagement 6a et 7a : Digue Ouest de la plaine du Bastidon

Le rôle de cette digue est de protéger les enjeux à l'ouest de la plaine du Bastidon, à savoir les campings, lors des débordements du Pansard dans la plaine du Bastidon.

Les caractéristiques de cette digue sont les suivantes :

Partie amont : aménagement 7a

- Objectif : Protection crue type janvier 2014
- Digue en terre
- Longueur 600m
- Géométrie
 - talus de 2/1
 - largeur de la crête de digue : 3m
 - Hauteur : variable de 0,3m à 1.90m
 - niveau de la crête de digue : variable de 4,74 mNGF à 3.00 mNGF (soit PHE 2014 +30 cm)
- Niveau de protection
 - Revanche minimale : 30cm pour Q2014, 10cm pour Q100
 - Charge maximale : 1.60m pour Q2014, 1.80m pour Q100
- Protection érosion interne
 - Clé d'étanchéité
 - Recharge aval
 - Filtre / drain
 - Géotextile aux interfaces (remblais / fondation – remblais / drain)
 - Protection minérale du drain /filtre
 - Grille anti fouisseur sur les talus
- Protection érosion externe
 - Géogrille talus amont
- Equipement :
 - 1 raccordement pluvial avec clapet anti retour et vanne

Partie aval : aménagement 6a

- Objectif : Protection crue type janvier 2014
- Digue en palplanche
- Longueur : 450 m
- Géométrie
 - Hauteur : variable de 1,34m à 2.1m
 - niveau de la crête de digue : variable de 3,00 mNGF à 2,40 mNGF (soit PHE 2014 +30 cm)
- Stabilité
 - Fiche de la palplanche : 5m
- Niveau de protection
 - Revanche minimale : 30cm pour Q2014, 10cm pour Q100

- Charge maximale : 1.80m pour Q2014, 2.0 m pour Q100
- Equipement :
- Intégration paysagère

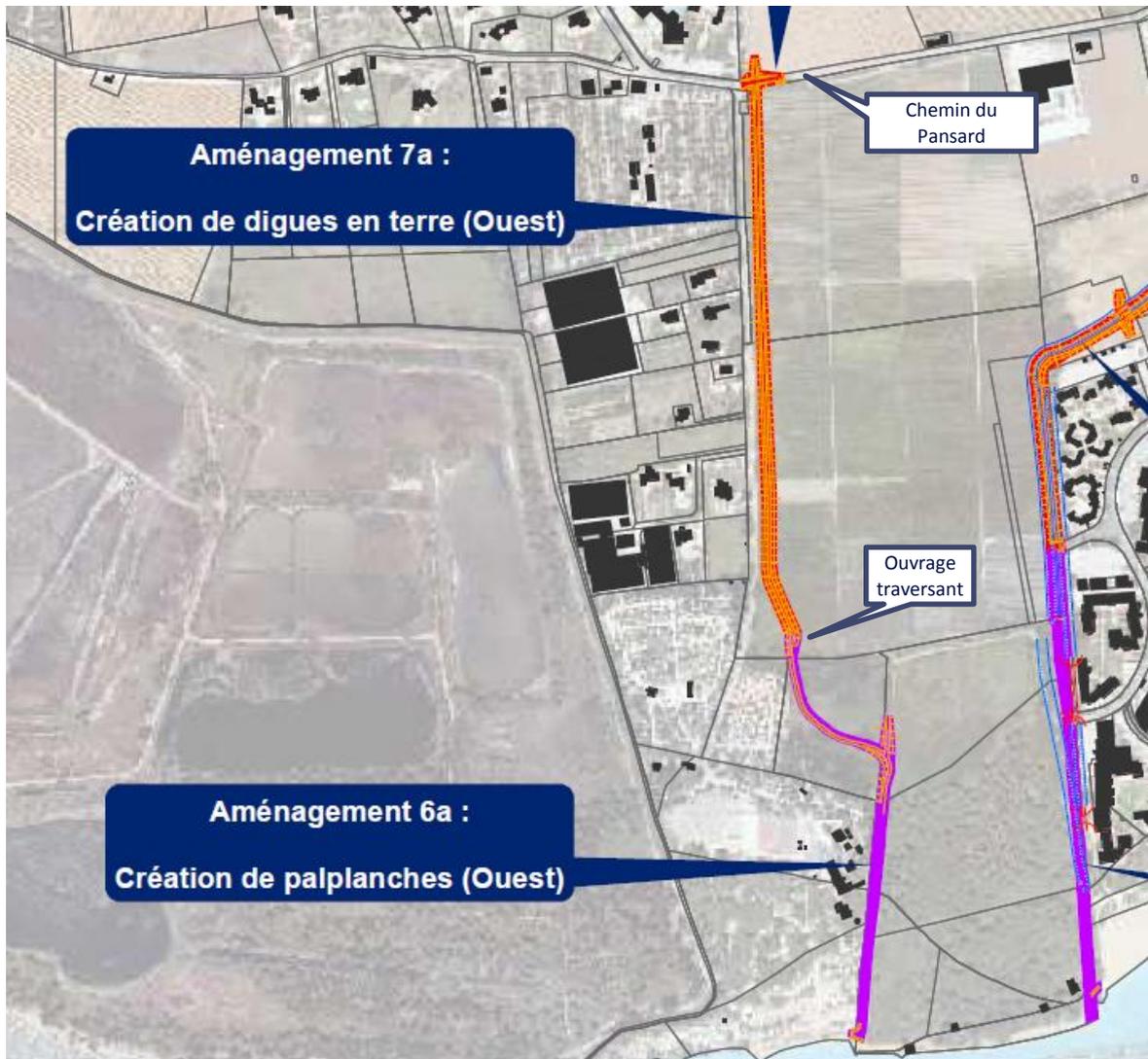


Figure 5-11: Vue en plan de la digue ouest du bastidon

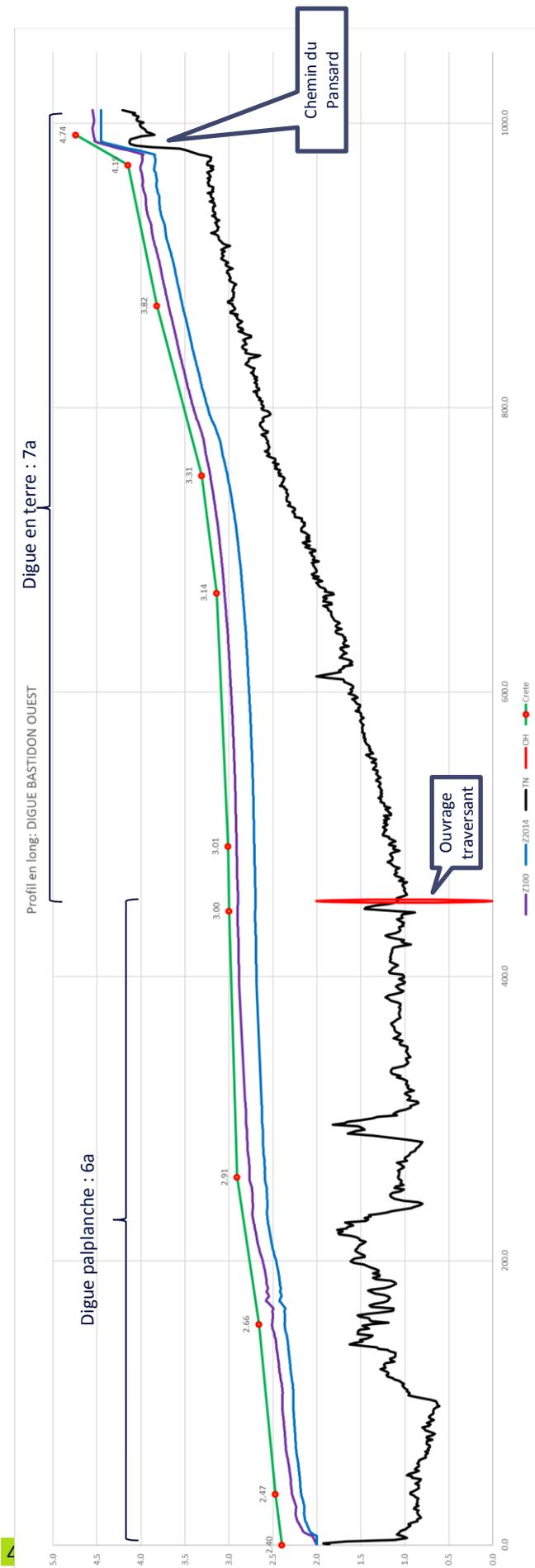


Figure 5-12: Vue en long de la digue ouest

du bastidon

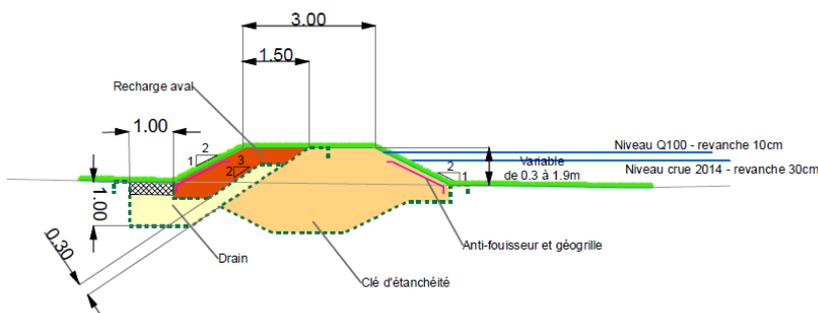
5.2.3.3 Aménagement 6b et 7b : Digue Est de la plaine du Bastidon

Le rôle de cette digue est de protéger les enjeux entre la digue et le Maravenne, à savoir toutes les habitations de Miramar et du quartier du port.

Les caractéristiques de cette digue sont les suivantes :

Partie amont : aménagement 7b

- Objectif : Protection crue type janvier 2014
- Digue en terre
- Longueur : 1250 m (dont 200m de déversoir)
- Géométrie
 - talus de 2/1
 - largeur de la crête de digue : 3m
 - Hauteur : variable de 1,10m à 1,80m
 - niveau de la crête de digue : variable de 7,55 mNGF à 3,20 mNGF (soit PHE 2014 +30 cm)
- Niveau de protection
 - Revanche minimale : 30cm pour Q2014, 10cm pour Q100
 - Charge maximale : 1.50m pour Q2014, 1.60 m pour Q100
- Protection érosion interne
 - Clé d'étanchéité
 - Recharge aval
 - Filtre / drain
 - Géotextile aux interfaces (remblais / fondation – remblais / drain)
 - Protection minérale du drain /filtre
 - Grille anti fousseur sur les talus
- Protection érosion externe
 - Géogrille talus amont
- **Déversoir de sécurité :**
 - Objectif : Le déversoir est dimensionné pour une occurrence 100 ans. Il est composé d'une carapace en enrochement et d'un ouvrage de dissipation aval.
 - Digue en terre carapace en enrochement bétonné
 - Occurrence des premiers déversements : 30 ans (crue type 2014)
 - Longueur : 200 m
 - Géométrie
 - ▷ Hauteur : variable de 1,20m à 1,42m
 - ▷ Talus de 2/1



- ▷ Niveau de la crête de digue : variable de 4,50 mNGF à 4,07 mNGF (soit PHE 2014)
- Niveau de protection
 - ▷ Charge maximale : 1.42m pour Q2014, 1.44 m pour Q100
- Protection érosion interne
 - ▷ Clé d'étanchéité
 - ▷ Géotextile aux interfaces (remblais / fondation – remblais / drain)
- Protection érosion externe
 - ▷ Enrochement bétonné
- Dissipateur d'énergie en pied de talus aval
 - ▷ Longueur 6m
 - ▷ Profondeur 1m

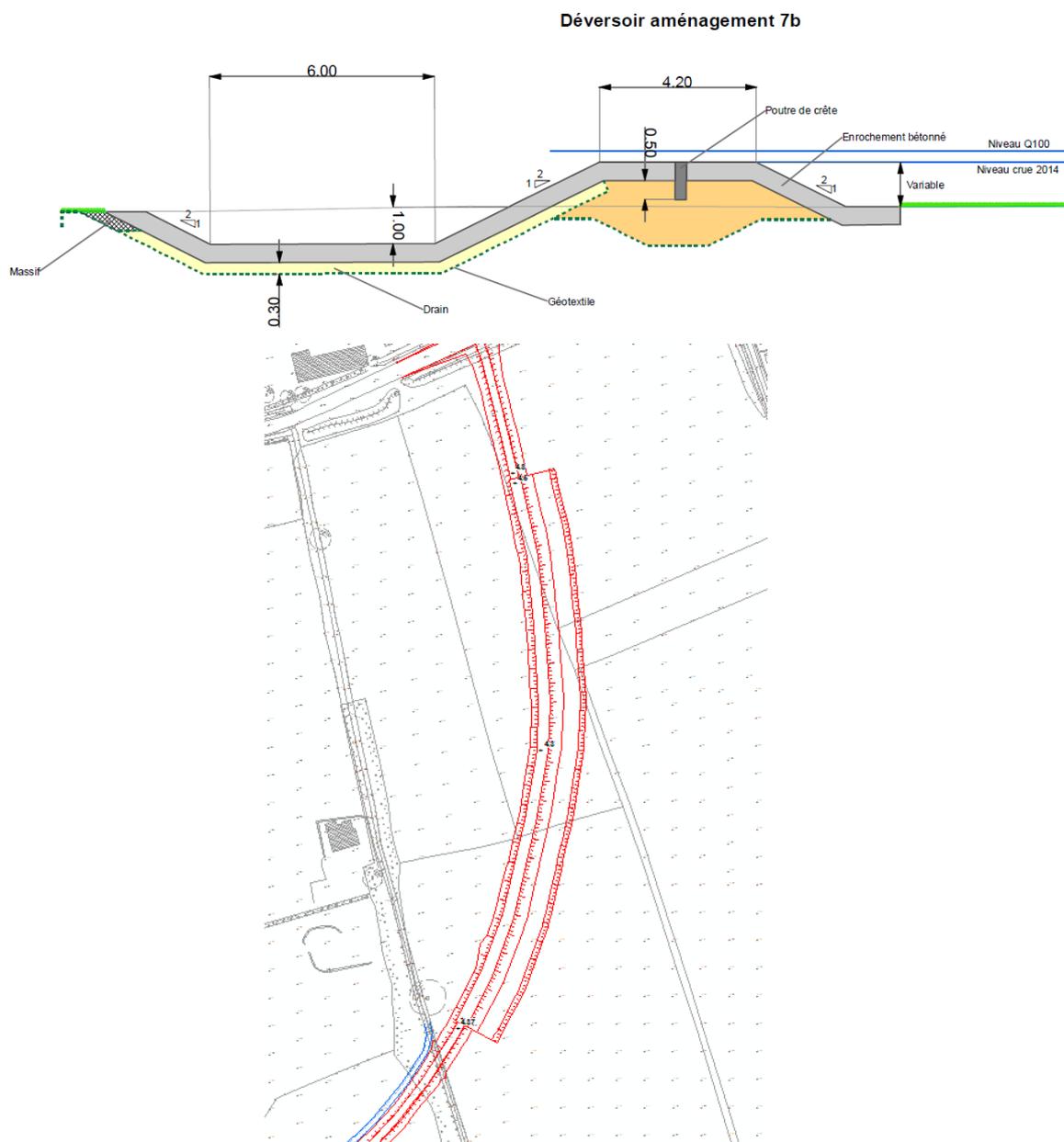
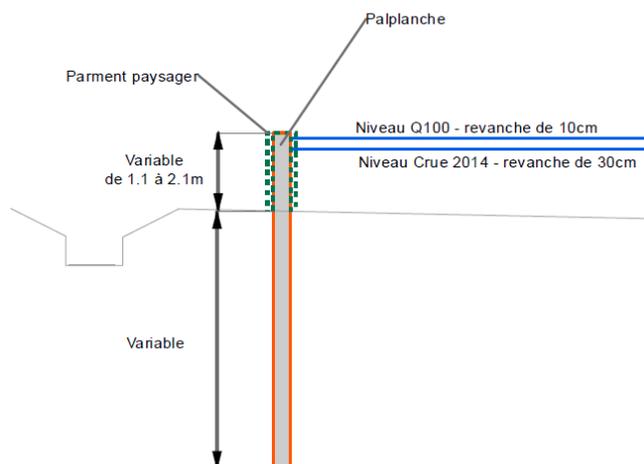


Figure 5-13: Déversoir de la digue du bastidon

Partie aval : aménagement 6b

- Objectif : Protection crue type janvier 2014
- Digue en palplanche
- Longueur : 470 m
- Géométrie
 - Hauteur : variable de 1,10m à 1,85m
 - niveau de la crête de digue : variable de 3,20 mNGF à 2,40 mNGF (soit PHE 2014 +30 cm)
- Stabilité
 - Fiche de la palplanche : 5m
- Niveau de protection
 - Revanche minimale : 30cm pour Q2014, 10cm pour Q100
 - Charge maximale : 1.55m pour Q2014, 1.73 m pour Q100
- Equipement :
 - Intégration paysagère
 - 2 batardeaux : 4.5m de large



La fourniture des batardeaux sera soumise à la garantie constructrice quant à la résistance de l'ouvrage pour une hauteur d'eau correspondant à la hauteur du batardeau et à une vitesse d'écoulement de 2m/s

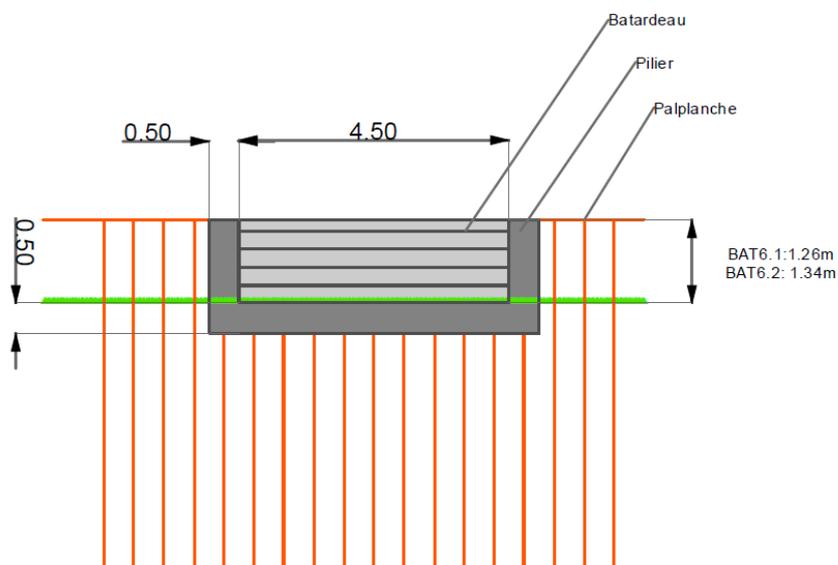




Figure 5-14: Vue en plan de la digue est de la plaine du Bastidon



Figure 5-15: Vue en long de la digue est de

la plaine du Bastidon

5.2.4 Prescriptions communes à toutes les digues en terre du système

Des dispositions particulières seront à prendre afin d'assurer la stabilité des digues en terre :

- Modalité de mise en œuvre :
 - Réduire la blocométrie à 100mm par criblage. Ce critère est à corrélérer à la perméabilité des sols recherchés dans le corps de digue.
 - Augmenter la teneur en eau des matériaux si nécessaire afin de revenir à un contexte hydrique moyen (m) et d'assurer un compactage conforme aux objectifs.
 - - objectifs de densification $q_4 \geq 95\%$ OPN.
 - - épaisseur de matériaux conforme aux prescriptions du GTR.
 - - contrôle de mise en œuvre densification q_4 .
 - - On pourra envisager
 - ▷ contrôle au gamma densimètre pour les granulométries majoritairement inférieures à 30mm,
 - ▷ contrôle par essai à la plaque dont les valeurs de réception sont à définir sur la base d'une planche d'essai,
 - ▷ contrôle au pénétrodensitographe lourd en respectant les critères de densité liés à la classe GTR utilisée.

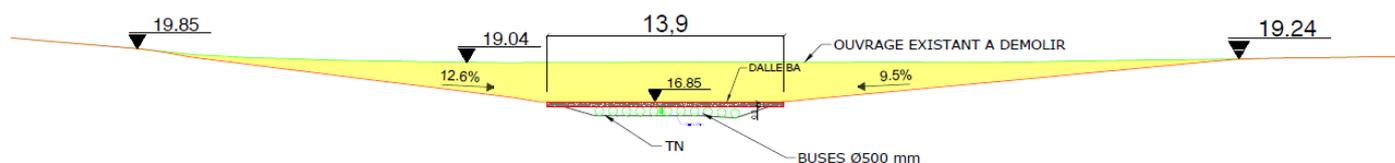
5.2.5 Description des autres aménagements

5.2.5.1 Aménagement 15 : Gué du pin de la commune

Rétablir un véritable gué au fil de l'eau afin d'éviter la formation d'embâcle. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- Largeur du gué : 9 ml
- Longueur : 13.9 ml
- Ouvrage béton
- Cote supérieure : 16.85NGF
- Rétablissement des écoulements : 11 buses diam 500
- Pente de voirie pour accès au gué : 12.6% en rive gauche ; 9.5% en rive droite

OUVRAGE PASSAGE A GUE

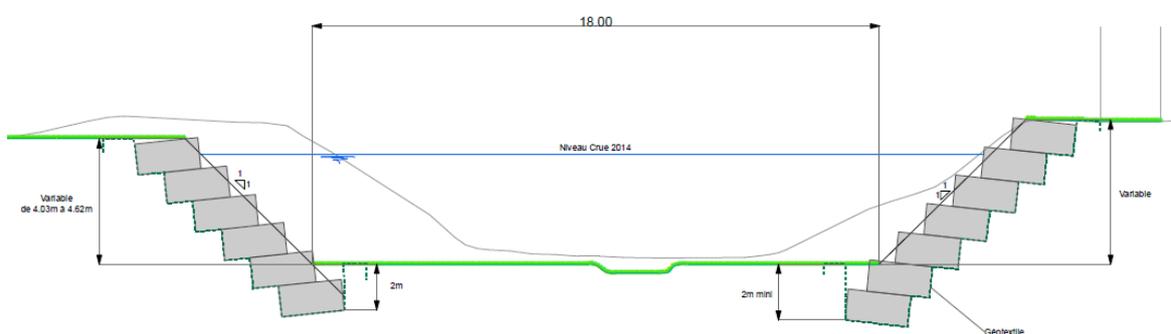


5.2.5.2 Aménagement 14 : Tronçon : RD98 – Pont de la cave coopérative

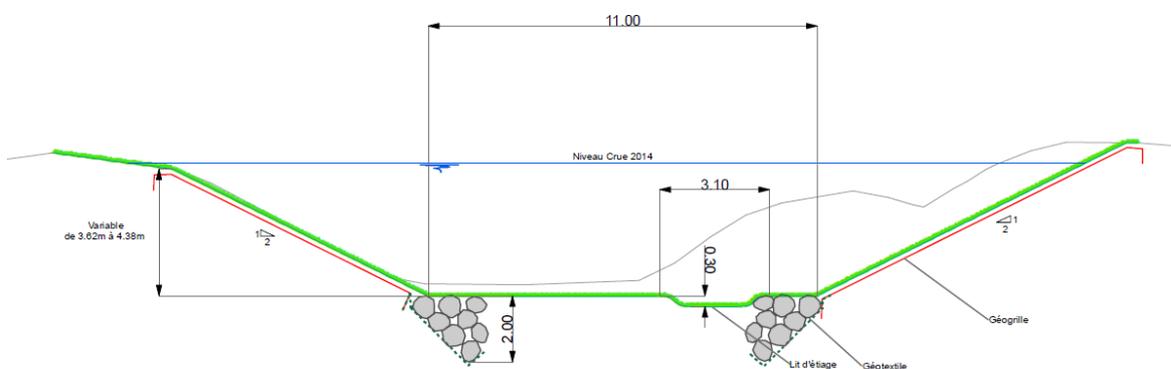
Ce tronçon de cours d'eau est recalibré pour abaisser la ligne d'eau en crue :

Les caractéristiques de cet aménagement sont les suivantes :

- Partie amont
 - Longueur : 300 ml
 - Berge en gabion
 - Hauteur : variable de 4.03m à 4.62m
 - Pente de talus : 1/1
 - Largeur en fond : 18m
 - Equipement : raccordement réseau EP
 - Parafouille gabion : 2m



- Partie aval
 - Longueur : 400 ml
 - Berge naturelle protection géogrille
 - Hauteur : variable de 3.62m à 4.38m
 - Pente de talus : 2/1
 - Largeur en fond : 11m
 - Equipement : raccordement réseau EP / déplacement réseau EU RG
 - Parafouille en enrochement 40 – 300kg : 2m



- Lit d'étiage
 - Débit (module) : 311l/s

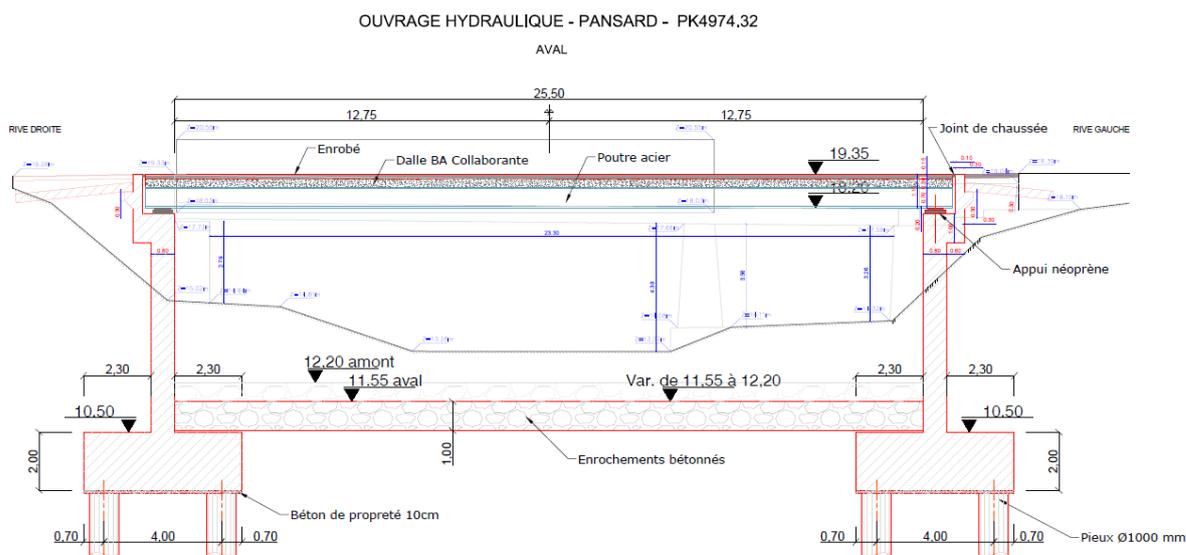
- Pente : 0.4%
- Berge naturelle
- Hauteur : 30cm
- Largeur : 1.3-3.1m

5.2.5.3 Aménagement 13 : Pont de la cave coopérative :

En ce qui concerne le pont de la cave coopérative, le lit mineur chute de 2 mètres au droit du pont. Sa reprise complète s'accompagne d'une baisse du radier actuel, afin d'augmenter fortement la section du pont sans modifier sa largeur. Une pente de mise en vitesse est installée à l'amont pour améliorer la débitance de l'ouvrage.

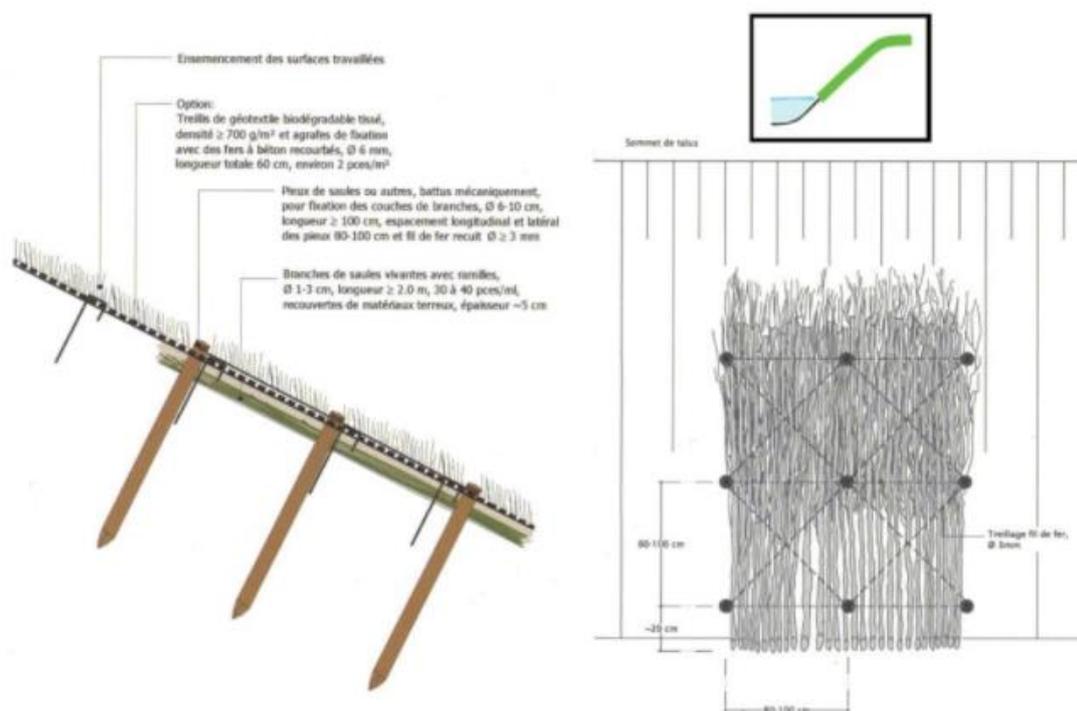
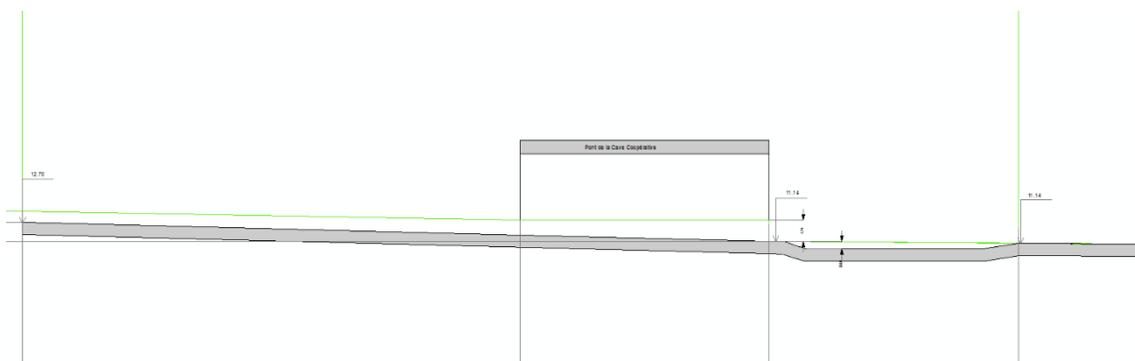


- Longueur : 21 ml
- Largeur de l'ouverture : 25.5m
- Ouvrage sur pieux
- Fil d'eau amont 11.66NGF
- Fil d'eau aval : 11.14NGF



- Rampe de mise en vitesse en amont de l'ouvrage (pente 2.6%) sur 40m

- Protection des berges et du fond en enrochement sur 30m à l'aval et 40m à l'amont
- Fosse de dissipation en aval (60cm de profondeur) sur 20m
- Protection des berges par techniques végétales (Couche de branche à rejets) sur 100 supplémentaires en amont et en aval



5.2.5.4 Aménagement 12 : Restauration des habitats à Barbeaux

Les inventaires « faune flore » ont relevé 3 habitats à Barbeau méridionaux sur l'emprise du projet :

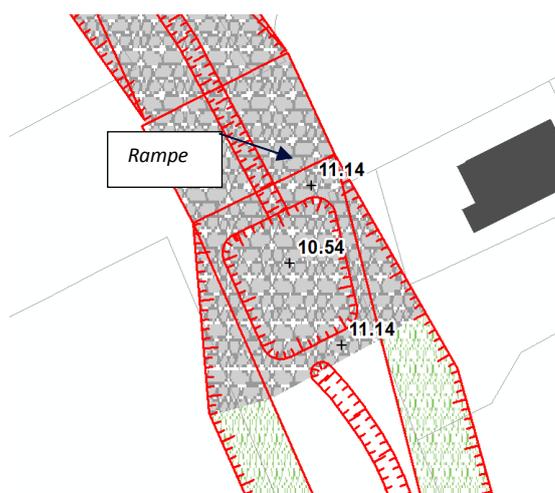
- Sur le tronçon Amont RD98
- En aval immédiat du pont de la cave coopérative
- En aval du pont Ducournau

La restauration de ces habitats consiste à créer des vasques (60cm inférieur au fil d'eau du cours d'eau et 30cm inférieur au niveau du fil d'eau du chenal d'étiage) pour permettre le maintien de

la vie aquatique en période d'étiage. Au moins une berge de chacune des vasques est réalisée en enrochement non liaisonné pour la création de caches.



Restauration de l'habitat à Barbeau secteur amont RD98



Restauration de l'habitat à Barbeau en aval du pont de la cave coopérative

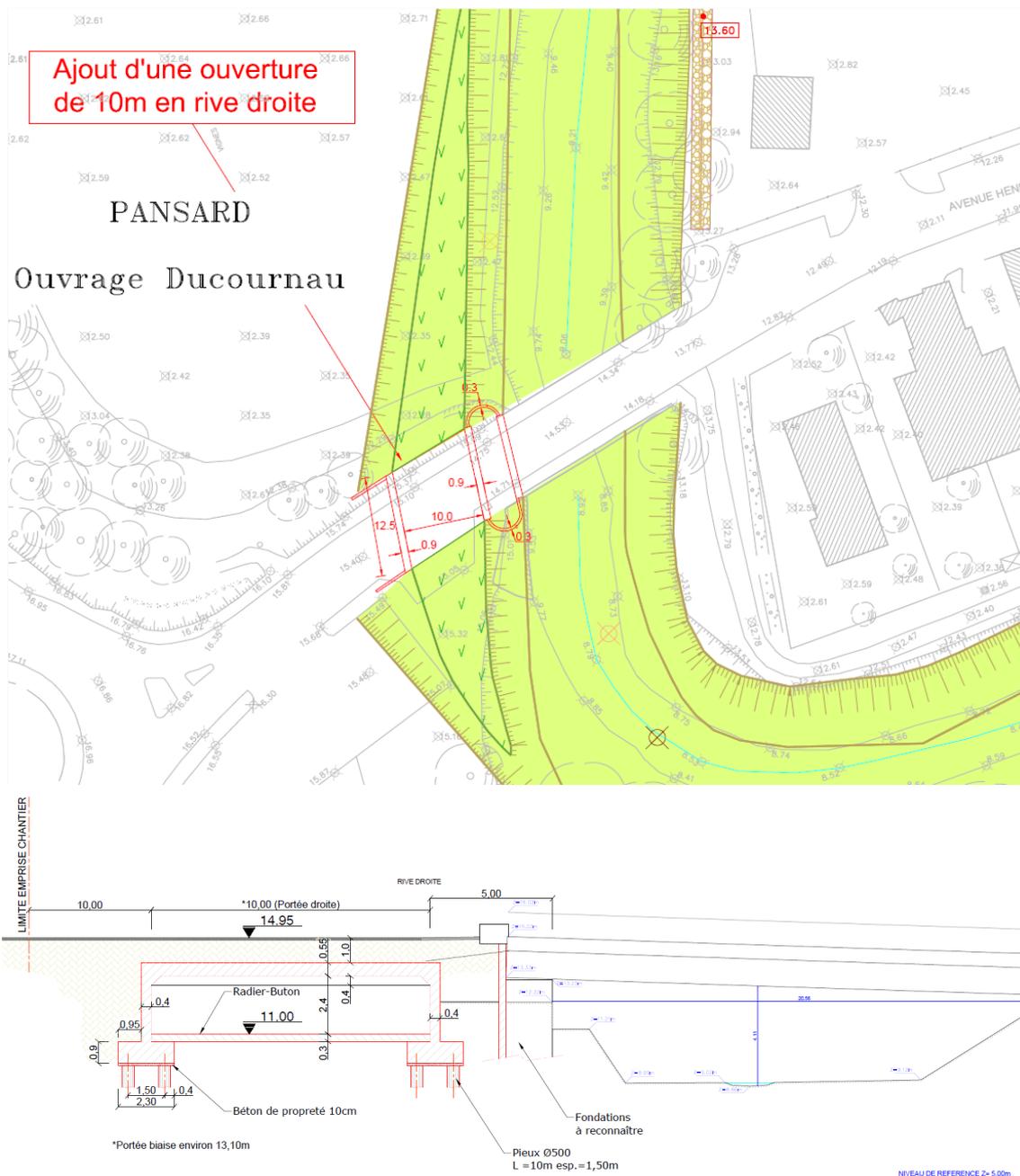


Restauration de l'habitat à Barbeau en aval du pont Ducournau

5.2.5.5 Aménagement 11 : Pont Ducournau

Augmenter la capacité du pont Ducournau en agrandissant la section d'écoulement.

- Longueur : 15 ml
- Largeur de l'ouverture : 10m
- Ouvrage sur pieux
- Fil d'eau 11.00NGF
- Protection de la berge rive droite 65m en amont et 150m en aval par protection végétale (Couches de branches à rejets)

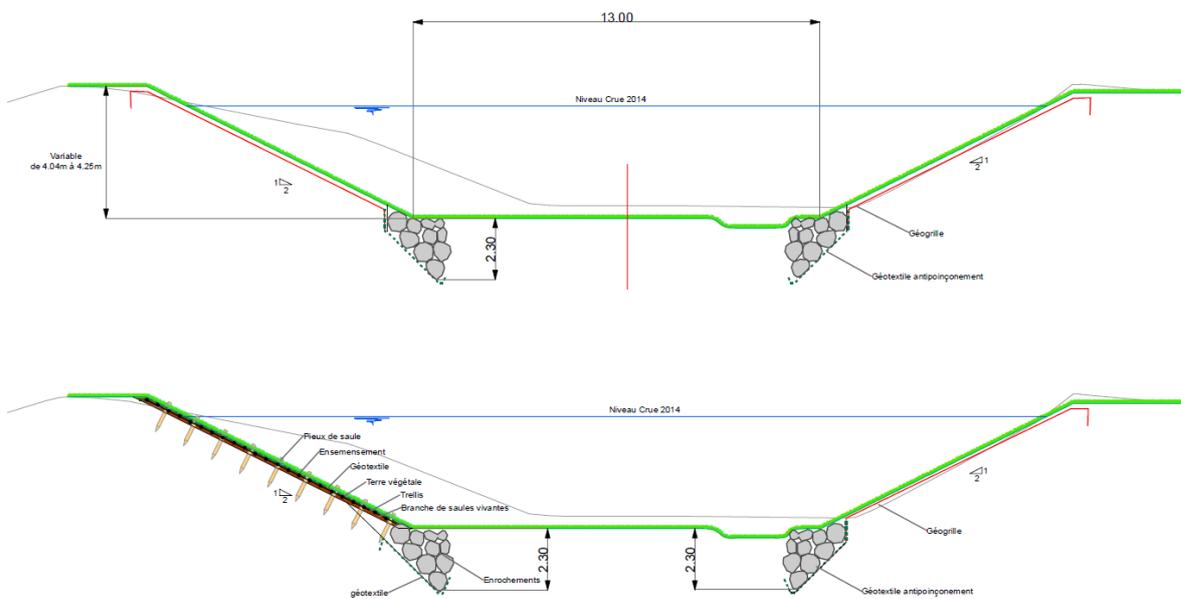


5.2.5.6 Aménagement 10 : Tronçon Pont Ducournau – Déversoir

Les aménagements retenus consistent en un recalibrage d'une largeur de 13m en rive droite nécessaire pour empêcher les débordements du Pansard.

- Longueur : 1150 ml
- Berge naturelle protection géo grille
- Hauteur : variable de 4.04m à 4.25m
- Pente de talus : 2/1
- Largeur en fond : 13m
- Protection de berge dans l'extrados de virages (400m en rive gauche et 200m en rive droite)

- Parafouille en enrochement 40 – 300kg : 2.2m
- Lit d'étiage
 - Débit (module) : 311l/s
 - Pente : 0.4%
 - Berge naturelle
 - Hauteur : 30cm
 - Largeur : 1.3-3.1m

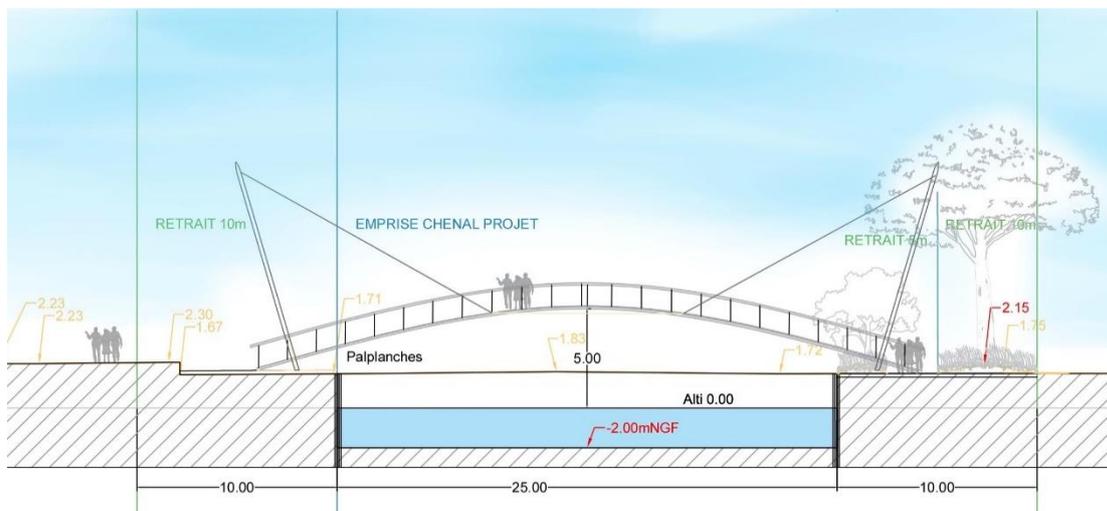


5.2.5.7 Aménagement 3 : Passerelle piétonne sur le chenal du port

L'objectif de cette passerelle est de permettre le franchissement du chenal du port par les piétons

Les caractéristiques de l'ouvrage projeté sont les suivantes :

- Type : passerelle piétonne
- Portée : 25m
- Largeur : environ 4m

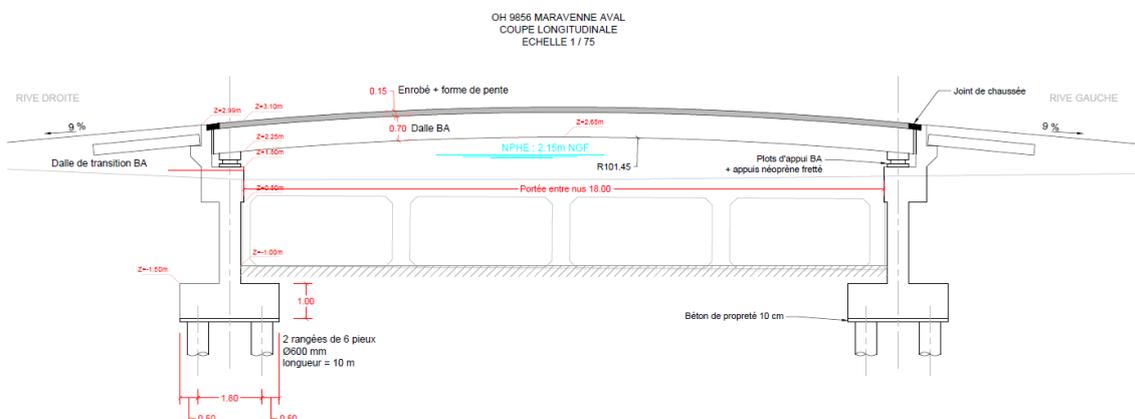
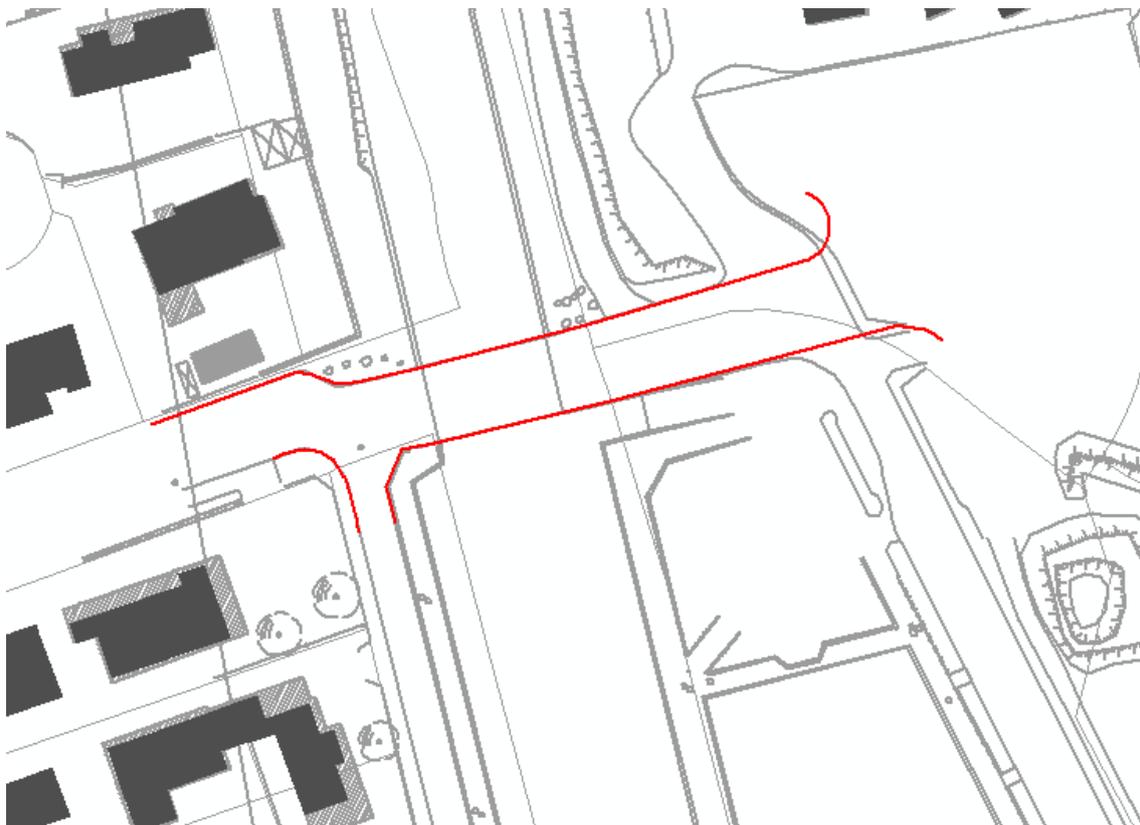


5.2.5.8 Aménagement 2 : Pont du port

L'objectif de la réfection de cet ouvrage est d'augmenter le tirant d'air sous l'ouvrage afin de limiter le risque d'embâcle (observé lors des crues de 2014)

Les caractéristiques de l'ouvrage projeté sont les suivantes :

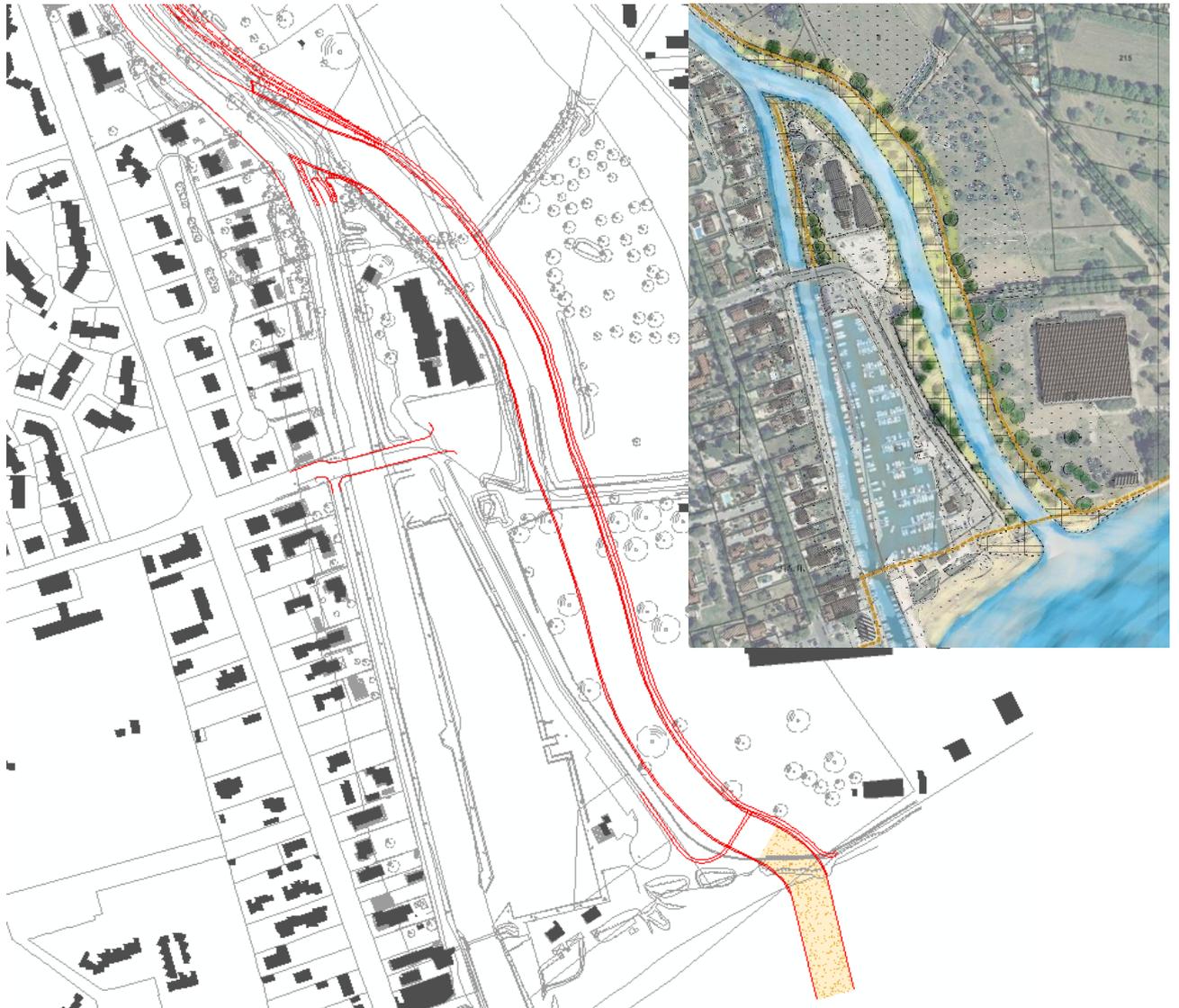
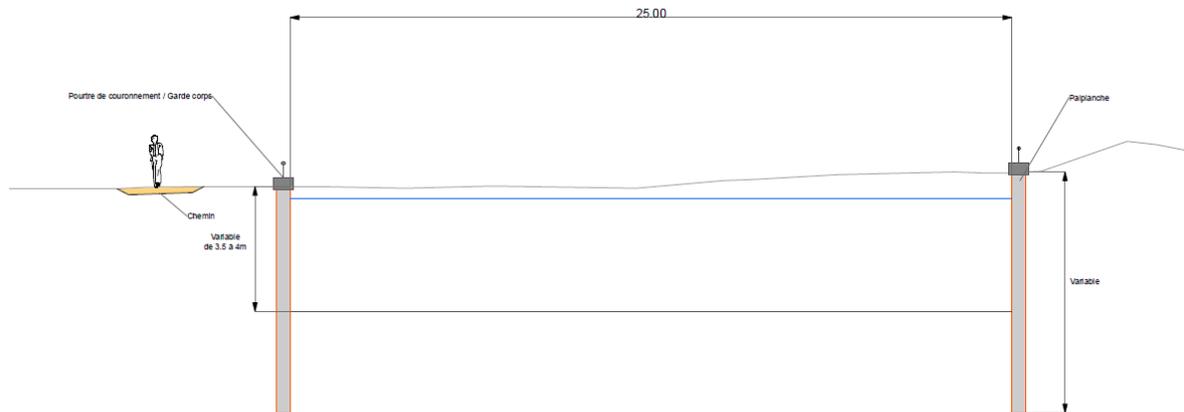
- Longueur : 18 ml
- Largeur : 11m
- Cote tablier 3.5mNGF
- Ouvrage sur pieux



5.2.5.9 Aménagement 1 : Canal du Port

En parallèle du port du Maravenne, un bras de délestage est prévu en rive gauche sur le terrain non urbanisé. Les caractéristiques de l'ouvrage projeté sont les suivantes :

- Longueur : 630 ml
- Berge en palplanche
- Largeur du canal : 25m
- Fil d'eau : -0.8mNGF à l'amont à -2mNGF à l'aval
- Un curage régulier de cet ouvrage ainsi que de son débouché en mer est à prévoir (au minimum une fois par an et après chaque crue significative).



5.2.6 Les accès aux digues

Le gestionnaire est pleinement responsable de la sécurité de son ouvrage et doit, à ce titre, en assurer la maintenance.

La régularité et la qualité de l'entretien sont les garants :

- Du maintien des ouvrages à un niveau satisfaisant de sécurité ;
- De la détection précoce des amorces de désordre, dont une réparation immédiate est généralement peu coûteuse et prévient l'apparition de désordres plus importants aux conséquences graves et dommageables.

Pour les ouvrages en terre, ceux-ci sont circulables en crête et parfois un cheminement est présent en pied de digue. Pour les ouvrages en palplanche un cheminement est présent en pied de digue. Dans le détail, le tableau suivant renseigne sur la présence et la localisation des pistes existantes et en projet :

Digues	Pied amont	Pied aval (zone protégée)	Crête
Digue RD98	Accessible	Accessible	Circulable
Digue est en terre du Bastidont	Accessible	Accessible	Circulable
Digue est en palplanche du Bastidont	Circulable	Ponctuellement accessible	
Digue ouest en terre du Bastidont	Accessible	Accessible	Circulable
Digue ouest en palplanche du Bastidont	Accessible	Circulable	
Digue du Maravenne	Circulable	Ponctuellement accessible	Accessible

Ces pistes assurent les fonctions suivantes :

- Elles permettent une circulation aisée, ce qui améliore l'efficacité de la surveillance ;
- Elles facilitent l'entretien des talus qui peut alors se faire par des moyens mécaniques ;
- En cas de brèche survenant lors d'une crue, elles permettent l'approvisionnement de matériaux (terre, enrochements) pour faire un comblement de fortune de la brèche et éviter son agrandissement.

Les chaussées de ces pistes sont dimensionnées pour supporter le trafic qu'elles auront à subir, y compris donc un trafic de camions sur un corps de digue partiellement saturé.

À noter que la localisation de la piste de service, côté lit (parement amont), n'est pas intéressante pour la surveillance en crue ou pour acheminer des matériaux en vue de travaux d'urgence, puisqu'elles sont dangereuses, lors des crues.

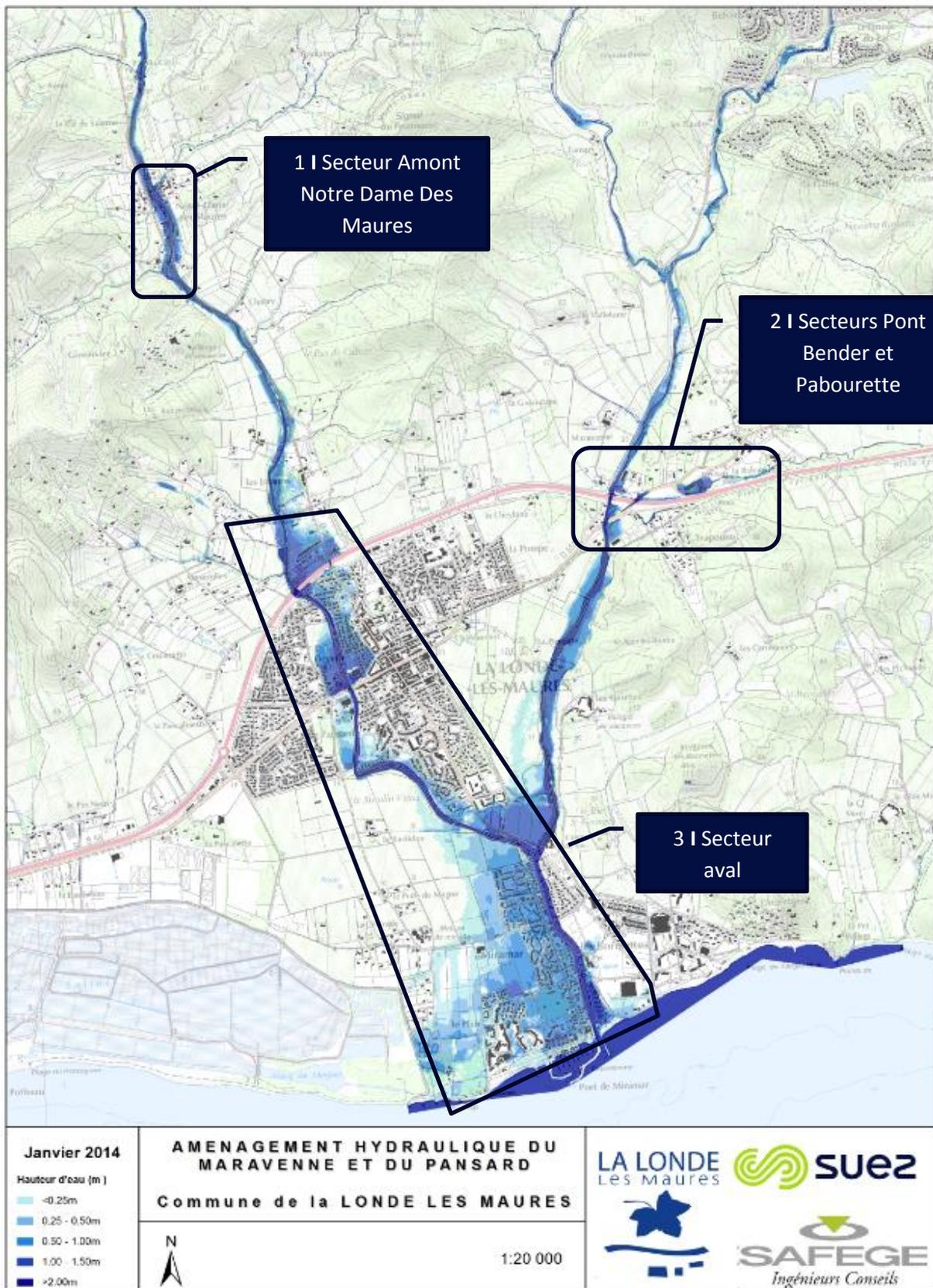
Les pistes de service sont régulièrement entretenues de façon à garantir leur viabilité. Cet entretien consiste essentiellement à combler les ornières et à maintenir un profil présentant un dévers vers l'extérieur pour faciliter l'évacuation des eaux de pluies.



5.3 Description fonctionnelle du système d'endiguement

5.3.1 Modalités de fonctionnement du programme d'aménagement

A l'échelle de la commune de La Londe Les Maures, plusieurs secteurs ont été très impactés par le phénomène de crue de janvier 2014 (cf. cartographie ci-après). Chacun des secteurs présentés est repris afin d'expliquer localement le fonctionnement du programme d'aménagement mis en place afin de lutter contre les risques de crues et d'inondation du Pansard et du Maravanne pour différentes occurrences de crues (Q10, QJanvier 2014 et Q100).



Sur le secteur aval du projet se concentrent les secteurs urbanisés sensibles au risque inondation.

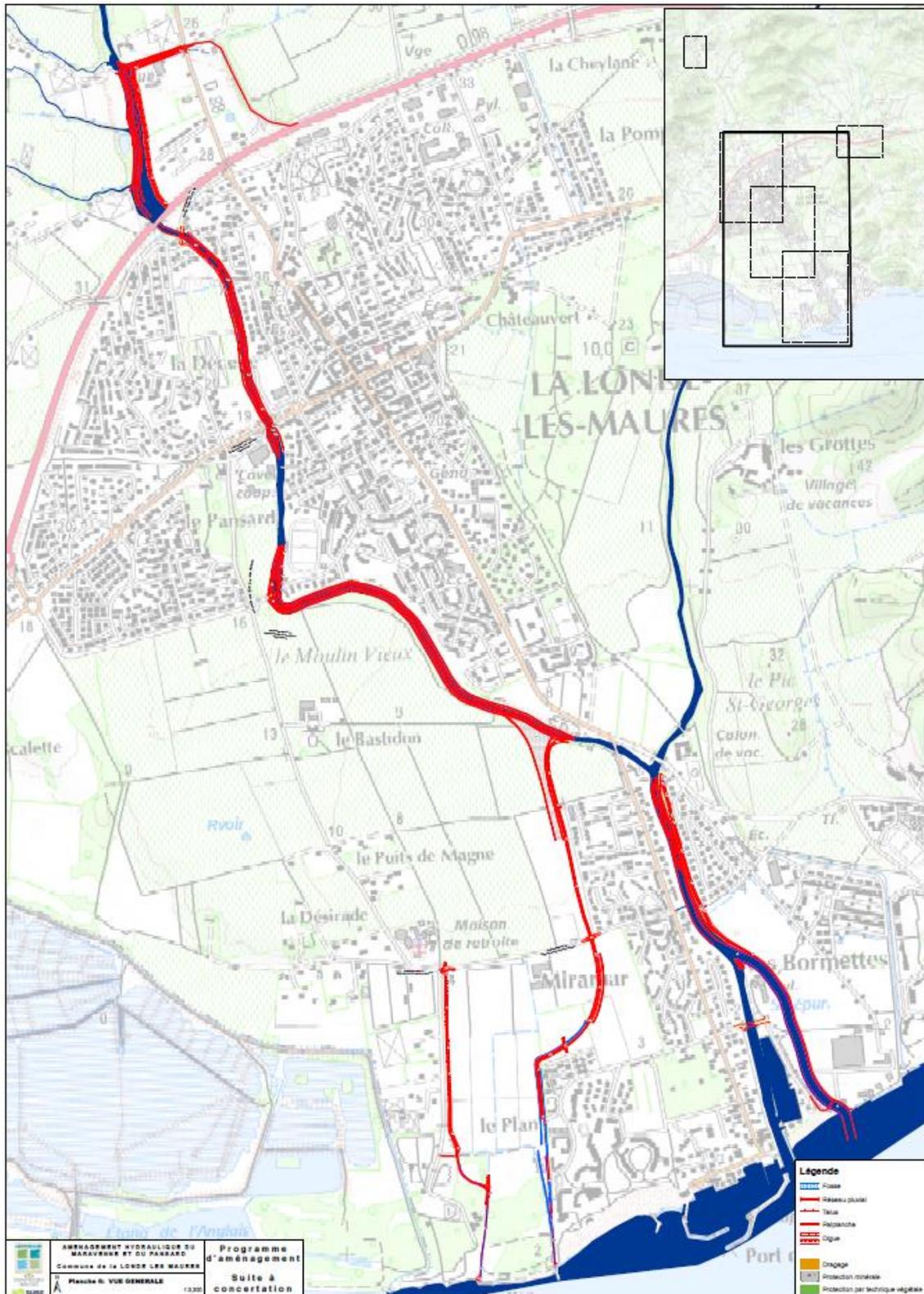
Plusieurs facteurs sont à l'origine des débordements en janvier 2014 :

- Les ponts agissent comme des verrous hydrauliques dans lesquels les embâcles s'accumulent (gué du pin de la Commune, pont Ducournau, pont de la cave coopérative et actuelle traverse des pêcheurs),
- La largeur du lit du Pansard et du Maravenne après la confluence est insuffisante (contrainte depuis des années par l'urbanisation et l'agriculture),
- Les systèmes de protection actuels sont insuffisants et ne sont pas réalisés dans les règles de l'art (rupture de merlons observée en rive droite de Pansard à l'amont de la plaine du Bastidon).

L'objectif du projet est donc la mise en place d'un programme de travaux global permettant de réduire efficacement les risques liés aux phénomènes d'inondation pour une occurrence de crues du type de janvier 2014 via la **réalisation d'aménagements cohérents et complémentaires** à l'échelle communale.

5.3.1.1 Pour les crues inférieures à la crue biennale

Pour une crue biennale aucun débordement du lit du Maravenne et du Panard ni aucun déversement sur le déversoir ne seront observés.





5.3.1.2 Pour une crue décennale (représentative des crues entre 2 et 30 ans)

Pour une crue décennale, les secteurs urbanisés ne sont pas inondés par les débordements des cours d'eau en situation projeté. **Pour cette crue, seul le déversoir du Pansard entrera en fonctionnement.**

Néanmoins, les secteurs suivants restent encore inondables (cf. cartographie ci-après) :

- en amont de la digue de la RD98 ;
- le parc de la Brulåde à la confluence Maravenne / Pansard (Espace nature sensible),
- la plaine du Bastidon (future zone d'expansion des crues).

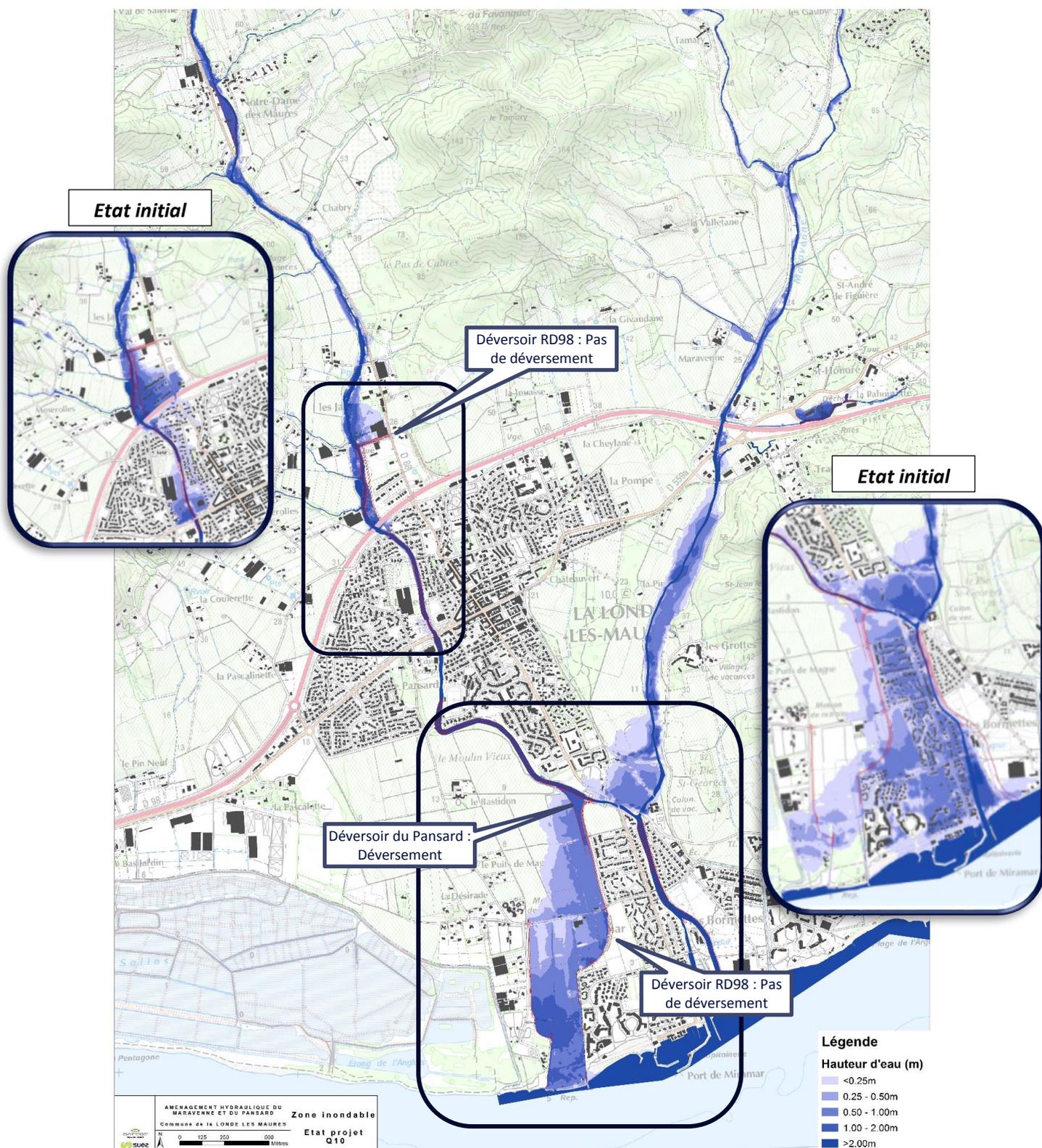


Figure 16 : Carte indiquant la zone inondable en phase aménagée pour une crue décennale



5.3.1.3 Pour une crue type janvier 2014 (crue de protection des aménagements)

Le programme d'aménagement est dimensionné pour gérer sans débordement important une crue type janvier 2014. C'est la crue de protection.

Pour cette crue, seul le déversoir du Pansard fonctionnera. Les autres déversoirs (déversoir de sécurité amont RD98 et déversoir de sécurité de la plaine du Bastidon) seront en limite de déversement.

Néanmoins quelques secteurs restent inondables (cf. cartographie ci-après) :

- Les terrains en amont de la cave coopérative,
- Les terrains rive droite en amont du pont Ducournau,
- De légers débordements en rive droite du Maravanne en aval de la confluence (hauteurs d'eau faibles et compatibles avec les vides sanitaires des maisons inondées),
- La plaine du Bastidon, utilisée comme zone d'expansion des crues.

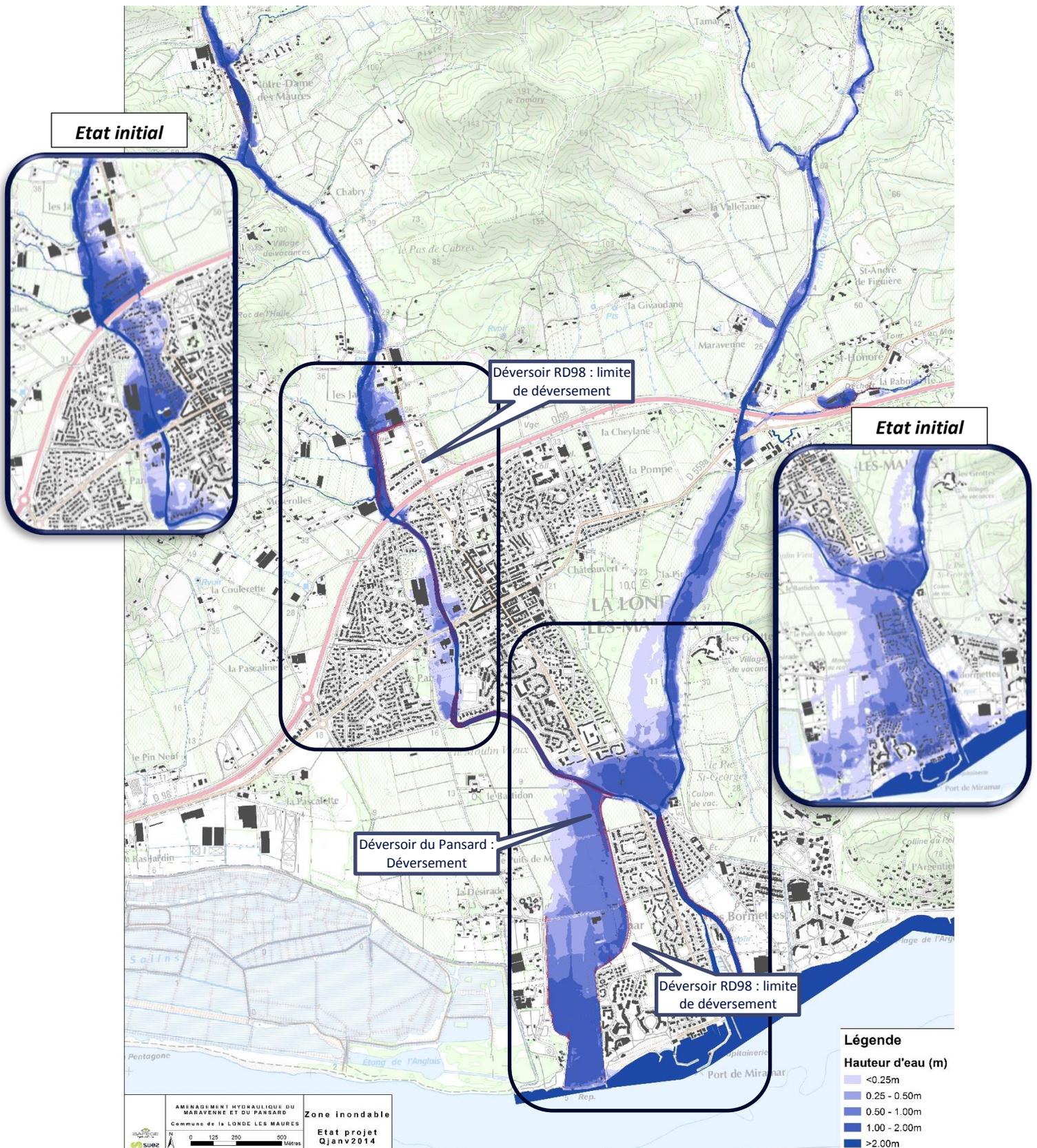


Figure 17 : Carte indiquant la zone inondable en phase aménagée pour une crue type Janvier 2014

5.3.1.4 Pour une crue centennale (crue de dimensionnement des ouvrage se sécurité)

Les niveaux d'eau engagés pour cette crue inondent les zones protégées par la surverse maîtrisée sur les déversoirs de sécurité prévus à cet effet.

Néanmoins pour cet occurrence, aucun déversement n'a lieu sur les digues et le risque de défaillance reste maîtrisé (d'après l'étude de danger réalisée dans le cadre du projet). Le système d'endiguement est conçu pour résister à cet événement.

○ En amont de la RD98

La zone protégée par la RD98 est inondée par les déversements sur la route (qui joue ici le rôle de déversoir cf. paragraphe 0).



Figure 18 : Evolution de la crue de sureté sans dysfonctionnement dans la zone protégée de la RD98

○ Secteur protégé par les digues du Bastidon

Le côté Ouest de la plaine du Bastidon n'est pas inondée pour la crue centennale (sans défaillance de la digue concernée).

Du côté Est de la plaine du Bastidon, la submersion d'une bonne partie de la zone protégée est observable (cf. cartographie ci-après). Les débordements proviennent de 2 endroits distincts :

- Le déversoir de sécurité de la digue Est : Il déverse les premières eaux dans la zone protégée 1 heure après les premières eaux dans la plaine. Le niveau d'eau maximal est atteint en 2h30. Les hauteurs maximales sont inférieures à 1 m dans les zone d'habitations.
- La rive droite du Maravenne : Quelques mètres après la confluence avec le Pansard, des débordements importants impactent une grande partie de la zone protégée ($H_{max} < 0,50$ m).

Remarque importante : La digue en rive gauche du Maravenne en aval de la confluence, confortée dans le cadre du projet, ne déverse pas.

○ Secteur Amont - Maravenne

Le Maravenne déborde en amont de la confluence avec le Pansard sur sa rive gauche, 1h30 après les premières entrées d'eau dans la plaine du Bastidon.

L'écoulement se propage jusqu'à la zone protégée de la digue du Maravenne par le nord.

La digue du Maravenne ne surverse pas car sa crête est plus haute que le terrain naturel de la rive gauche. La submersion touche principalement le quartier d'habitation à des hauteurs d'eau modérées (inférieures à 0,5 m).

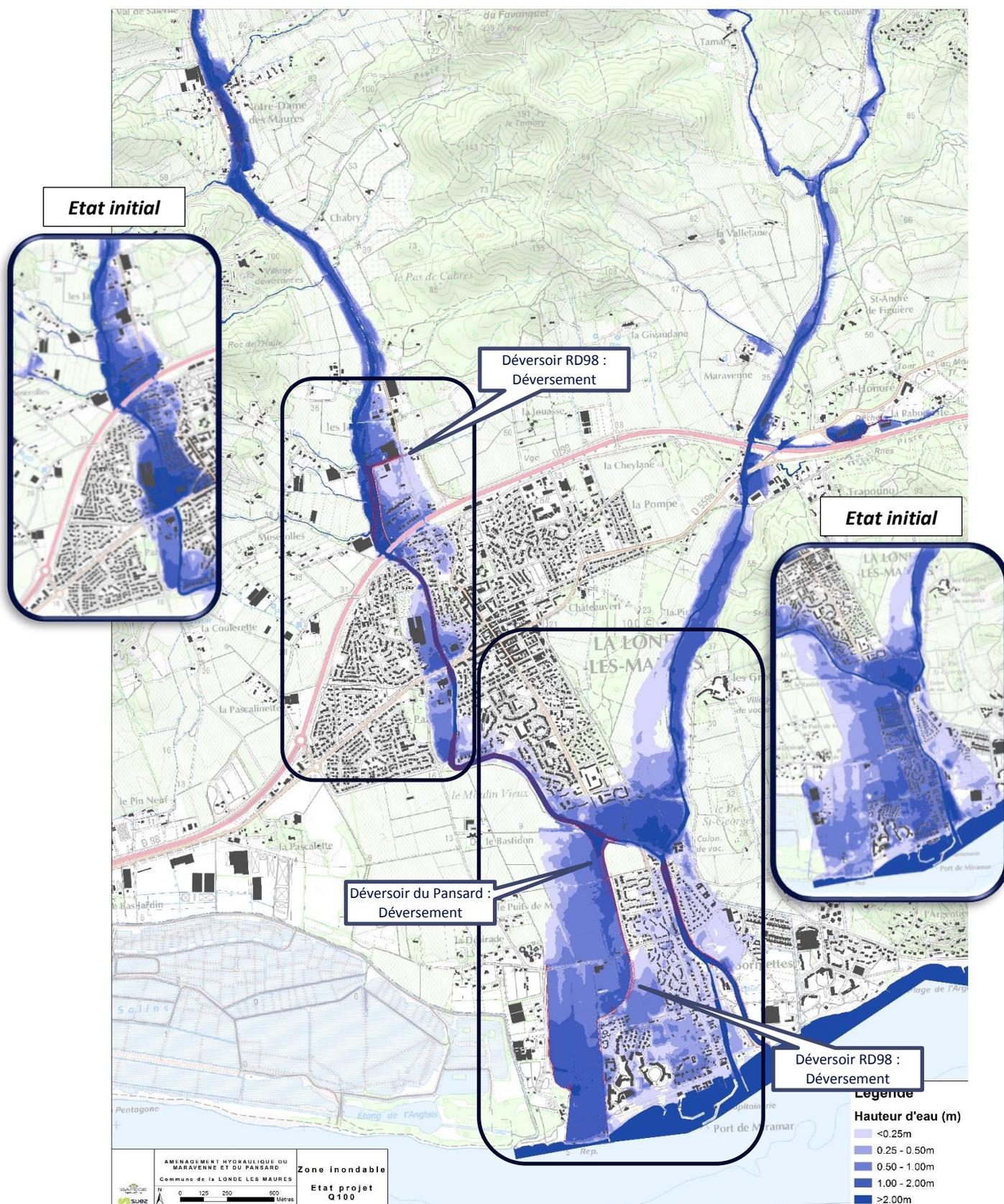


Figure 19 : Carte indiquant la zone inondable en phase aménagée pour une crue centennale