

Commune de Valras-Plage

Etudes de dangers de la protection contre les inondations de l'Orb

Version 2



Informations qualité

Contrôle qualité

Version	Date	Rédigé par	Visé par :
V0	08/07/2015	JF Geoffre	C Lescoulier
V1	01/03/2016	JF Geoffre	C Lescoulier
V2	09/11/2016	JF Geoffre	C Lescoulier

Destinataires

Envoyé à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
P Enjalbert	Syndicat Intercommunal pour l'aménagement de l'Orb entre Béziers et la mer	08/07/2015
P Enjalbert	Syndicat Intercommunal pour l'aménagement de l'Orb entre Béziers et la mer	01/03/2016
P Enjalbert	Syndicat Intercommunal pour l'aménagement de l'Orb entre Béziers et la mer	09/11/2016

Copie à :		
Nom	Organisme	Envoyé le :
Texte tableau	Texte tableau	Texte tableau

Table des matières

0.	Rubrique 0 : Résumé non technique de l'étude de danger	1
0.1	Caractéristiques des ouvrages.....	4
0.1.1	Niveau de protection des ouvrages	4
0.1.2	Zone protégée par les ouvrages	4
0.2	Evaluation des risques de défaillance	6
0.2.1	Démarche d'analyse	6
0.2.1.1	Analyse par arbre des défaillances : Evaluation de la probabilité d'occurrence	6
0.2.1.2	Arbre des événements : Evaluation de la gravité.....	6
0.2.1.3	Arbre des événements : Evaluation finale du risque : criticité = Probabilité x Gravité	6
0.2.2	Probabilité des scénarios de défaillance	6
0.2.3	Gravité des accidents potentiels.....	8
0.2.4	Criticité.....	13
0.3	Principales mesures prises pour réduire les risques	13
0.3.1	Dispositions structurelles.....	13
0.3.2	Dispositions fonctionnelles.....	13
0.3.2.1	Surveillance des ouvrages	13
0.3.2.2	Entretien des ouvrages	13
0.3.2.3	Schéma d'organisation de l'alerte et de la gestion de crise.....	14
1.	Rubrique 1 : Renseignements administratifs	15
1.1	Identification du porteur de l'étude et de ses auteurs	15
1.1.1	Porteur de l'étude	15
1.1.2	Auteur de l'étude.....	15
1.2	Propriétaire des ouvrages.....	15
1.2.1	Propriétaire des terrains d'assise de l'ouvrage.....	15
1.2.2	Propriétaire de l'ouvrage	15
1.2.3	Responsables des réseaux traversants	16
1.2.3.1	Muret anti-inondation – Rue Jean Dauga – 1 ^{ère} tranche	16
1.2.3.2	Digue de Querelles	16
1.2.3.3	Muret anti-inondation – Boulevard de la Marine – 2 ^{ème} tranche	16
1.2.3.4	Coordonnées des gestionnaires des réseaux inventoriés.....	17
1.3	Références réglementaires des ouvrages concernés.....	17
1.3.1	Références réglementaires	17

1.3.2	Documents réglementaires existant concernant le risque inondation.....	17
1.4	Caractéristiques des ouvrages hydrauliques visés à l'article R214-113 du Code de l'Environnement.....	18
1.4.1	Article R214-113 du Code de l'Environnement.....	18
1.4.2	Situation des ouvrages hydrauliques concernés par la réglementation	18
2.	Rubrique 2 : Objet de l'étude	21
2.1	Contexte dans lequel s'inscrit la demande	21
2.2	Textes législatifs et réglementaires en vigueur	22
2.3	Liste et délimitation des ouvrages concernés par l'étude.....	22
2.4	Délimitation de la zone protégée et périmètre de la zone d'étude	23
2.4.1	Zone protégée et crue de référence.....	23
2.4.2	Etude hydraulique de référence	23
2.4.3	Cartographie de la zone protégée et du périmètre d'étude.....	23
3.	Rubrique 3 : Analyse fonctionnelle de l'ouvrage et de son environnement.....	26
3.1	Description des ouvrages	26
3.1.1	Historique	26
3.1.1.1	Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – 1 ^{ère} tranche	26
3.1.1.2	Canal de crête de Sérignan-Valras.....	26
3.1.1.3	Digues de Querelles	26
3.1.1.4	Muret anti-inondation Boulevard de la Marine - 2 ^{ème} tranche	26
3.1.1.5	Station de pompage du Gourp Salat.....	26
3.1.2	Description générale	26
3.1.2.1	Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – 1 ^{ère} tranche	26
3.1.2.2	Canal de crête de Sérignan-Valras.....	31
3.1.2.3	Digue de Querelles	38
3.1.2.4	Muret anti-inondation - 2 ^{ème} tranche - Boulevard de la Marine.....	47
3.1.2.4.1	Implantation de la protection.....	47
3.1.2.4.2	Description et géométrie du mur-digue.....	47
3.1.2.4.3	Géométrie de la digue en remblai	54
3.1.2.4.4	Aménagements complémentaires	55
3.1.3	Rappel du linéaire des digues	57
3.1.4	Réseaux intégrés dans les ouvrages.....	57
3.1.4.1	Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – 1 ^{ère} tranche	57
3.1.4.2	Digue de Querelles et Canal de crête	58
3.1.4.3	Muret anti-inondation Boulevard de la Marine – 2 ^{ème} tranche	59

3.1.5	Inspection visuelle des ouvrages effectuée par Egis Eau en Mai 2015	62
3.1.5.1	Synthèse de l'inspection visuelle – 1 ^{er} Mur anti-inondation SOGREAH	64
3.1.5.2	Synthèse de l'inspection visuelle – Dignes de Querelles.....	65
3.2	Description de l'environnement de l'ouvrage	68
3.2.1	Présentation du bassin versant	68
3.2.2	Climatologie	74
3.2.2.1	Climat régional	74
3.2.2.2	Climat local.....	74
3.2.3	Environnement géologique	75
3.2.3.1	A l'échelle du bassin versant	75
3.2.3.2	A l'échelle locale	77
3.2.4	Hydromorphologie de l'Orb et dysfonctionnement notable	78
3.2.5	Environnement hydrogéologique	79
3.2.5.1	Aquifère et masses d'eau	79
3.2.5.2	Hydrogéologie et vulnérabilité	80
3.2.5.3	Usages liés aux eaux souterraines	82
3.2.6	Environnement hydrologique	84
3.2.6.1	Régime hydrologique	84
3.2.6.2	Crues historiques sur le bassin versant et conséquences	85
3.2.7	Environnement hydraulique	87
3.2.7.1	Dignes du bassin versant – Ouvrage de protection contre les crues	87
3.2.7.2	Barrages et seuils du bassin versant	88
3.2.8	Environnement humain et économique	88
3.2.8.1	Enjeux humains	88
3.2.8.2	Enjeux économiques	91
4.	Rubrique 4 : Présentation de la politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité	92
4.1	Rappel des responsables des ouvrages d'endiguement faisant l'objet de l'étude de dangers	92
4.2	Politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité (SGS)	93
4.2.1	Prescriptions réglementaires	93
4.2.2	Information préventive	95
4.2.3	Organisation efficace	98
4.2.3.1	Pilotage du système de sécurité	98
4.2.3.2	Système de Gestion de la Sécurité (SGS).....	98
4.2.3.3.1	Surveillance et entretien périodique des ouvrages en dehors des périodes crue	100

4.2.3.3.2	Surveillance et entretien des ouvrages connexes en dehors des périodes crue	101
4.2.3.3	Surveillance visuelle en période de crue	102
4.2.3.4	Mesures de surveillance et d'entretien après un évènement pluvieux de forte intensité	102
4.2.3.5	Programmation des visites par le Maitre d'ouvrage	102
4.2.3.5.1	Vigilance	102
4.2.3.6	Nature des visites	103
4.2.3.6.1	Visites périodiques de contrôle	103
4.2.3.6.2	Visites sur dépassement de seuils d'alerte	103
4.2.3.6.3	Visites post-crue	104
4.2.3.6.4	Entretien de la végétation aux abords immédiats de l'ouvrage	104
4.2.3.7	Contrôle du système de Gestion de Sécurité (SGS)	104
5.	Rubrique 5 : Identification et caractérisation des potentiels de danger	105
5.1	Les différents mécanismes de rupture de digue en terre	110
5.1.1	Surverse sans rupture.....	110
5.1.2	Rupture par surverse	110
5.1.2.1	Description du phénomène	110
5.1.2.2	Facteurs de sensibilité	111
5.1.3	Rupture par érosion externe.....	111
5.1.3.1	Description du phénomène	111
5.1.3.2	Facteurs de sensibilité	112
5.1.4	Rupture par érosion interne	112
5.1.4.1	Description du phénomène	112
5.1.4.2	Facteurs de sensibilité	114
5.2	Mécanisme de rupture des murets béton.....	114
5.2.1	Rupture de muret par basculement	114
5.1.2	Rupture de muret accidentelle	114
5.2	Diagnostic hydraulique des digues	115
5.3	Diagnostic géotechnique des ouvrages de protection	122
5.4.1	Digue de Querelles	122
5.4.1.1	Etude de faisabilité géotechnique GEOTECH 2002.....	122
5.4.1.2	Contrôle géotechnique d'exécution phase 1 - CAZAL.....	126
5.4.1.3	Contrôle géotechnique extérieur I-Terre 2010 phase 1.....	126
5.4.1.4	Contrôle géotechnique CAZAL/FONDASOL après travaux phase 1 - printemps 2010.....	129
5.4.1.5	Contrôle géotechnique phase 2 - Mars 2014 - BUESA.....	129
5.4.1.6	Contrôle géotechnique supplémentaire phase 2 - Eté 2014 FONDASOL/BUESA	132
5.4.2	Muret anti-houle – Boulevard Jean Dauga (Tranche 1)	136
5.4.3	Muret anti-houle (Tranche 2)	136

	5.4.3.1	Données géotechniques	136
	5.4.3.2	Stabilité du mur digue	136
	5.4.3.2.1	Contraintes mécaniques	136
	5.4.3.2.2	Coefficient de sécurité	137
	5.4.3.2.3	Résultats dimensionnels	138
6.		Rubrique 6 : Caractérisation des aléas naturels	140
	6.1	L'inondation et submersion marine	140
		6.1.1 Scénarios	140
		6.1.2 Régime hydrologique	143
		6.1.3 Crues historiques	144
		6.1.4 Conditions d'inondabilité en l'état	145
	6.2	Mouvements de terrain.....	148
	6.3	Coulée de boue	148
	6.4	Séismes	148
		6.4.1 Définition	148
		6.4.2 Conséquences	149
	6.5	Rupture de barrages.....	149
	6.6	Evolutions morphologiques du lit entre Béziers et la mer	150
	6.7	Erosions de berges.....	150
		6.7.1 Digue de Querelles	150
		6.7.2 Murets anti-inondation	150
7.		Rubrique 7 : Etude accidentologique et retour d'expérience	151
	7.1	Etude accidentologique	151
	7.2	Historique des crues de l'Orb.....	152
	7.3	Retour d'expérience des désordres observés sur la digue de la plaine Saint Pierre à Béziers	154
	7.4	Conclusions sur le retour d'expérience	158
	7.5	Actions à mener (les remèdes).....	158
8.		Rubrique 8 : Identification et caractérisation des risques en termes de probabilité d'occurrence, d'intensité et de cinétique des effets, et de gravité des conséquences.....	160
	8.1	Description et principes de la méthode utilisée	160
		8.1.1 Méthode dite « en nœud papillon ».....	161
		8.1.1.1 Principe.....	161
		8.1.1.2 Déroulement	162
		8.1.1.2.1 Analyse par arbre des défaillances : Evaluation de la probabilité d'occurrence	162
		8.1.1.2.2 Arbre des événements : Evaluation de la gravité.....	162

8.1.1.2.3	Arbre des événements : Evaluation finale du risque : criticité = Probabilité x Gravité	162
8.1.1.3	Mise en œuvre	162
8.1.1.3.1	Réalisation d'un arbre des défaillances	162
8.1.1.3.2	Analyse par arbre des événements	163
8.1.1.3.3	Classement des scénarios par criticité	163
8.1.1.4	Définition des critères utilisés.....	164
8.1.1.4.1	Caractérisation des scénarios de défaillance, critère : probabilité d'occurrence	164
8.1.1.4.2	Evaluation de la gravité, critères : intensité, cinétique et enjeux.....	165
8.1.1.4.3	Evaluation de la criticité, critères : probabilité, gravité mais aussi de la défaillance.....	166
8.2	Analyse des défaillances	168
8.2.1	Identification des défaillances.....	168
8.2.2	Probabilités d'occurrence des scénarios de défaillance	169
8.2.2.1	Scénario de défaillance 1 : surverse des ouvrages sans rupture.....	169
8.2.2.2	Scénario de défaillance 2 : surverse des ouvrages avec rupture de la digue de Querelles	172
8.2.2.3	Scénario de défaillance 3 et 4 : Rupture de la digue de Querelles par érosion interne (renard hydraulique).....	174
8.2.2.4	Synthèse des scénarios de défaillance	177
8.3	Analyse de la gravité par arbre des événements.....	178
8.3.1	Hypothèses de modélisation	178
8.3.1.1	Préambule.....	178
8.3.1.2	Scénarios modélisés	179
8.3.2	Modélisation : Résultats en terme d'intensité et de cinétique	180
8.3.2.1	Méthodologie.....	180
8.3.2.2	Construction du modèle.....	181
8.3.2.2.1	Maillage du modèle 2D	181
8.3.2.2.2	Données topographiques.....	182
8.3.2.2.3	Conditions aux limites du modèle	183
8.3.2.3	Scénario 1 : surverse des ouvrages de protection pour une crue exceptionnelle	183
8.3.2.3.1	Description des modalités de remplissage du casier dans le cas de la submersion.....	184
8.3.2.4	Scénario 2 : surverse des ouvrages de protection et rupture de la digue de Querelles pour une crue exceptionnelle	192
8.3.2.4.1	Description des modalités de remplissage du casier dans le cas de la submersion.....	194
8.3.2.5	Scénarios 3 et 4 : Rupture de la digue de Querelles par érosion interne (renard)	203
8.3.2.5.1	Localisation des scénarios modélisés	203

	8.3.2.5.2	Charge hydraulique au droit de l'ouvrage.....	205
	8.3.2.5.3	Géométrie des brèches	205
	8.3.2.5.4	Description des conditions de remplissage du casier – Brèche 1	206
	8.3.2.5.5	Description des conditions de remplissage du casier – Brèche 2.....	214
	8.3.3	Evaluation de la gravité des scénarios modélisés.....	224
	8.3.3.1	Grille d'évaluation de la gravité.....	224
8.4		Criticité des scénarios de défaillance potentiels.....	225
	8.4.1	Définition de la criticité	225
	8.4.2	Résultats.....	225
9.		Rubrique 9 : Etude de réduction des risques.....	226
	9.1	Dispositions structurelles.....	226
	9.2	Dispositions fonctionnelles	226
	9.2.1	Surveillance des ouvrages	227
	9.2.2	Entretien des ouvrages	227
	9.2.3	Schéma d'organisation de l'alerte et de la gestion de crise	227
	9.2.4	Mesures pour limiter les conséquences du risque de rupture	228
10.		Rubrique 10 : Cartographie.....	229
	10.1	Cartographie d'inspection visuelle	229

Liste des annexes

Annexe 1 : Résultats géotechniques

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des ouvrages de protection.....	3
Figure 2 : Etendue de la zone protégée par les ouvrages de protection contre les crues sur la commune.....	5
Figure 3 : Scénario de défaillance n° 1 - Carte des hauteurs d'eau maximales en crue exceptionnelle.....	9
Figure 4 : Scénario de défaillance n° 2 : Carte des hauteurs d'eau maximales en crue exceptionnelle avec rupture de la digue de Querelles	10
Figure 5 : Scénario de défaillance n° 3 - Carte des hauteurs d'eau maximales (Brèche 1).....	11
Figure 6 : Scénario de défaillance n° 4 - Carte des hauteurs d'eau maximales (Brèche 2).....	12
Figure 7 : Localisation des ouvrages de protection concernés par l'étude danger	20
Figure 8 : Etendue de la zone protégée par les ouvrages existants et futurs – (Source de la carte : EGIS EAU)	25
Figure 9 : Coupe type du muret anti-inondation – 1 ^{ère} tranche – Rue Jean Dauga	28
Figure 10 : Equipements du muret anti-inondation – 1 ^{ère} tranche – Rue Jean Dauga	29
Figure 11 : Profil en long du muret anti-inondation – 1 ^{ère} tranche – Rue Jean Dauga.....	30
Figure 12 : Fonctionnement hydraulique du canal de crête de Sérignan (Source : BCEOM).....	32
Figure 13 : Coupe type canal de crête + endiguement proche du rond-point RD64.....	33
Figure 14 : Canal de crête proche du rond-point de la RD64	34
Figure 15 : Fonctionnement hydraulique de la digue des Querelles	39
Figure 16 : Localisation des coupes types des digues présentées dans l'étude.....	41
Figure 17 : Coupe type 1 – Digue des Querelles proche de l'ouvrage de débouché vers l'Orb (Source : EXE BUESA 2014).....	42
Figure 18 : Coupe type 2 – Digue de Querelles (Source : EXE BUESA 2014).....	43
Figure 19 : Coupe type 3 – Digue des Querelles à proximité de Jasse Neuve (Source : EXE CAZAL 2011)	44
Figure 20 : Profil en long de la digue de Querelles.....	45
Figure 21 : Implantation du projet	49
Figure 22 : Plan masse du projet (1/2)	50
Figure 23 : Plan masse du projet (2/2)	51
Figure 24 : Muret de protection - 2 ^{ème} tranche - Boulevard de la Marine.....	52
Figure 25 : Muret de protection - 2 ^{ème} tranche - Boulevard de la Marine.....	53
Figure 26 : Coupe-type de la digue amont.....	54
Figure 27 : Coupe du Gourp Salat	56
Figure 28 : Conduite AEP proche du batardeau et du port de plaisance en amont du mur.....	57
Figure 29 : Plan des réseaux (1/2)	60

Figure 30 : Plan des réseaux (2/2)	61
Figure 31 : Exemple de fiche tronçon lors de l'inspection visuelle de Mai 2015.....	63
Figure 32 : Exemple de cartographie aérienne lors de l'inspection visuelle de Mai 2015.....	63
Figure 33 : Bassin versant de l'Orb.....	70
Figure 34 : Aperçu du secteur.....	71
Figure 35 : Sous-bassins versants drainés par le canal de crête	73
Figure 36 : Cartographie géologique du bassin versant de l'Orb.....	76
Figure 37 : Cartographie géologique 1/50000 ^e de la commune (Source : BRGM).....	77
Figure 38 : Délimitation des masses d'eau souterraine.....	80
Figure 39 : niveau piézométrique de la nappe astienne en basse eaux (campagne 2009)	81
Figure 40 : Localisation des forages de la nappe astienne recensés à proximité de la zone d'étude.....	83
Figure 41 : Débit moyen mensuel de l'Orb à Béziers-Station de Tabarka (Source : Banque Hydro).....	84
Figure 42 : Cartographie des zones inondées en cas de crues extrêmes (Source : TRI de l'Orb-Mars 2014).....	90
Figure 43 : Carte de l'Atlas des Zones sensibles à l'Inondation sur Valras-Plage (Source : CARMEN).....	96
Figure 44 : Inventaire des PCS en Languedoc-Roussillon en 2011 (Source : CPER 2007-2013)	97
Figure 45 : Schéma organisationnel	99
Figure 46 : Schéma organisationnel en période de crue	103
Figure 47 : Mécanisme de rupture de digue par surverse	110
Figure 48 : Mécanisme de rupture de digue par érosion externe	111
Figure 49 : Mécanisme de rupture de digue par érosion interne	113
Figure 50 : Implantation des casiers et des profils du modèle hydraulique.....	116
Figure 51 : Incidence du projet sur les côtes de submersion en crue centennale	117
Figure 52 : Incidence du projet sur les côtes de submersion crue type 1996.....	118
Figure 53 : Incidence du projet sur les côtes de submersion crue type 1987.....	119
Figure 54 : Incidence du projet sur les côtes de submersion en crue décennale.....	119
Figure 55 : Incidence du projet sur les cotes dans le lit	121
Figure 56 : Incidence du projet sur les vitesses dans le lit	122
Figure 57 : Localisation des points de reconnaissance	125
Figure 58 : Modélisation TALREN de la stabilité du talus aval de la digue (Source : I-Terre) ..	128
Figure 59 : Localisation des sondages géotechniques BUESA (Source : Rapport Géotechnique tronçon A-B-C BUESA - Mars 2014)	131
Figure 60 : Contraintes mécaniques sur le muret.....	137
Figure 61 : Coupe-type du muret.....	138

Figure 62 : Cartographie des zones inondées en cas de crues extrêmes (Source : TRI de l'Orb–Mars 2014).....	142
Figure 63 : Débit moyen mensuel de l'Orb à Béziers-Station de Tabarka (Source : Banque Hydro).....	143
Figure 64 : Zonage PPRI (Source : PPRI Valras-Plage).....	147
Figure 65 : Représentation de l'aléa sismique sur la commune (Source : cartorisque.prim.net – Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie)	149
Figure 66 : Crue de novembre 2014 à Béziers – Vue du Pont Canal et inondation de la Plaine Saint-Pierre	154
Figure 67 : Février 1954 : champ recouvert	Figure 68 : Eté – automne 1957 :
155	155
Figure 69 : Digue de la Plaine Saint Pierre – Effondrement de l'ouvrage suite à un renard hydraulique et du à la présence de nombreux terriers (crue de novembre 2014).....	156
Figure 70 : Glissement/Erosion de berge en décrue (crue de novembre 2014)	156
Figure 71 : Historique de l'impact des crues (Source : SAFEGE – ASA Plaine Saint Pierre – ARTELIA).....	157
Figure 72 : Principe du Nœud Papillon	161
Figure 73 : Grille d'aléa.....	166
Figure 74 : Scénario de surverse sans rupture – arbre de défaillance.....	170
Figure 75 : Scénario de surverse avec rupture – arbre de défaillance.....	172
Figure 76 : Scénario de rupture par érosion interne – arbre de défaillance	174
Figure 77 : Nœud papillon	178
Figure 78 : Découpage en casiers dans la basse plaine de l'Orb	180
Figure 79 : Maillage du modèle 2D	181
Figure 80 : Modèle numérique de terrain.....	182
Figure 81 : Hydrogrammes de crue de l'Orb à Béziers	183
Figure 82 : Hydrogrammes de débordement de la crue exceptionnelle	184
Figure 83 : Carte des hauteurs d'eau maximales en crue exceptionnelle	185
Figure 84 : Carte des vitesses maximales d'écoulement en crue exceptionnelle.....	186
Figure 85 : Hauteurs maximales à T + 30 mn	187
Figure 86 : Hauteurs maximales à T + 1h.....	187
Figure 87 : Hauteurs maximales à T + 2h.....	188
Figure 88 : Hauteurs maximales à T + 3h.....	188
Figure 89 : Hauteurs maximales à T + 4 h.....	189
Figure 90 : Hauteurs maximales à T + 5 h.....	189
Figure 91 : Hauteurs maximales à T + 6 h.....	190
Figure 92 : Hauteurs maximales à T + 7 h.....	190
Figure 93 : Hauteurs maximales à T + 8 h.....	191
Figure 94 : Localisation du secteur de défaillance choisis pour la modélisation 2D	193

Figure 95 : Hydrogrammes de débordement de la crue exceptionnelle	194
Figure 96 : Carte des hauteurs d'eau maximales en crue exceptionnelle avec rupture de la digue de Querelles	195
Figure 97 : Carte des vitesses maximales d'écoulement en crue exceptionnelle avec rupture de la digue de Querelles	196
Figure 98 : Hauteurs maximales à T + 30 mn	198
Figure 99 : Hauteurs maximales à T + 1h.....	198
Figure 100 : Hauteurs maximales à T + 2h	199
Figure 101 : Hauteurs maximales à T + 3h	199
Figure 102 : Hauteurs maximales à T + 4 h	200
Figure 103 : Hauteurs maximales à T + 5 h	200
Figure 104 : Hauteurs maximales à T + 6 h	201
Figure 105 : Hauteurs maximales à T + 7 h	201
Figure 106 : Hauteurs maximales à T + 8 h	202
Figure 107 : Localisation des secteurs de défaillance choisis pour la modélisation 2D.....	204
Figure 108 : Hydrogramme dans la brèche 1	206
Figure 109 : Carte des hauteurs d'eau maximales (Brèche 1).....	207
Figure 110 : Carte des vitesses maximales d'écoulement (Brèche 1).....	208
Figure 111 : Hauteurs maximales à T + 30 mn (brèche 1).....	209
Figure 112 : Hauteurs maximales à T+1 h (brèche 1).....	210
Figure 113 : Hauteurs maximales à T+2 h (brèche 1).....	210
Figure 114 : Hauteurs maximales à T+3 h (brèche 1).....	211
Figure 115 : Hauteurs maximales à T+4 h (brèche 1).....	211
Figure 116 : Hauteurs maximales à T+5 h (brèche 1).....	212
Figure 117 : Hauteurs maximales à T+6 h (brèche 1).....	212
Figure 118 : Hauteurs maximales à T+7 h (brèche 1).....	213
Figure 119 : Hydrogramme dans la brèche 2	214
Figure 120 : Carte des hauteurs d'eau maximales (Brèche 2).....	215
Figure 121 : Carte des vitesses maximales d'écoulement (Brèche 2).....	216
Figure 122 : Hauteurs maximales à T+30 mn (Brèche 2).....	218
Figure 123 : Hauteurs maximales à T+1 h (Brèche 2).....	218
Figure 124 : Hauteurs maximales à T+2 h (Brèche 2).....	219
Figure 125 : Hauteurs maximales à T+3 h (Brèche 2).....	219
Figure 126 : Hauteurs maximales à T+4 h (Brèche 2).....	220
Figure 127 : Hauteurs maximales à T+5 h (Brèche 2).....	220
Figure 128 : Hauteurs maximales à T+ 6 h (Brèche 2).....	221
Figure 129 : Hauteurs maximales à T+7 h (Brèche 2).....	221

Figure 130 : Hauteurs maximales à T+8 h (Brèche 2).....	222
Figure 131 : Hauteurs maximales à T+9 h (Brèche 2).....	222
Figure 132 : Hauteurs maximales à T+18 h (Brèche 2).....	223

Liste des tableaux

Tableau 1 : Cote de calage des ouvrages de protection	4
Tableau 2 : Caractérisation de la crue correspondant à la crête des ouvrages	4
Tableau 3 : Caractérisation de la crue correspondant au scénario de défaillance le plus probable	4
Tableau 4 : Probabilité des scénarios de défaillance	7
Tableau 5 : Synthèse des scénarios de défaillance	7
Tableau 6 : Grille d'évaluation de la gravité de l'évènement de rupture*	8
Tableau 7 : gravité des scénarios.....	8
Tableau 8 : Matrice de criticité	13
Tableau 9 : Coordonnées des gestionnaires de réseaux.....	17
Tableau 10 : Documents réglementaires existants	17
Tableau 11 : Classement des digues selon l'article R214-113 du Code de l'Environnement	18
Tableau 12 : Classement des digues du projet	18
Tableau 13 : Ouvrages concernés par l'étude de danger	22
Tableau 14 : Cote de calage des ouvrages de protection	23
Tableau 15 : Caractéristiques des tronçons de digues de l'étude.....	57
Tableau 16 : Légende des codes de désordres	64
Tableau 17 : Caractéristiques des sous-bassins versants drainés par le futur canal de crête ..	72
Tableau 18 : Caractéristiques hydromorphologiques de l'Orb et de ses divers affluents	79
Tableau 19 : Objectifs de qualité des masses d'eau	80
Tableau 20 : Liste des forages à l'intérieur de la zone d'étude	82
Tableau 21 : Synthèse des débits caractéristiques de l'Orb à Tabarka	85
Tableau 22 : Inventaire des ouvrages de protections contre les crues dans le bassin versant de l'Orb	87
Tableau 23 : Synthèse descriptive du barrage des Monts d'Orb	88
Tableau 24 : Population potentiellement impactée selon le type de crue encourue en 2010	88
Tableau 25 : Nombre d'emplois potentiellement impactés selon le type de crue encourue	91
Tableau 26 : Propriétaire et gestionnaire des ouvrages de protection de Valras-Plage	92
Tableau 27 : Démarches et documents à produire par les maîtres d'ouvrage et gestionnaires de digues	94
Tableau 28 : Points d'observation remarquables	100
Tableau 29 : Points d'observation sur les désordres d'ouvrages de protection à surveiller ...	102
Tableau 30 : Causes et conséquences potentielles d'inondation.....	106

Tableau 31 : Définition des modes de défaillance des ouvrages digues/mur et caractérisation des évènements associés (Analyse Préliminaire des Risques).....	108
Tableau 32 : Débits de crue.....	115
Tableau 33 : Cotes de submersion en crue centennale.....	117
Tableau 34 : Cotes de submersion pour les autres crues.....	118
Tableau 35 : Incidence du projet sur les cotes dans le lit.....	120
Tableau 36 : Incidence du projet sur les vitesses dans le lit.....	121
Tableau 37 : Caractérisation de la crue correspondant à la crête des ouvrages.....	122
Tableau 38 : Caractéristiques de stabilité des ouvrages.....	126
Tableau 39 : Evaluation de stabilité des ouvrages.....	127
Tableau 40 : Synthèse essai de laboratoire géotechnique BUESA.....	133
Tableau 41 : Synthèse essai de laboratoire géotechnique FONDASOL.....	134
Tableau 42 : Essai au cisaillement FONDASOL.....	134
Tableau 43 : Essai de perméabilité BUESA Juillet 2014 (Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015).....	135
Tableau 44 : Essai de perméabilité FONDASOL Juillet 2014 (Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015).....	135
Tableau 45 : Synthèse d'étude au glissement (Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015).....	136
Tableau 46 : Aléas communaux.....	140
Tableau 47 : Synthèse des débits caractéristiques de l'Orb à Tabarka.....	143
Tableau 48 : Inventaires des coulées de boues enregistrées en catastrophe naturelle sur Valras-Plage (Source : prim.net).....	148
Tableau 49 : Liste des crues historiques de l'Orb.....	152
Tableau 50 : Probabilité des défaillances.....	165
Tableau 51 : Classes de gravité proposées par le guide de lecture des études de dangers de barrages.....	166
Tableau 52 : Grille de criticité proposée par le guide de lecture des études de dangers « digues ».....	167
Tableau 53 : Grille de criticité proposée par le guide de lecture des études de dangers « Barrages ».....	168
Tableau 54 : Probabilité d'occurrence du scénario de défaillance surverse sans rupture.....	170
Tableau 55 : Cotation du scénario de surverse sans rupture.....	171
Tableau 56 : Probabilité d'occurrence du scénario de défaillance rupture par surverse.....	173
Tableau 57 : Cotation du scénario de surverse avec rupture.....	174
Tableau 58 : Probabilité d'occurrence du scénario de défaillance rupture par érosion interne.....	175
Tableau 59 : Cotation du scénario de rupture par érosion interne.....	176
Tableau 60 : Synthèse des scénarios de défaillance.....	177
Tableau 61 : Nombre d'habitants impactés en crue exceptionnelle.....	191

Tableau 62 : Nombre d’habitants impactés en crue exceptionnelle	202
Tableau 63 : Nombre d’habitants impactés	209
Tableau 64 : Nombre d’habitants impactés (brèche 2)	217
Tableau 65 : Grille d’évaluation de la gravité de l’évènement de rupture*	224
Tableau 66 : gravité des scénarios.....	224
Tableau 67 : Matrice de criticité	225

0. Rubrique 0 : Résumé non technique de l'étude de danger

Le résumé non technique est présenté sous une forme didactique et est illustré par des éléments cartographiques de manière à favoriser la communication de l'étude à des non-spécialistes et à permettre une appréciation convenable des enjeux.

Le résumé évoque la situation actuelle de l'ouvrage résultant de l'analyse des risques, illustre, en termes de dommages aux biens et aux personnes, la gravité des accidents potentiels qui sont étudiés, fournit une évaluation de la probabilité d'occurrence de ces accidents et présente les principales mesures qui ont été prises pour réduire les risques ou qui sont prévues à court ou moyen terme. Dans ce dernier cas, le résumé précise le calendrier prévu pour la mise en œuvre de ces mesures et indique celles qui sont prises immédiatement à titre conservatoire.

Le présent dossier traite de l'étude de danger des ouvrages de protection de la commune de Valras-Plage contre les inondations de l'Orb (voir plan de situation page suivante).

Elle est réalisée conformément aux textes réglementaires en vigueur, notamment l'arrêté du 12 juin 2008 et de son annexe définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu.

L'étude de danger concerne tous les ouvrages susceptibles, du fait d'un dysfonctionnement local ou éloigné, de générer une entrée d'eau dans les secteurs normalement protégés par les digues, quelle que soit leur nature.

Les ouvrages faisant l'objet de la présente étude de danger sont les deux ouvrages linéaires existant :

- ✓ Digue de protection nord dite « de Querelles » réalisée lors de la Tranche 1 du canal de crête, en 2011,
- ✓ Le muret anti-houle réalisé entre le port de Valras-Plage et le Gourp-Salat, en 2007,

et l'ouvrage à créer, faisant la jonction entre les deux, dit deuxième tranche du Muret.

En plus des ouvrages de protection faisant l'objet de l'étude de danger, il faut également prendre en compte tous les ouvrages existants pouvant, de par leur dysfonctionnement, provoquer une défaillance sur les digues, ou inversement (effet domino, voir plus loin). Par exemple :

- ✓ tous les remblais longitudinaux existants qui ne sont pas des ouvrages de protection « de première ligne » (remblais routiers essentiellement),
- ✓ les ouvrages de franchissement (risques d'embâcles notamment),
- ✓ les ouvrages traversant les digues (dysfonctionnement et les points faibles que leur intégration dans le corps de la digue peut générer),

- ✓ L'ensemble des ouvrages existants pouvant intervenir directement ou indirectement dans un « effet domino »,
- ✓ Etc.

L'étude de danger est réalisée pour le compte du Syndicat Intercommunal de Travaux pour l'Aménagement de l'Orb entre Béziers et la Mer qui est le gestionnaire des ouvrages de protection.

Figure 1 : Localisation des ouvrages de protection



0.1 Caractéristiques des ouvrages

0.1.1 Niveau de protection des ouvrages

Les ouvrages sont dimensionnés pour une protection contre une crue centennale de l'Orb (2 500 m³/s à Béziers) en concomitance avec une tempête marine (cote marine : 1,50 m NGF) en prenant en compte une revanche de 0,50 m.

Les cotes de calage des crêtes des ouvrages sont :

Tableau 1 : Cote de calage des ouvrages de protection

Ouvrage de protection	Calage altimétrique (m NGF)
Digue de Querelles	3,00
Muret Boulevard Jean Dauga (Tranche 1)	2,10
Muret (Tranche 2)	2,10 à 2,70

Le degré de protection des ouvrages sans revanche est donné par le tableau suivant :

Tableau 2 : Caractérisation de la crue correspondant à la crête des ouvrages

Ouvrage de protection	Débit à Béziers (m ³ /s)	Période de retour
Digue de Querelles	3 200	350 ans
Muret Boulevard Jean Dauga (Tranche 1)	3 200	350 ans
Muret (Tranche 2)	3 500	500 ans

Tableau 3 : Caractérisation de la crue correspondant au scénario de défaillance le plus probable

Scénario de défaillance le plus probable	Débit à Béziers (m ³ /s)	Période de retour
Surverse digue de Querelles	3 200	350 ans
Surverse Muret Boulevard Jean Dauga (Tranche 1)	3 200	350 ans

0.1.2 Zone protégée par les ouvrages

D'après la circulaire du 8 juillet 2008 : « (...) la zone protégée est donc la zone soustraite à l'inondation qui serait causée par la crue de projet de protection de l'ouvrage. Ce n'est pas la zone, plus restreinte, où suite à une rupture de la digue la population serait en danger du fait des hauteurs ou des vitesses d'eau. Ce n'est pas non plus la zone inondée pour la crue de référence du PPRi, par les plus hautes eaux connues, la crue centennale ou l'emprise maximale inondable. »

Autrement dit, la zone protégée par une digue est la zone non inondée par la crue pour laquelle la digue de protection a été dimensionnée.

Pour déterminer la zone protégée par les endiguements, nous avons procédé à la modélisation de la crue centennale en supposant que les ouvrages de protection sont effacés.

La cartographie correspondante est jointe page suivante.

Figure 2 : Etendue de la zone protégée par les ouvrages de protection contre les crues sur la commune



0.2 Evaluation des risques de défaillance

Les risques de défaillance retenus après Analyse Préliminaire des Risques sont :

- ✓ Déversement d'une crue exceptionnelle, sans rupture de digue,
- ✓ Déversement d'une crue exceptionnelle avec rupture de la digue de Querelles,
- ✓ Rupture de la digue de Querelles par renard hydraulique (érosion interne).

0.2.1 Démarche d'analyse

La méthode d'analyse de risque utilisée est la méthode dite du « **Nœud Papillon** », qui permet de traiter la corrélation complexe du couple probabilité/gravité en analysant la séquence et les liens logiques des évènements conduisant d'un évènement initiateur à un accident majeur.

L'analyse des risques par la méthode du nœud papillon se déroule de la manière suivante :

0.2.1.1 Analyse par arbre des défaillances : Evaluation de la probabilité d'occurrence

En premier lieu, il s'agit d'identifier, dans une démarche déductive, les causes de l'évènement redouté central.

Puis, l'analyse se poursuit par l'estimation des probabilités d'occurrence des événements initiateurs préalablement identifiés également appelés mécanismes de rupture.

0.2.1.2 Arbre des événements : Evaluation de la gravité

Par le biais d'une modélisation 2D, les conséquences de l'évènement redouté sont quantifiées. L'objectif est d'estimer les dommages sur les enjeux identifiés en fonction de l'aléa de l'évènement redouté. Trois critères sont pris en compte : l'intensité et la cinétique du phénomène puis l'importance des enjeux impactés (par le biais de la population impactée).

Les scénarios de défaillance modélisés sont choisis selon le couple mode de rupture/localisation.

0.2.1.3 Arbre des événements : Evaluation finale du risque : criticité = Probabilité x Gravité

Les scénarios d'accident identifiés sont classés selon leur criticité soit la combinaison probabilité/gravité.

0.2.2 Probabilité des scénarios de défaillance

L'étude de la probabilité d'occurrence des scénarios d'accidents positionne la survenance des scénarios de défaillance identifiés selon 2 niveaux :

- ✓ Crue centennale (T = 100 ans), crue de projet,
- ✓ Crue exceptionnelle (1,8 x Q100). Ce niveau a été pris en compte pour la cotation du risque de rupture par surverse des ouvrages.

Pour chaque scénario de défaillance, les classes de probabilités les plus pénalisantes, définies suivant la grille suivante ont été retenues.

Tableau 4 : Probabilité des scénarios de défaillance

Tableau 4 : Probabilité des scénarios de défaillance												
E			D			C			B		A	
Evènement extrêmement peu probable			Evènement très improbable			Evènement improbable			Evènement probable		Evènement certain	
N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'observations.			S'est déjà produit sur ce type d'ouvrage mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.			Un évènement similaire déjà rencontré sur ce type d'ouvrage au niveau mondial sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une réduction significative de sa probabilité			S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'ouvrage		S'est produit sur l'ouvrage considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'ouvrage malgré d'éventuelles mesures correctives	
10 ⁻⁵	3.10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	10 ⁻³	3.10 ⁻³	10 ⁻²	3.10 ⁻²	10 ⁻¹	3.10 ⁻¹	1		

Tableau 5 : Synthèse des scénarios de défaillance

Tronçon	Gammes de crue et occurrence		Aléa retenu	Probabilité d'occurrence associée	Probabilité finale	Cotation retenue
Digue de Querelles	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻³	10 ⁻⁵	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻¹	< 10 ⁻⁴	E
Muret anti-inondation Boulevard de la Marine	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻²	< 10 ⁻⁵	E
Muret anti-inondation Rue Jean Dauga	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻²	< 10 ⁻⁵	E

0.2.3 Gravité des accidents potentiels

Le guide de lecture des études de dangers annexé à la circulaire du 8 juillet 2008 relative au contrôle et la sécurité des ouvrages hydrauliques propose la grille suivante pour l'évaluation de la gravité d'un évènement de rupture :

Tableau 6 : Grille d'évaluation de la gravité de l'évènement de rupture*

Classes de gravité des conséquences (par ordre décroissant)	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique rapide ¹	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique lente ²
5. désastreux	≥1 000	≥10 000
4. catastrophique	≥100 et <1 000	≥1 000 et <10 000
3. Important	≥10 et <100	≥100 et <1 000
2. Sérieux	≥1 et <10	≥10 et <100
1. modéré	-	≥10 et <10

1 : cinétique rapide : soudaineté de l'évènement ne permettant pas aux habitants de se mettre à l'abri.

2 : cinétique lente : cinétique permettant une alerte et une évacuation pour la majorité de la population concernée.

* Cf. Guide de lecture des études de dangers des ouvrages hydrauliques (chapitre 8 - ¶ III-d) réalisé par le MEDD.

Le tableau suivant fait la synthèse de chaque scénario envisageable et de leurs conséquences sur les enjeux humains.

Tableau 7 : gravité des scénarios

N°	Scénario	Description du scénario	Impact hydraulique	Enjeux humains impactés	gravité
1	Crue exceptionnelle	Surverse sans rupture	Cinétique rapide	36 632 résidents	désastreux
2	Crue exceptionnelle	Surverse avec rupture digue de Querelles	Cinétique rapide	36 632 résidents	désastreux
3	Crue 100 ans Brèche 1	Rupture digue de Querelles	Cinétique rapide	32 744 résidents	désastreux
4	Crue 100 ans Brèche 2	Rupture digue de Querelles	Cinétique rapide	32 744 résidents	désastreux

Figure 3 : Scénario de défaillance n° 1 - Carte des hauteurs d'eau maximales en crue exceptionnelle

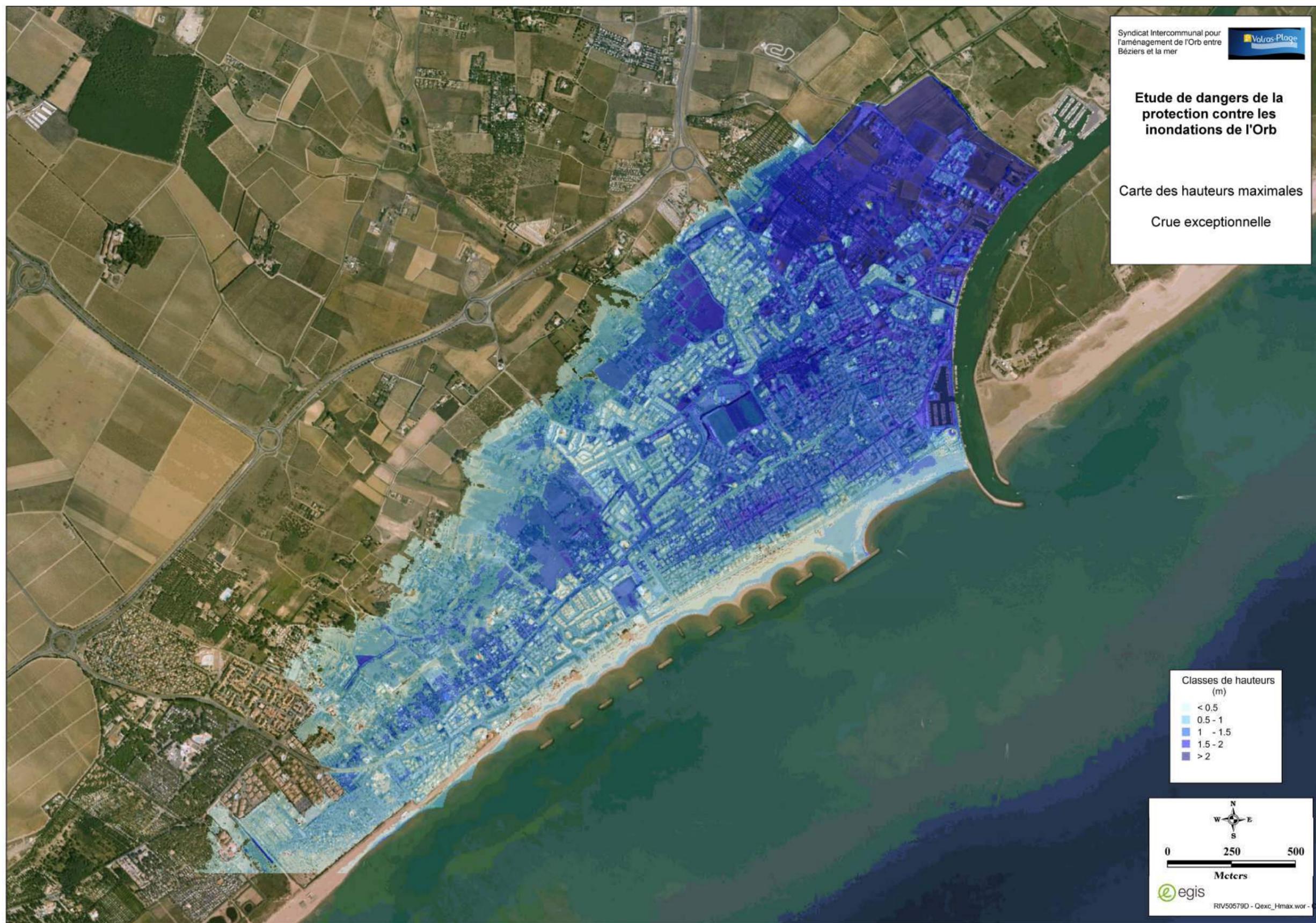


Figure 4 : Scénario de défaillance n° 2 : Carte des hauteurs d'eau maximales en crue exceptionnelle avec rupture de la digue de Querelles

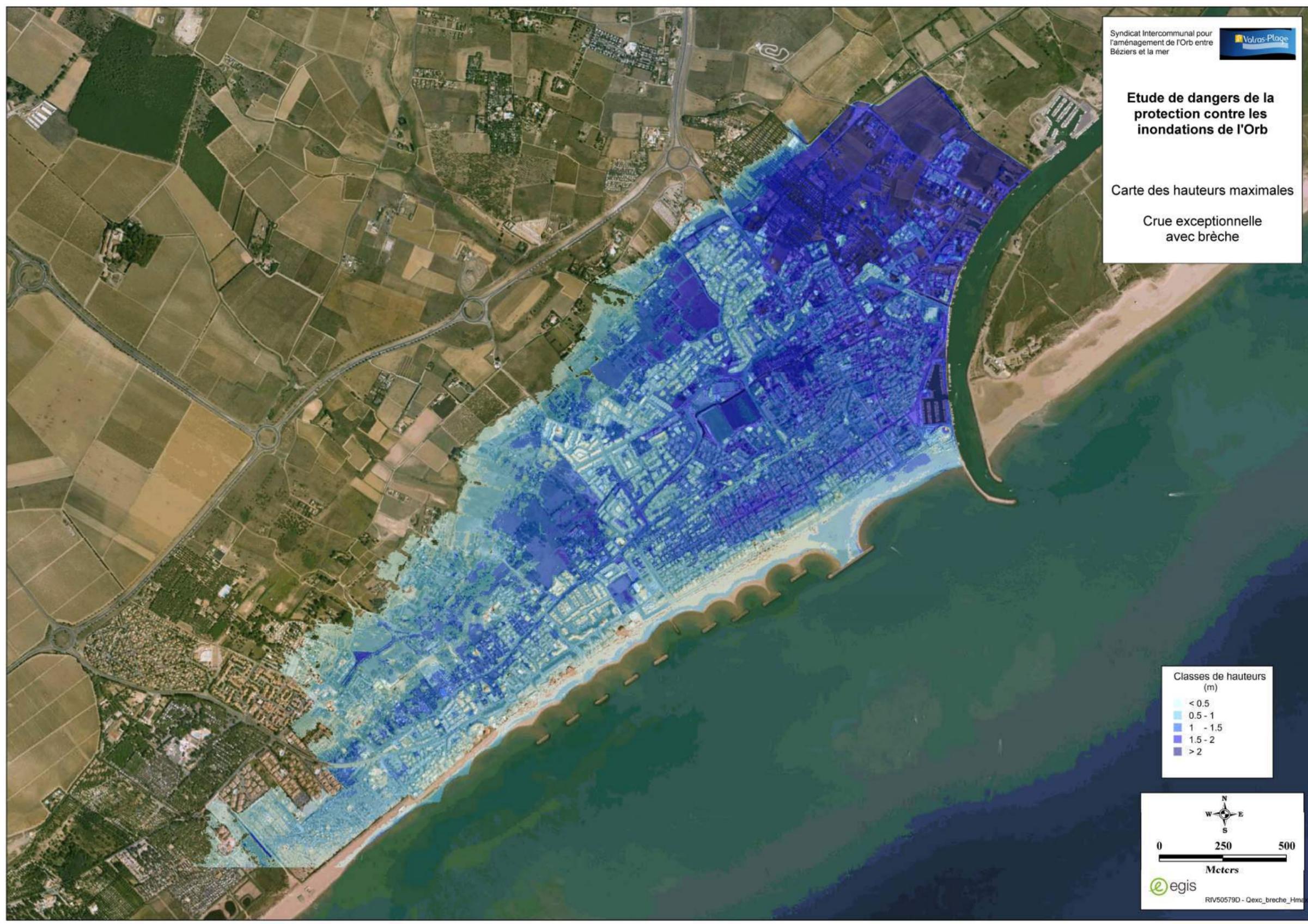


Figure 5 : Scénario de défaillance n° 3 - Carte des hauteurs d'eau maximales (Brèche 1)



Figure 6 : Scénario de défaillance n° 4 - Carte des hauteurs d'eau maximales (Brèche 2)



0.2.4 Criticité

La criticité est le croisement de la gravité et du risque. C'est l'indicateur final du danger représenté par l'ouvrage. En fonction de cet indicateur, il peut être proposé des mesures correctives pour réduire la criticité et augmenter le niveau de sécurité.

Cette criticité finale est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Matrice de criticité

PROBABILITE					
A – courant					
B – probable					
C – improbable					
D – très improbable					
E – extrêmement peu probable					Scénario 1 Scénario 2 Scénario 3 Scénario 4
	1 modéré	2 sérieux	3 important	4 Catastrophique	5 Désastreux
	GRAVITE				

0.3 Principales mesures prises pour réduire les risques

0.3.1 Dispositions structurelles

Conception du muret réalisée dans les règles de l'Art offrant des garanties de stabilité éprouvées et de résistance à la surverse.

0.3.2 Dispositions fonctionnelles

- ✓ Engagement du Syndicat Béziers la Mer et de la commune de Valras-Plage sur un protocole de surveillance, d'entretien et d'exploitation de la digue et des dispositifs de vidange garantissant la pérennité de leurs caractéristiques et fonctionnalités,
- ✓ Dispositif d'alerte de crues déclenchant l'évacuation des habitations menacées lors de l'atteinte d'un niveau critique dans la plaine inondable.

0.3.2.1 Surveillance des ouvrages

Un contrôle visuel devra être réalisé une fois par an minimum et après chaque crue, notamment après l'entretien de la végétation afin de détecter d'éventuelles formations de fissures, tassements, cônes de glissement ou encore le creusement de terriers dans la digue par des animaux, en particulier les rongeurs, formation d'embâcles.

Une expertise complète de l'ouvrage (visuelle et géotechnique) est obligatoire tous les ans.

0.3.2.2 Entretien des ouvrages

L'entretien porte sur la digue et les ouvrages hydrauliques associés.

Un entretien régulier devra être réalisé selon une fréquence minimale de 1 fois par an.

0.3.2.3 Schéma d'organisation de l'alerte et de la gestion de crise

Un plan communal de sauvegarde est réalisé par la commune de Valras-Plage. Ce plan doit prévoir différents niveaux d'intervention à partir de l'observation des crues en amont.

Le plan d'alerte et d'intervention à prévoir en cas de rupture traitera des mesures à prendre en se référant au plan communal de sauvegarde. Il définit les organismes à prévenir (Mairie, Gendarmerie, Pompiers, Protection civile, ARS, DDTM, Maître d'ouvrage, ...) et prévoit les modalités d'intervention ainsi que les dispositions à prendre.

Le service responsable de l'entretien et des interventions en cas de crise sera à désigner. Une **liste des personnes et organismes** à prévenir en priorité en cas de crise.

Aux dispositions prévues dans le PCS, il convient de préciser par rapport à la problématique rupture de digue, déjà envisagée dans les PCS :

- ✓ L'inspection systématique de la digue en cas de vigilance puis d'alerte,
- ✓ L'alerte des premiers riverains de la digue en cas de rupture ou surverse identifiée,
- ✓ L'arrêt de la circulation sur les infrastructures, dès l'identification d'un risque de rupture ou surverse.

Cependant le délai très court en cas de rupture (moins d'une heure) rend l'alerte et l'intervention difficilement réalisable. Une inspection systématique en début de crue, si elle est possible, présente donc l'intérêt de recueillir des informations sur le comportement en charge de la digue habituellement à sec (même si la mise en charge n'est que partielle en cas de crue moyenne), d'évaluer la sécurité de la digue en situation de crise (crue majeure) et d'anticiper les dysfonctionnements.

Les interventions à prévoir pour conduire le diagnostic en crue doivent avoir été définies au préalable dans un plan de vigilance circonstancié où sont précisées toutes les modalités pratiques d'exécution :

- ✓ Personnel mobilisable par secteur de digue,
- ✓ Répartition des tâches entre les exécutants, formation préalable,
- ✓ Liste des points à surveiller particulièrement,
- ✓ Consignes et matériels de sécurité vis-à-vis des risques encourus par les opérateurs,
- ✓ Si nécessaire, moyens hélicoptés mobilisables.

Enfin, l'inspection n'a d'intérêt que si elle est restituée sous forme d'un compte rendu écrit, complété par des photos.

1. Rubrique 1 : Renseignements administratifs

1.1 Identification du porteur de l'étude et de ses auteurs

1.1.1 Porteur de l'étude

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DE TRAVAUX POUR L'AMENAGEMENT DE L'ORB ENTRE BEZIERS ET LA MER

Domaine de Bayssan

Route de Vendres

34500 BEZIERS

Tél : 04-67-28-38-60

Mél : Beziers-la-mer-pierree@wanadoo.fr

Personne à contacter : Pierre ENJALBERT

1.1.2 Auteur de l'étude



889 rue de la Vieille Poste – CS 89017

34000 Montpellier Cédex 2

Tél : 04-67-13-90-00

Le syndicat intercommunal de travaux pour l'aménagement de l'Orb entre Béziers et la Mer est le maître d'ouvrage des ouvrages de protection sur la commune de Valras-Plage.

1.2 Propriétaire des ouvrages

1.2.1 Propriétaire des terrains d'assise de l'ouvrage

Concernant les travaux déjà réalisés (digue de Querelles, mur rue Jean Dauga), le propriétaire des terrains d'assise est la commune de Valras-Plage.

Concernant les travaux restant à réaliser (mur boulevard de la Marine), une procédure de déclaration d'utilité publique sera engagée afin que la commune de Valras-Plage acquière ces terrains (soit à l'amiable, soit par expropriation).

1.2.2 Propriétaire de l'ouvrage

Le syndicat intercommunal de travaux pour l'aménagement de l'Orb entre Béziers et la Mer est le maître d'ouvrage des ouvrages de protection sur la commune de Valras-Plage.

Après réalisation des travaux, les ouvrages seront rétrocédés à la commune de Valras-Plage.

1.2.3 Responsables des réseaux traversants

1.2.3.1 Muret anti-inondation – Rue Jean Dauga – 1^{ère} tranche

Les réseaux recensés sont listés ci-dessous :

- ✓ Un réseau AEP sous le batardeau proche du port, en amont du mur béton. Ses caractéristiques sont inconnues.
- ✓ Un réseau pluvial intercalé entre la route et le mur en aval,
- ✓ Pas de données disponibles concernant la présence de réseau sous le mur. Présence potentielle du réseau d'eau potable

1.2.3.2 Digue de Querelles

Les réseaux recensés sont listés ci-dessous :

- ✓ Un réseau d'eaux usées géré par la Lyonnaise des Eaux situé proche du rond-point de la D64 de diamètre Ø 200 mm CR16,
- ✓ Deux conduites de rejet d'eaux pluviales provenant de résidences privées face à la digue de Querelles,
- ✓ Un réseau de deux conduites d'eaux usées géré par la Lyonnaise des Eaux situé au croisement du chemin des Cosses sous Jasse Neuve Ø 400 mm et Ø 250 mm + poste de relevage,
- ✓ Un réseau France Télécom aérien situé sur le boulevard de la Marine proche de l'ouvrage de débouché,
- ✓ Un réseau ERDF BTA situé à l'ouvrage de débouché,
- ✓ Un réseau AEP Ø 150 mm en fonte proche de l'ancienne station de pompage, en aval du canal de crête

1.2.3.3 Muret anti-inondation – Boulevard de la Marine – 2^{ème} tranche

Plusieurs réseaux ont été recensés lors des études préliminaires et de l'AVP.

- ✓ Réseau ERDF : 3 boîtiers de compteurs EDF Basse Tension se trouvent dans l'emprise du mur projeté. Ils seront déplacés et positionnés côté chaussée de manière à les protéger en cas de crue.
- ✓ Réseau France Télécom : 2 chambres de tirage France Télécom sont dans l'emprise de la semelle du mur-digue et doivent être déplacées d'environ 1 m, côté quai.
- ✓ Réseau d'éclairage public :
Le mur-digue est aménagé à hauteur des trappes de maintenance des candélabres. Une distance minimale de 0,40 m est fixée entre le mur et cette trappe. Il est nécessaire de déplacer 9

candélabres de manière à maintenir l'accès aux trappes et à réaliser la semelle du mur en béton banché. Les candélabres seront éloignés de quelques dizaines de centimètres et refixés conformément aux dispositions actuelles.

Tous les réseaux sont dévoyés.

1.2.3.4 Coordonnées des gestionnaires des réseaux inventoriés

Tableau 9 : Coordonnées des gestionnaires de réseaux

Type de réseau	Gestionnaire	Coordonnées
Eaux usées	Lyonnaise des eaux	12 Route de Bessan 34340 Marseillan
Eaux pluviales	Mairie de Valras	10 allées Charles De Gaulle BP 25 04 67 32 59 06
AEP	Lyonnaise des eaux	12 Route de Bessan 34340 Marseillan
France télécom	France Télécom	UI Nord Pas de Calais Groupe DICT Rue Paul Sion SP 1 62307 Lens Cédex
ERDF	ERDF URE LARO AE Ouest Hérault	Rue Jean Prévost 34500 Béziers

1.3 Références réglementaires des ouvrages concernés

1.3.1 Références réglementaires

Actuellement, c'est donc le Syndicat Intercommunal de Travaux pour l'Aménagement de l'Orb entre Béziers et la mer qui est le gestionnaire des ouvrages d'endiguement considérés dans la présente étude de danger.

Les ouvrages de protection, objets de la présente étude de dangers, ne sont pas encore classés.

1.3.2 Documents réglementaires existant concernant le risque inondation

Le tableau ci-dessous présente le/les différent(s) dispositif(s) sur les risques naturels

Tableau 10 : Documents réglementaires existants

Commune	Valras-Plage
PPRI	Approuvé le 19/09/2002

1.4 Caractéristiques des ouvrages hydrauliques visés à l'article R214-113 du Code de l'Environnement

1.4.1 Article R214-113 du Code de l'Environnement

Les classes de digues de protection contre les inondations et submersions et des digues de rivières canalisées, ci-après désignées digues, sont définies dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11 : Classement des digues selon l'article R214-113 du Code de l'Environnement

Classe	Caractéristiques de l'ouvrage et populations protégées
A	Ouvrage pour lequel $H \geq 1$ et $P \geq 50\,000$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel : $H \geq 1$ et $1\,000 \leq P \leq 50\,000$
C	Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel : $H \geq 1$ et $10 \leq P \leq 1\,000$
D	Ouvrage pour lequel soit $H < 1$, soit $P < 10$

Au sens du présent article, on entend par :

- ✓ « H », la hauteur de l'ouvrage exprimée en mètres et définie comme la plus grande hauteur mesurée verticalement entre le sommet de l'ouvrage et le terrain naturel du côté de la zone protégée à l'aplomb de ce sommet,
- ✓ « P », la population maximale exprimée en nombre d'habitants résidant dans la zone protégée, en incluant notamment les populations saisonnières.

1.4.2 Situation des ouvrages hydrauliques concernés par la réglementation

L'ensemble des ouvrages concernés et leur classification selon l'article R214-113 du Code de l'Environnement sont listés ci-dessous :

Tableau 12 : Classement des digues du projet

Nom	Rive	Classe	Linéaire	Cours d'eau concernée	Proximité direct du lit mineur
Digue de « Querelles »	Droite	Non classé	920 m	Orb	Sur l'ouvrage de débouché
Muret anti-inondation Boulevard de la Marine	Droite	Non classé	760 m	Orb	Oui
Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – Nord du port	Droite	Non classé	208 m	Orb	Oui

La classification des ouvrages localisés à Valras-Plage n'a pas encore été officiellement établie par la Préfecture de l'Herault.

Cependant, compte tenu de la nature du muret construit dans un futur proche, les catégories supposées sont de classe « B » pour les trois ouvrages de l'étude.

En effet, les hauteurs de protection, c'est à dire la différence entre la crête d'ouvrage et le terrain naturel en pied d'ouvrage coté terre, peuvent être supérieures à 1,5 m.

Valras possède une population de plus de 4 000 personnes qui varie fortement en période estivale avec les activités touristiques.

Cette supposition de classification est à confirmer auprès de la préfecture.

La localisation des ouvrages figure page suivante.

Figure 7 : Localisation des ouvrages de protection concernés par l'étude danger



2. Rubrique 2 : Objet de l'étude

2.1 Contexte dans lequel s'inscrit la demande

La commune de Valras-Plage est soumise à plusieurs aléas : marin, ruissellement des coteaux et fluvial.

Un ensemble d'aménagements a été défini dans le schéma de Béziers la mer (SIEE 1999-2002), intégralement repris dans les programmations PAPI (Programmes d'Actions de Prévention contre les Inondations) de première et deuxième génération.

Pour réduire la vulnérabilité au risque **d'inondation par l'aléa fluvial**, plusieurs dispositions ont été mises en place : Réalisation de la 1^{ère} tranche du mur anti-inondation de la rue J.Dauga en 2007, renforcement du Gourp Salat, réalisation de la première et deuxième tranche du canal de crête de Sérignan-Valras et de la digue des Querelles.

La dernière étape des aménagements prévus par le PAPI est la fin de la réalisation de la 2^{ème} tranche du muret anti-inondation sur les rues Jean Dauga et Boulevard de la Marine. La commune assurera le cloisonnement total de son territoire contre les crues.

La 2^{ème} tranche du muret fait office d'une étude de maîtrise d'œuvre, phase d'Avant-Projet couplée à la réalisation d'un dossier d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau.

La police de l'eau représentée par la DDTM de l'Hérault exige une étude de danger pour la rectification du dossier d'autorisation (selon prescription du 27/08/2014)

C'est pourquoi, le syndicat Intercommunal de l'Orb entre Béziers et la Mer fait réaliser l'étude de danger du 2^{ème} muret et des deux autres aménagements existants **pour la protection contre les crues (phénomènes fluviaux)**.

2.2 Textes législatifs et réglementaires en vigueur

Cette étude de danger répond à l'article R214-115 du Code de l'Environnement stipulant que les digues existantes doivent faire l'objet d'une étude de dangers.

Les textes en vigueur à considérer sont les suivants :

- ✓ Article L211-3-III du Code de l'Environnement,
- ✓ Articles R214-112 à R214-117 du Code de l'Environnement,
- ✓ Décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le Code de l'Environnement,
- ✓ Arrêté du 29 février 2008 fixant des prescriptions relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques, modifié par l'arrêté du 16 juin 2009,
- ✓ Arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu,
- ✓ Circulaire du 8 juillet 2008 relative au contrôle de sécurité des ouvrages hydrauliques au titre des dispositions mises en place par le décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007,
- ✓ Circulaire du 16 avril 2010 relative aux études de dangers des digues de protection contre les inondations fluviales,
- ✓ Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

Nota : le décret n° 2015-526 suppose que la structure GEMAPI de gestion des ouvrages soit constituée et que le « système d'endiguement » soit défini, ce qui n'est pas le cas.

2.3 Liste et délimitation des ouvrages concernés par l'étude

Tableau 13 : Ouvrages concernés par l'étude de danger

Nom	Rive	Classe	Linéaire	Cours d'eau concernée	Proximité direct du lit mineur
Digue de Querelles	Droite	Non classé	920 m	Orb	Sur l'ouvrage de débouché
Muret anti-inondation Boulevard de la Marine	Droite	Non classé	760 m	Orb	Oui
Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – Nord du port	Droite	Non classé	208 m	Orb	Oui

2.4 Délimitation de la zone protégée et périmètre de la zone d'étude

2.4.1 Zone protégée et crue de référence

D'après la circulaire du 8 juillet 2008 : « (...) la zone protégée est donc la zone soustraite à l'inondation qui serait causée par la crue de projet de protection de l'ouvrage. Ce n'est pas la zone, plus restreinte, où suite à une rupture de la digue la population serait en danger du fait des hauteurs ou des vitesses d'eau. Ce n'est pas non plus la zone inondée pour la crue de référence du PPRi, par les plus hautes eaux connues, la crue centennale ou l'emprise maximale inondable. »

Autrement dit, la zone protégée par une digue est la zone non inondée par la crue pour laquelle la digue de protection a été dimensionnée.

Le niveau de protection des tranches 1 et 2 des murets anti-inondation est centennal avec un niveau marin de 1.50 m et un débit de 2 500 m³/s à Béziers et en prenant en compte une revanche de 0,50 m.

Le canal de crête de Sérignan-Valras assure totalement la protection des eaux de ruissellement du plateau de Vendres au nord de la zone d'étude et du débordement de l'Orb pour une période de retour 25 ans. Pour un évènement centennal, une majeure partie des eaux est retenue par le canal et les ruissellements restants vont en direction du centre-ville.

L'endiguement « de Querelles », complémentaire au canal de crête, se situe proche du chemin sous Jasse Neuve jusqu'au rejet dans l'Orb fait face aux crues de l'Orb. Son linéaire est de 1 150m.

Il assure également un niveau de protection centennal avec une revanche de 0,50 m.

Les cotes de calage des crêtes des ouvrages sont :

Tableau 14 : Cote de calage des ouvrages de protection

Ouvrage de protection	Calage altimétrique (m NGF)
Digue de Querelles	3,00
Muret Boulevard Jean Dauga (Tranche 1)	2,10
Muret (Tranche 2)	2,10 à 2,70

L'étude de danger liste l'ensemble des aléas naturels rencontrés sur Valras-Plage (problématique fluviale, pluviale, submersion marine). **Elle analyse uniquement les phénomènes fluviaux des ouvrages par les 2 murets anti-inondation et par la digue de Querelles dans l'étude de risque.**

2.4.2 Etude hydraulique de référence

L'étude hydraulique de référence est décrite au paragraphe 5.2.

2.4.3 Cartographie de la zone protégée et du périmètre d'étude

Conformément à l'arrêté du 12 juin 2008, le périmètre des ouvrages d'endiguement concernés par l'étude de dangers inclut à minima la digue, ses déversoirs de sécurité, les portions du cours d'eau susceptibles d'avoir un impact sur la digue suite à une évolution morphologique globale ou une érosion de berges et, s'il y a lieu, les digues transversales délimitant un casier avec la digue principale.

La cartographie ci-dessous indique la zone protégée et le périmètre d'étude :

Figure 8 : Etendue de la zone protégée par les ouvrages existants et futurs – (Source de la carte : EGIS EAU)



3. Rubrique 3 : Analyse fonctionnelle de l'ouvrage et de son environnement

3.1 Description des ouvrages

3.1.1 Historique

3.1.1.1 Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – 1^{ère} tranche

Le mur anti-inondation a été conçu par SOGREAH et réalisé par l'Entreprise Mallet en 2007.

3.1.1.2 Canal de crête de Sérignan-Valras

Le projet a été initié au début des années 2000 suite aux évènements pluvieux produits du 27 Octobre au 2 Novembre 1993 par maîtrise d'œuvre BCEOM. Il est en fin de réalisation à l'heure où cette étude de danger est réalisée.

3.1.1.3 Dignes de Querelles

Le système d'endiguement collé au canal de crête sur sa partie aval a été réalisé en deux phases, en 2011 par l'Entreprise CAZAL sous Maîtrise d'œuvre Egis Eau et en 2014 par l'Entreprise BUESA sous Maîtrise d'œuvre Egis Eau.

3.1.1.4 Muret anti-inondation Boulevard de la Marine - 2^{ème} tranche

Le muret est en phase de conception sous Maîtrise d'Oeuvre Ginger Environnement. Le projet est en phase d'Avant-Projet.

3.1.1.5 Station de pompage du Gourp Salat

L'amélioration de la capacité de pompage et la sécurisation du poste ont été effectuées en 2006.

3.1.2 Description générale

3.1.2.1 Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – 1^{ère} tranche

Le muret a pour but de protéger la ville contre les inondations fluviales de l'Orb. Les caractéristiques du muret sont listées ci-dessous :

- ✓ Muret en béton armé banché,
- ✓ Linéaire : 208 m,
- ✓ Epaisseur : 0.3 m,
- ✓ Hauteur : Variable, entre 0.2 m et 1 m,
- ✓ Cote de la crête : 2.10 NGF,

✓ Distance par rapport au fleuve : > 3m

Le mur comporte un système de clapets galvanisés et vannes permettant le ressuyage des eaux ruisselées dans le centre-ville après le retrait de la crue. On dénombre 8 clapets, 2 batardeaux et un portail coulissant proche du port.

Les figures ci-dessous présentent les caractéristiques générales du mur, ses dimensions et ses équipements selon les plans de récolement du DCE de SOGREAH et de l'inspection visuelle (Egis Eau 2015).

**Photo 1 : Muret anti-inondation rue Jean Dauga
(Source : Inspection visuelle Egis Eau 2015)**



**Photo 2 : Batardeau de protection par montant aluminium
(Source : Inspection visuelle Egis Eau 2015)**



Figure 9 : Coupe type du muret anti-inondation – 1^{ère} tranche – Rue Jean Dauga
(Source : Dossier DCE étude SOGREAH 2007)

COUPE DE PRINCIPE DU MUR

Ech : 1/25

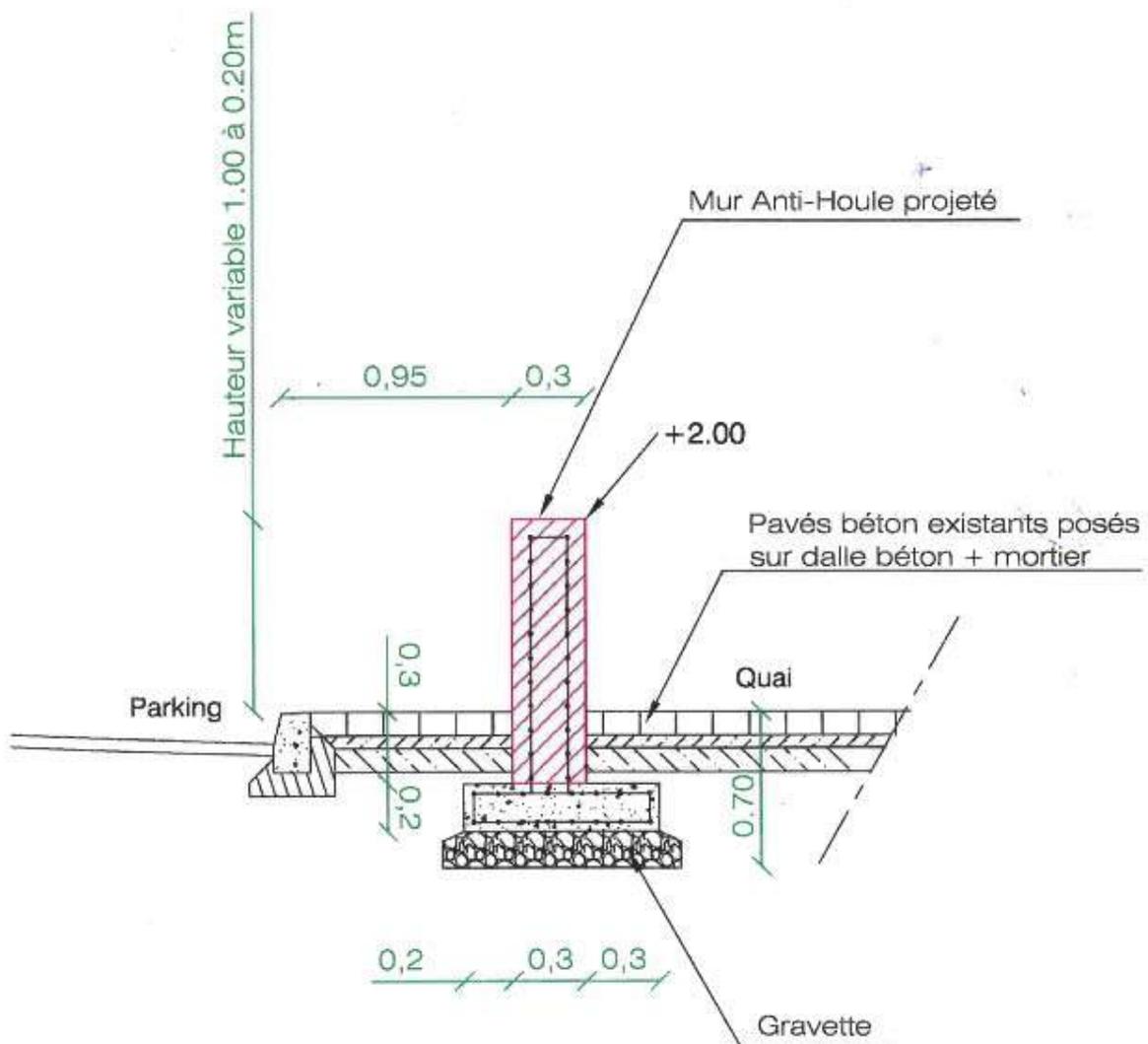


Figure 10 : Equipements du muret anti-inondation – 1^{ère} tranche – Rue Jean Dauga
(Source : Dossier DCE étude SOGREAH 2007)

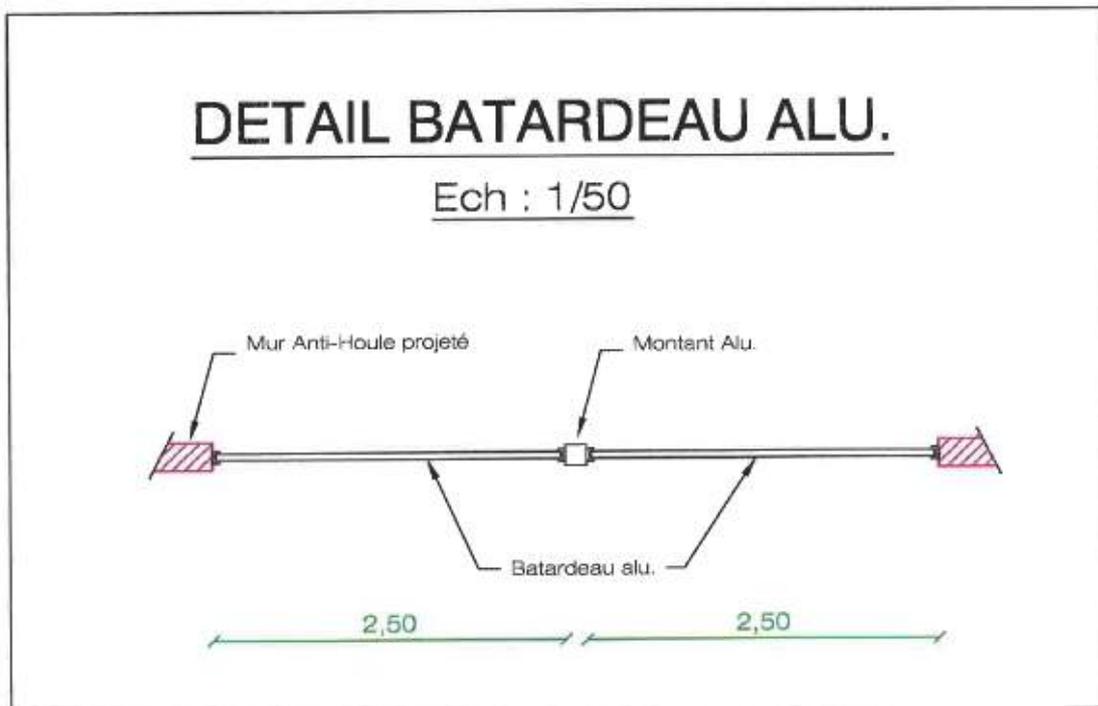
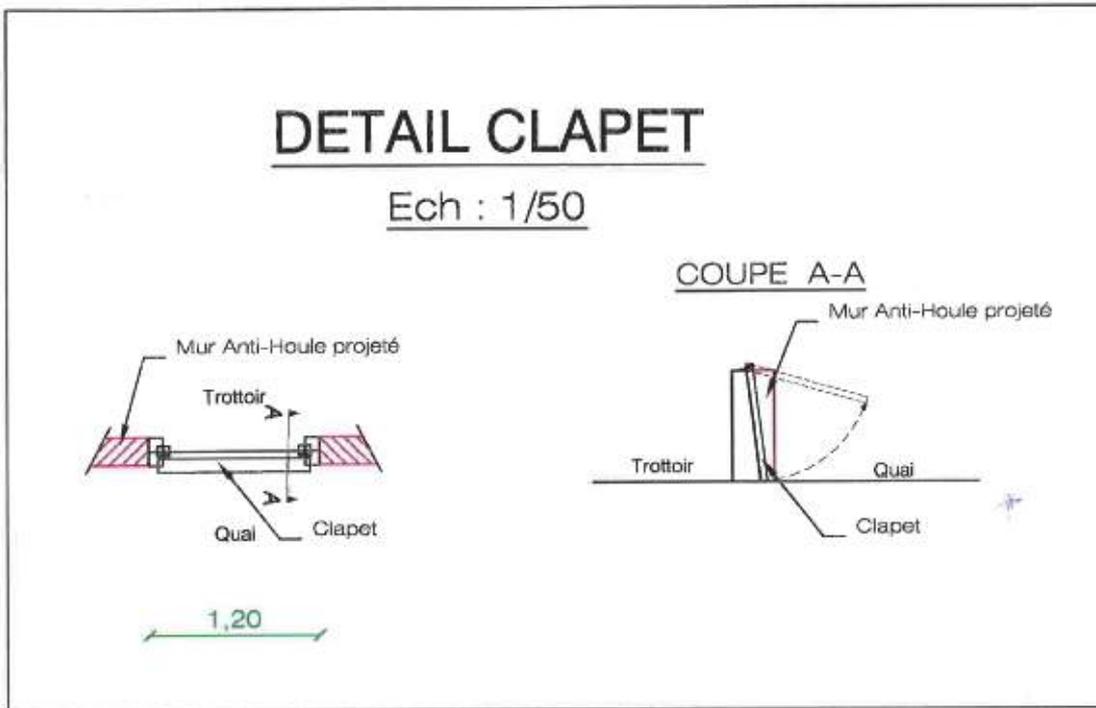
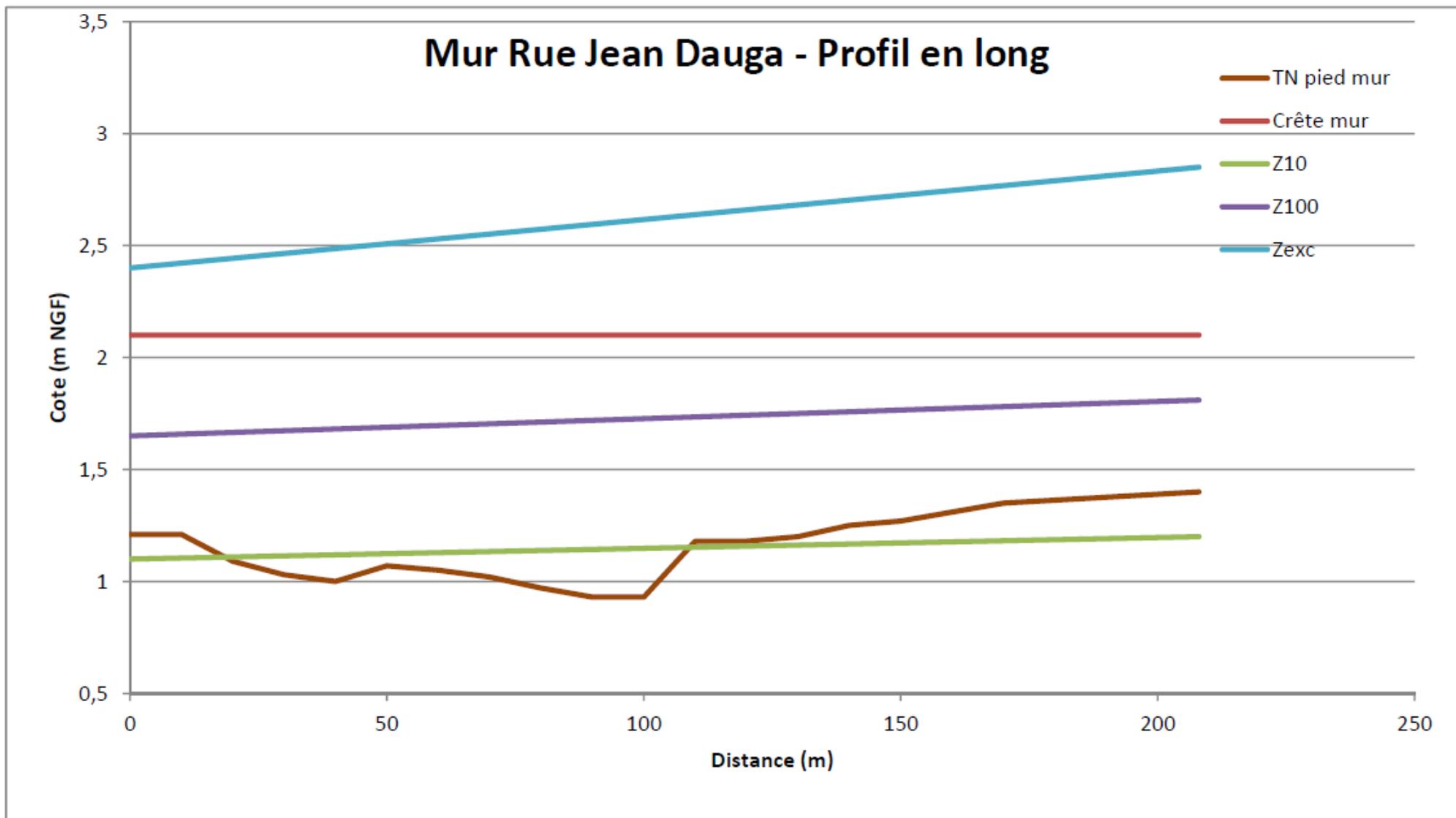


Figure 11 : Profil en long du muret anti-inondation – 1^{ère} tranche – Rue Jean Dauga
(Source : Dossier DCE étude SOGREAH 2007)



3.1.2.2 Canal de crête de Sérignan-Valras

La digue de Querelles, objet de la présente étude de dangers s'intègre dans le projet d'aménagement du canal de crête.

✓ Contexte :

Les communes de Valras-Plage et Sérignan ont connu des désordres importants lors des événements pluvieux qui se sont produits du 27 octobre au 2 novembre 1993. Cette situation extrême a relancé l'idée d'un projet pour la maîtrise des eaux de ruissellement en provenant du plateau de Vendres et leur détournement vers le lit de l'Orb en amont de la zone urbanisée de Valras-Plage.

✓ Fonctionnement hydraulique de l'ouvrage existant :

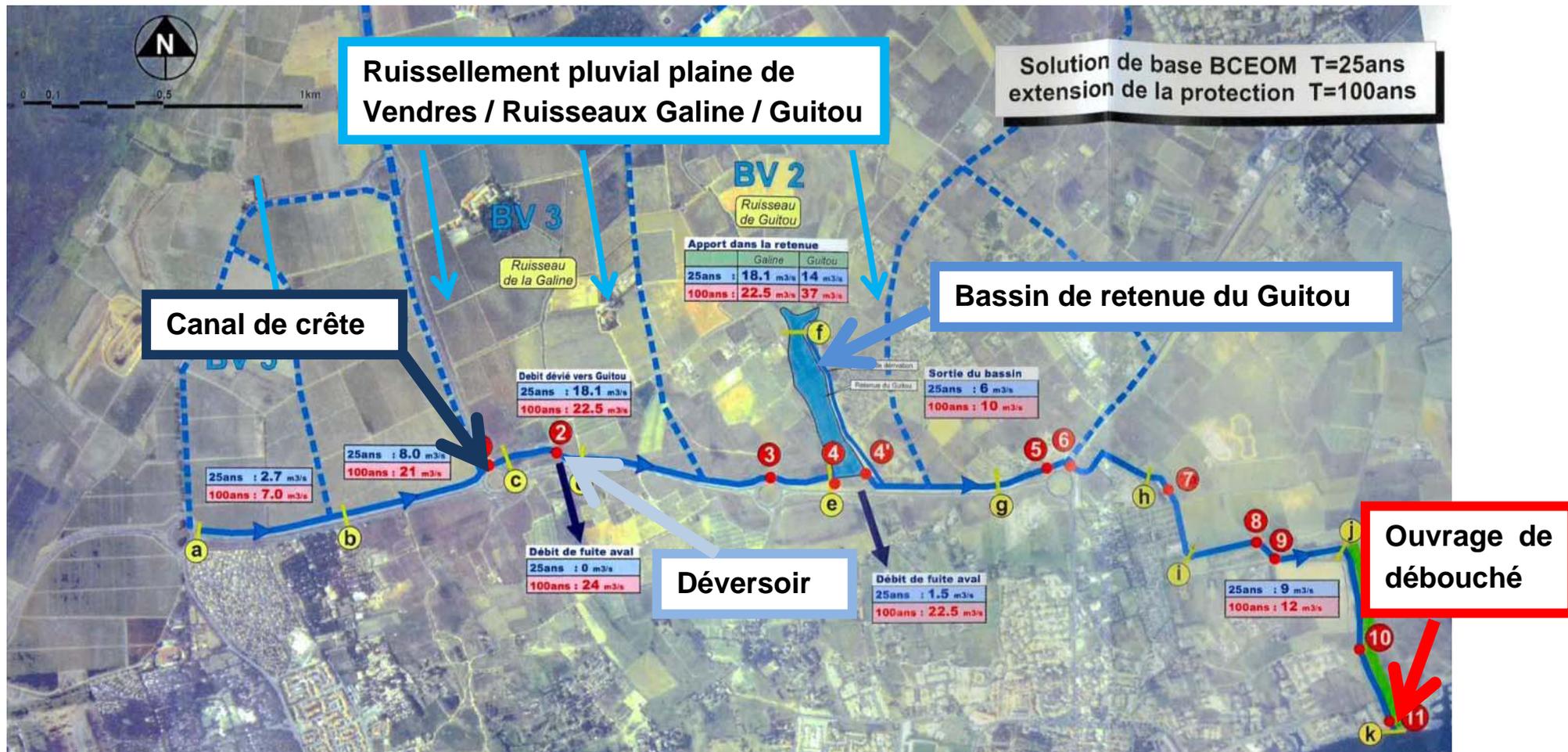
Les eaux pluviales viennent du plateau de Vendres et sont stockées dans le canal de crête. Les dimensions du canal ont été aménagées pour gérer un événement de période de retour 25 ans de manière intégrale. Pour des périodes de retour plus importantes, des déversoirs assurent le rejet des eaux dans la ville avec système de vanne préventif. Le bassin du Guitou assure un rôle de retenue des eaux collectées en amont. Un autre canal situé en crête de bassin du Guitou s'étend jusqu'à l'Orb pour évacuer les eaux pluviales. La figure ci-dessous présente la vue générale du canal de crête.

✓ Historique de réalisation des ouvrages :

- 1^{ère} phase : Aménagement du canal en aval (entre les points 8 et 11 – Figure 12), réalisé en 2011,
- 2^{ème} phase : Aménagement de l'ouvrage de débouché à l'Orb et poursuite du déblai du canal jusqu'au Guitou (entre les points 8 et 4' – Figure 12) réalisé en 2014,
- 3^{ème} phase : Aménagement de l'ouvrage entre le Guitou et le rond-point de la Yole (entre les points 4' et a – Figure 12), qui comprend :
 - La création d'un barrage de rétention des eaux sur le Guitou,
 - La continuité du canal d'ores et déjà réalisé lors de la phase 2 jusque sa prise d'eau au droit du barrage,
 - La création d'un ouvrage de régulation des débits et retenue des eaux en amont de la RD64,
 - La création d'un déversoir d'alimentation du canal dit « déversoir du Guitou »,
 - La création d'un fossé d'une longueur totale d'environ 2 400 mètres linéaires,
 - L'adaptation d'ouvrages de franchissement des routes impactées,
 - L'adaptation du bassin de rétention existant situé proche du rond-point entre la RD64 et la RD37.

Cette phase n'est pas encore réalisée.

Figure 12 : Fonctionnement hydraulique du canal de crête de Sérignan (Source : BCEOM)



Un système d'endiguement (digue de Querelles) complémentaire en aval du canal assure la protection contre les inondations fluviales en cas de débordement de l'Orb (voir paragraphe suivant).

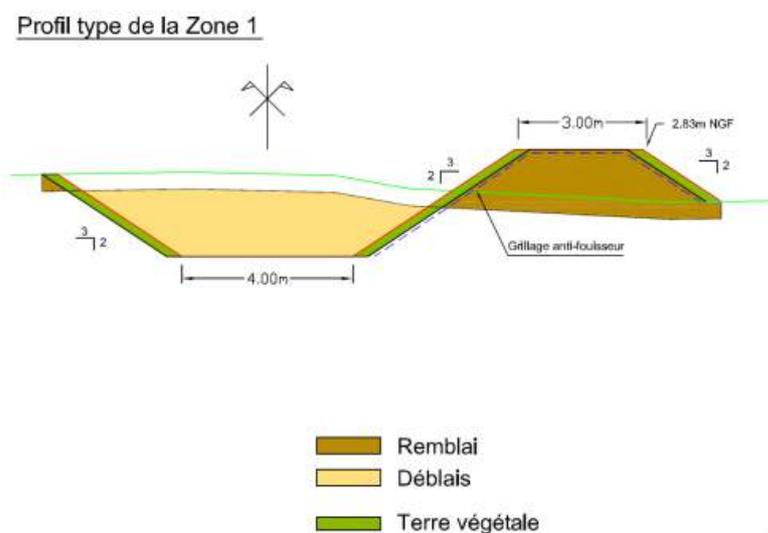
✓ Travaux effectués et prévisionnels :

Trois phases de travaux ont été programmées par le syndicat Béziers-la-Mer :

- 1^{ère} phase : Aménagement du canal en aval (en aval de la RD64 et l'Ouvrage de débouché dans l'Orb)

Cette phase de travaux a été réalisée en 2011 par l'entreprise CAZAL. Un déblai du canal s'est effectué permettant le remblai de la digue. Les dimensions sont de 4 m en fond de canal et pente de talus 3H/2V. La pente du canal est nulle. La coupe suivante montre les dimensions du canal et ses caractéristiques.

Figure 13 : Coupe type canal de crête + endiguement proche du rond-point RD64
(Source : DCE Phase 1 - Egis Eau - 2009)



La photo suivante montre l'état d'un tronçon réalisé en phase1 :

Photo 3 : Coupe type canal de crête + endiguement
(Source : Inspection visuelle Egis Eau 2015)



- 2^{ème} phase : Aménagement de l'ouvrage de débouché et poursuite du déblai du canal jusqu'au Guitou

L'entreprise BUESA a poursuivi le déblai du canal de crête jusqu'au Guitou en 2014. Les pentes sont de 3H/2V et largeur de fond 1.90 m. La coupe suivante montre les caractéristiques de l'ouvrage fini en phase d'exécution :

Figure 14 : Canal de crête proche du rond-point de la RD64
(Source : EXE – Phase 2 - 25/10/2013 - Egis Eau/BUESA)

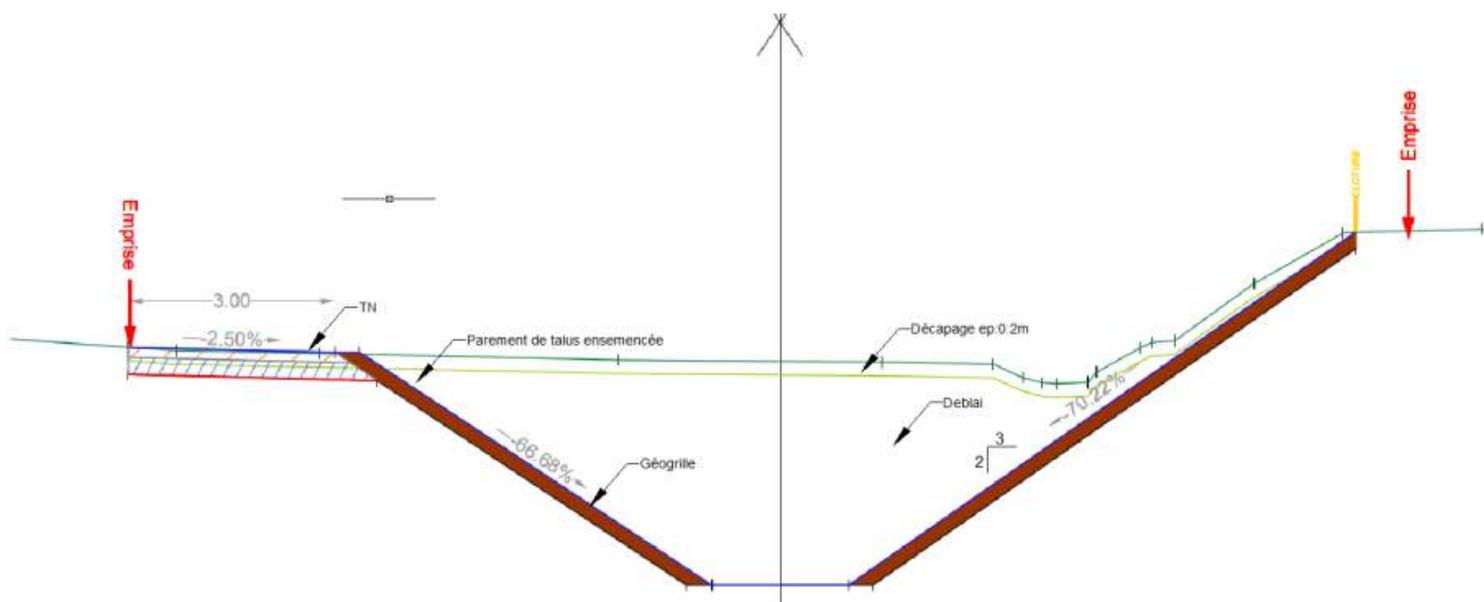


Photo 4 : Canal de crête proche du rond-point de la RD64 (Source : Inspection visuelle Egis Eau 2015)



L'ouvrage de débouché dans l'Orb se compose de trois cadres préfabriqués en béton armé rectangulaire de 2.00*2.00 m équipés de clapets anti-retour côté Orb.

Photo 5 : Ouvrage de débouché préfabriqués (Source : Suivi EXE des travaux BUESA par Egis Eau)



Le tronçon comporte trois autres ouvrages hydrauliques proches de la route de la Jasse Neuve :

- Deux cadres béton 3.75 m x 2.5 m sur le canal,
- Buse BA Ø1500 mm sur un affluent du canal.

Photo 6 : Ouvrage hydrauliques du canal de crête sous Jasse Neuve (Source : Egis Eau)



- **3^{ème} phase : Aménagement du fossé d'évacuation entre le déversoir du Guitou et le rond-point de la Yole**

Les travaux comprennent (PRO Phase 3 – Egis Eau – mars 2016) :

- **Entonnement du canal de dérivation du bassin du Guitou**

Sur les 300 premiers mètres, le canal aura les caractéristiques suivantes :

- ✓ Largeur en fond 5.5 mètres
- ✓ Pente des talus : 3H/2V
- ✓ Fil d'eau amont : 12.94 m NGF
- ✓ Pente moyenne sur les 300 premiers mètres 0.1%

- **Barrage pour prise d'eau du canal de dérivation**

Le barrage aura les caractéristiques suivantes :

- ✓ Cote d'arase du secteur déversant : 13.85 m NGF
- ✓ Le barrage remontera le long du fossé actuel jusqu'au chemin de la Yole
- ✓ La longueur déversante sera de 37 ml
- ✓ Le reste de l'ouvrage sera calé 30 cm au-dessus de la cote de crue centennale (cote supérieur au plan d'eau de pluie millénale) soit à 14.91 m NGF
- ✓ Les pentes de talus seront de 2H/1V
- ✓ Profondeur du bassin de dissipation : 1.3 m
- ✓ Longueur du bassin de dissipation 6.5 m
- ✓ Blocométrie des enrochements de protection : 1T/3T.

- **Ouvrage de prise d'eau au droit de la RD64**

Deux solutions sont envisagées :

- ✓ Solution tulipe en GC,
- ✓ Solution barrage en remblai.

- **Descente d'eau le long de la RD64**

La descente d'eau aura une largeur de 2.8 m en fond et des talus à 3H/2V. Le principe de descente en chute d'eau sera conservé conformément aux études de projet menées en 2003. En fin de descente d'eau, un bassin de dissipation sera réalisé pour éviter l'érosion de secteurs non protégés. Le bassin aura une profondeur de 0.5 m et fera 2.5 m de côté.

La protection de la descente d'eau et du bassin pourra être réalisée en enrochements, en béton ou en béton cyclopéen.

- **Fossé entre le bassin du Guitou et le bassin des Galines**

Le fossé entre le bassin du Guitou et le bassin des Galines aura les caractéristiques suivantes :

- ✓ Fil d'eau aval : 12 m NGF
- ✓ Fil d'eau amont : 12.65 m NGF
- ✓ Largeur en fond : 4.5 m

- ✓ Pente du talus côté nord : 3H/2V
- ✓ Pente du talus côté sud : 3H/2V
- ✓ Reprise des passages souterrains en cadres de dimension minimale 3 mx3 m

- **Bassin des Galines**

Le bassin des Galines sera aménagé de la manière suivante :

- ✓ Démolition du déversoir existant
- ✓ Continuité du bassin avec le chenal recalibré
- ✓ Cote du déversoir : 15.30 m NGF
- ✓ Longueur du déversoir latéral : 80 m
- ✓ Reprise totale des enrochements bétonnés en cours de dislocation.

- **Fossé amont du bassin des Galines**

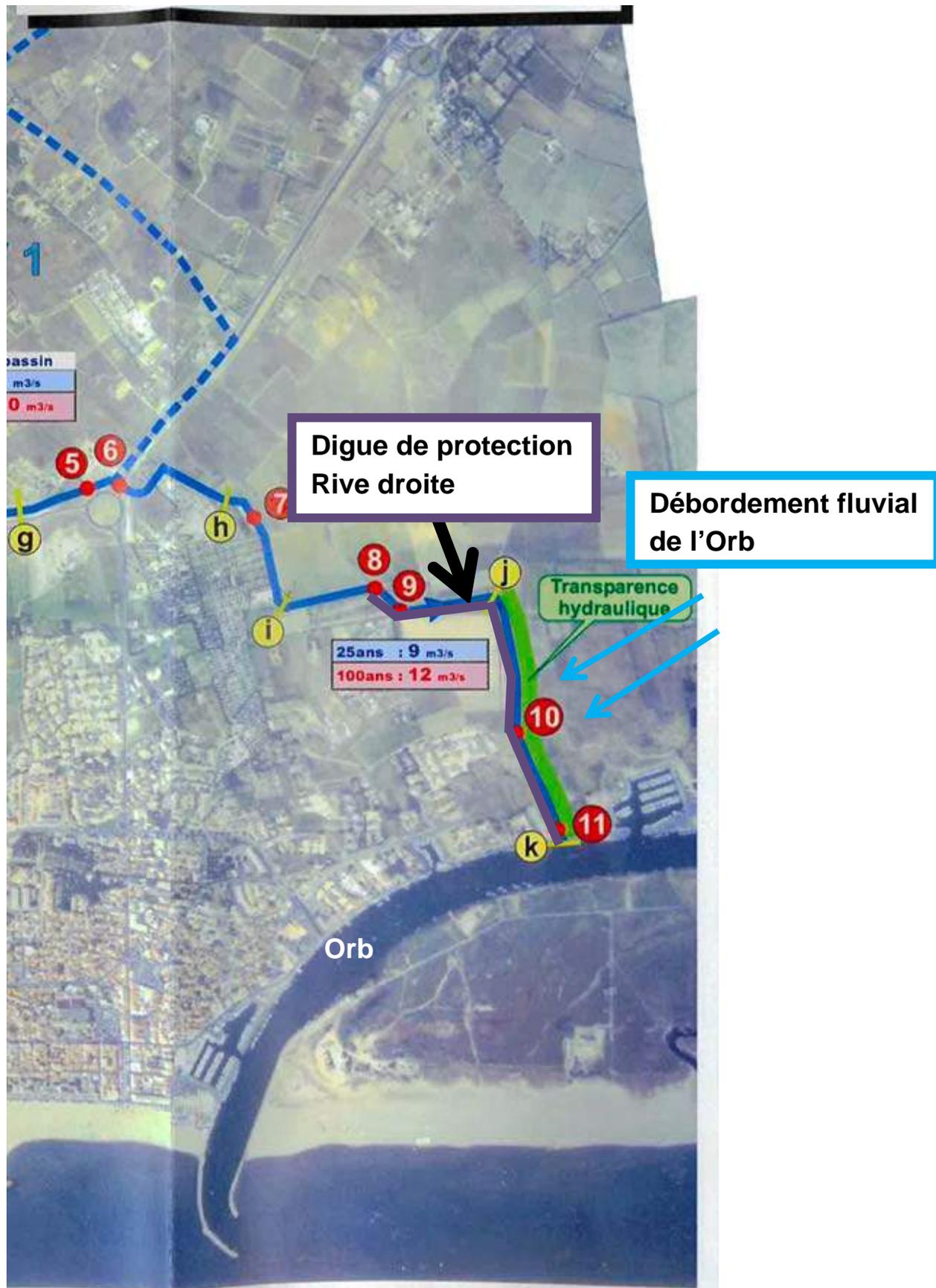
Le fossé entre le bassin du Guitou et le bassin des Galines aura les caractéristiques suivantes :

- ✓ Fil d'eau aval : 14.06 m NGF
- ✓ Fil d'eau amont : 16.50 m NGF
- ✓ Largeur en fond : 4.00 m
- ✓ Pente du talus côté nord : 3H/2V
- ✓ Pente du talus côté sud : 3H/2V
- ✓ Reprise des passages souterrains en cadres de dimension minimale 3 mx3 m

3.1.2.3 Digue de Querelles

Un système d'endiguement de 920 m linéaire assure la protection contre les débordements fluviaux de l'Orb à la cote de 2.83 m NGF pour un évènement centennal (avec une revanche de 0,50 m). Les digues sont situées en bordure rive droite du canal de crête dans le sens de l'écoulement des eaux vers l'Orb. Le schéma suivant décrit l'emplacement des digues de Querelles en violet :

Figure 15 : Fonctionnement hydraulique de la digue des Querelles
(Source : Egis Eau)



Une première phase de travaux menée par l'Entreprise CAZAL a consisté à prendre les matériaux de déblais du canal de crête pour le remblai des digues.

Des problèmes d'étanchéité des matériaux ont été relevés par les campagnes géotechniques d'I-Terre et CAZAL en 2010. C'est pourquoi une 2^{ème} phase de travaux a prévu l'arasement des matériaux, mise en place d'autres matériaux plus compacts, l'instauration d'un masque argileux pour augmenter les étanchéités, l'élargissement des pistes de crête des digues et la repose d'un grillage anti-fouisseur.

Les figures ci-dessous montrent l'état des digues lors de l'inspection visuelle Egis Eau de Mai 2015, les coupes types des digues d'exécution réalisées par l'Entreprise BUESA en 2014 (coupe type 1 et 2), par l'Entreprise CAZAL en 2011 (coupe type 3) et l'emplacement de celles-ci :

Photo 7 : Digue de Querelles réalisée en phase 2 BUESA (Source : Inspection visuelle Egis Eau)



Figure 16 : Localisation des coupes types des digues présentées dans l'étude

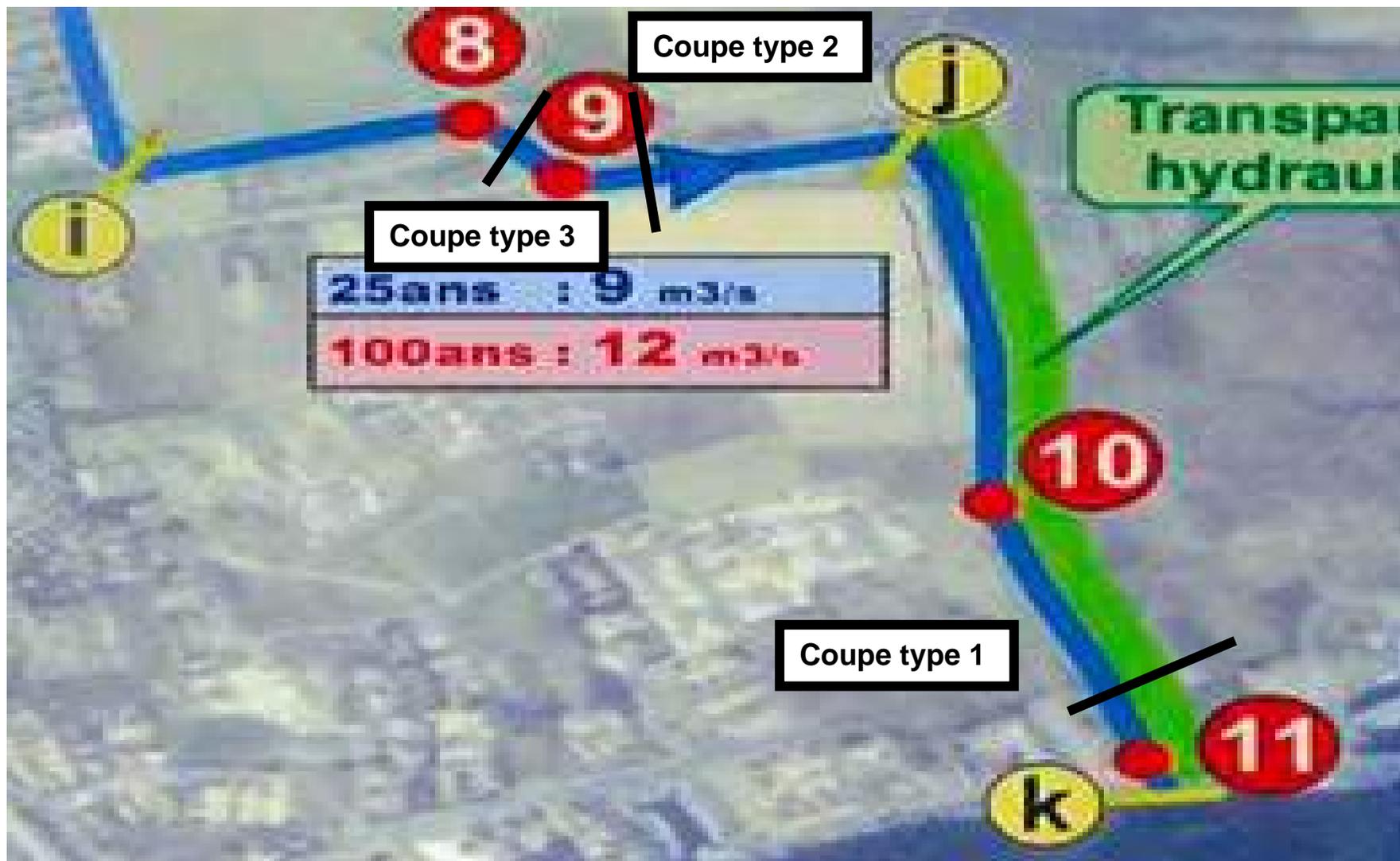


Figure 17 : Coupe type 1 – Digue des Querelles proche de l'ouvrage de débouché vers l'Orb (Source : EXE BUESA 2014)

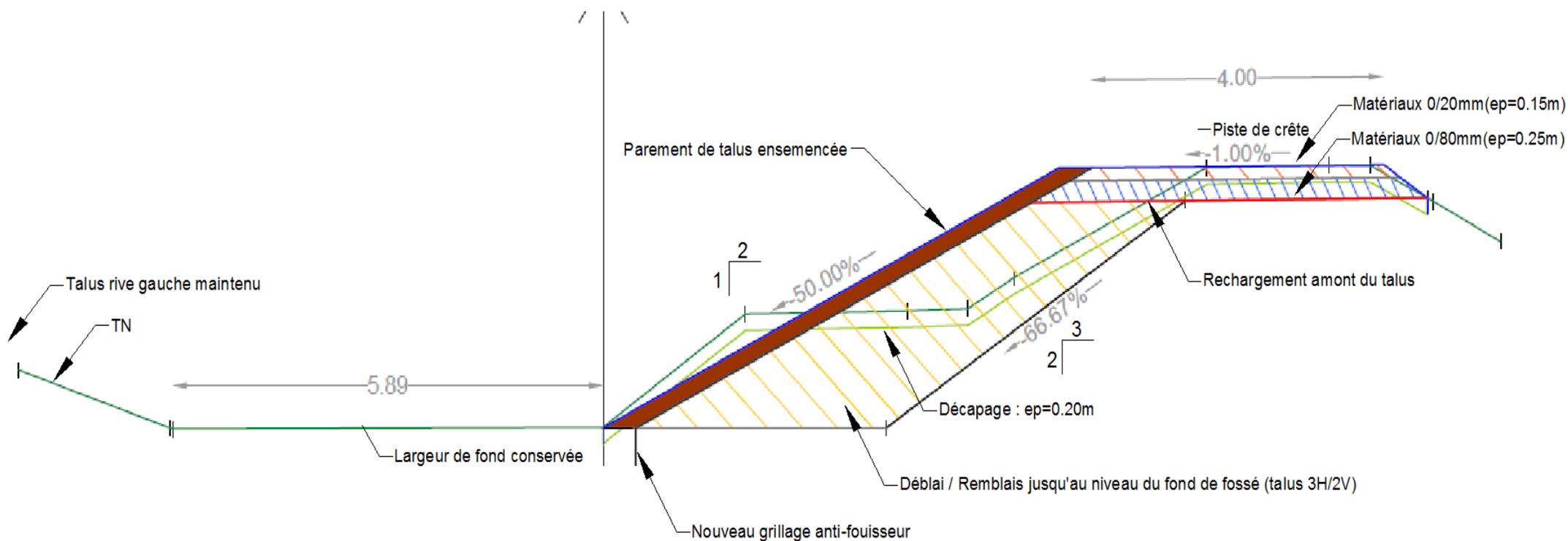


Figure 18 : Coupe type 2 – Digue de Querelles (Source : EXE BUESA 2014)

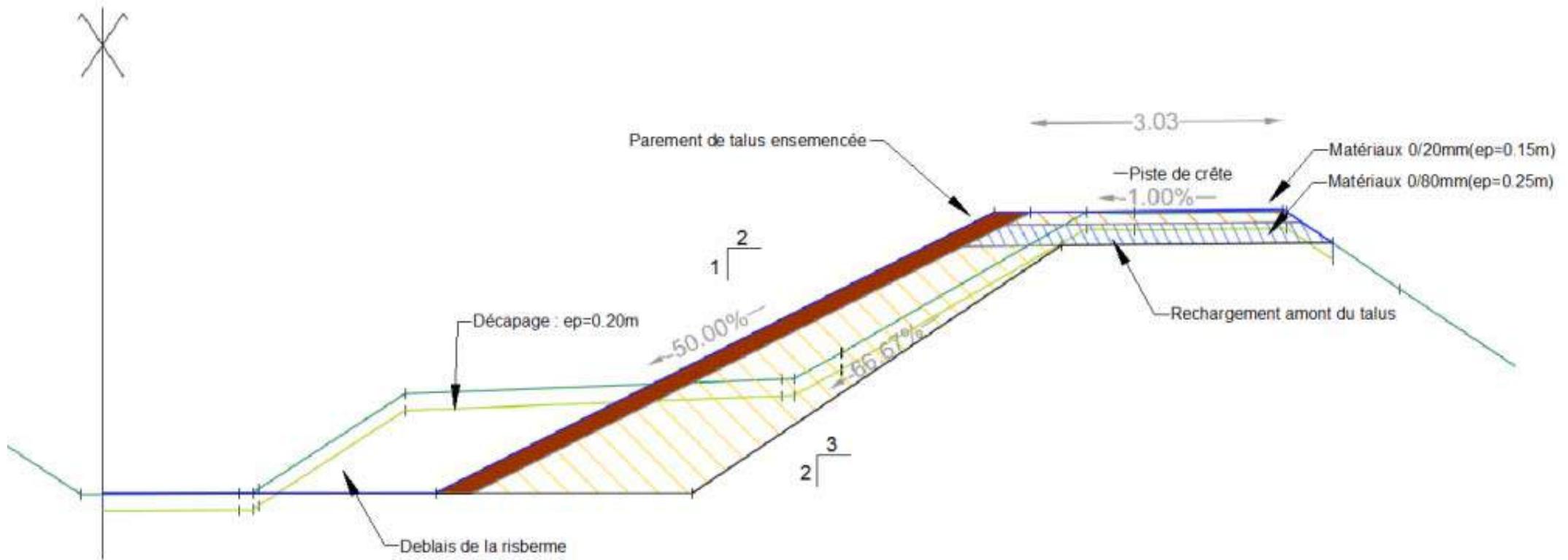


Figure 19 : Coupe type 3 – Digue des Querelles à proximité de Jasse Neuve (Source : EXE CAZAL 2011)

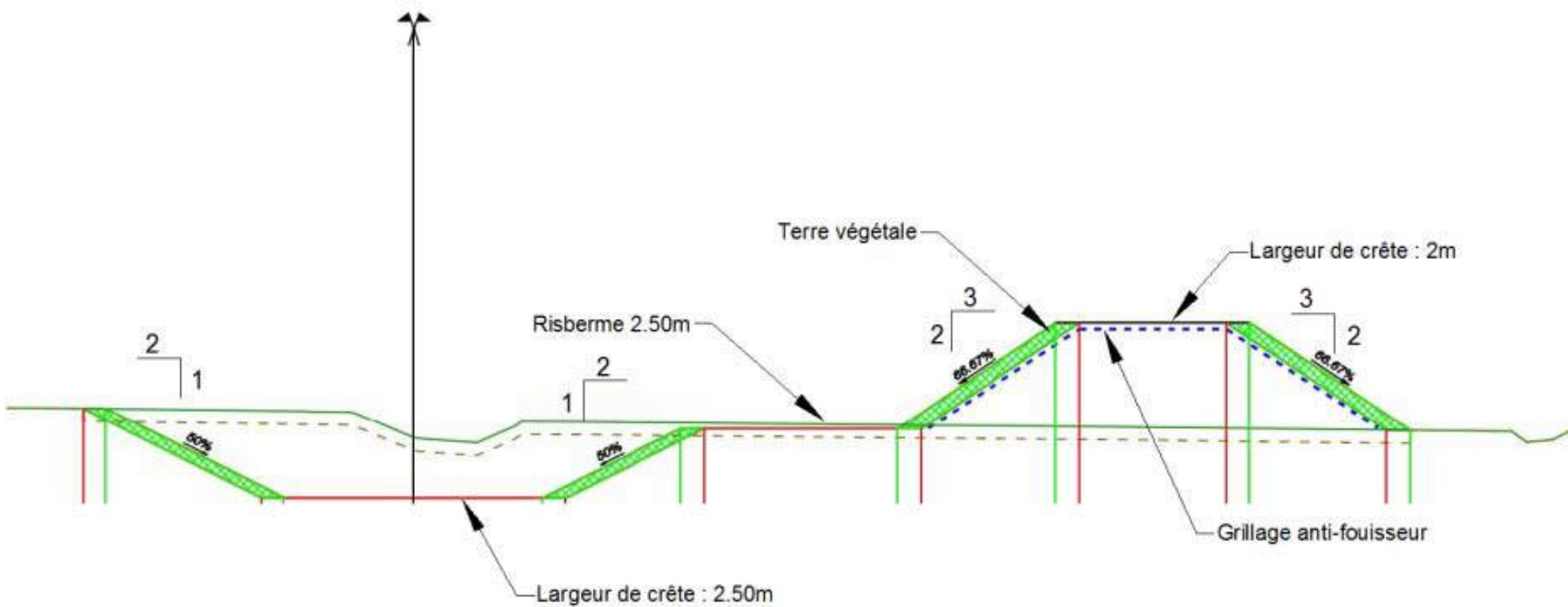
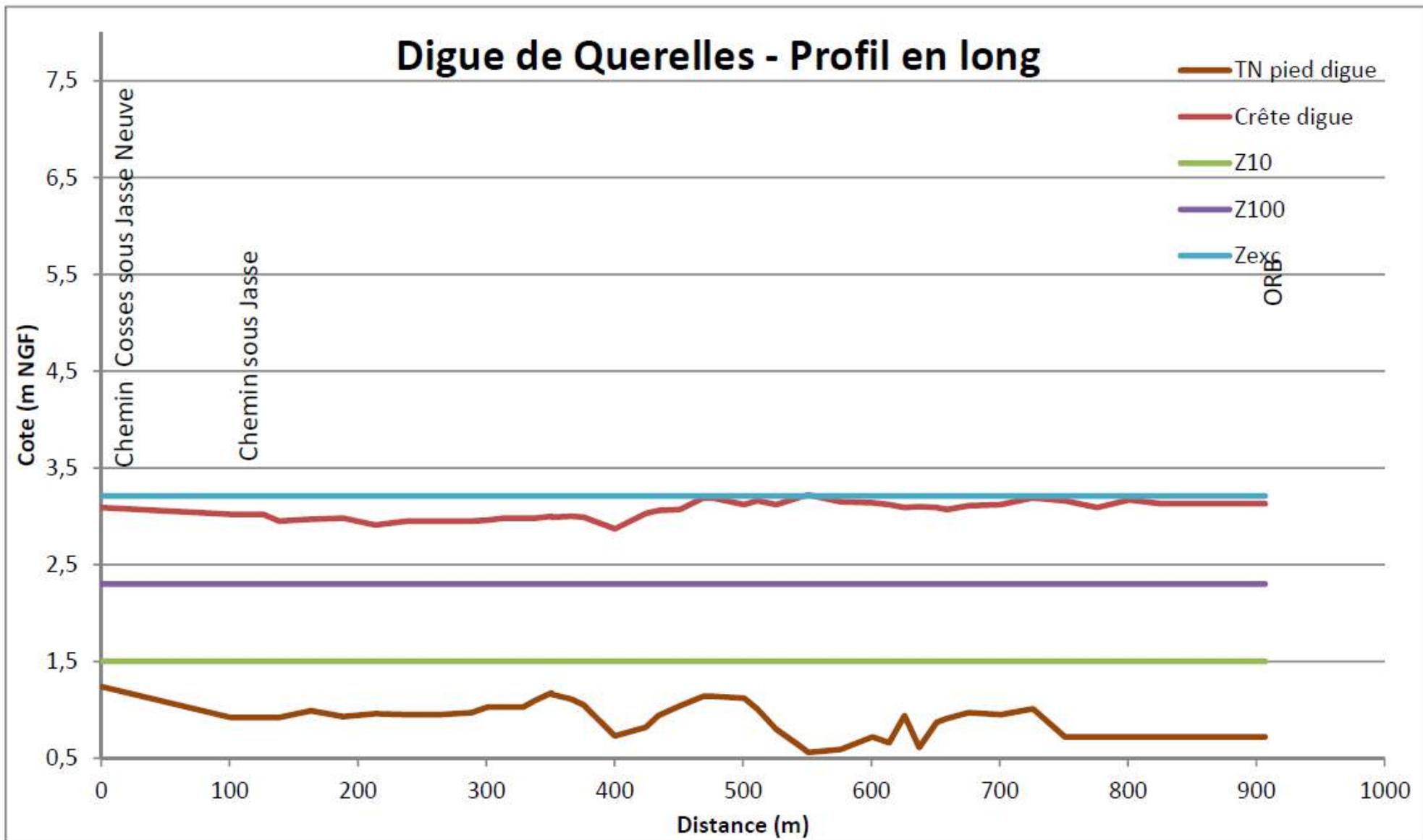


Figure 20 : Profil en long de la digue de Querelles



3.1.2.4 Muret anti-inondation - 2^{ème} tranche - Boulevard de la Marine

Ce muret est la dernière disposition de protection contre les inondations retenue par le syndicat pour finaliser toute la protection de Valras-Plage, en cohérence avec les prescriptions du PAPI. Elle réduira la vulnérabilité de la commune vis-à-vis des débordements de l'Orb.

Dans sa globalité, son fonctionnement hydraulique se cale sur celui du premier muret construit en 2007.

Les caractéristiques générales de l'ouvrage sont présentées ci-dessous (Source : Dossier AVP Ginger):

3.1.2.4.1 Implantation de la protection

Le mur de protection sera implanté entre le quai et la voie de circulation, en bordure sud de cette dernière.

Tout autour du port, le remplacement du mur actuel a été privilégié, le mur existant n'offrant pas les caractéristiques mécaniques nécessaires. L'édifice à l'intérieur du port ne sera pas contourné pour des raisons de cohérence de tracé, il restera donc en zone inondable.

Entre le port et l'extrémité amont, le mur longera la route côté fleuve. Après concertation avec le Maître d'Ouvrage, il a été convenu que le raccord à la digue réalisée en bordure du canal se fera par l'aménagement d'une digue de géométrie similaire au droit des parcelles 142, 143 et 144. Un batardeau amovible sera ensuite positionné en travers de la voirie pour assurer la continuité avec le mur situé entre la voie et l'Orb.

L'accès aux parcelles sera assuré par la création d'une voie longeant la digue côté terre.

La digue existante en bordure du canal sera modifiée sur sa partie aval afin d'assurer la continuité avec l'ouvrage projeté.

3.1.2.4.2 Description et géométrie du mur-digue

L'ouvrage de protection sera constitué d'un mur en béton armé banché auto-stable, dosé à 350 kg/m³. La géométrie de l'ouvrage sera celle d'un T inversé, à base horizontale et de débords dissymétrique. Cette solution est privilégiée notamment du fait de la faible qualité des terrains de fondation.

- ✓ Muret en béton armé banché,
- ✓ Linéaire : 760 m,
- ✓ épaisseur : 0.25 m,
- ✓ cote de la crête : de 2.10 m NGF à 2.70 m NGF,
- ✓ Hauteur du muret : 0.2 m à 1.30 m (1.15 m de moyenne),
- ✓ Distance par rapport à la berge : 3 m à 8 m.

Le mur sera coulé sur une semelle en béton armé de largeur 95 cm sur une épaisseur de 20 cm. Un géotextile filtrant est calé entre la semelle béton et le GNT compacté sous la semelle pour assurer l'étanchéité.

La semelle béton est calée en la dalle béton du quai existant coté ville et de la chaussée en enrobé coté fleuve.

Des équipements comme des clapets-anti retour ou des batardeaux seront implantés par perçage du mur.

Au Sud, le muret rejoindra la rive gauche du Gourp de Salat qui sera légèrement rehaussée (50 à 70 cm) et viendra se connecter au trottoir de pont qui franchit ce canal (alt. trottoir à 2,2 m NGF).

Figure 21 : Implantation du projet

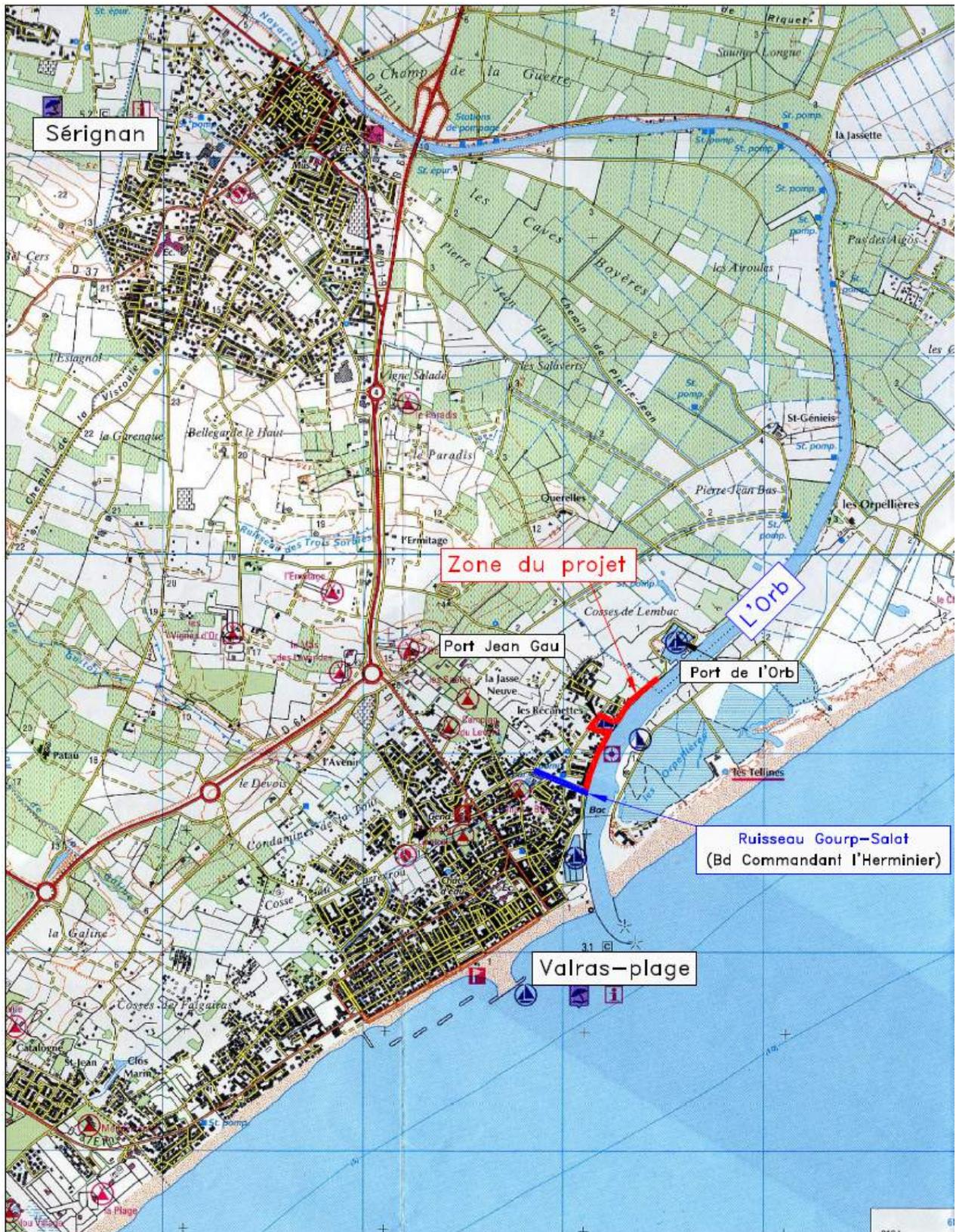


Figure 22 : Plan masse du projet (1/2)

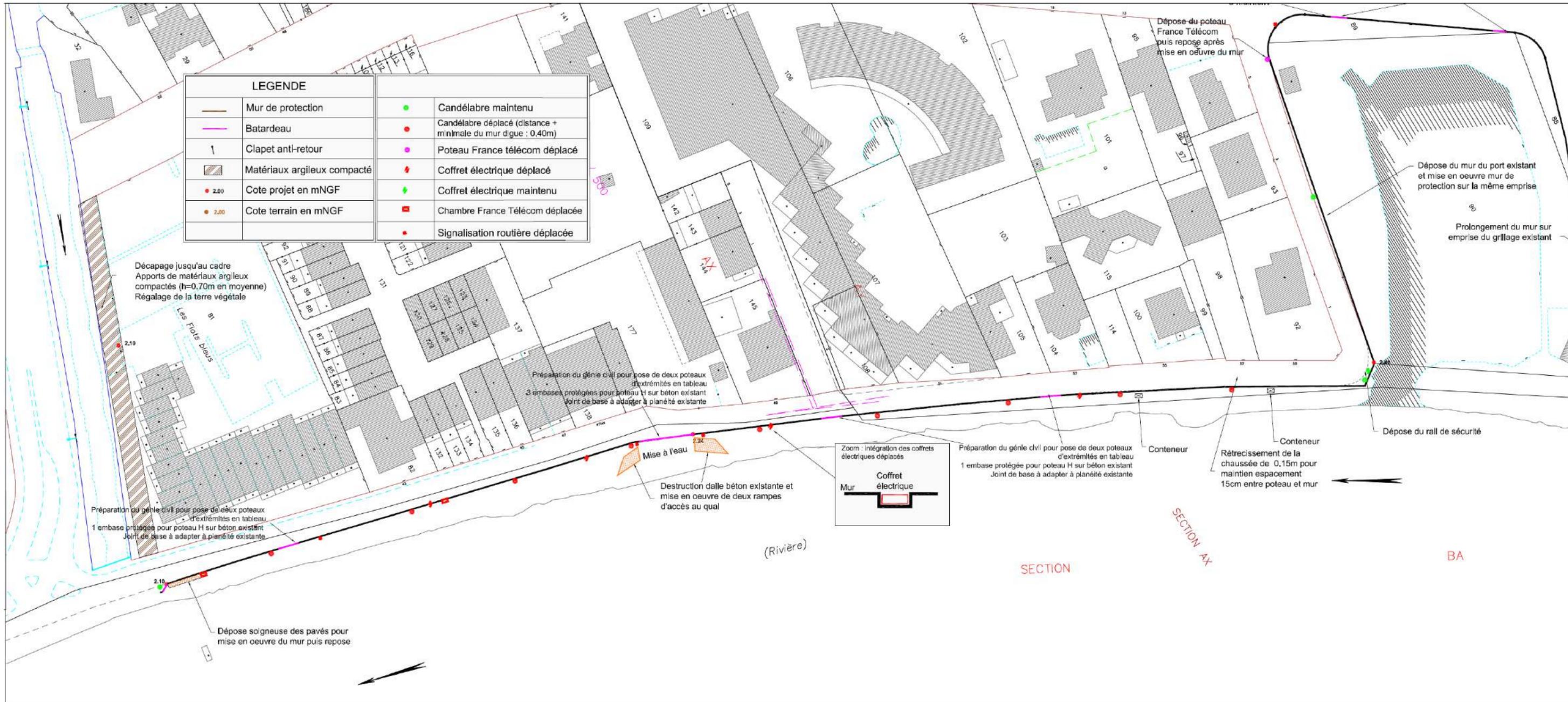
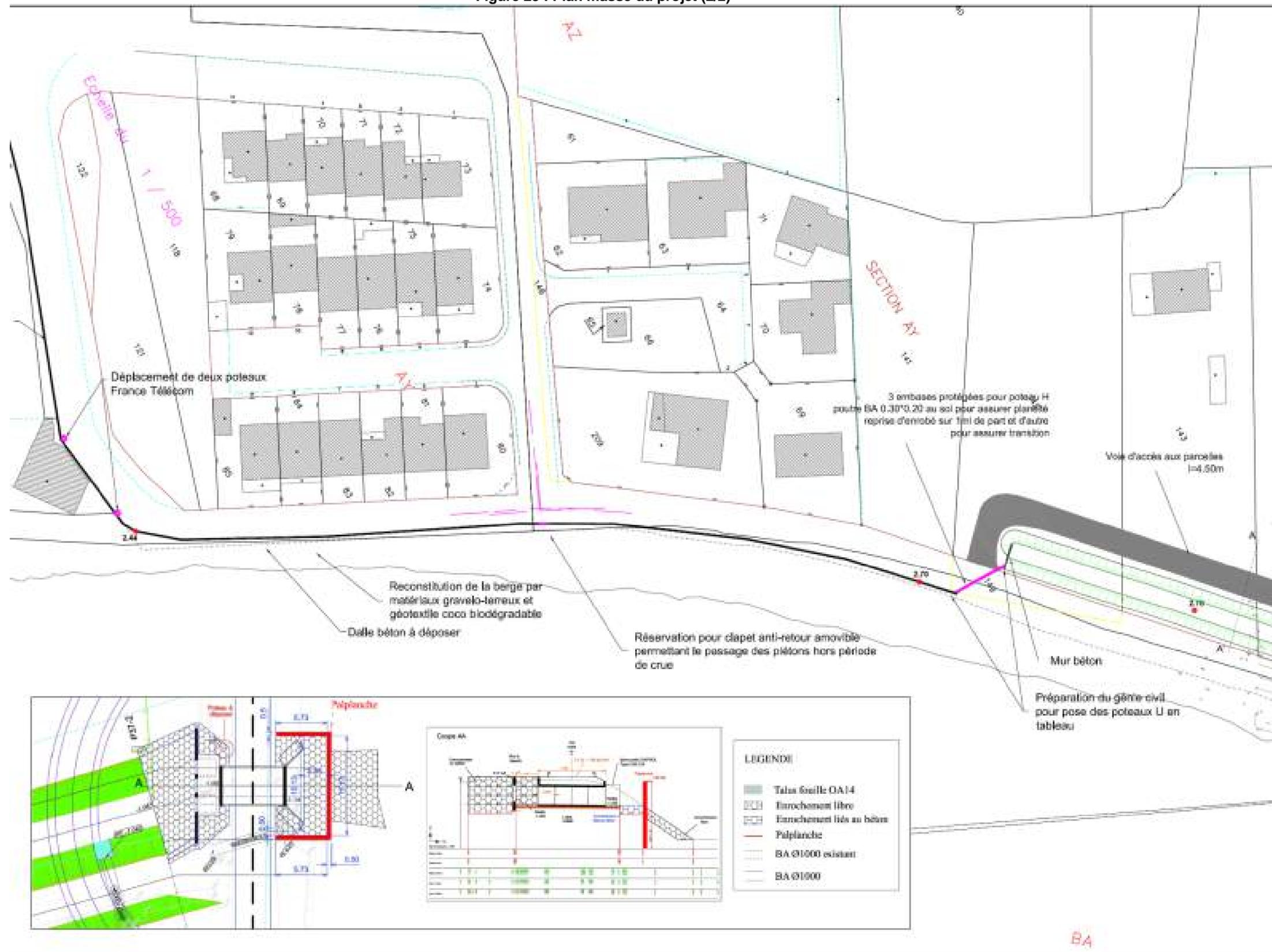
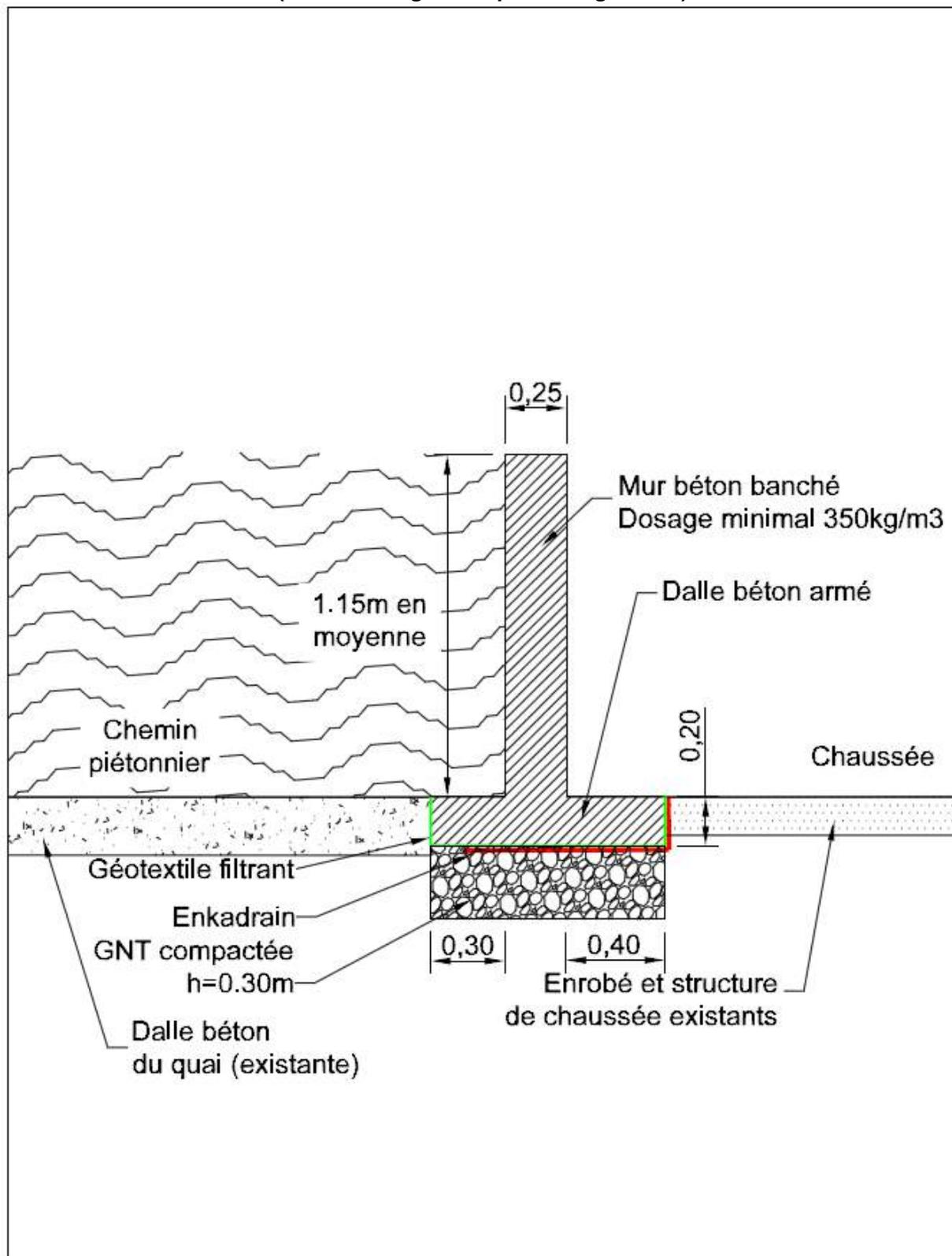


Figure 23 : Plan masse du projet (2/2)



La figure ci-dessous présente la coupe type caractéristique du mur :

**Figure 24 : Muret de protection - 2^{ème} tranche - Boulevard de la Marine
(Source : Ginger- Coupe Mur-Digue AVP)**



Protection contre les crues de l'Orb à Valras - AVP

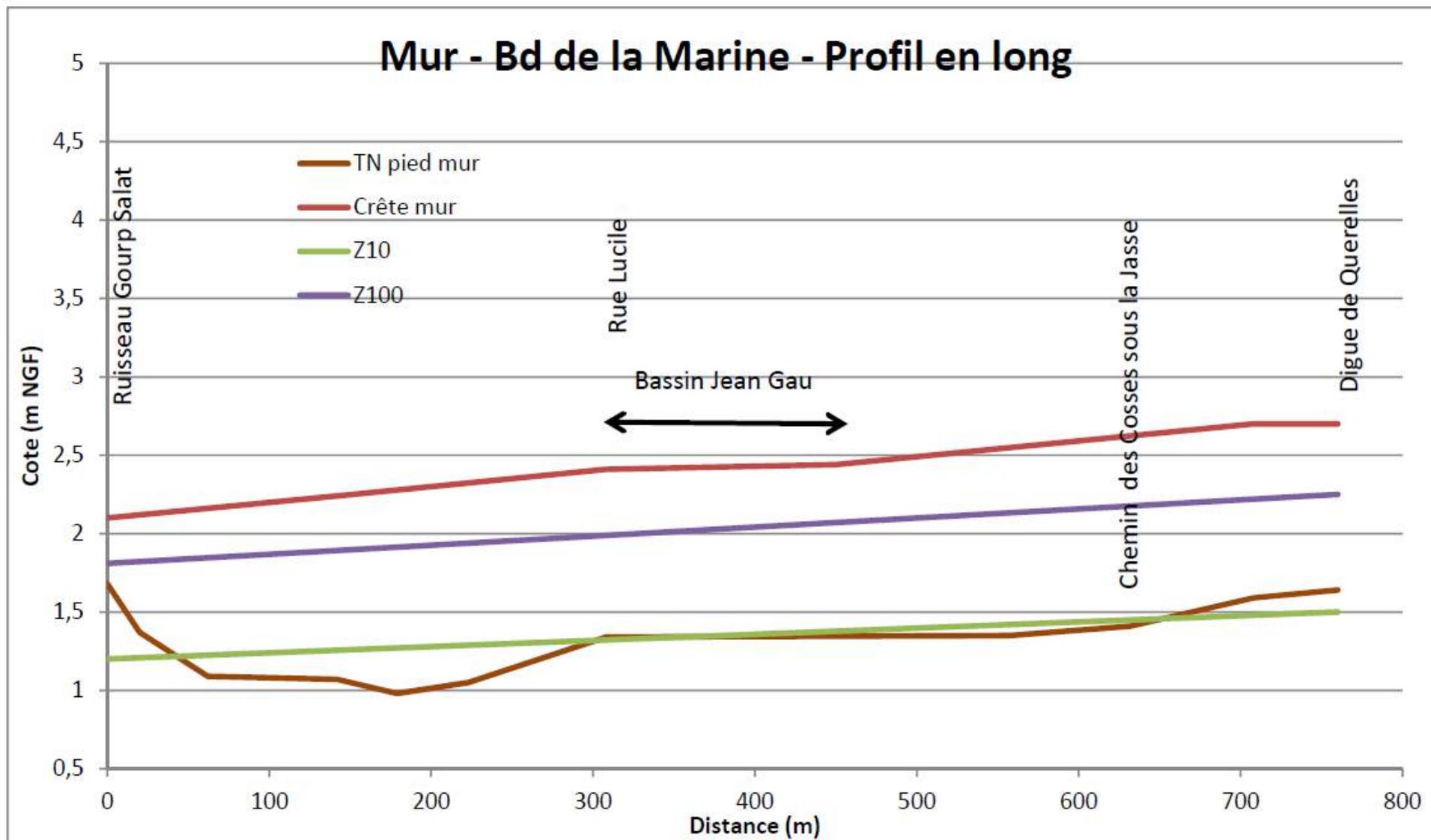
Ech.: 1 / 20

Fig 6.

Coupe type du mur

N° DE CODIFICATION : M4403+007c-CO.dwg

Figure 25 : Muret de protection - 2^{ème} tranche - Boulevard de la Marine
Profil en long



3.1.2.4.3 Géométrie de la digue en remblai

La géométrie de la digue projetée à l'amont du projet est similaire à celle existante à savoir :

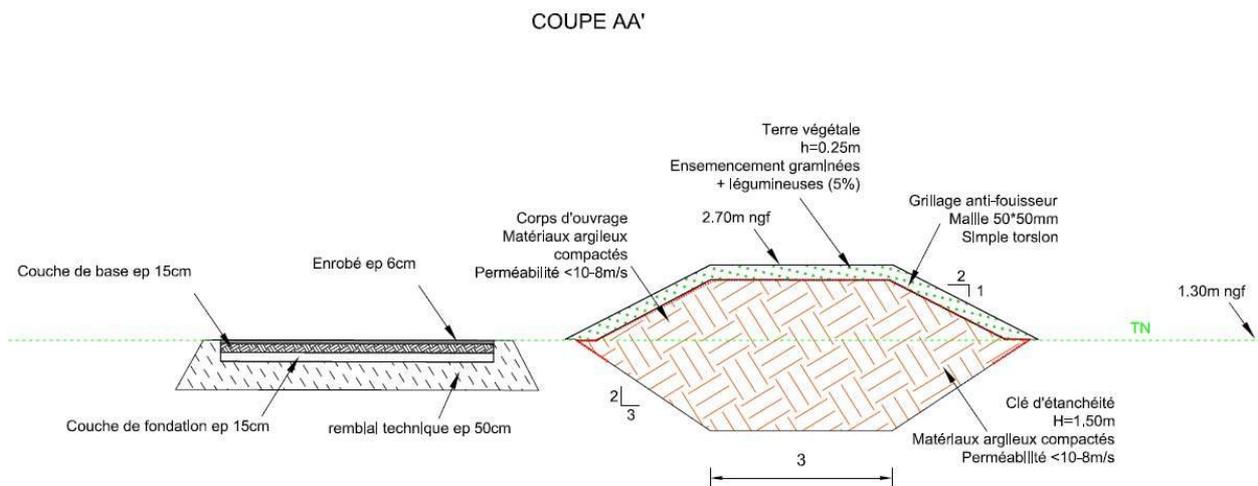
- ✓ Largeur en crête : 3 m,
- ✓ Pente des talus : 2H/1V,
- ✓ Clé d'étanchéité : largeur en pied 3 m, talus pentés à 3H/2V,
- ✓ Matériaux argileux compactés. Perméabilité 10^{-8} m/s,
- ✓ Grillage anti-fouisseur : maille 5x5 cm, simple torsion, galvanisé, diamètre minimal $\varnothing 2,4$ mm,
- ✓ Terre végétale h=25 cm. Ensemencement graminées et légumineuses.

L'extrémité amont de la digue est connectée sur la digue existante à proximité de l'ouvrage de franchissement $\varnothing 1000$.

L'extrémité aval est équipée d'un mur béton sur lequel sera aménagé le batardeau amovible. Ce mur présente une semelle de largeur 1,50 m positionnée sous le remblai.

Sous l'emplacement du batardeau amovible assurant la continuité de la protection avec le mur-digue, une poutre béton armé de section l=0,30 m et h=0,20 m est mise en œuvre. Elle assure la planéité nécessaire à l'étanchéité.

Figure 26 : Coupe-type de la digue amont



3.1.2.4.4 Aménagements complémentaires

✓ Batardeaux amovibles :

Des batardeaux amovibles permettent l'accès aux pontons, et l'accessibilité des riverains au chemin piétonnier bordant le fleuve. Ils présentent les caractéristiques suivantes :

- Poteau U en aluminium positionné en tableau à chaque extrémité. Ils sont démontés hors période de risque de crue,
- Poteau H intermédiaire : ils permettent de limiter la longueur et le poids des profilés aluminium formant le batardeau. Des chevilles sont fixées au sol. Elles permettent de fixer un sabot sur lequel est positionné le poteau H pour le montage du dispositif. Ces chevilles sont protégées par une plaque lorsque le batardeau est démonté,
- Profilés intermédiaires : il s'agit de profilés aluminium de hauteur variable (entre 20 et 40 cm). Le poids est inférieur à 10 kg/ml,
- Clés de serrage : après montage du dispositif, des clés de serrage permettent d'assurer l'étanchéité de l'ensemble.

Les batardeaux peuvent être posés par 2 personnes en 2 h 30.

✓ Gourp Salat :

L'amélioration de la capacité de pompage et la sécurisation de la station du Gourp Salat, ont été réalisées en 2006. Ces travaux ont permis d'augmenter la capacité de pompage et rendu la station autonome d'un point de vue énergétique en cas de défaillance du réseau EDF.

La mise en place d'une troisième pompe a porté la capacité de pompage de l'installation de 3 à 4.5 m³/s.

Les berges du Gourp Salat seront remontées à 2,10 m NGF.

En rive gauche, après purge du matériau en place jusqu'au cadre existant, un remblai en matériau argileux (A1 ou A2) sera mis en œuvre afin d'assurer une protection jusqu'à la cote définie.

L'étanchéité du remblai sera assurée par la mise en œuvre d'une géo-membrane collée au cadre existant.

Cette géo-membrane sera mise en œuvre selon le procédé suivant :

- Remblai sur le cadre côté terre,
- Collage et déploiement de la géo-membrane,
- Remblai côté Gourp Salat sur la géo-membrane.

Un géotextile biodégradable assurera la protection de la terre végétaleensemencée. Constitué de fibres coco, il présentera une densité minimale de 700 g/m².

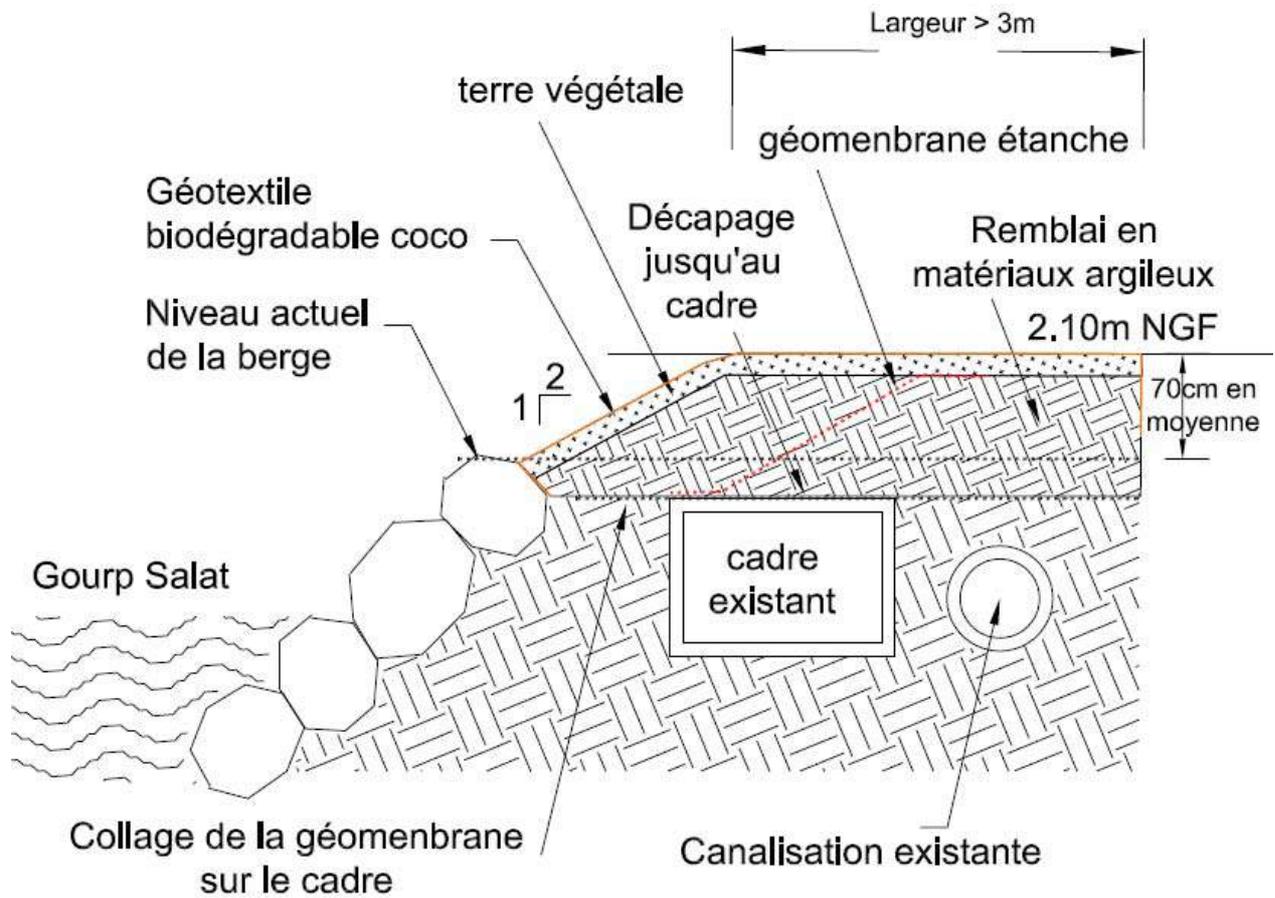
3 clapets anti-retour pour l'obturation des canalisations d'assainissement de la voirie parallèle au Gourp Salat seront mis en œuvre.

✓ Clapet anti-retour

Outre les dispositifs à proximité du Gourp Salat, un clapet anti-retour Ø600 mm sera mis en œuvre au droit du port Jean Gau.

Face au chemin Cosses sous Jasse Neuve, un clapet anti-retour, amovible est également aménagé. Cet ouvrage permet la circulation des piétons hors période de crue et l'écoulement du ruissellement vers l'Orb lorsqu'il est positionné.

Figure 27 : Coupe du Gourp Salat



3.1.3 Rappel du linéaire des digues

Tableau 15 : Caractéristiques des tronçons de digues de l'étude

Nom	Rive	Classe	Linéaire	Cours d'eau concernée	Proximité direct du lit mineur
Digue de Querelles	Droite	Non classée	920 m	Orb	Sur l'ouvrage de débouché
Muret anti-inondation Boulevard de la Marine	Droite	Non classée	760 m	Orb	Oui
Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – Nord du port	Droite	Non classée	208 m	Orb	Oui

3.1.4 Réseaux intégrés dans les ouvrages

3.1.4.1 Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – 1^{ère} tranche

Les réseaux recensés sont listés ci-dessous :

- ✓ Un réseau AEP sous le batardeau proche du port, en amont du mur béton. Ses caractéristiques sont inconnues :

Figure 28 : Conduite AEP proche du batardeau et du port de plaisance en amont du mur
(Source : Inspection visuelle Egis Eau)



- Un réseau pluvial intercalé entre la route et le mur en aval

**Photo 8 : Conduite EP proche du mur en aval
(Source : Inspection visuelle Egis Eau)**



Pas de données disponibles concernant la présence de réseau sous le mur. Présence potentielle du réseau d'eau potable

3.1.4.2 Digue de Querelles et Canal de crête

Les réseaux recensés sont listés ci-dessous :

- ✓ Un réseau d'eaux usées géré par la Lyonnaise des Eaux situé proche du rond-point de la D64 de diamètre 200 mm CR16.

Source : *Planche 4 – DCE d'Egis Eau phase 2 du canal de crête – 25/10/2013*

- ✓ Deux conduites de rejet d'eaux pluviales provenant de résidences privées face à la digue de Querelles

Photo 9 : Conduite d'eaux pluviales en face de la digue de Querelles



Source : *Inspection visuelle des ouvrages (Egis Eau – Mai 2015)*

- Un réseau de deux conduites d'eaux usées géré par la Lyonnaise des Eaux situé au croisement du chemin Cosse sous Jasse Neuve Ø400 mm et Ø250 mm + poste de relevage

Source : *Compte-Rendu de réunion Egis Eau n° 3 /Période d'exécution – Tranche 1 du canal de crête – 15/03/2010*

- Un réseau France Télécom aérien situé sur le boulevard de la Marine proche de l'ouvrage de débouché

Source : *Plan de réseaux existants – AVP Ginger - 23/06/2011*

- Un réseau ERDF BTA situé à l'ouvrage de débouché

Source : *Plan de réseaux existants – AVP Ginger - 23/06/2011 et Compte-Rendu de réunion EGIS EAU n° 6 /Période d'exécution – Tranche 1 du canal de crête – 12/04/2010*

- Un réseau AEP Ø150 mm en fonte proche de l'ancienne station de pompage, en aval du canal de crête

Photo 10 : Regard baïonnette AEP (Source : Inspection visuelle Egis Eau)



3.1.4.3 Muret anti-inondation Boulevard de la Marine – 2^{ème} tranche

Plusieurs réseaux ont été recensés lors des études préliminaires et de l'AVP. Leur localisation est reportée sur la figure page suivante.

- ✓ Réseau ERDF : 3 boîtiers de compteurs EDF Basse Tension se trouvent dans l'emprise du mur projeté. Ils seront déplacés et positionnés côté chaussée de manière à les protéger en cas de crue.
- ✓ Réseau France Télécom : 2 chambres de tirage France Télécom sont dans l'emprise de la semelle du mur-digue et doivent être déplacées d'environ 1 m, côté quai.
- ✓ Réseau d'éclairage public :
Le mur-digue est aménagé à hauteur des trappes de maintenance des candélabres. Une distance minimale de 0,40 m est fixée entre le mur et cette trappe. Il est nécessaire de déplacer 9 candélabres de manière à maintenir l'accès aux trappes et à réaliser la semelle du mur en béton banché.

Figure 29 : Plan des réseaux (1/2)



Figure 30 : Plan des réseaux (2/2)



Les candélabres seront éloignés de quelques dizaines de centimètres et refixés conformément aux dispositions actuelles.

- ✓ Signalisation routière et voirie :
Quelques panneaux de signalisation routière se trouvant dans l'emprise du mur devront être déplacés.
D'autre part, les bordures disposées en limite de voirie côté Orb, dans l'emprise du mur, seront également déposées.

3.1.5 Inspection visuelle des ouvrages effectuée par Egis Eau en Mai 2015

La plupart du linéaire de digue a été parcouru par deux opérateurs sur les ouvrages existants, de part et d'autre du 1^{er} mur anti-inondation SOGREAH et sur la crête du système d'endiguement de Querelles.

L'inspection visuelle a permis de mieux définir ou confirmer :

- ✓ Les caractéristiques géométriques, morphologiques et l'état général des ouvrages de protection,,
- ✓ Les désordres détériorant la protection contre les crues,
- ✓ La situation des ouvrages hydrauliques annexes.

Les informations relevées sur le terrain ont été reportées sur des fiches diagnostic par tronçons homogènes et reportées sur des vues en plan avec photos aériennes.

Un tronçon homogène désigne une section d'ouvrage ayant des caractéristiques morphologiques similaires.

Ces fiches, les vues en plan, les profils en long et un dossier photographique font l'objet de pièces graphiques associées volontairement séparées pour permettre leur lecture en parallèle.

Compte tenu du faible linéaire des ouvrages inspectés, de leur faible ancienneté et de la facilité de localisation des désordres, aucun système de géo-référencement ou point métrique n'a été utilisé.

Figure 31 : Exemple de fiche tronçon lors de l'inspection visuelle de Mai 2015

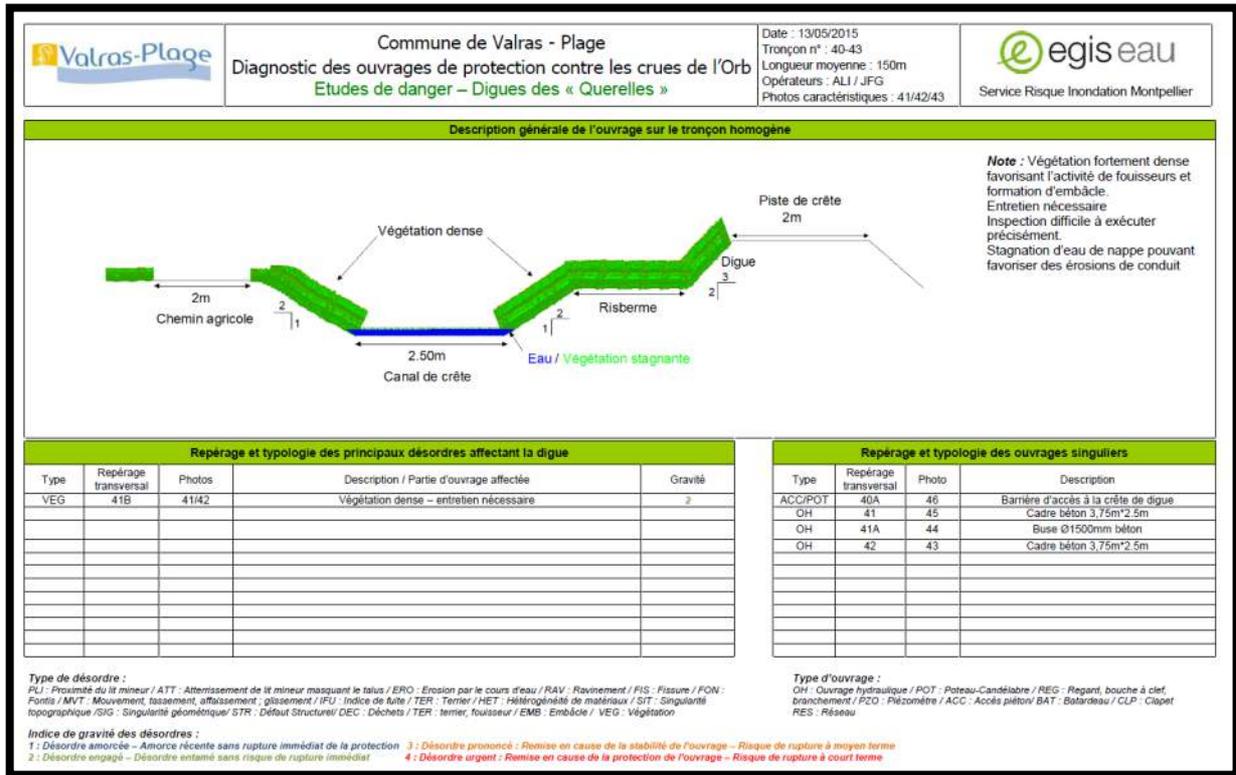
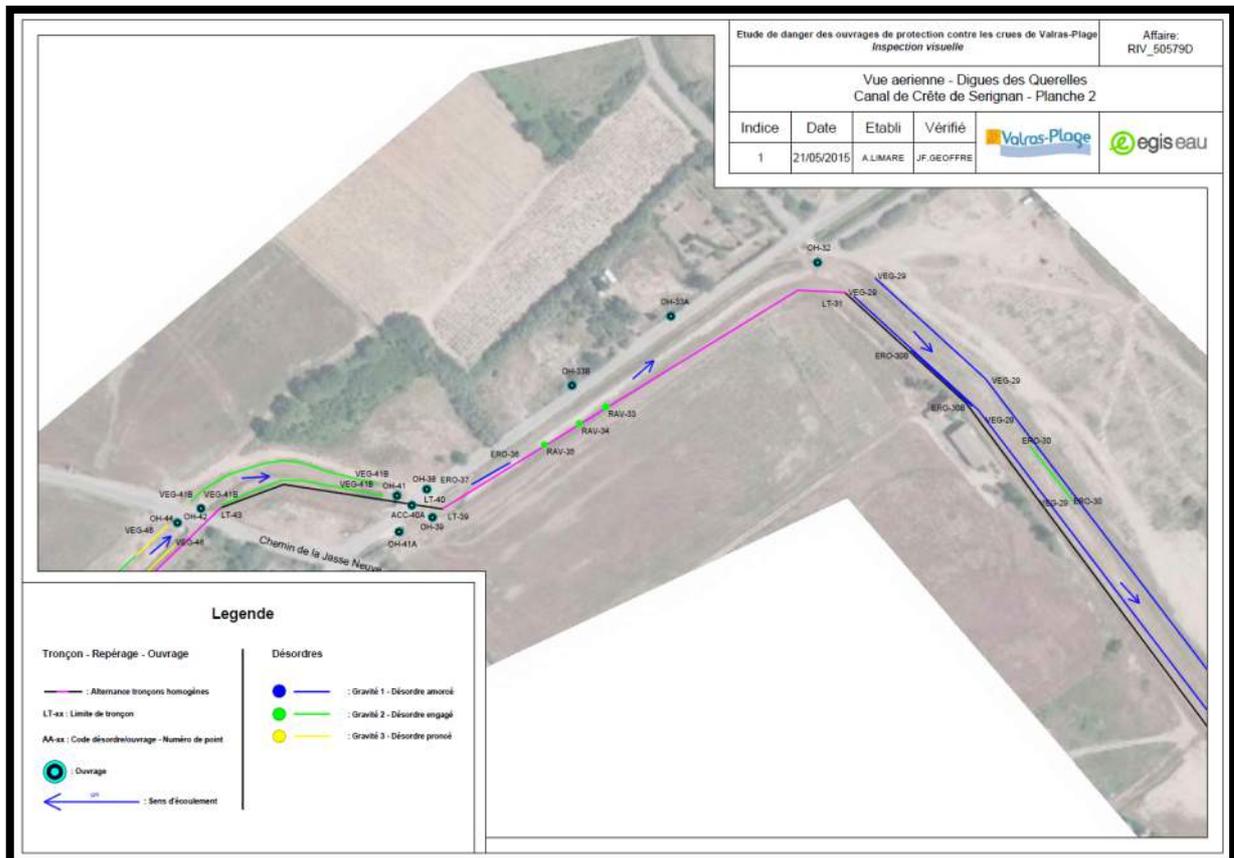


Figure 32 : Exemple de cartographie aérienne lors de l'inspection visuelle de Mai 2015



La lecture de la cartographie se décompose comme suit :

- ✓ La nature du désordre est lue par un code de type XXX – 01 (Code de désordre – numéro de désordre répertorié lié à la fiche tronçon).

Le code de désordre est le suivant : *ERO* : Erosion par le cours d'eau / *RAV* : Ravinement / *FIS* : Fissure / *VEG* : Végétation

- ✓ La gravité des désordres est régie par un code couleur de 3 classes de gravités :

Tableau 16 : Légende des codes de désordres

Classe de gravité	Couleur	Désignation
1	Bleue	Désordre amorcé – Amorce récente de désordre sans risque de rupture immédiat (altération, fissure, déjointage, végétation mineure)
2	Verte	Désordre entamé sans risque de rupture immédiat (végétation gênante, altération du béton structure)
3	Jaune	Désordre remettant en cause la stabilité des ouvrages ou son fonctionnement à moyen terme (végétation destructurante, embâcles importants)

- ✓ La nature des ouvrages annexes est lue par un code type XXX - 01 (Code de désordre – numéro de désordre répertorié lié à la fiche tronçon).

Le code des ouvrages est le suivant : *OH* : Ouvrage hydraulique / *POT* : Poteau-Candélabre / *REG* : Regard, bouche à clef, branchement / *ACC* : Accès piéton / *BAT* : Batardeau / *CLP* : Clapet / *RES* : Réseau

- ✓ Les numéros de tronçons s'organisent comme suit :
 - 1 à 28A : 1^{er} Mur anti-inondation SOGREA H
 - 28D-43 : Dignes de Querelles et Canal de crête de Sérignan

3.1.5.1 Synthèse de l'inspection visuelle – 1^{er} Mur anti-inondation SOGREA H

Au point de vue morphologique, les dimensions de l'ouvrage sont assez linéaires. L'épaisseur du mur varie entre 25 cm et 30 cm. Les hauteurs fluctuent entre 30 cm et 90 cm sur les deux façades. Coté Orb, on rencontre soit un parement récent et quai sur une largeur de 2 m à 5 m du mur. Coté zone protégée, une surface en brique de parement est alternée avec un parking et la route de la rue J.Dauga.

Collés à la façade du mur coté quai, des bancs publics d'épaisseur 10 cm sur une largeur de 30 cm sont rencontrés en partie aval de l'inspection.

Les principaux ouvrages annexes sont des clapets et batardeaux. Si certains clapets sont opérationnels, d'autres le sont moins et méritent un entretien plus régulier. Les joints nécessitent un probable graissage. Des réseaux traversent le mur mais leurs natures n'ont pu être clairement identifiées.

En termes de désordre, quelques fissures ou épaufrures relevées ne remettent pas en cause le dispositif de protection contre les crues.

Photo 11 : Exemple de fissure sur le 1^{er} mur SOGREAH



3.1.5.2 Synthèse de l'inspection visuelle – Dignes de Querelles

Au point de vue morphologique et fonctionnement hydraulique, la digue reprend les mêmes caractéristiques des plans d'exécutions des travaux réalisés par les Entreprises BUESA et CAZAL. On peut noter cependant un profil du fond de canal irrégulier à l'origine d'une stagnation des eaux. La photo ci-dessous représente un exemple :

Photo 12 : Fond de canal proche du déversoir du carrefour menant à l'écurie



Par conséquent, en amont, les eaux stagnent comme en atteste la figure suivante :

Photo 13 : Stagnation des eaux en amont du déversoir



En terme d'ouvrages, la plupart des ouvrages recensés reprennent les mêmes caractéristiques décrits dans le paragraphe 3.1.2.2. Compte tenu de leur récente implantation, aucun problème opérationnel n'est à signaler.

Photo 14 : Ouvrage de débouché, buse béton armé et cadre béton



Au point de des désordres, on note :

- ✓ Des ravinements et fissures superficielles de la terre végétale. La récente crue de l'hiver 2015 a quelque peu déplacé la surface de terre végétale du corps de digue, notamment en partie aval :

Photo 15 : Fissure superficielle de la terre végétale - Aval digue



Photo 16 : Ravinement en crête de digue



Ces éléments n'impactent pas directement la protection des crues mais requièrent une surveillance sur leurs évolutions pour éviter d'éventuelles brèches.

3.2 Description de l'environnement de l'ouvrage

Il s'agit :

✓ De décrire les éléments relatifs à l'environnement naturel des sites

- **le bassin versant** en amont de l'aménagement, en prenant en compte notamment sa morphologie (géologie, superficie, pente, longueur et nombre de cours d'eau, type de végétation, taux d'imperméabilisation...);
 - les portions de cours d'eau situées à proximité des digues (évolution morphodynamique),
 - **les ouvrages hydrauliques** situés à l'amont qui peuvent notamment constituer des agresseurs externes en cas de rupture ou à l'aval dès lors qu'ils constituent des enjeux pour cet ouvrage,
 - **les voies d'accès** aux digues et aux différents ouvrages de sécurité ;
 - **les habitations, activités et infrastructures** diverses situées tant à l'amont qu'à l'aval de l'ouvrage, qui peuvent être affectées en cas de rupture ou qui peuvent le cas échéant avoir un impact sur les digues.
- ✓ **De définir la vulnérabilité des zones protégées, vis-à-vis du risque de rupture des digues** (la vulnérabilité se définit comme le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux).

3.2.1 Présentation du bassin versant

✓ L'Orb et ses affluents

L'Orb est un fleuve côtier languedocien qui s'écoule sur un linéaire d'environ 136 km. Son bassin versant s'étend sur 1 580 km². Il prend sa source dans les Cévennes dans les monts de l'Escandorgue et s'écoule jusqu'à la mer Méditerranée où il se jette à Valras-Plage. Son lit traverse des massifs montagneux du sud du Massif central : l'Escandorgue à l'est, la Montagne Noire à l'ouest puis au nord, et les monts de Faugères avant d'entrer dans la plaine biterroise.

Le réseau secondaire se compose d'une dizaine de petits cours d'eau qui se caractérisent par l'assèchement d'une partie plus ou moins importante de leur linéaire lors de la période de basses eaux.

L'Orb reçoit ses principaux apports de la rive droite :

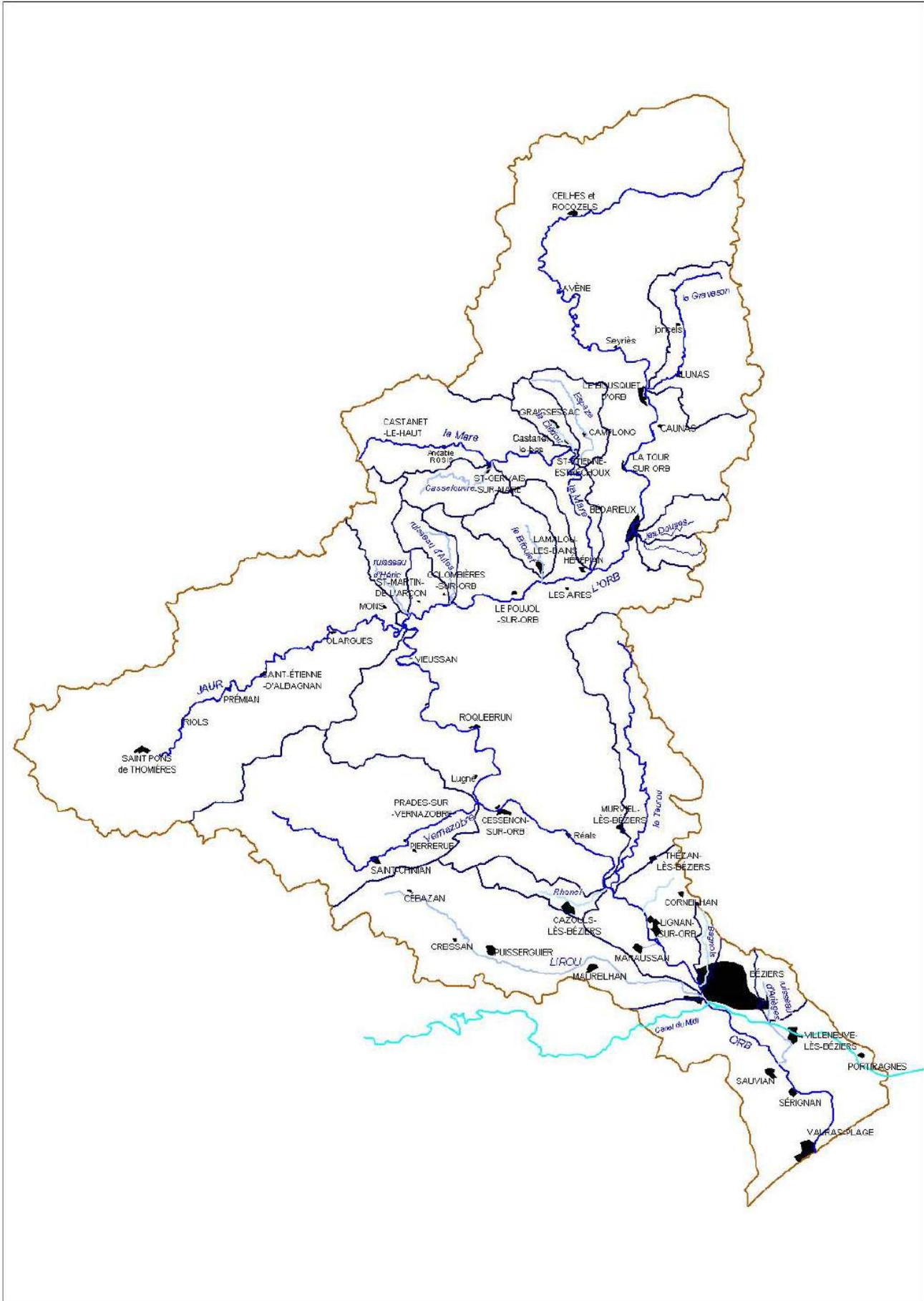
- Le rieurord à Avène,
- La Mare et le Rieu Pourquoi à Lamalou,
- Le Jaur et l'Héric à Tarassac,
- Le Rieuberlou à Ligné,
- Le Vernazobre à Cessenon,
- Le Lirou à Béziers.

Les apports des affluents rive gauche sont moins importants :

- Le Gravezon à Lunas,
- La Vèbre à Bédarieux,
- La Laurenque à Roquebrun,
- Le Rieurord et le Taurou à Murviel.

Il est le second fleuve côtier du département. Il couvre 79 communes et accueille quelques 150 000 habitants, dont plus de 70% se concentrent sur la frange littorale où s'inscrit l'opération. Son bassin-versant se divise en deux zones principales aux caractéristiques et à l'hydrologie différentes : une zone montagneuse, prédominante, de 1 050 km², qui draine essentiellement le versant Sud du Sommail et de l'Espinouze (principale responsable des apports hydrologique) et une zone de plaine et de coteaux, au réseau hydrographique temporaire.

Figure 33 : Bassin versant de l'Orb



Au droit du projet, l'Orb dispose d'un lit large de 120 m environ, dont la pente est quasi-nulle, sous contrôle aval de la Méditerranée. Ce secteur de l'embouchure, ne reçoit pas d'affluent, hormis le réseau secondaire temporaire constitué par le canal de crête nouvellement créé et par le Gourp-Salat.

Figure 34 : Aperçu du secteur



✓ **Bassins versants du canal de crête :**

La zone d'étude en amont de la RD 64 drainée par le futur canal de crête a été découpée en cinq bassins versants (cf. plan de situation page suivante). Les talwegs principaux sont drainés par les ruisseaux de la Galine et du Guitou.

Les caractéristiques physiques de ces bassins versants sont fournies dans le tableau ci-dessous :

Tableau 17 : Caractéristiques des sous-bassins versants drainés par le futur canal de crête

	Surface (ha)	Longueur (m)	Pente (%)	tc* (mn)
Bassin versant n°1	57	1 100	0,5	57
Bassin versant n°2 Ruisseau du GUITOU	285	2 600	0,6	120
Bassin versant n°3 Ruisseau de la GALINE	289	3 200	0,3	174
Bassin versant n°4	87	1 200	0,7	47
Bassin versant n°5	42	1 050	0,5	48

* tc = temps de concentration.

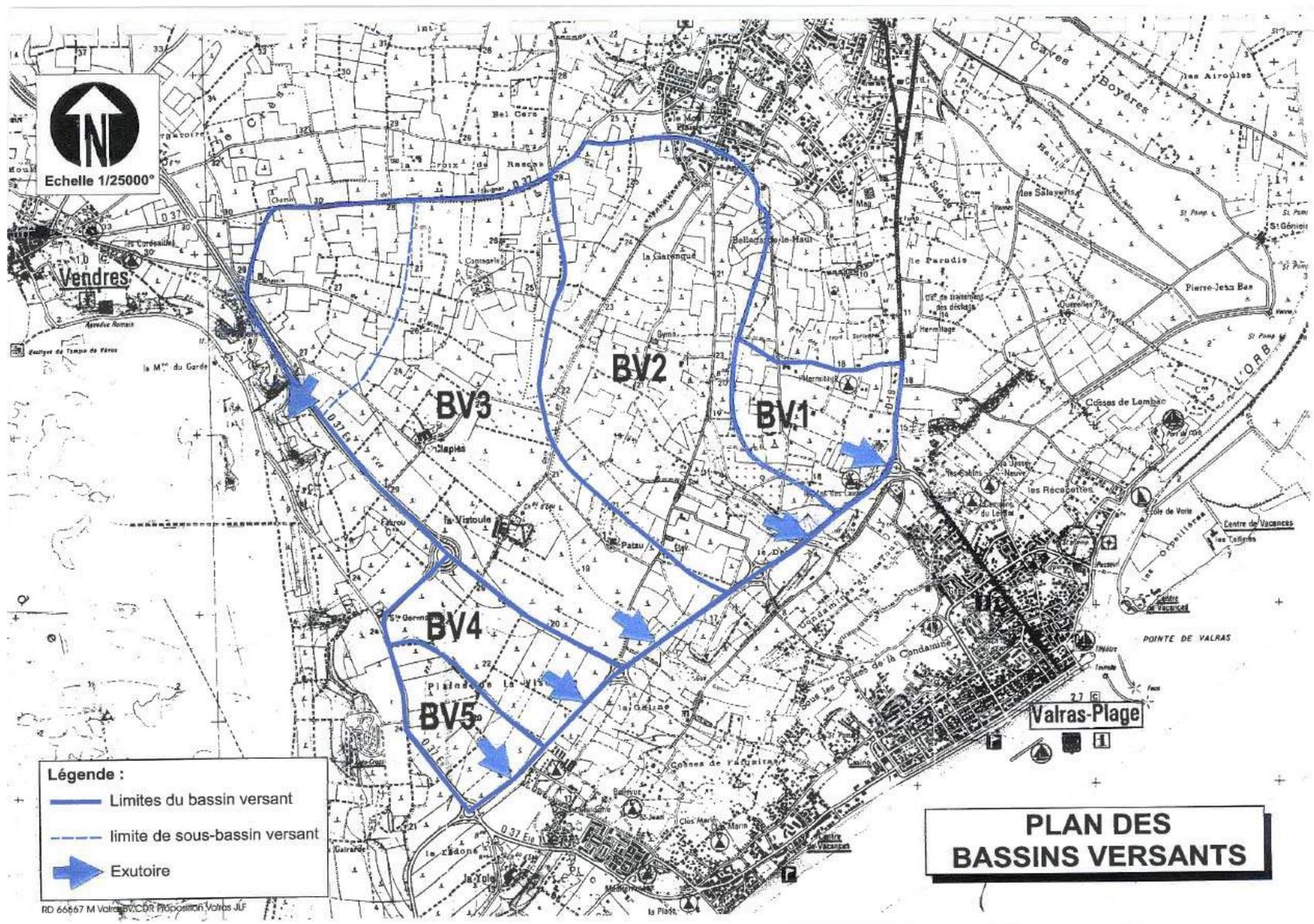
Le temps de concentration des bassins versants a été calculé par la formule de Richards.

Les coefficients de ruissellement retenus pour les bassins versants du plateau sont de 0.35 pour la crue 25 ans, 0.65 pour la crue 100 ans et 1000 ans et 1 pour la crue d'Octobre Novembre 93.

Lors du remembrement récemment réalisé, une partie du bassin versant de la Galine a été drainée par des canaux vers l'étang de Vendres (*cf. zone en pointillée sur le plan des bassins versants*).

Pour les crues de période de retour élevée, la capacité des canaux de drainage est un facteur limitant l'écoulement vers l'étang de Vendres. Ainsi, une partie des eaux regagne son cheminement naturel en direction de Valras-Plage.

Figure 35 : Sous-bassins versants drainés par le canal de crête



3.2.2 Climatologie

3.2.2.1 Climat régional

Le climat de la région Languedoc-Roussillon est un climat tempéré de type méditerranéen caractérisé par des pluviométries extrêmes pouvant entraîner des précipitations localisées de plus de 120 mm en une heure (averses violentes).

Les précipitations annuelles moyennes sur le bassin de l'Orb sont comprises entre 1 500 mm sur les reliefs et 600 mm en zone littorale. Ces valeurs moyennes fluctuent fortement d'une année sur l'autre. En année décennale sèche, la pluie varie de 300 mm sur la cote à 1 100 mm sur les sommets, alors qu'en année décennale humide, les précipitations peuvent atteindre 800 à 1 800 mm. Ces caractéristiques climatiques se traduisent sur le plan hydrologique par des épisodes d'assèchement sévères et des épisodes de crues torrentielles. Le bassin versant de l'Orb est très sensible au risque d'inondation, particulièrement au niveau du bassin aval, très urbanisé.

3.2.2.2 Climat local

(Source : stations de météo France)

Au droit de la zone d'étude, le climat est de type méditerranéen, caractérisé par une sécheresse estivale, des épisodes de pluies violents à l'automne, la douceur des températures tout au long de l'année et des vents importants.

✓ Températures

Le climat de la zone d'étude se définit par des hivers relativement doux avec une moyenne annuelle des minima du mois le plus froid supérieure à 0°C. La température moyenne annuelle est de 14°C. En moyenne mensuelle, les températures croissent de février à juillet. Ce dernier est le mois le plus chaud avec environ 23°C en moyenne. D'août à janvier, les températures décroissent, janvier étant le mois le plus froid de l'année avec 8,5°C en moyenne.

✓ Précipitations

La région laisse apparaître un régime pluviométrique moyen de 550 mm d'eau par an. Le mois le plus sec est le mois de juillet. La pluviométrie varie au long de l'année: les situations automnales (septembre, octobre, novembre) représentent environ 70% des événements pluvieux, dont 90% sont même concentrés entre le 15 septembre et le 15 novembre, qui constitue de loin la période la plus sensible. Les risques sont faibles de mars à août avec environ 15% des événements pour 6 mois complets.

Ces précipitations s'avèrent extrêmement irrégulières dans le temps ce qui confirme le caractère méditerranéen du climat de la région. Elles ont souvent un caractère violent et orageux, pouvant se produire en un temps très bref.

✓ Vents

Cette région est très ventée, avec une fréquence de vents bien répartie dans l'année. Leur vitesse moyenne est comprise entre 3 et 5 m/s.

Le nombre de jours avec un vent fort supérieur à 16 m/s est important avec en moyenne 46 j/an soit une fréquence annuelle de 13 %. Ces vents violents sont orientés Ouest- Nord , Nord- Est et Nord Nord-Est – Sud Sud--Ouest. Les mois les moins ventés sont août et avril.

3.2.3 Environnement géologique

3.2.3.1 A l'échelle du bassin versant

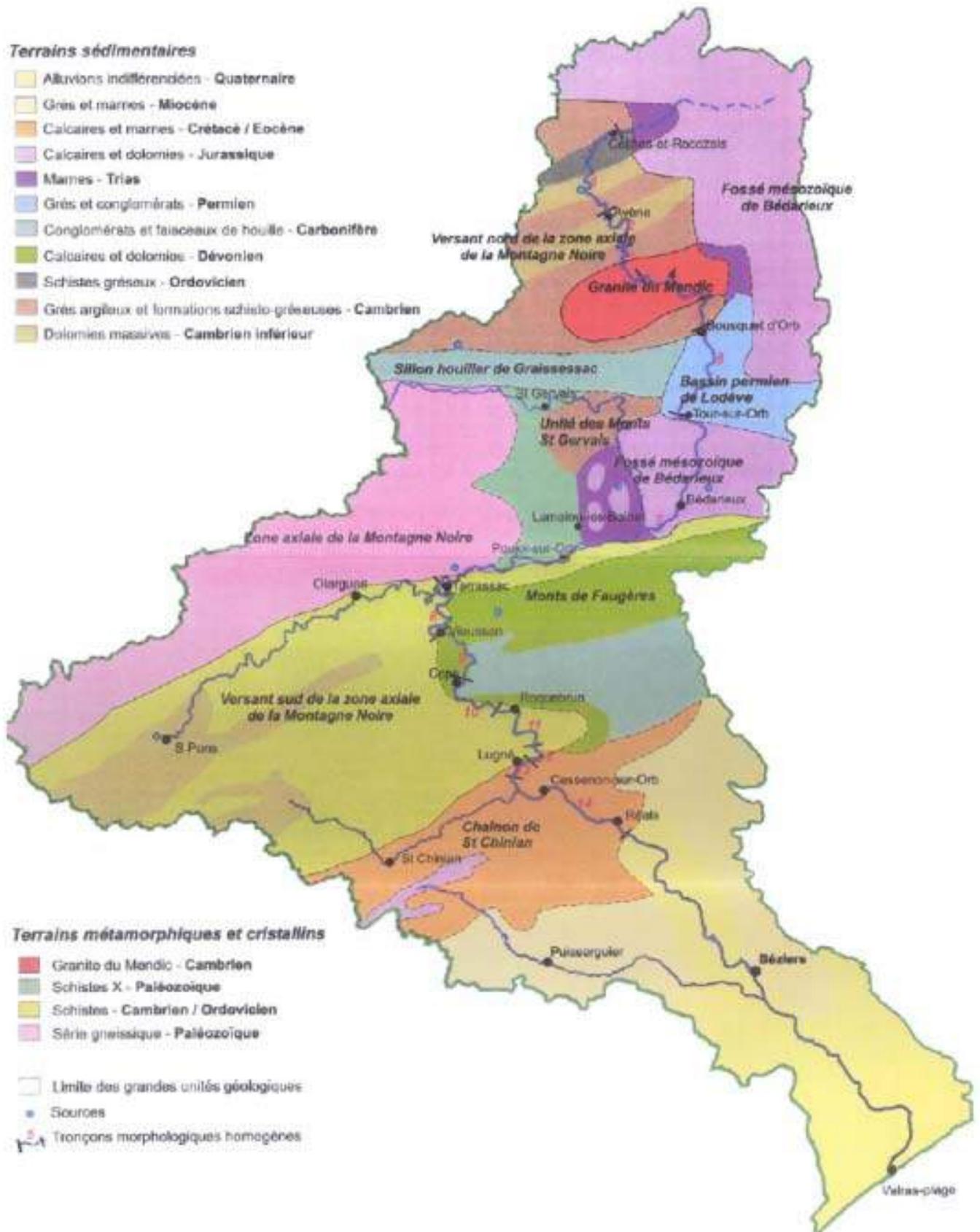
L'Orb prend sa source dans les calcaires dolomitiques du Causse du Larzac, par endroits traversés et recouverts par les formations volcaniques (basaltes) plio-quaternaires de l'Escandorgue.

Trois entités géologiques peuvent être distinguées sur le bassin versant :

- ✓ La Haute vallée de l'Orb et de la Jaur. Ce territoire est caractérisé par la présence de la Montagne Noire composée de roche à caractère métamorphique (gneiss, migmatite) et volcanique (granite) à l'abord de l'Espinouse et seulement de gneiss et migmatite au Mont Caroux sur un axe Ouest-Est,
- ✓ La partie Nord-Est. Des couches mésozoïques se localisent autour du village Bédarioux et de marnes rouges du bassin permien de Lodève.
- ✓ La vallée de l'Orb composé d'éléments tertiaires (sables, argiles) ou encore quaternaire typique de fond vallée (argiles, cailloutis, alluvions).

La figure ci-dessous présente les différentes couches géologiques rencontrées sur le bassin versant.

Figure 36 : Cartographie géologique du bassin versant de l'Orb
 (Source : Direction régionale de l'environnement du Languedoc Roussillon 2005)



3.2.3.2 A l'échelle locale

Source : Carte géologique de la France au 1/50 000^e – Feuille n°1040 d'Agde/BRGM - 1978

L'intégralité du secteur concerné par l'étude de danger repose sur des dépôts lagunaires datant du Quaternaire et composés de vases (LM2b), mais aussi probablement sur des alluvions de l'Orb.

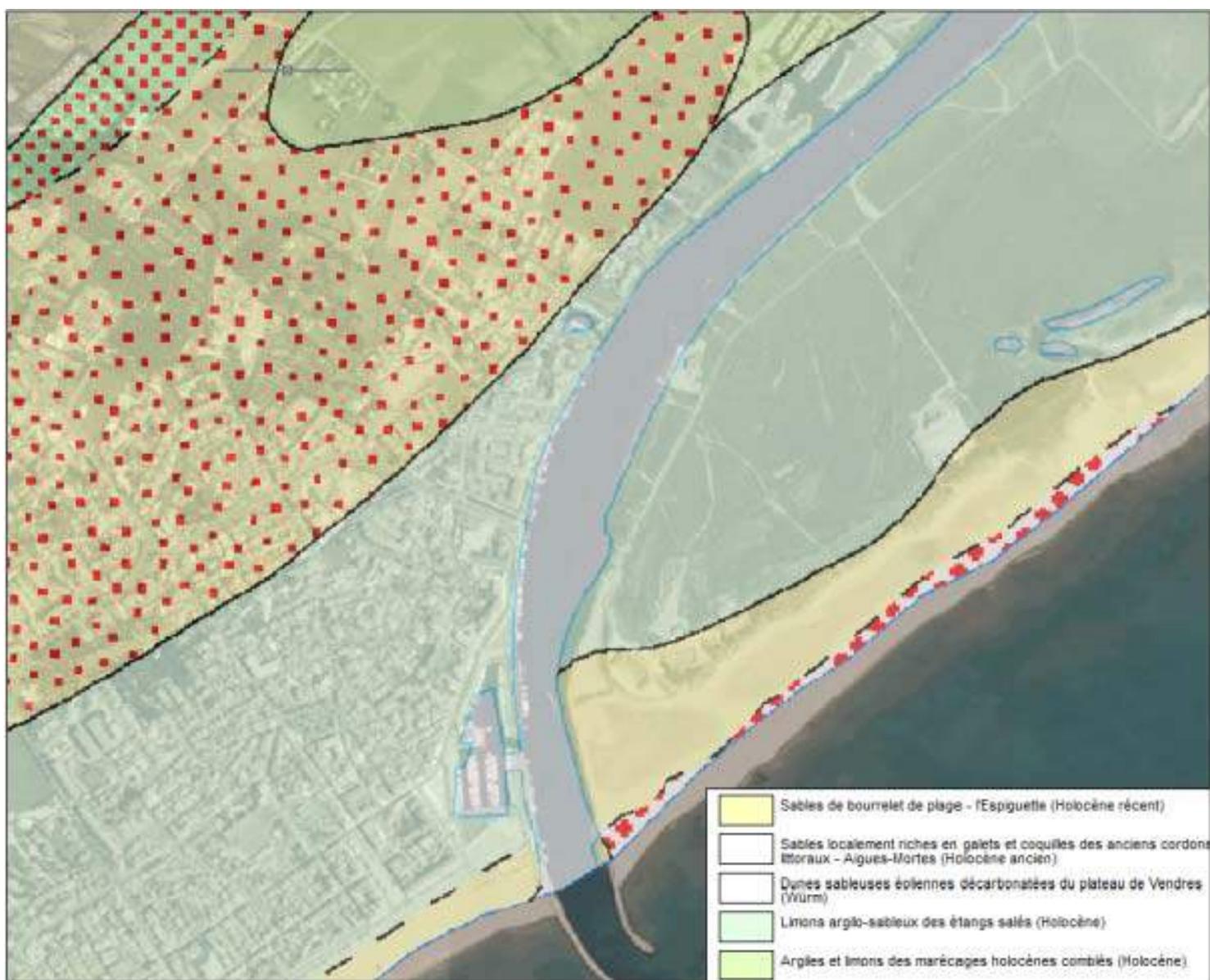
Sous les terrains vasicoles se trouve le Pliocène continental argilo graveleux à lentilles sableuses. Il est surmonté de niveaux à cailloutis de quartz. Cette formation s'enfonce vers la mer.

Enfin, sous le Pliocène continental, se présentent les sables astiens du pliocène marin. Ces sables, protégés dans le secteur d'étude par la couverture argileuse du Pliocène continental sont très perméables et abondamment aquifères.

Les sondages 5.2 et 5.4 de la carte géologique d'Agde mettent en évidence que le toit du Pliocène marin est à environ 120 m de profondeur dans le secteur étudié, ce qui est confirmé par les suivis du Syndicat Mixte d'Etudes et de Travaux de l'Astien.

La carte issue du BRGM à l'échelle 1/50000^e ci-dessous décrit le contexte géologique de la commune

Figure 37 : Cartographie géologique 1/50000^e de la commune (Source : BRGM)



3.2.4 Hydromorphologie de l'Orb et dysfonctionnement notable

Durant les années 1960 et 1970, l'Orb et plusieurs de ses affluents ont rencontré d'importantes extractions massives d'alluvions sur les lits mineur et majeur. Elles ont provoqué des altérations hydro-morphologique quasi-irréversibles, notamment sur la Mare aval, sur l'Orb depuis Hérépan jusqu'à Poujol, de Réals à Béziers ainsi que les parties aval du Vernazobres et du Taurou :

- ✓ Abaissement des profils en long (de 2 à 4 mètres),
- ✓ Abaissement des niveaux piézométriques de la nappe alluviale,
- ✓ Erosions régressives et déstabilisation des berges.

Des dispositifs lourds contre les inondations entre l'amont de Béziers et Valras-Plage comme la modification du tracé naturel, des recalibrages, des endiguements ont changé l'hydromorphologie de l'Orb.

Les affluents secondaires ne sont pas épargnés en termes de recalibrage et de confortement de berges comme sur le Lirou ou le Taurou. Le Libron a subi des travaux de rectifications entre ouvrages de franchissement du Canal de Midi et embouchure.

La morphologie du haut bassin de l'Orb s'est peu modifiée en raison des seules activités d'extractions.

En outre, la présence de plus de 150 seuils et barrages comme celui du Mont d'Orb ont profondément perturbé la dynamique naturelle du transport solide et la qualité du milieu en aval au profit de l'hydroélectricité.

Source : D'après le rapport du SAGE de l'Orb et du Libron – Commission Thématique du milieu physique et inondations du 4 Mai 2010

Le tableau ci-dessous répertorie les différentes caractéristiques hydromorphologiques des différents affluents du bassin versant de l'Orb :

Tableau 18 : Caractéristiques hydromorphologiques de l'Orb et de ses divers affluents
(Source : Direction Régionale de l'Environnement de Languedoc-Roussillon – 2005)

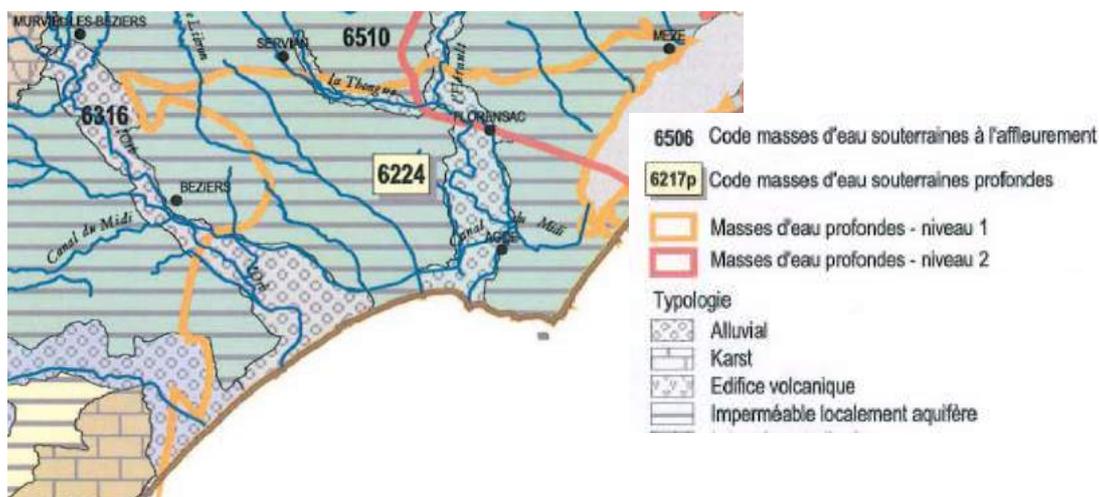
Cours d'eau	Superficie du sous-bassin (km ²)	Longueur (km)	Altitudes des cours d'eau (m) (z _{max} - z _{min})	Pente moyenne du cours d'eau (%)
L'Orb	1 583	140	820 - 0	0,5
Le Graveson	54	15	700 - 246	3
Les Douses	11	5	400 - 200	4
Le Vèbre	8	5	400 - 200	4
La Mare	122	30	1110 - 176	3,1
Le Casselouvre	18	10	1060 - 317	7,4
Le Clédou	10	3	930 - 254	22,5
L'Espaze	15,5	10	830 - 252	5,7
Le Bitoulet	18	5	740 - 170	11,4
L'Arles	12	10	1110 - 148	9,6
L'Héric	20	5	1110 - 130	19,6
Le Jaur	256	30	890 - 119	2,5
Le Vernazobre	118	20	780 - 52	3,6
Le Taurou	65	20	500 - 20	2,4
Le Rhonel	13	5	190 - 20	3,4
Le Lirou	139	25	250 - 10	0,9
Le Bagnols	5	5	112 - 10	2
L'Arièges	10	5	80 - 4	1,5

3.2.5 Environnement hydrogéologique

3.2.5.1 Aquifère et masses d'eau

La nappe des alluvions récentes est alimentée par le fleuve, les précipitations et les apports latéraux d'une nappe datant du Miocène. L'eau est abondante dans cette nappe et s'écoule parallèlement à l'axe de la vallée. Des débits supérieurs à 30 l/s peuvent être exploités dans ce réservoir aquifère.

La zone d'étude est concernée par les masses d'eau : FR_DO_316 « alluvions de l'Orb aval » qui couvre la plaine alluviale de l'Orb de Réals à la mer sur une superficie de 80 km² et celle « des sables astiens de Valras-Agde » FR_DO_224 qui constituent l'un des principaux aquifères côtiers de la région Languedoc-Roussillon et s'étend sur une superficie de 450 km² depuis le région de Mèze jusqu'à l'embouchure de l'Aude au Sud.

Figure 38 : Délimitation des masses d'eau souterraine

Tableau 19 : Objectifs de qualité des masses d'eau

Code	Nom		Objectif global / Échéance
6316	Alluvions de l'Orb aval		Bon état / 2021
6224	Sables astiens de Valras-Agde		Bon état / 2015

Code	Objectif quantitatif / Échéance	Objectif chimique/ Échéance	Justification Cause / Paramètre
6316	Bon état 2015	Bon état 2021	Faisabilité technique, réponse du milieu / Pesticides
6224	Bon état 2015	Bon état 2015	

Pour ces deux masses d'eau, le SDAGE fixe comme objectif l'atteinte du **bon état** à l'horizon **2021** pour la nappe alluviale en raison de la présence de **pesticides** et en 2015 pour les sables Astien. Il cible aussi cette dernière d'eau au titre des **Ressources stratégiques d'enjeu départemental ou régional à préserver pour l'alimentation en eau potable**.

3.2.5.2 Hydrogéologie et vulnérabilité

Les alluvions de l'Orb constituent, de par leur perméabilité importante, un système aquifère à nappe libre. La **nappe alluviale** est alimentée par le fleuve en hautes eaux et les précipitations. La ressource en eau est abondante, ce qui permet son exploitation pour l'alimentation en eau potable. Toutefois, en aval de Béziers, la **nappe** est rapidement **inexploitable** en raison de sa « **contamination** » par le **biseau salé qui la rend saumâtre**.

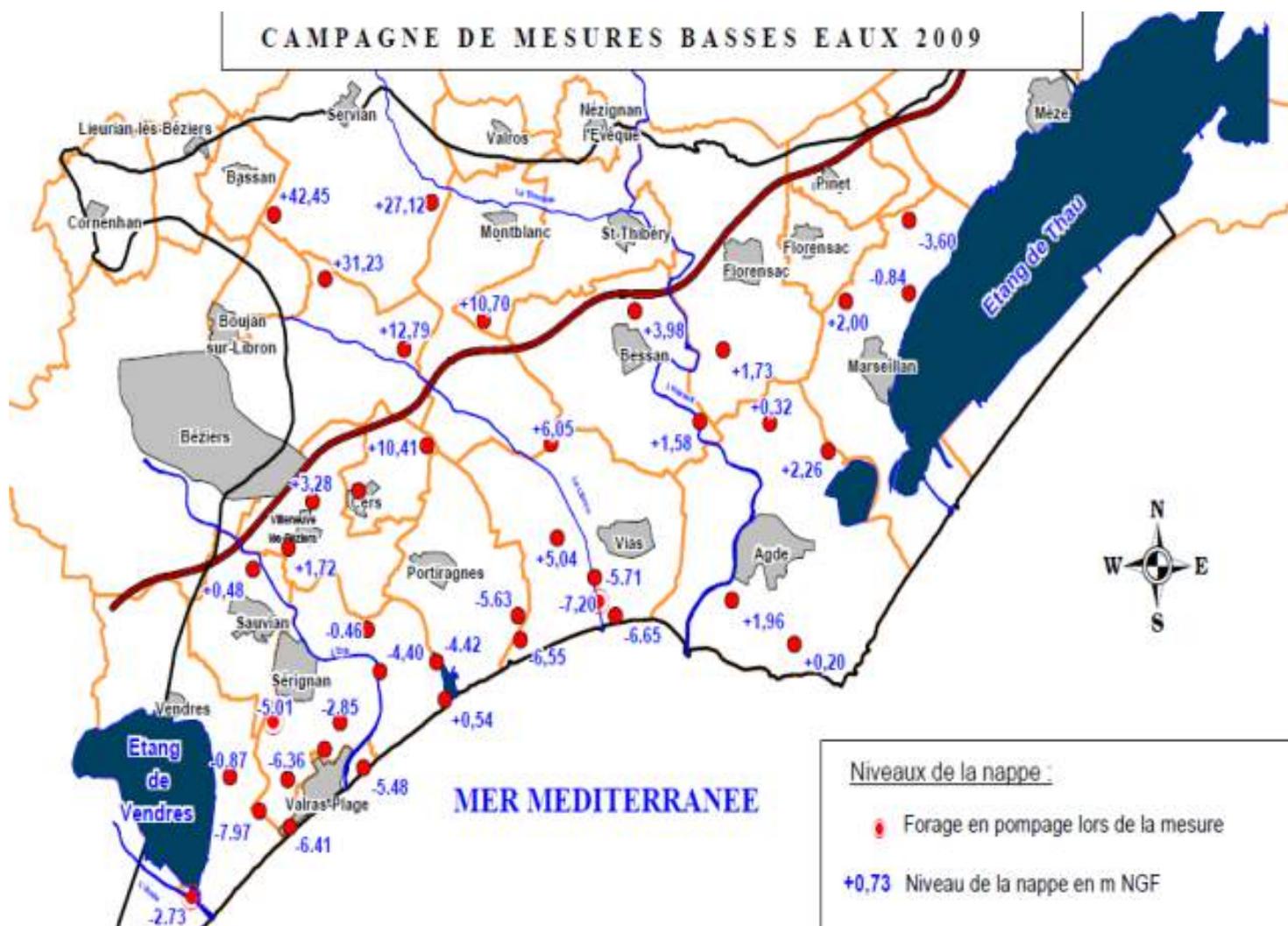
- ✓ Le **Pliocène continental** forme un système aquifère constitué, dans le secteur de Sérignan, par les lentilles sableuses qui ne délivrent que de faibles débits.

- ✓ La **nappe astienne** correspond à un aquifère captif protégé par la couche argileuse du Pliocène continental. Il affleure au Nord pour s'enfoncer progressivement vers le Sud jusqu'à une profondeur de 100 à 120 m sur le littoral. Cette nappe est un bon aquifère. Selon les conditions topographiques, l'eau est simplement ascendante voire franchement artésienne.

Le niveau piézométrique dans le secteur du projet est de l'ordre de + 1,5 m NGF en condition de nappe haute ; il peut toutefois descendre à - 6,5 m NGF lorsque la ressource est fortement sollicitée (ex : août 2003).

Figure 39 : niveau piézométrique de la nappe astienne en basse eaux (campagne 2009)

Source : <http://www.astien.com>



Au cours de la saison estivale, du fait des prélèvements conséquents, les niveaux de cette nappe sont régulièrement situés entre vigilance et alerte, frôlant, en bord de mer, les seuils de restrictions d'usage. Le Syndicat Mixte Etude et de Travaux de l'Astien veille à garantir sa non surexploitation, afin de prévenir tout risque d'intrusion du biseau salé dans cet aquifère patrimonial.

Cet aquifère fait d'ailleurs l'objet d'un **contrat** dit "de la **nappe astienne**" qui a pour objectif, à travers la mise en œuvre d'un programme d'actions, outre la protection de la ressource sur les plans

quantitatif et qualitatif, la définition d'une véritable politique de gestion durable de l'aquifère, impliquant l'ensemble des acteurs concernés.

Défini autour de 4 thèmes (**1** : Gestion quantitative dont les économies d'eau - **2** : Protection de l'aquifère ; amélioration des conditions de captage, protection des affleurements - **3** : Animation – information - **4** : Suivi de la ressource – Etudes complémentaires), ce programme d'actions vise à pérenniser la démarche initiée par le premier contrat et est relayé actuellement par l'élaboration d'un SAGE, dans lequel figurera entre autre un règlement de gestion concertée de cette ressource.

En résumé, la zone de projet repose sur un **aquifère multicouche** où la **nappe supérieure** (nappe alluviale de l'Orb) est **libre** et la nappe sous-jacente profonde (nappe astienne) est captive. Par conséquent, la **nappe alluviale** de l'Orb est considérée comme **très vulnérable** à la pollution mais, à enjeux d'usage très modéré du fait de l'influence marine. La **nappe astienne**, en revanche, bénéficie d'une **excellente protection** d'ensemble **contre la pollution** liée aux infiltrations en provenance de la surface.

3.2.5.3 Usages liés aux eaux souterraines

En aval de Béziers, la **nappe alluviale** d'accompagnement de l'Orb (dont les **eaux** sont **saumâtres**) et le pliocène continental, non susceptible de fournir des débits intéressants, ne sont pas utilisés pour l'alimentation en eau potable.

La ressource exploitable provient donc uniquement de la **nappe astienne** sollicitée par l'intermédiaire de trois forages pour la commune et d'un ouvrage pour l'alimentation d'un camping.

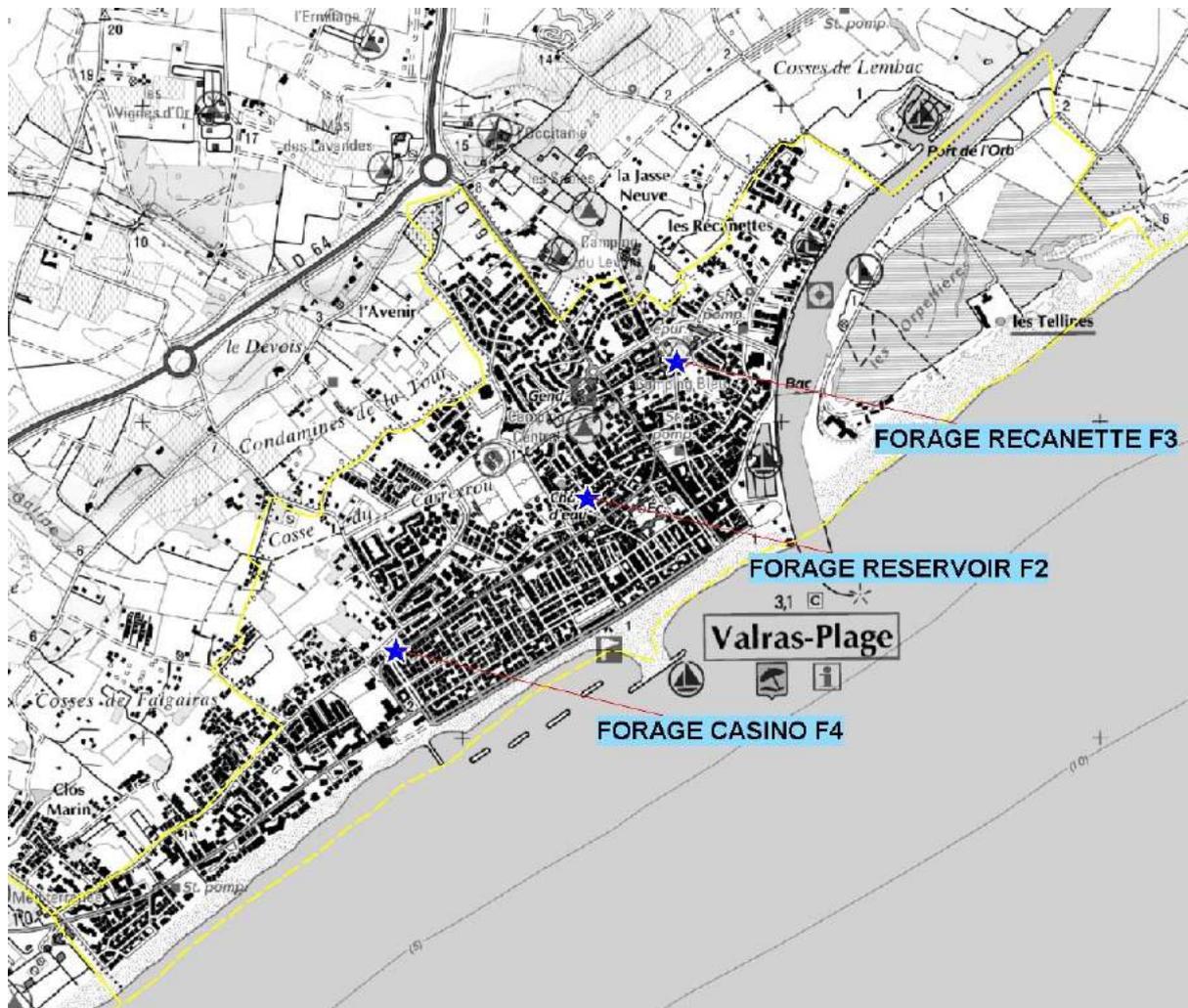
Tableau 20 : Liste des forages à l'intérieur de la zone d'étude

Nom	MO	Rapport hydrogéologique	AP de D.U.P
Château d'eau	Valras-Plage	01/11/1995	SO
Récnette	Valras-Plage	01/11/1995 et additif du 10/09/2007	SO
Forage du Réservoir	Valras-Plage	01/11/1995 et additif du 13/02/2001	SO
C.F1 du Levant	Camping Aloe-Sérignan	26/02/1984	24/04/2001

Ces forages dans la nappe captive profonde, bien protégée des infiltrations verticales, bénéficient de périmètres de protection immédiat (PPI) et rapproché (PPR), mais aucun **n'interfère avec l'emprise des travaux**.

Figure 40 : Localisation des forages de la nappe astienne recensés à proximité de la zone d'étude

Source : SMETA



3.2.6 Environnement hydrologique

3.2.6.1 Régime hydrologique

Le régime de l'Orb est de type pluvio-méditerranéen : les étiages, souvent très marqués et sévères en août et septembre (de l'ordre de 3 m³/s à Béziers) contrastent avec des périodes de hautes eaux survenant en automne et en hiver (débit de crue centennale atteignant 2 500 m³/s à Béziers). L'hydrologie de l'Orb est suivie par une dizaine de stations de mesures, régulièrement réparties, parmi lesquelles 7 disposent d'une chronique importante. La station la plus proche du projet est celle de Tabarka, située en amont immédiat de Béziers (code Hydro Y2584010).

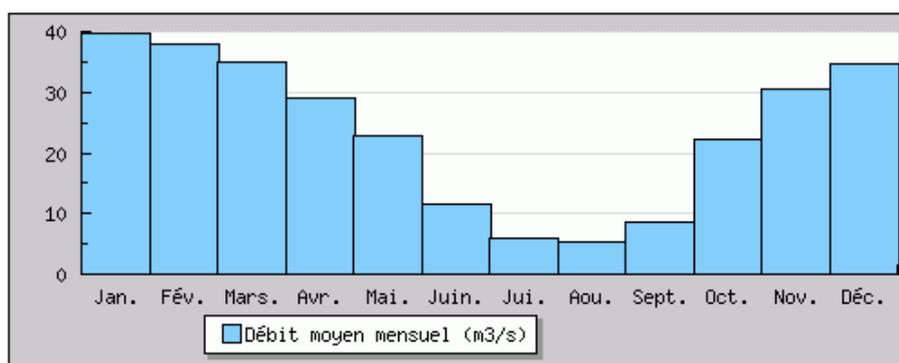
Toutefois, le régime du fleuve sur ce bassin est fortement influencé par la régulation artificielle des débits qui s'exerce à la fois :

- ✓ sur le bassin du Jaur : transfert d'eau du bassin atlantique vers le bassin méditerranéen,
- ✓ sur le Haut bassin de l'Orb : retenue d'Avène dont les principales fonctions sont le soutien d'étiage et l'écrêtement des crues.

Le débit de l'Orb est mesuré depuis 50 ans (1966-2015) à Béziers - Tabarka. Le débit moyen interannuel ou module de la rivière à cet endroit est de 23,50 m³/s, sur une superficie estimée à 1 330 km².

L'Orb présente des fluctuations saisonnières de débit assez importantes. Le débit mensuel moyen en hiver fluctue entre 29 et 41 m³/s entre novembre et avril inclus (maximum en janvier). En été, le débit moyen mensuel diminue jusqu'à 5,3 m³/s au mois d'août. La figure ci-contre montre la fluctuation des débits moyens mensuels :

Figure 41 : Débit moyen mensuel de l'Orb à Béziers-Station de Tabarka (Source : Banque Hydro)



Le tableau ci-dessous synthèse les débits caractéristiques de l'Orb moyen annuel, en période d'étiage et de crue (loi statistique de Gumbel).

Tableau 21 : Synthèse des débits caractéristiques de l'Orb à Tabarka

Type d'évènement	Paramètres Débit (m3/s)	
Débit Moyen Mensuel interannuel	Module	23.50
Etiage	QMNA5	5.2
	VCN3	3.5
Crue	Q20	860
	Q50	1300
	Q100	2100

Le VCN3 est la quantité minimale écoulee ou débit minimal sur trois jours consécutifs. Le QMNA5 est le débit minimal mensuel mesuré ayant la probabilité de ne pas être dépassé une fois tous les 5 ans.

3.2.6.2 Crues historiques sur le bassin versant et conséquences

Une partie des données de ce paragraphe est issue de l'étude réalisée en 2002 par SIEE. La zone étudiée correspond au bassin versant de l'Orb de Bédarieux à la mer. Ces données ont été complétées par des données plus récentes.

✓ Novembre 2014

A Bédarieux, le niveau d'eau a atteint 4.65 m, soit 20 cm de moins que la hauteur mesurée lors de l'épisode centennal de 1953. La pluviométrie enregistrée est de 150 mm sur 24 heures et 300 mm en pluviométrie de pointe sur certaines zones, soit l'équivalent de 3 à 4 mois de pluies précipitées en une journée. La photo ci-dessous présente l'écoulement de l'Orb au Pont Vieux

Photo 17 : L'Orb pendant la crue de Novembre 2014 (Source : Commune de Bédarieux)


Source : Bédarieux, le Souffle Sud, Numéro Spécial 2014, 28 Novembre 2014, Une crue Historique

✓ Mars 2011

Le 15 et 16 Mars 2011, le fleuve a atteint la cote de 12,15 m NGF. Les débordements sont toutefois restés limités, notamment grâce aux travaux d'ouverture des arches du Pont Vieux à Béziers.

✓ Février 2003

Les cumuls de pluie ont atteint 100 à 150 mm sur le bassin versant de l'Orb, les 26 et 27 février.

✓ Janvier 1996

La crue des 28 et 29 janvier 1996 est une crue du bassin versant intermédiaire. Elle est caractérisée par une pointe de courte durée accentuée par les concomitances d'un épisode pluvieux intense sur l'aval du bassin (Cazouls les Béziers, Puisserguier). Les précipitations se sont abattues sur un bassin versant relativement saturé. En effet, une forte crue s'est produite un mois avant en décembre 1995. Pour la crue de janvier 1996, le débit de pointe est estimé à 2 100 m³/s à Béziers.

✓ Décembre 1995

La crue des 17 et 18 décembre 1995 est une crue du haut bassin. Le mois de décembre très pluvieux a saturé le bassin, et de petites crues ont précédé cette dernière crue de l'année. A Béziers, le débit est de 1 620 m³/s en 1995. Le montant des dégâts est estimé à 53 000 000 €.

✓ Décembre 1987

La crue des 4 et 5 décembre 1987 est une crue du bassin médian de l'Orb, avec des précipitations plus importantes qu'en 1995 sur le bassin versant du Lirou, affluent de l'Orb. Elle fait suite à des mois particulièrement pluvieux (octobre : cumul de 757 mm) qui ont saturé les sols. De plus, sur le haut bassin, de la neige est présente, ce qui a généré des écoulements supplémentaires lors des précipitations. En 1987, le débit est de 1 655 m³/s à Béziers.

✓ Décembre 1953

La crue de 1953 est la plus forte sur l'aire d'étude. Elle est considérée comme la crue historique du bassin. Elle a concerné l'ensemble du bassin de l'Orb. Le débit de pointe est estimé entre 2 300 m³/s et 2 400 m³/s à Béziers.

✓ Mars 1930

Le pont du Pujol sur l'Orb a été emporté. Pas de débits estimés.

✓ Septembre 1875

Sur le Vernazobre à St-Chinian, 128 morts ont été comptabilisés par la destruction de dizaines de maisons dus à des crues torrentielles.

✓ Octobre 1745

A Bédarieux, 100 maisons ont été détruites et 5 à Villemagne. Le Pont Vieux a été partiellement détruit. Même si il n'y a pas eu de recensement d'individu décédé directement par la crue, les registres paroissiaux de l'époque disent que nombreuses personnes furent noyées.

3.2.7 Environnement hydraulique

3.2.7.1 Dignes du bassin versant – Ouvrage de protection contre les crues

Le PAPI2 de l'Orb et Libron recense les caractéristiques des digues faisant office de protection contre les inondations ainsi que leur état de classement (relatif au Décret 2007-1735 du 11/12/2007 sur la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques) dans le tableau suivant :

Tableau 22 : Inventaire des ouvrages de protections contre les crues dans le bassin versant de l'Orb
(Source : PAPI 2 de l'Orb et Libron mis à jour)

Ouvrage	Commune	Cours d'eau	Population protégée (habitants)	Epoque de construction	Classement par la DDTM
Digue de la Perspective et digue de la Poste	Bédarieux	Orb	3 000	Suite à la crue 1745	Classe C 08/08/2011
Remparts	Villemagne l'Argentière	Mare	380	Suite crue 1745	Non classé
Digue de l'Allée	Poujol sur Orb	Orb	45	1930	Non classé
Digue du Martinet	Saint Chinian	Vernazobre	450	Suite crue 1875	Non classé
Digue du pont canal au stade	Béziers	Orb	500	19 ^{ème} siècle	Classe C 17/10/2013
Digue de la Plaine Saint Pierre	Béziers	Orb	500	19 ^{ème} siècle	Classe C 17/11/2013
Digue de la ZAC de Portiragnes Plage	Portiragnes	Orb	100	Inconnue	Non classé
Digue de Sérignan	Sérignan	Orb		A réaliser	Classe B 06/08/2014
Dignes de Querelles Canal de crête Nord de Valras	Valras-Plage	Orb	Non estimée	Depuis 2010 En fin de réalisation	Non classée
Muret béton rive droite quai de Valras-Plage	Valras-Plage	Orb	Non estimée	1 ^{ere} tranche : 2007 2 ^{ème} tranche : A réaliser	Non classés

Source : Tableau recueilli depuis le PAPI2 Orb et Libron – 2011 mis à jour

3.2.7.2 Barrages et seuils du bassin versant

Il existe 150 barrages et seuils sur le bassin versant de l'Orb. Le plus important est celui des Monts d'Orb (Avène). Ci-dessous sont présentées les informations du barrage :

**Tableau 23 : Synthèse descriptive du barrage des Monts d'Orb
(Source : Réseau Hydraulique Régional Languedoc Roussillon)**

Barrage des Monts d'Orb	
Caractéristiques	Données
Date de construction	Années 1960
Exploitant	BRL
Capacité totale	30 Millions de m ³
Volume disponible	24 Millions de m ³
Surface occupée du bassin versant occupé	180 Ha
Hauteur – Largeur	61.75 m – 240 m
Rôle	Régulation saisonnière du cours d'eau Ecrêtage des crues Rétention d'eau en période estivale Hydroélectricité

Ces ouvrages ont profondément perturbé les transports solides fluviaux et l'aspect qualitatif du milieu en aval du barrage.

La commune de Valras-Plage ne dispose pas de barrage ou de seuil sur son territoire.

3.2.8 Environnement humain et économique

3.2.8.1 Enjeux humains

Le TRI (Territoire à Risque d'Inondation) de l'Orb – Hérault - Libron de Décembre 2013 indique la population impactée de Valras-Plage par un événement d'inondation en 2010. Il tient compte de l'évolution significative de la population en fonction de l'année, entre la période hivernale et estivale avec les activités touristiques. En 2010, le nombre d'habitants s'élevait à 4 592 et se multiplie par 8 en été. L'étude du TRI ne tient pas compte de la concomitance des crues sur les divers affluents et se base sur une multiplication de la population fixe. Le tableau ci-dessous indique le nombre de personnes impactées en fonction du type de crue :

**Tableau 24 : Population potentiellement impactée selon le type de crue encourue en 2010
(Source : TRI Orb-Hérault-Libron 2014)**

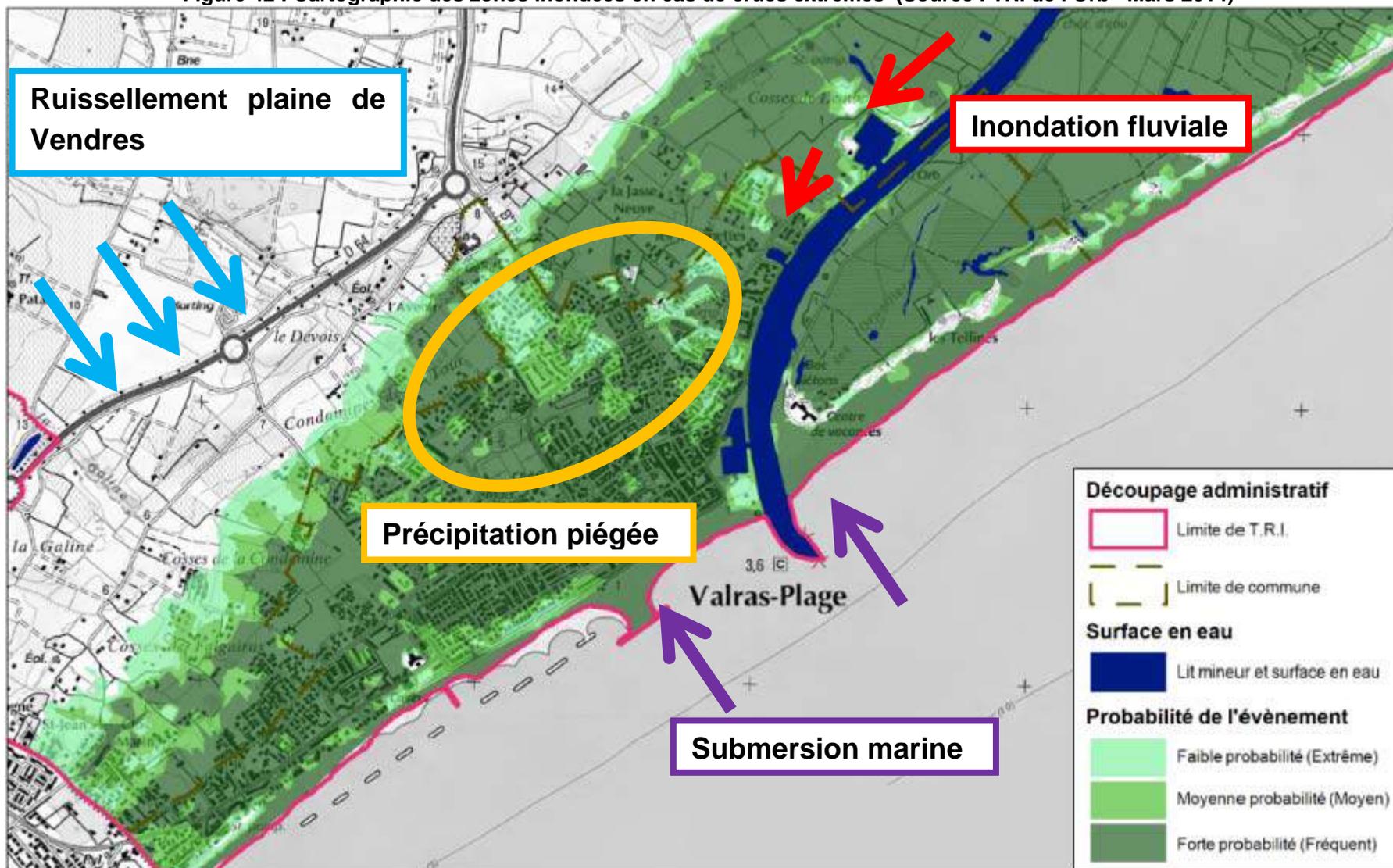
Habitants impactés					
Crue		Crue – Période de retour moyenne		Crue – Période de retour extrême	
Période de retour faible					
Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté
2 836	22 688	4 093	32 744	4 579	36 632

En cas de crue et de précipitation extrême (type crue 1953), la population serait impactée de quatre manières :

- ✓ Par inondation fluviale, l'Orb déborde de son lit mineur vers son lit majeur, surverse les ouvrages de protections et inonde les parties sud de la Ville,
- ✓ Par précipitation piégée. En cas d'une remontée importante de l'Orb, les systèmes d'évacuation des eaux seraient fermés pour la non-intrusion du fleuve. Les eaux précipitées ne pourraient plus s'évacuées avec la redescente de l'Orb. Les parties sud seraient touchées.
- ✓ Par ruissellement venant des plaines marécageuses de la plaine de Vendres en cas de surcharge du canal de crête aménagé,
- ✓ Par submersion marine car le terrain est plat et la ville est à proximité du fleuve et de la mer. L'évacuation de l'Orb serait altérée.

D'après l'AZI (Atlas des Zones Inondables) de l'Orb, 175 ha de zone urbanisée est concernée par les risques d'inondation, soit la quasi-totalité de la commune.

Figure 42 : Cartographie des zones inondées en cas de crues extrêmes (Source : TRI de l'Orb- Mars 2014)



3.2.8.2 Enjeux économiques

Entre le 19^{ème} et la moitié du 20^{ème} siècle, l'activité économique était réservée à la pêche grâce au port de Valras-Plage.

Depuis les années 1970, le port de pêche s'est transformé en port de plaisance. Les activités saisonnières comme le tourisme et activités nautiques sont majeures sur le territoire de la commune. Pour accroître sa capacité d'accueil, Valras-Plage recense une dizaine de campings (La Jasse, Les Sables du Midi, Le Levant, Mas des Lavandes...), des restaurants, 3 captages d'eau potable publics (Recanette, du Casino et Réservoir). Plus au Nord, entre Valras et Sérignan, le parc d'activité de la Bellegarde est en développement pour accroître les activités commerciales, de services et loisirs. Elle s'étend sur 21 ha.

Par ailleurs, une estimation du nombre d'emplois impactés en fonction du type de crue rencontrée est listée ci-dessous :

Tableau 25 : Nombre d'emplois potentiellement impactés selon le type de crue encourue (Source : TRI de l'Orb 2013)

Emplois impactés					
Crue Période de retour faible		Crue – Période de retour moyenne		Crue – Période de retour extrême	
Min	Max	Min	Max	Min	Max
1 181	1 468	1 385	1 714	1 421	1 754

Ces estimations ne tiennent pas compte de la variation de la population selon les années et de l'évolution des types d'activité.

4. Rubrique 4 : Présentation de la politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité

4.1 Rappel des responsables des ouvrages d'endiguement faisant l'objet de l'étude de dangers

Conformément au I de l'article R.214-115 du Code de l'Environnement, seules les digues de classe A, B ou C constituent l'objet de la présente étude de dangers. Sont rappelés ci-dessous, les maîtres d'ouvrage et gestionnaires de ces ouvrages d'endiguement.

Tableau 26 : Propriétaire et gestionnaire des ouvrages de protection de Valras-Plage

Nom	Rive	Classe	Linéaire	Gestionnaire	Propriétaire
Digue de Querelles	Droite	Non classée	920 m	Syndicat Intercommunal aménagement de l'Orb	Commune Valras-Plage
Muret anti-inondation Boulevard de la Marine	Droite	Non classée	760 m	Syndicat Intercommunal aménagement de l'Orb	Commune Valras-Plage
Muret anti-inondation Rue Jean Dauga – Nord du port	Droite	Non classée	208 m	Syndicat Intercommunal aménagement de l'Orb	Commune Valras-Plage

Même si aucun classement officiel des digues n'est réalisé actuellement, il est probable que les ouvrages soient en catégorie B compte tenu de leur dimension et de la population protégée (notamment en période estivale).

Le Syndicat Béziers la Mer assurera la Maîtrise d'Ouvrage des travaux du futur projet.

Les ouvrages hydrauliques, une fois constitués, seront rétrocédés en propriété à la commune de Valras-Plage.

La maintenance et la surveillance seront réalisées, à postériori, sous la responsabilité du propriétaire (Commune), en régie, ou après convention, sous maîtrise d'ouvrage déléguée du Syndicat.

4.2 Politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité (SGS)

*En s'appuyant sur la description réglementaire de l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation et la surveillance de l'ouvrage, cette rubrique présente la politique de **prévention des accidents majeurs** mise en place par le responsable de l'ouvrage ainsi que le **système de gestion de la sécurité** qui en découle, au moment de l'établissement de l'étude de dangers :*

- ✓ **L'organisation du responsable** et des éventuelles autres entités impliquées pour ce qui concerne les respects liés à la sécurité en décrivant les fonctions des personnels aux différents niveaux hiérarchiques ;
- ✓ La définition des principales procédures qui encadrent l'identification et l'évaluation des risques d'accidents majeurs, la **surveillance** de l'ouvrage en toutes circonstances, la **gestion des situations d'urgence** et la gestion du retour d'expérience ;
- ✓ Les dispositions prises par le responsable pour s'assurer en permanence du respect des procédures, auditer et réviser son système de gestion de la sécurité dans le cadre de son amélioration continue.

Ces procédures sont à définir en concertation avec le MO responsable de l'ouvrage ou le gestionnaire.

D'une manière générale, une politique de prévention des risques majeurs passe par trois actions :

- ✓ Des prescriptions réglementaires,
- ✓ Une information préventive des citoyens protégés par les ouvrages,
- ✓ Une organisation efficace.

4.2.1 Prescriptions réglementaires

Les démarches et documents à produire par les maîtres d'ouvrage et gestionnaires des digues sont synthétisés dans le tableau présenté ci-après.

Leur contenu est précisé par les textes réglementaires de référence suivants :

- ✓ Le décret n° 2007 – 1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques et au comité technique permanent des barrages et des ouvrages hydrauliques et modifiant le Code de l'Environnement,
- ✓ L'arrêté du 29 février 2008 fixant des prescriptions relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques,
- ✓ L'arrêté du 12 juin 2008 définissant le plan de l'étude de dangers des barrages et des digues et en précisant le contenu.
- ✓ Le décret n° 2015 – 526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

Tableau 27 : Démarches et documents à produire par les maîtres d'ouvrage et gestionnaires de digues

Classement des digues	A	B	C	Observations
Examen par le CTPBOH du projet ou de la modification	Oui Obligatoire pour les avant-projets, projets, les modifications, l'étude de dangers et les révisions spéciales	non	non	Cependant, l'examen peut être effectué à la demande du ministre
Diagnostic de sûreté digue existante avant 31/12/2009	oui	oui	oui	
Dossier de l'ouvrage	oui	oui	oui	Sur support papier. Tenu à disposition du service de contrôle
Registre de l'ouvrage	oui	oui	oui	
Consignes de surveillance	oui	oui	oui	Approbation préalable du Préfet
Consignes d'exploitation en période de crue	oui	oui	oui	Approbation préalable du Préfet
Rapport de surveillance	oui	oui	oui	Transmis au Préfet : effectué par un organisme agréé
Fréquence	3 ans	5 ans	6 ans	
Visite Technique Approfondie	oui	oui	oui	Compte rendu transmis au Préfet
Fréquence	1 an	1 an	2 ans	
Revue de sûreté dont examen complet	oui 5 ans après mise en eau	oui 5 ans après mise en eau	non	Effectuée par un organisme agréé : rapport transmis au Préfet
Fréquence	10 ans	10 ans		
Etude dangers (dont soumise Au CTPB)	oui Avant 31/12/2012 oui	oui Avant 31/12/2014 non	oui Avant 31/12/2014 non	Le Préfet notifie l'obligation de réaliser l'étude de dangers

Actualisation	10 ans	10 ans	10 ans	Effectuée par un organisme agréé
---------------	--------	--------	--------	----------------------------------

Les gestionnaires des digues devront respecter ces prescriptions selon le classement des ouvrages d'endiguement.

Selon l'article R.214-125 du Code de l'Environnement, tout évènement concernant une digue et susceptible de mettre en cause la sécurité des personnes et des biens doit être déclaré au préfet par le propriétaire ou l'exploitant dans les meilleurs délais.

4.2.2 Information préventive

La prévention des risques majeurs commence par l'information et en ce qui concerne le risque inondation, elle est essentiellement réalisée par :

- ✓ **La Préfecture via le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM)** : c'est une première étape dans cette information du citoyen. Il précise pour chacune des communes concernées du département, le ou les risques naturels ou technologiques auxquels ses habitants peuvent un jour être exposés. Il mentionne les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde et décrit les actions engagées. Il relate également un historique des événements les plus marquants survenus dans le département.

Ce document est établi par le préfet et transmis aux maires de chaque commune concernée. Il est consultable sur le site internet de la préfecture de l'Hérault :

<http://www.herault.gouv.fr/content/download/4883/25654/file/ddrm2012.pdf>

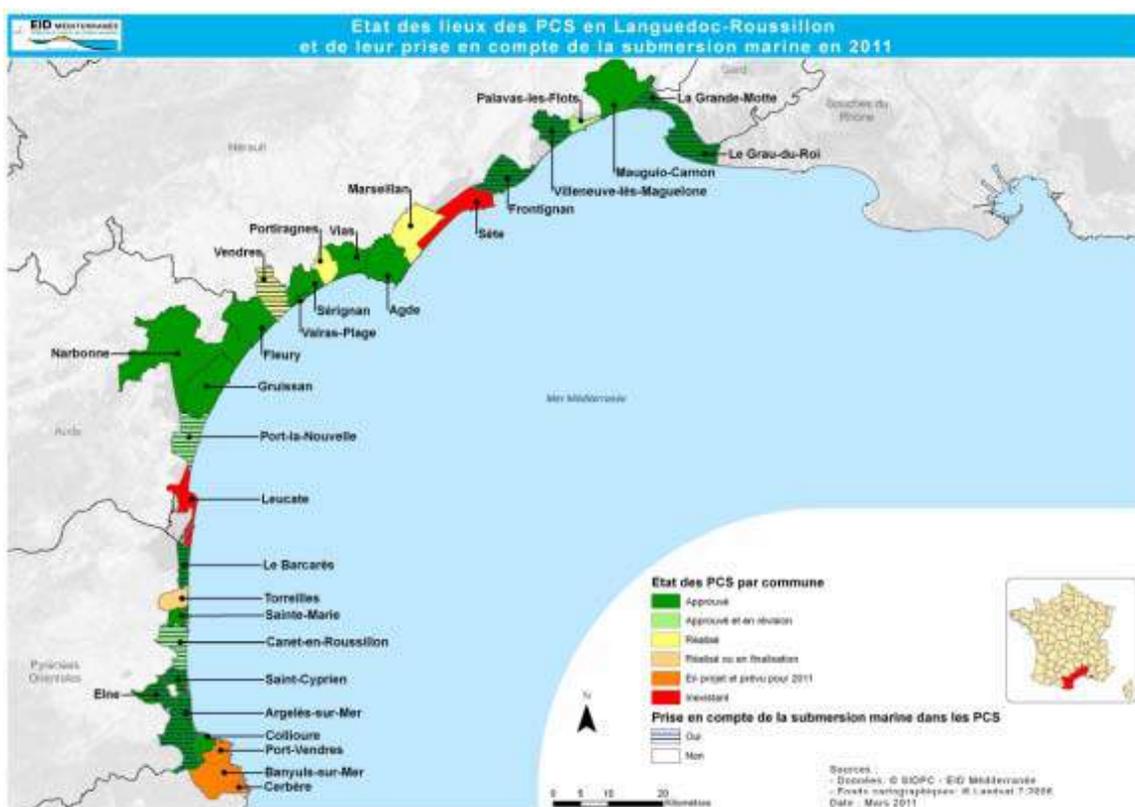
Le DDRM rappelle l'historique des principales crues dans l'Hérault et fournit des consignes individuelles de sécurité en cas d'inondation (signal d'alerte, mise à l'abri, consignes en cas d'évacuation...). L'outil national CARMEN met en évidence le niveau de sensibilité au risque inondation selon l'AZI (Atlas des Zones Inondables). La carte ci-dessous résume les résultats pour la commune concernée par les ouvrages d'endiguement.

Figure 43 : Carte de l'Atlas des Zones sensibles à l'Inondation sur Valras-Plage (Source : CARMEN)



- ✓ **L'Etat via son Service de Prévision des Crues (SPC) de la Direction régionale de l'Environnement**, de l'Aménagement et du Logement Languedoc Roussillon (DREAL). Il consiste à organiser la surveillance, la prévision et la transmission des informations sur les crues au public avec l'outil VIGICRUE. Cet outil cartographie les cours d'eau dont l'Orb aval en situation de risque de crue.
- ✓ **La mairie via le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM)** : chaque commune impactée par un risque majeur doit réaliser ce document qui constitue la deuxième étape d'information du citoyen. La DDRM doit servir de socle pour la réalisation de ce document essentiel à l'information des citoyens.
Ce document est établi par le maire et est consultable en mairie.
- ✓ **La mairie via le Plan Communal de Sauvegarde (PCS)** : obligatoire pour les communes dotées d'un Plan de Prévention des Risques Naturels, l'objectif est de mettre en œuvre une organisation prévue à l'avance, au niveau communal, en cas de survenance d'un événement. L'organisation prévue va coordonner les moyens et services pour optimiser la réactivité de la commune.
La commune de Valras-Plage dispose d'un PCS.

Figure 44 : Inventaire des PCS en Languedoc-Roussillon en 2011 (Source : CPER 2007-2013)



- ✓ **Les établissements scolaires via le Plan Particulier de Mise en Sécurité (PPMS)** : Chaque établissement scolaire doit mettre en place un plan particulier de mise en sécurité face aux risques majeurs (circulaire de l'éducation nationale du 29/05/2002). Ce plan prévoit le

déclenchement de l'alerte en cas de risque majeur, des consignes de sécurité du personnel et des élèves...

4.2.3 Organisation efficace

La mairie de Valras-Plage sera l'unique gestionnaire des ouvrages de protection concernés par l'étude de dangers. Par conséquent sont présentés ci-après, le fonctionnement et les consignes de surveillance de la mairie de Valras-Plage.

En application de l'article R.214-6 VI. 1° du Code de l'Environnement, lorsque la demande d'autorisation concerne des digues, le dossier du pétitionnaire doit comprendre :

- ✓ Des consignes de surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances et,
- ✓ Des consignes d'exploitation en période de crue.

Ces documents ont été établis dans le cadre de la présente étude de danger et sont joints au dossier.

4.2.3.1 Pilotage du système de sécurité

La mairie de Valras-Plage sera l'acteur fédérateur de l'organisation de la sécurité sur les ouvrages de protection contre les crues dont elle a la gestion. A ce titre, elle assure le pilotage du système de gestion de la sécurité en intégrant les missions :

- ✓ Du personnel d'intervention (personnel communal),
- ✓ Du Syndicat Intercommunal de Travaux pour l'Aménagement de l'Orb entre Béziers et la Mer,
- ✓ Des acteurs institutionnels et des partenaires (Service d'annonce de crues, services de secours, ...),
- ✓ Des entreprises extérieures (interventions d'urgence).

Les consignes citées précédemment mettent en évidence les rôles des personnels associés à la prévention et au traitement des accidents majeurs.

Le système s'appuyant sur une mobilisation du personnel communal en période de crue, celle-ci sera l'initiatrice de la mise en œuvre et du suivi d'un plan de formation spécifique à destination des personnels non spécialisés. L'organisation ainsi que la définition et l'adéquation du contenu de ces formations devra faire partie du SGS (Système de Gestion de la Sécurité). Le retour d'expérience pourra être intégré dans les formations.

Des organigrammes opérationnels définiront la répartition précise entre les différentes ressources ainsi que les modalités de contrôle mis en place.

4.2.3.2 Système de Gestion de la Sécurité (SGS)

Le gestionnaire est pleinement responsable de la sécurité de son ouvrage et doit, à ce titre, en assurer la maintenance. S'il confie un tel entretien à un autre gestionnaire, il est nécessaire que cette disposition fasse l'objet d'un contrat ou d'une convention qui précise la durée, l'étendue exacte et le contenu détaillé de la mission correspondante.

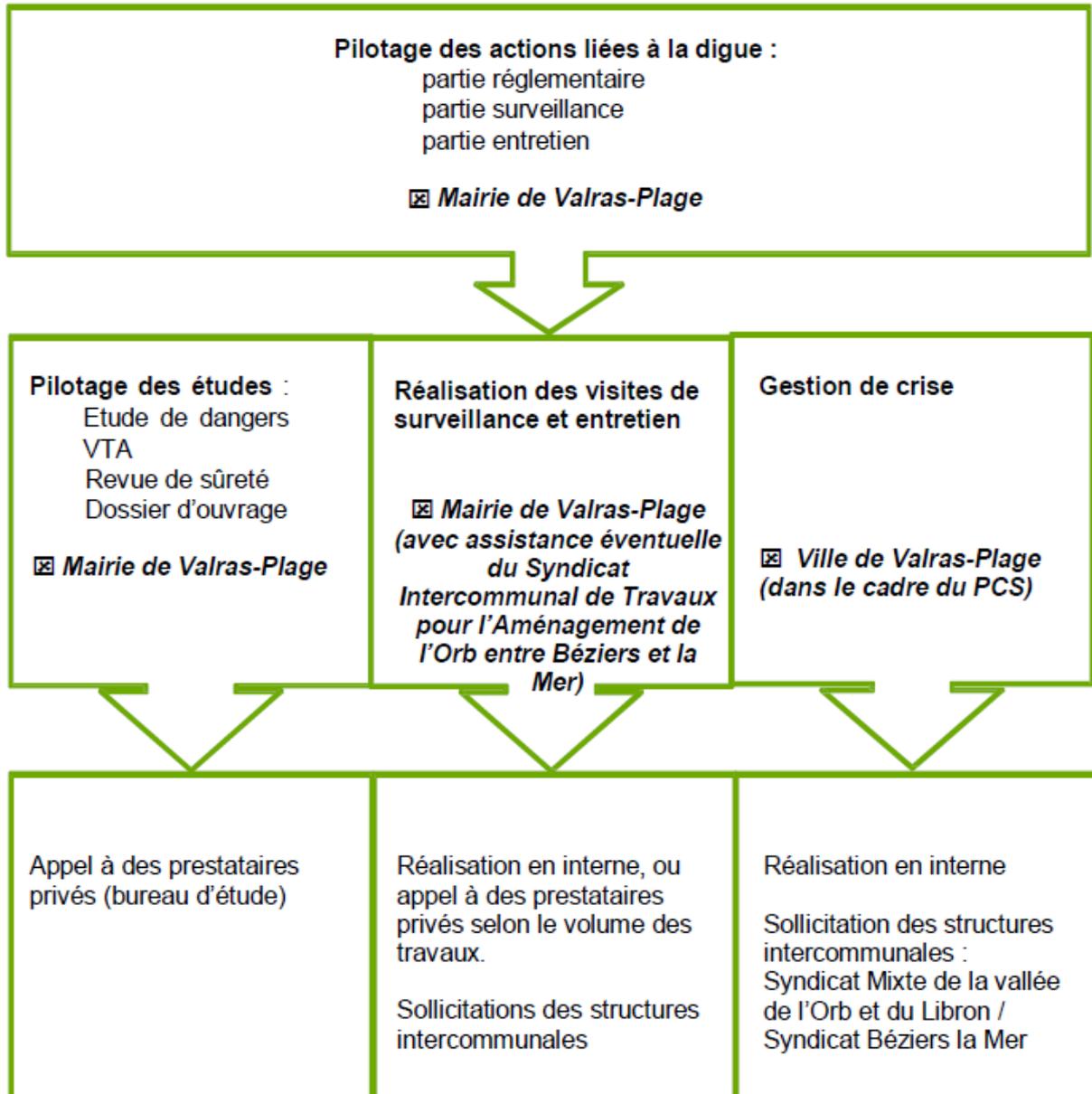
La régularité et la qualité de l'entretien sont les garants :

- ✓ Du maintien des ouvrages (digues, seuils) à un niveau satisfaisant de sécurité,

- ✓ De la détection précoce des amorces de désordres dont une réparation immédiate, et généralement peu coûteuse, prévient l'apparition de désordres plus importants, aux conséquences graves et dommageables.

Les procédures de surveillance et d'entretien sont décrites dans les consignes écrites jointes au présent dossier.

Figure 45 : Schéma organisationnel



4.2.3.3.1 Surveillance et entretien périodique des ouvrages en dehors des périodes crue

Après aménagement du projet, conformément à l'article R.214-123 du Code de l'Environnement, le responsable procèdera à une visite de surveillance de l'ouvrage au moins 6 mois. Cette visite permettra de vérifier par contrôle visuel :

- ✓ La bonne tenue générale des ouvrages de protection (digues, murets),
- ✓ La bonne tenue des talus de digues,
- ✓ Le développement de la végétation sur les talus et sur les dépendances de l'ouvrage (fossés, délaissés),
- ✓ L'état des rampes d'accès aux digues et des pistes d'entretien,
- ✓ La stabilité des protections, vérifier la présence d'érosion, d'affouillement, etc...,
- ✓ Le contrôle des ouvrages annexes.

Le contrôle régulier de la végétation répond à plusieurs objectifs :

- ✓ Maintenir des conditions de parfaite visibilité des talus et des pieds de digue (afin de faciliter les inspections visuelles et d'en garantir la qualité),
- ✓ Eviter le développement de racines (d'arbres ou d'arbustes) dans les corps de digue qui, d'une part, aggrave le risque de renard hydraulique (par le biais des conduits créés par les racines dépérissantes) et, d'autre part, déforme ou démantèle (par action mécanique) les maçonneries de pierres éventuellement présentes en surface.

Le tableau ci-après présente les quelques points d'observation remarquables associés aux effets pouvant être engendrés :

Tableau 28 : Points d'observation remarquables

Mécanisme de dégradation	Points d'observation				
Mouvements structuraux	Tassements	Poussée des terres	Retrait du béton		
Erosion de surface et affouillement	Effet sur les talus des sollicitations hydrauliques fluviales	Effets de la surverse sur les déversoirs	Protection de pied de talus	Modification du lit mineur	
Dégradations locales	Vieillessement des pierres	Vieillessement des joints de maçonnerie	Végétation	Ouvrage singuliers, traversées, bâtiments encastrés	Réparations
Dégradation des banquettes fusibles de déversoirs	Tassements et érosion				
Conditions d'accès pour l'entretien	Accessibilité aux engins de terrassement				

Une visite annuelle d'inspection de l'ensemble de l'ouvrage sera effectuée. Elle fera l'objet d'un rapport consigné dans le registre de l'ouvrage.

Conformément à l'article R.214-122 du code de l'environnement, le responsable tiendra à jour un dossier qui contient :

- ✓ Tous les documents relatifs à l'ouvrage, permettant d'avoir une connaissance la plus complète possible de sa configuration exacte, de sa fondation, de ses ouvrages annexes, de son environnement hydrologique, géomorphologique et géologique ainsi que de son exploitation depuis sa mise en service,
- ✓ Une description de l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation et la surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances,
- ✓ Des consignes écrites dans lesquelles sont fixées les instructions de surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances ainsi que celles concernant son exploitation en période de crue; ces consignes précisent le contenu des visites techniques approfondies mentionnées à l'article R.214-123 ainsi que, le cas échéant, du rapport de surveillance et du rapport d'auscultation ou du rapport de contrôle équivalent transmis périodiquement au préfet. Elles font l'objet d'une approbation préalable par le préfet.

Conformément à l'article R.214-141 du code de l'environnement, le responsable transmettra au préfet le **rapport de surveillance au moins une fois tous les cinq ans**.

Conformément à l'article R.214-142 du code de l'environnement, le responsable effectue, cinq ans après la mise en service de l'ouvrage, une revue de sûreté afin de dresser un constat du niveau de sûreté de l'ouvrage (stabilité et étanchéité notamment). Cette revue intègre l'ensemble des données de surveillance accumulées pendant la vie de l'ouvrage ainsi que celles obtenues à l'issue d'exams effectués sur les parties difficilement accessibles sans moyens spéciaux. Les modalités de mise en œuvre de ces exams sont approuvées par le préfet.

La **revue de sûreté** tient compte de l'étude de dangers et présente les mesures nécessaires pour remédier aux insuffisances éventuelles constatées. Elle est **renouvelée tous les dix ans**. Le rapport de la revue de sûreté est adressé au préfet.

4.2.3.3.2 Surveillance et entretien des ouvrages connexes en dehors des périodes crue

- ✓ Vannes et clapets :

Tous ces nouveaux ouvrages nécessitent un entretien régulier.

Seront surveillées l'ouverture/fermeture et l'étanchéité des installations.

Des inspections seront effectuées par la commune ou missionnées à des intervenants extérieurs par convention.

Toutes les inspections seront consignées dans un registre d'exploitation.

- ✓ Batardeaux amovibles :

Seront surveillées l'ouverture/fermeture et l'étanchéité des installations.

Les consignes de gestion de ces ouvrages amovibles seront consignées dans une fiche action du Plan Communal de Sauvegarde.

Des intervenants pourront être associés à certaines actions et seront d'astreinte pour des situations exceptionnelles.

4.2.3.3 Surveillance visuelle en période de crue

L'objectif général de l'inspection en crue est de répertorier, repérer et évaluer les éventuels désordres ou présomptions de désordre liés plus ou moins directement à l'état « en charge » de la digue, révélant les zones de faiblesse de l'ouvrage (en complément de celles décelées lors des inspections à sec) et/ou susceptibles d'en annoncer la rupture prochaine. Ces désordres peuvent résulter des contraintes hydrauliques ou mécaniques externes subies par la digue (charge hydraulique, surverse, courant de rive, vagues, ressauts et turbulences) ou des mécanismes internes déclenchés par la mise en eau (circulations d'eau à travers ou sous le corps de digue, état de saturation, courants hydrauliques, pressions interstitielles).

Ces inspections seront assurées par du personnel communal du fait de l'accessibilité en crue.

Le protocole de ces visites fera l'objet d'une fiche action du Plan Communal de Sauvegarde de la commune.

4.2.3.4 Mesures de surveillance et d'entretien après un évènement pluvieux de forte intensité

La préparation, l'organisation et la conduite de l'inspection visuelle post-crue de la digue relèvent, en principe, du service gestionnaire des ouvrages. Néanmoins, dans la mesure où il est primordial d'effectuer cette visite dans les meilleurs délais après la crue, le gestionnaire peut recourir, pour des questions d'efficacité, à des personnels relevant d'autres services, voire à un prestataire de services. Les points remarquables lors de la visite post-crue pouvant traduire les désordres sont les suivants :

Tableau 29 : Points d'observation sur les désordres d'ouvrages de protection à surveiller

Mécanisme de rupture	Points d'observation				
	Profil en long de la crête	Cote du cours d'eau, laisse de crue	Déversement	Dispositif de revanche	
Surverse					
Erosion de surface et affouillement	Effet sur les talus	Protection de surface	Protection de pied de talus	Modification du lit mineur	
Erosion interne	Végétation	Terriers	Canalisations et traversées	Ouvrage singuliers	Fuite
Instabilité d'ensemble	Saturation et piézométrie	Mouvements de terrain			
Brèche	Diagnostic minutieux	Accessibilité aux engins de terrassement			

D'autres points spécifiques pour les protections en béton comme les fissures, les singularités géométriques des crêtes, des basculements ou la désolidarisation d'arase doivent être surveillés.

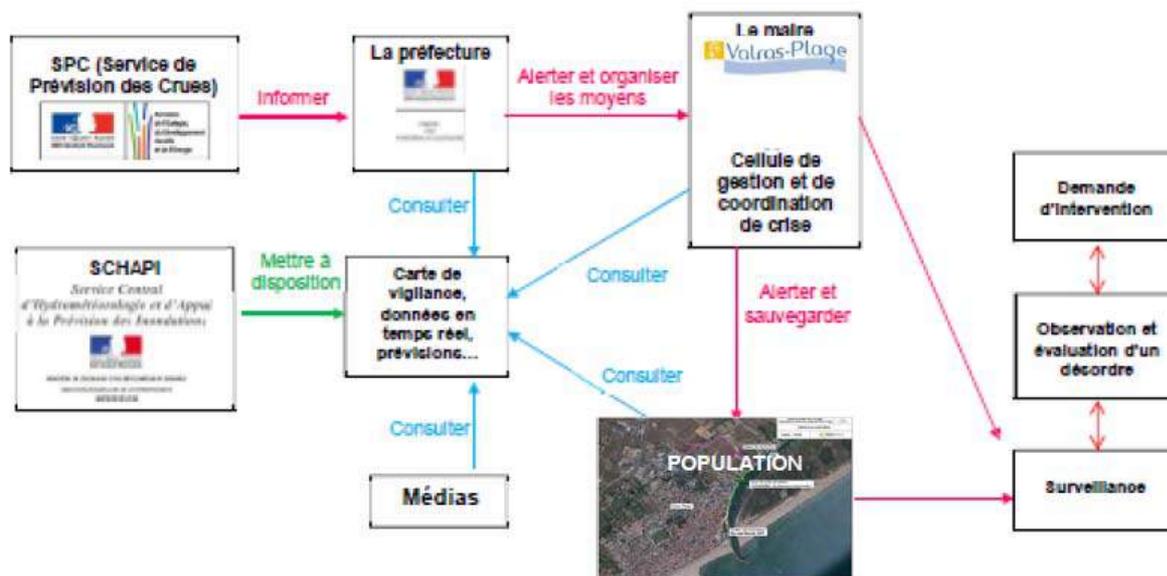
4.2.3.5 Programmation des visites par le Maître d'ouvrage

4.2.3.5.1 Vigilance

Il est préconisé de mettre en place un calendrier d'astreinte afin de procéder avec réactivité à des inspections déclenchées en fonction du contexte météorologique et des alarmes déclenchées par le système d'acquisition.

Lors de l'édition de bulletin d'alerte Météo-France, le Maître d'ouvrage doit vérifier la disponibilité du personnel d'astreinte.

Figure 46 : Schéma organisationnel en période de crue



4.2.3.6 Nature des visites

Les visites d'inspection comprennent :

- ✓ Les visites périodiques de contrôle (hors période de crue),
- ✓ Les visites sur dépassement de seuils d'alerte,
- ✓ Les visites post-crues.

Le Maître d'Ouvrage doit veiller à assurer une formation minimale des personnes en charge des visites. Les personnes en charge du suivi disposeront d'une fiche-guide qui permettra d'assurer l'exhaustivité et l'homogénéité des visites

4.2.3.6.1 Visites périodiques de contrôle

Les visites périodiques visent à procéder à une inspection de l'ouvrage et de ses abords. Les points à vérifier sont les suivants :

- ✓ Intégrité des clôtures et barrières,
- ✓ Intégrité de la signalétique aux abords des ouvrages,
- ✓ Inspection des ouvrages : crête, parement amont, parement aval, piste, etc...

4.2.3.6.2 Visites sur dépassement de seuils d'alerte

Les seuils d'alerte concernent les intensités pluviométriques mesurées au droit du réseau et les données limnimétriques du réseau d'annonce de crue.

Lors de visite pendant les crues, l'inspection doit se concentrer sur les points suivants :

- ✓ Relevé de la cote atteinte en crue pendant la visite,
- ✓ Examen du parement côté aval, en particulier en pied afin de déceler d'éventuelles fuites.

4.2.3.6.3 Visites post-crue

Des inspections sont à programmer après les crues ayant généré des dépassements de cotes particulières ou après un séisme. Ces visites peuvent se substituer aux visites périodiques de contrôle dans la programmation du Maître d'Ouvrage.

Les points à examiner sont les mêmes que ceux mentionnés pour la visite de contrôle.

4.2.3.6.4 Entretien de la végétation aux abords immédiats de l'ouvrage

L'entretien de la végétation comprend :

- ✓ Le fauchage régulier de l'enherbement sur les talus de la digue,
- ✓ En dehors du talus, la suppression de toute végétation arbustive, arborée ou susceptible de nuire à l'inspection (roncier, taillis, etc...).

L'entretien de la végétation est à programmer en fonction des résultats des observations relevées lors des visites périodiques de contrôle.

4.2.3.7 Contrôle du système de Gestion de Sécurité (SGS)

La mairie de Valras-Plage a mis en place une organisation pour la gestion de ses ouvrages qui est détaillée dans les consignes de surveillance qui seront transmises au service de contrôle de la DREAL. Ces consignes répondent aux prescriptions du décret de 2007 en matière de contrôle et de surveillance. Elles détaillent les procédures de suivi mises en place et les modalités d'entretien des ouvrages.

La mairie s'assurera en permanence du respect des procédures et visera une amélioration continue de son système de gestion, notamment en termes de retour d'expérience vis-à-vis d'évènements significatifs.

5. Rubrique 5 : Identification et caractérisation des potentiels de danger

L'étude de dangers prend en compte l'ensemble des potentiels de dangers des différents composants de l'ouvrage, du fait de leur présence ou de leur fonctionnement.

Pour les digues, les potentiels de danger à considérer résultent de la libération accidentelle d'eau dans le lit majeur, suite :

- ✓ *A une rupture d'une partie de la digue,*
- ✓ *A un déversement sur la digue, sans qu'elle ne rompe,*
- ✓ *A un dysfonctionnement ou à une manœuvre d'un organe de cette digue.*

Au-delà de l'énergie correspondant à la libération de l'eau stockée par l'ouvrage étudié, les éventuels autres potentiels de dangers seront identifiés et caractérisés.

Le rôle des ouvrages d'endiguement considérés dans le cadre de la présente étude de danger est la protection des zones à enjeux du lit majeur.

Les potentiels de dangers à considérer résultent donc de la submersion plus ou moins brutale de la zone protégée.

L'objectif est d'identifier tous les scénarios d'accidents (= scénarios de défaillance) susceptibles d'être, directement ou par effet domino, à l'origine d'un « événement redouté », à savoir une arrivée d'eau accidentelle dans une zone normalement protégée par les digues, ou bien une aggravation sensible du risque par rapport à l'état actuel.

Les scénarios retenus seront positionnés les uns par rapport aux autres en fonction de leur probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences, évalués en termes de victimes humaines potentielles et de dégâts aux biens, en mettant en évidence les scénarios les plus critiques.

Un « tableau de criticité » sera ensuite proposé, par croisement de la probabilité de l'accident et de la gravité de sa conséquence.

Dans un premier temps, les événements de base = **potentiels de danger** sont identifiés par " **l'analyse Préliminaires des Risques** ".

Par exemple dans notre cas, les potentiels de danger peuvent être des ruptures d'ouvrages (murets, digues...), un aléa exceptionnel, ...

Pour chaque potentiel de danger, il faut envisager toutes les causes et les conséquences possibles, puis, pour un enchaînement " cause / situation-de-danger / conséquences " donné, identifier alors les sécurités existantes dans le projet.

Pour le système d'endiguement de Valras-Plage, les potentiels de dangers à considérer résultent de la libération accidentelle d'eau dans le lit majeur suite :

- ✓ d'une rupture d'un ouvrage en dur (muret béton),

- ✓ d'un basculement d'un ouvrage en dur (muret béton),
- ✓ D'une brèche dans un ouvrage en dur (muret béton) par accident de la circulation.
- ✓ d'une brèche par érosion interne au corps d'une digue en terre,
- ✓ d'une brèche associée à une surverse au-dessus d'une digue en terre,
- ✓ d'une érosion de la berge soutenant un ouvrage de protection,
- ✓ d'un glissement de talus côté zone protégée,
- ✓ Eventuels embâcles sous les ponts,
- ✓ Dysfonctionnement du barrage du Mont d'Orb
- ✓ Effets domino,

Tableau 30 : Causes et conséquences potentielles d'inondation

Événements	Causes potentielles	Conséquences potentielles
1- Inondation par rupture des digues	1a- Crue naturelle ou accidentelle, non surversante pouvant entraîner la rupture par érosion interne ou par glissement rotationnel les parements amont ou aval.	Submersion de la zone protégée associée à de forts écoulements au voisinage de la brèche et une brusque montée des eaux
	1b- Crue naturelle ou accidentelle surversante pouvant entraîner la rupture par surverse	
2- Remplissage non contrôlé : inondation de la zone protégée sans rupture de la digue	2a- Crue naturelle ou accidentelle surversante n'entraînant pas de rupture de la digue	Submersion de la zone protégée associée à de forts écoulements au voisinage de la surverse, une brusque montée des eaux et des sur-hauteurs d'inondations localisées.
	2b- Obstruction et/ou dysfonctionnement des dispositifs de vidange et évacuation des eaux entraînant l'accumulation des écoulements en provenance du bassin pluviale de la zone protégée en arrière des digues ou l'entrée d'eau précoce dans la zone protégée	Submersion de la zone protégée sans risque de montée brusque ou de forts écoulements, mais avec pour le cas d'un dysfonctionnement d'une ouvrage de traversée de l'ouvrage, un risque local qui peut ne pas être négligeable.

Dans le cas des ouvrages de type murets, les dégradations lentes des infrastructures, comme les fissurations de génie civil et les phénomènes de corrosion ne sont pas prises en compte car peu susceptibles de créer des incidents soudains et significatifs.

Ces ouvrages neufs, de par leur dimensionnement, sont normalement conçus pour résister intrinsèquement à différents phénomènes qui ne constituent donc pas des risques de défaillance pour les ouvrages : glissement aval durant la mise en charge, glissement amont après vidange rapide, érosion interne.

Un risque de rupture par basculement existe cependant par érosion du terrain à l'arrière des murs d'endiguement (cas d'une crue surversante) ou par sapement de la berge. Ce phénomène dépend de la nature des berges et des protections en amont et en aval.

D'autres modes de défaillance peuvent entraîner une submersion de la zone protégée. Il s'agit :

- ✓ d'un défaut de fonctionnement d'un ouvrage de traversée (ouverture intempestive du clapet anti retour lors d'une crue ou fermeture inopinée interdisant le drainage des eaux derrière la digue),
- ✓ la saturation de la capacité hydraulique des dispositifs d'évacuation des eaux pluviales.

Parmi l'ensemble de ces modes de défaillance, on peut distinguer :

- ✓ Les phénomènes lents et progressifs. Ils peuvent être constatés, prévenus et ou corrigés par des interventions humaines sur la durée (suivi, entretien, réparation,...),
- ✓ Les phénomènes soudains brutaux. Ils se déclenchent à l'occasion d'évènement de faible occurrence (crues fortes mettant en charge les digues), mais peuvent avoir des conséquences graves vis-à-vis des biens et des personnes.

Le tableau suivant donne une première qualification des événements à l'origine des dangers :

- ✓ ER : événement redouté,
- ✓ ENR : événement non redouté,
- ✓ EI : événement initiateur.

Tableau 31 : Définition des modes de défaillance des ouvrages digues/mur et caractérisation des évènements associés (Analyse Préliminaire des Risques)

Mode de défaillance	Evénement initiateur	Causes	Type	Conséquence	Gravité	Cinétique
Rupture par basculement de l'ouvrage coté zone protégée du muret béton	Crue surversante	Affouillement de la fondation en aval	ER	Submersion de la zone protégée	Grave	Rapide
Rupture par basculement de l'ouvrage côté cours d'eau du muret béton	Submersion de la zone protégée suite à une surverse et/ou brèche	Sape de la berge en amont	ENR	Submersion de la zone protégée	Grave	Rapide ou lente en fonction de l'altération de la berge
Brèche / Fissure du muret béton	Collision d'un véhicule	Incident sur la circulation, sur la route longeant les ouvrages	ER	Submersion de la zone protégée	Moyenne	Rapide ou lente en fonction de la taille de la brèche
Rupture par surverse sur la crête de digue en remblai	Crue surversante	Insuffisance de résistance du corps de digue au déversement (absence de protection, mauvais calage altimétrique des ouvrages) Mauvaise mise en œuvre des protections. Mauvais entretien des protections.	ER	Submersion de la zone protégée	Grave	Rapide
Rupture de digue en remblai par glissement du talus côté zone protégée	Crue mettant en charge la digue	Profil de digue instable Mauvaise mise en œuvre des protections. Mauvais entretien des protections	ER	Submersion de la zone protégée	Grave	Rapide
Rupture de digue en remblai par érosion interne (renard)	Crue mettant en charge la digue	Matériaux constitutifs de l'ouvrage érodables. Défaut d'étanchéité ou de compactage du remblai ou de sa fondation. Absence de barrières de protection contre l'érosion interne. Mauvaise mise en œuvre des barrières de protection contre l'érosion interne. Absence d'entretien et de surveillance. Conception d'ouvrage traversant favorisant l'érosion interne.	ER	Submersion de la zone protégée	Grave	Rapide
Rupture de digue par glissement du talus en remblai côté canal de crête	Crue mettant en charge la digue	Erosion du talus de la digue côté rivière. Profil de digue instable. Mauvaise mise en œuvre des protections. Mauvais entretien des protections.	ER	Submersion de la zone protégée	Grave	Rapide ou lente en fonction du niveau d'altération du talus.
Rupture de la digue en remblai par érosion externe	Répétition de crue. Crues atteignant le pied de l'ouvrage.	Insuffisance de résistance du corps de digue à l'érosion externe (absence de protections) Mauvaise mise en œuvre des protections.	ER	Submersion de la zone protégée	Grave	Rapide ou lente en fonction du niveau d'altération du talus.

		Mauvais entretien des protections.				
Erosion et glissement de la berge supportant la digue en remblai	Répétition de crue	Mauvais entretien des berges Absence de surveillance Mauvaise mise en œuvre des protections.	ER	Submersion de la zone protégée	Grave	Rapide
Rupture de digue par embâcle ou végétation abondante	A-coups hydrauliques par embâcle en amont des ponts ou cordon ligneux important sur façade de digue	Mauvais entretien des berges	ER	Aggravation de la submersion de la zone protégée	Grave	Rapide
Rupture par surverse à l'envers sur la crête de digue	Crue d'amont	Inondation de la ville vers la rivière ou la plaine (hauteur d'eau très forte dans la zone inondable).	ENR		faible	
Gestion ouverture/fermeture des ouvrages traversant (clapets, vannes)	Crues, embâcles	Défaut d'entretien des clapets et vannes	ENR	Surinondation de la zone protégée	faible	Rapide ou lente en fonction de la cinétique de la crue

5.1 Les différents mécanismes de rupture de digue en terre

5.1.1 Surverse sans rupture

En cas de crue supérieure à la cote de protection, les écoulements se propagent sur tout ou partie de la zone protégée située côté val.

Les facteurs de sensibilité associés à ce mode de défaillance sont :

- ✓ L'importance de la crue : hauteur de charge,
- ✓ Le profil en long de la crête : un profil en long irrégulier de la crête de digue avec présence de points bas qui concentrent localement des débits de surverse,
- ✓ Le profil en travers : le niveau du terrain naturel en contrebas de la crête de digue côté plaine, détermine la hauteur de chute maximum et l'énergie potentielle à dissiper par le processus d'érosion,

La qualité des revêtements constitutifs de l'endiguement : en crête de digue ou sur son talus aval.

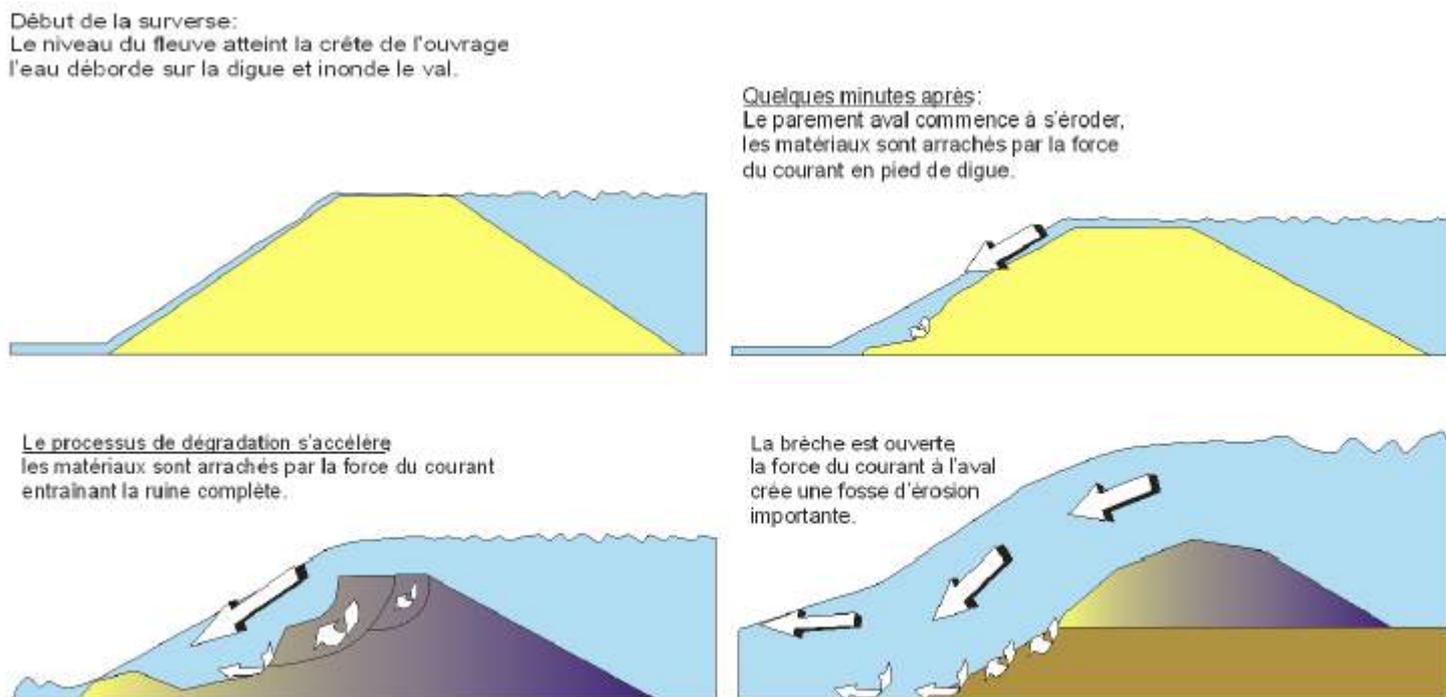
5.1.2 Rupture par surverse

5.1.2.1 Description du phénomène

La surverse ou le débordement des eaux du cours d'eau par-dessus une digue en limon même enherbée, provoque rapidement une érosion régressive sur le talus aval de digue ou talus côté terre et conduit généralement à la formation d'une brèche et à une rupture de digue.

La surverse se produit en premier lieu au droit de points bas ponctuels de la crête de digue. Ci-après l'illustration de ce phénomène.

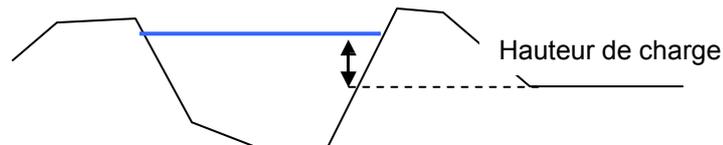
Figure 47 : Mécanisme de rupture de digue par surverse



5.1.2.2 Facteurs de sensibilité

Les facteurs de sensibilité associés à cette défaillance sont :

- ✓ L'importance de la crue : hauteur de charge,
La hauteur de charge est la différence entre la charge en lit mineur (niveau d'eau) et le niveau du terrain naturel (voir croquis ci-dessous). C'est un paramètre fondamental dans l'appréciation de l'aléa inondation par rupture de digue.



La hauteur de charge est l'élément déclencheur du phénomène de rupture par surverse.

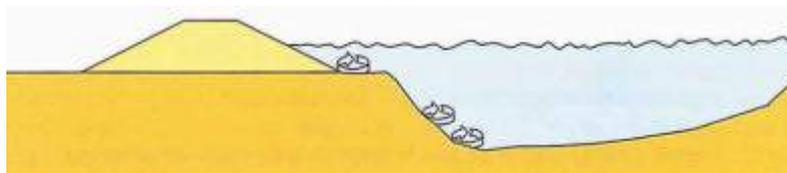
- ✓ Le profil en long de la crête : un profil en long irrégulier de la crête de digue avec présence de points bas qui concentrent localement les débits de surverse,
- ✓ Les caractéristiques géotechniques : c'est-à-dire le caractère localement plus ou moins sableux des matériaux constitutifs des remblais ainsi que leur hétérogénéité dans la compacité,
- ✓ La nature de revêtement côté plaine,
- ✓ La nature du revêtement de la crête.

5.1.3 Rupture par érosion externe

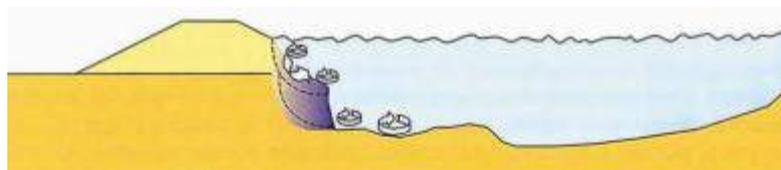
5.1.3.1 Description du phénomène

En crue, le pied de berge se dégrade sous l'effet de la vitesse importante de l'eau (1). Des glissements de masse se produisent alors dans les matériaux saturés. Les crues successives aggravent le phénomène jusqu'à ce que le talus devienne abrupt et instable entraînant des glissements par pans (2).

Figure 48 : Mécanisme de rupture de digue par érosion externe
(1)



(2)



5.1.3.2 Facteurs de sensibilité

Les facteurs de sensibilité associés à cette défaillance sont :

- ✓ **La morphologie de la rivière**, la modification naturelle du tracé du cours d'eau : les cours d'eau sont dynamiques, leur lit bouge au cours du temps, ce qui peut inciser de façon très importante les digues sans que le cours d'eau puisse être maîtrisé,
- ✓ La durée et l'importance de la crue : hauteur de charge,
- ✓ **La vitesse moyenne de l'eau le long du talus** : les digues en bordure immédiate du lit mineur ou situées en zones de rétrécissement du lit mineur sont particulièrement exposées,
- ✓ **Les perturbations hydrauliques locales** : dues à des racines d'arbres, piliers de ponts ou constructions sur le parement côté fleuve des digues ou des variations prononcées du cours d'eau. Les perturbations hydrauliques peuvent entraîner des courants et tourbillons avec des vitesses locales plus élevées que la vitesse moyenne sur le linéaire de digue considéré,
- ✓ La nature et l'état de la protection du talus de la digue côté rivière.

En crue, suivant la perméabilité des terrains rencontrés et la durée de la crue, il se produit des écoulements dans la digue. L'érosion interne intervient lorsque la force d'écoulement est supérieure à la somme des autres forces appliquées sur les grains (pesanteur, forces de contact) soit lorsque le gradient hydraulique H/L est supérieur à un seuil appelé gradient critique des matériaux constituant la digue.

De manière générale, l'érosion interne ne se développe que si deux conditions nécessaires sont réunies : l'arrachement des particules et leur transport.

5.1.4 Rupture par érosion interne

5.1.4.1 Description du phénomène

L'érosion interne pouvant conduire à la création d'une brèche résulte des écoulements internes dans le corps de digue ou dans des terrains de fondation pouvant conduire à l'apparition de « renards » en cas de gradient hydraulique important et entraînant les matériaux fins de la digue vers l'extérieur.

Les hétérogénéités de perméabilité dans le corps des digues et des fondations peuvent favoriser des circulations hydrauliques internes.

Selon la charge hydraulique et la nature des matériaux, avec la saturation du corps de digue, le gradient hydraulique peut augmenter fortement et provoquer des écoulements internes. Des infiltrations apparaissent en pied de digue côté terre. L'entraînement des matériaux du corps de digue accentue le phénomène.

L'état de l'art a permis d'établir 4 types de phénomènes d'érosion interne définis comme suit :

- ✓ **La suffusion** est entraînée par la migration progressive des particules fines (puis de taille de plus en plus importante) composant le remblai qui, par cet appauvrissement est susceptible de voir sa perméabilité augmenter. Le phénomène peut ainsi s'aggraver jusqu'à arrachements de particules nécessaires à la tenue de l'ouvrage,
- ✓ **L'érosion de contact** qui s'initie à l'interface entre un sol fin avec sol grossier. Les particules du sol fin sont alors susceptibles d'être emportées par l'écoulement se produisant à l'interface.

L'appauvrissement en particules fines peut mener à l'ouverture d'un conduit de cheminement hydraulique préférentiel entraînant la rupture de l'ouvrage,

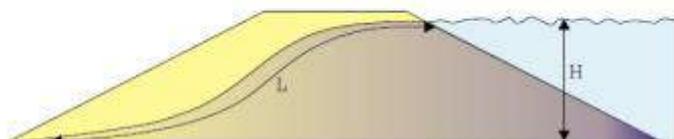
- ✓ **L'érosion de conduit** est initiée par la présence de conduits pouvant avoir été réalisés au préalable par des animaux fouisseurs ou la putréfaction de systèmes racinaires. La mise en charge de ces conduits fait d'eux des cheminements préférentiels pour les écoulements internes qui sous l'effet de la vitesse entraîne l'élargissement du conduit par arrachement des particules de sol,
- ✓ **L'érosion régressive** est initiée par la convergence de l'ensemble des écoulements internes vers un seul et même point de sortie. Cette convergence entraîne une élévation localisée des vitesses d'écoulement pouvant entraîner l'arrachement de particules en pied aval de digue. De proche en proche, ce phénomène peut conduire à la rupture globale de l'ouvrage. Dans certains cas, ce phénomène est par ailleurs initié par boullance, c'est-à-dire que la résurgence de l'écoulement a lieu verticalement en pied de digue pouvant ainsi soulever les sols situés sur la zone.

Ci-après l'illustration de ce phénomène :

Figure 49 : Mécanisme de rupture de digue par érosion interne

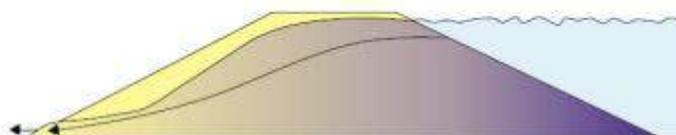
Mécanisme du renard hydraulique (ou érosion interne régressive) :

Avec l'augmentation du niveau d'eau amont (H),
le remblai se sature progressivement.
Le gradient hydraulique (H/L) augmente.



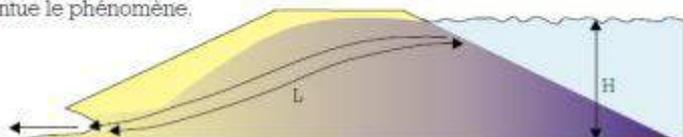
Quelques minutes après :

Le long des lignes de courant préférentiel, un écoulement se crée,
générant une petite fuite à l'aval de l'ouvrage.



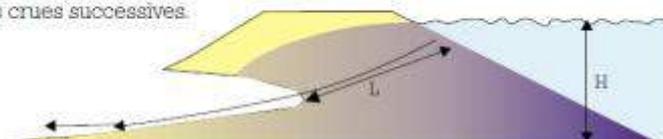
La fuite est établie

et des matériaux peu cohésifs du remblai sont entraînés
par l'écoulement au débouché de la fuite.
Progressivement, le chemin hydraulique se raccourcit,
le gradient hydraulique (H/L) augmente
et accentue le phénomène.



La fuite s'accroît

les matériaux entraînés par l'eau de fuite laissent un vide,
développant une cavité qui se propage vers l'amont et s'élargit à l'aval.
La galerie ainsi formée peut traverser entièrement l'ouvrage
et conduire à sa ruine en une ou
plusieurs crues successives.



5.1.4.2 Facteurs de sensibilité

Les facteurs de sensibilité associés à cette défaillance sont :

- ✓ L'importance de la crue : hauteur de charge,
- ✓ Les caractéristiques géotechniques (dont nature des matériaux constitutifs) : le phénomène est favorisé par l'hétérogénéité dans les couches de matériaux constitutifs du remblai ou de la fondation,
- ✓ La présence de zones de circulations préférentielles dans le corps de digue : création possible d'un gradient hydraulique critique provoquant l'érosion interne des sols (entraînement des particules). Le gradient hydraulique critique est le seuil limite à partir duquel les forces d'écoulement dans la digue deviennent suffisantes pour détacher et entraîner des particules fines du sol,
- ✓ La présence d'ouvrages traversants : mauvaise étanchéité à la jonction entre remblais et ouvrages transversaux (ex : canalisations et galeries traversant l'ouvrage de part en part, le corps de la levée ou sa fondation),
- ✓ Excavations ou galeries dans la levée réduisant la longueur du chemin hydraulique entre amont et aval de la digue (ex : terriers d'animaux fouisseurs, conduits racinaires d'arbres morts, ...).

5.2 Mécanisme de rupture des murets béton

5.2.1 Rupture de muret par basculement

Le basculement d'un mur désigne la chute de l'ouvrage marquant l'absence de protection hydraulique de celui-ci.

Les facteurs de basculements sont les suivants :

- ✓ Absence de dalle de fondation liée au mur. Par manque de dalle, le mur n'est pas directement lié sur son support d'installation. La pression de l'eau en cas de crue nécessaire pour basculer l'ouvrage est diminuée.
- ✓ Perméabilité du sol porteur proche de la dalle de fondation. En cas de matériaux trop drainant de type sableux ou de mauvaise uniformité, la circulation d'eau est favorisée et varie la position de la fondation.
- ✓ Défaut des matériaux ou de réalisation notamment en pied d'ouvrages générant des interstices, à fortiori des conduits hydrauliques favorisant le basculement.
- ✓ Séismes, mouvements de terrain ou phénomènes vibratoires violents (passe d'engins routiers ou de travaux lourds à répétition etc...)

5.1.2 Rupture de muret accidentelle

Ce type de rupture peut se produire en cas de collision d'un véhicule.

5.2 Diagnostic hydraulique des digues

Les résultats de l'étude hydraulique générale (modèle hydraulique de simulation ISIS élaboré dans le cadre du schéma de protection contre les inondations de la basse vallée de l'Orb pour le syndicat Béziers-la mer en 2001) atteste qu'**après réalisation des différentes tranches, les submersions sur le territoire urbanisé de Valras-Plage seront supprimées jusqu'à l'occurrence centennale.**

- ✓ Cinq crues ont été choisies pour simuler l'incidence des aménagements, leurs caractéristiques sont rappelées ci-après :

Tableau 32 : Débits de crue

Date de la crue	Débit à Tabarka (m3/s)	Débit à Béziers (m3/s)	Niveau marin (m NGF)
12/87	1 550	1 655	1.1
01/96	1 700	2 100	1.2
Crue de projet décennale*	1 160	1 250	0.9
Crue de projet centennale*	2 100	2 500	1.5
Crue exceptionnelle	-	4 500	2.4

(*) Débits issus de l'étude hydrologique générale du bassin de l'Orb – BCEOM 1999 – Retenus par les services de l'Etat

La crue de 1996 est la crue récente la plus forte. Pour l'étude, elle a présenté un intérêt pour le calage du modèle en raison de la faible évolution de la topographie et de la mémoire des personnes (fortement renseignée),

Pour la crue de type décembre 1987, d'occurrence 20 à 30 ans, les nombreux relevés de PHE ont constitué une donnée efficace pour la modélisation mais ont nécessité un calage intégrant l'évolution, localement significative, des conditions d'écoulement survenues depuis l'événement (secteur amont du modèle).

La crue décennale quant à elle a permis de tester une situation où les premiers dégâts sont conséquents sur le delta.

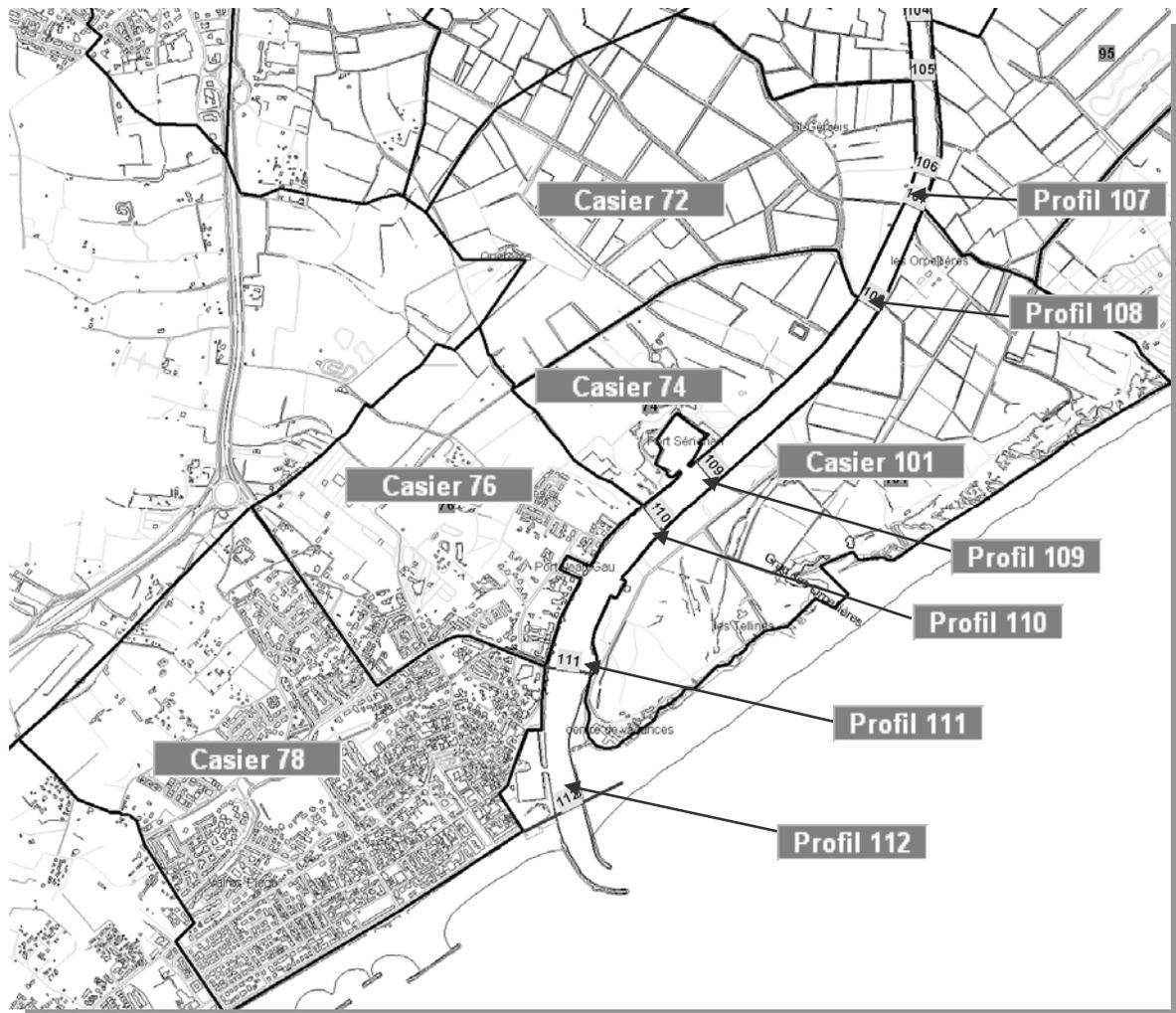
La crue centennale est la crue de « projet » retenue pour le dimensionnement des ouvrages.

La crue exceptionnelle est modélisée selon les recommandations du règlement du PPRI en ce qui concerne les équipements d'intérêt général. Son débit est pris égal à 1,8 fois celui de la crue centennale.

- ✓ Dans le modèle, le territoire est sous-découpé en casiers, pour lesquels les échanges hydrauliques sont définis par des règles hydrauliques de déversoirs ou de rugosités.

Dans le modèle hydraulique, le projet se situe le long de l'Orb, sur les casiers n° 76 et partiellement n° 74 jusqu'au niveau du Port de l'Orb.

Figure 50 : Implantation des casiers et des profils du modèle hydraulique



Le tableau et la figure suivante présentent les cotes de submersion pour la crue centennale de projet avant et après la réalisation des aménagements.

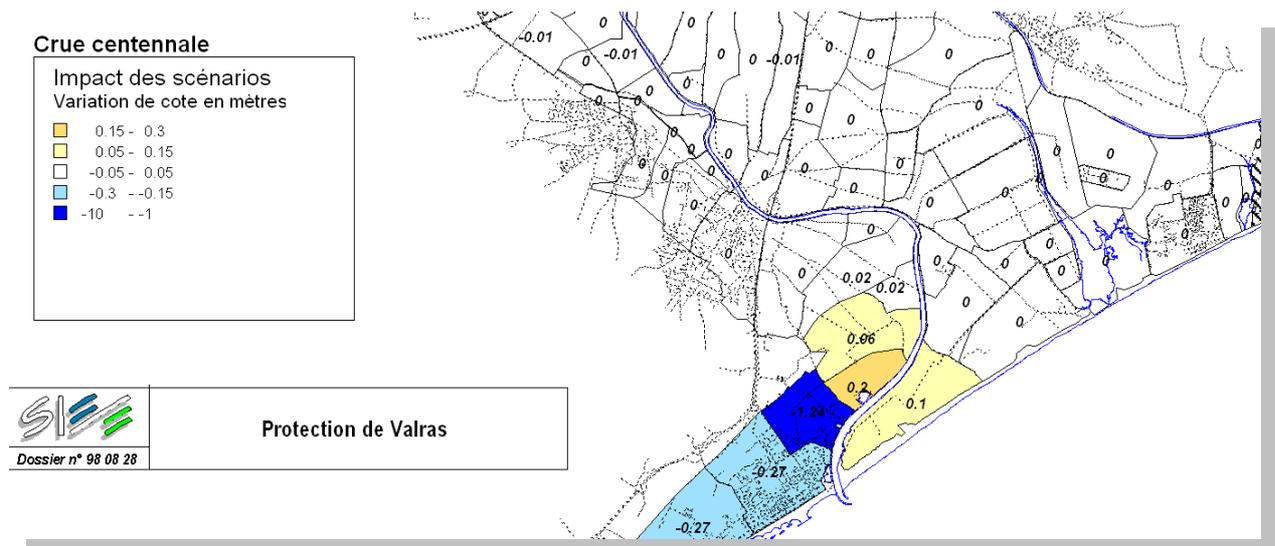
Tableau 33 : Cotes de submersion en crue centennale

Casier	Précisions	Cote de submersion (m NGF) en Q 100	
		Etat actuel	Etat projet
72	Rive droite plaine en amont du projet	2,60	2.66
74	Rive droite amont et au droit du projet en aval du port	2,31	2.51
76	Rive droite au droit du projet	2,04	0.8 (≈TN)
78	Rive droite en aval du projet (muret réalisé)	1,77	1.5 (cote marine)
101	Rive gauche les Orpellières vocation naturelle	2,11	2.12

La situation aménagée avec la protection de Valras-Plage barre les écoulements en rive droite de l'Orb, et les oblige à regagner le lit. L'incidence localisée, est de l'ordre de 20 cm à l'amont immédiat de l'agglomération. Cette zone naturelle est uniquement constituée de friches et de prés salés où aucun enjeu n'a été recensé. En rive gauche, face à Valras-Plage, cette incidence se réduit sur le secteur des Orpellières à 10 cm.

Pour les casiers 76 et 78 de Valras-Plage, la diminution des cotes de submersions est alors particulièrement significative et respectivement de -1,24 cm pour la partie directement protégée et de - 27 cm à l'Ouest de la commune, pour le secteur soumis à l'aléa marin.

Figure 51 : Incidence du projet sur les côtes de submersion en crue centennale



Pour les autres crues de périodes de retour inférieures à 100 ans, les résultats et cartographies correspondantes s'établissent comme suit :

Tableau 34 : Cotes de submersion pour les autres crues

Casier	Précisions	Cote de submersion (m NGF)					
		Crue type 1996		Crue type 1987		Q 10	
		Actuel	Projet	Actuel	Projet	Actuel	Projet
72	RD plaine amont projet	2.45	2.49	2.40	2.41	2.27	2.27
74	RD amont et droit projet	2.08	2.25	2.00	2.14	1.81	1.89
76	RD au droit du projet	1.90	0.78(≈TN)	1.87	0.79(≈TN)	1.73	0.8(≈TN)
78	RD aval projet	1.55	0.67	1.50	0.56	1.21	0.45
101	RG les Orpellières	1.80	1.73	1.70	1.75	1.41	1.42

Figure 52 : Incidence du projet sur les côtes de submersion crue type 1996

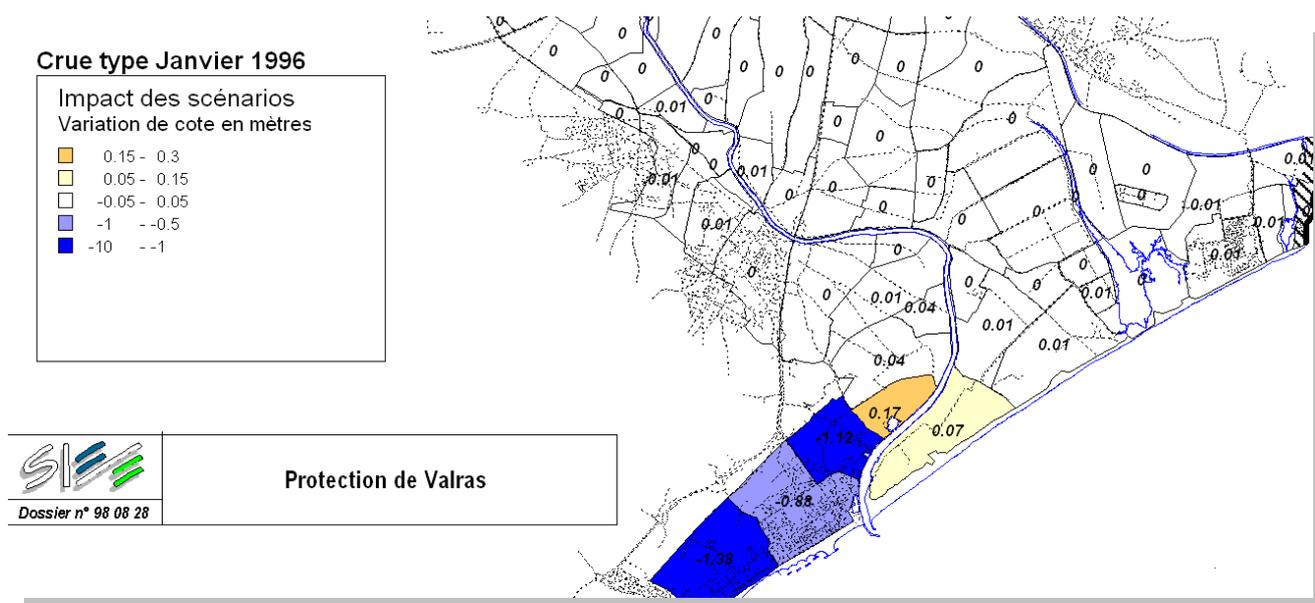
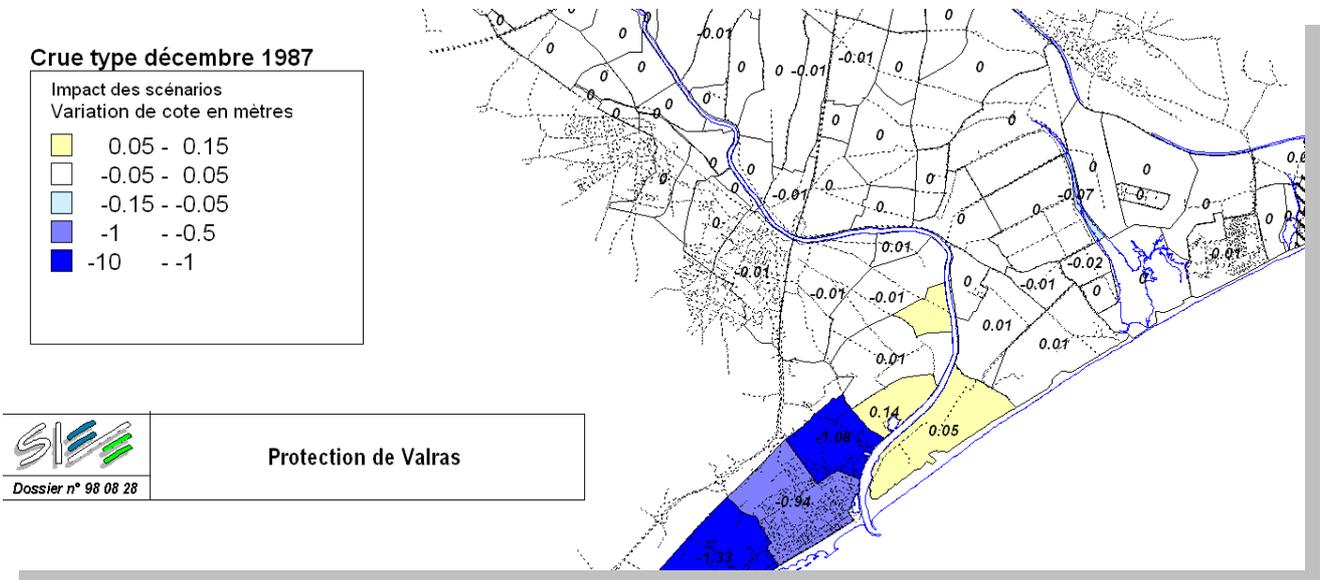
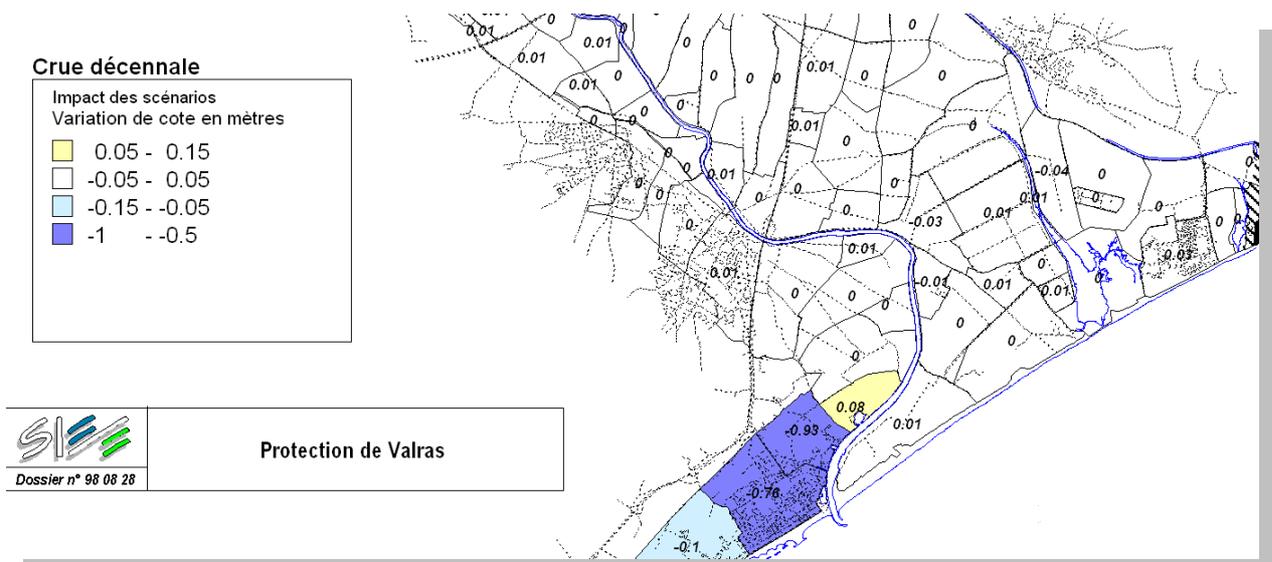


Figure 53 : Incidence du projet sur les côtes de submersion crue type 1987

Figure 54 : Incidence du projet sur les côtes de submersion en crue décennale


Pour une crue de type 1996, la submersion à Valras-Plage est maîtrisée, alors que la surélévation n'atteint que 17 cm dans le casier du Port de l'Orb où les eaux sont bloquées par la protection de Valras-Plage et 7 cm sur la rive opposée des Orpellières où elles sont dirigées. Les espaces urbanisés au droit du projet sont protégés avec un impact positif qui se prolonge sur la frange littorale urbanisée.

Pour la crue type décembre 1987 les incidences de la protection de Valras-Plage sont moins prononcées pour le casier en amont de la protection et celui des Orpellières ; l'incidence est alors de l'ordre de + 14 cm à l'amont immédiat de l'aménagement et de + 5 cm en rive opposée.

Pour un événement décennal, la protection de Valras-Plage affecte toujours le casier amont mais de façon plus modeste avec une surélévation de 8 cm. Pour la rive gauche, la situation est quasi similaire à l'existant, de l'ordre du centimètre.

Pour un événement exceptionnel, les ouvrages de protection sont largement submergés. Toutefois, la protection de Valras-Plage affecte toujours le casier amont avec une surélévation de 17 cm. Pour la rive gauche, la surélévation est de 18 cm.

Le tableau suivant présente les cotes de submersion pour la crue exceptionnelle avant et après la réalisation des aménagements.

Casier	Précisions	Cote de submersion (m NGF) en Q exceptionnelle	
		Etat actuel	Etat projet
72	Rive droite plaine en amont du projet	3,51	3,64
74	Rive droite amont et au droit du projet en aval du port	3,04	3,21
76	Rive droite au droit du projet	3,21	2,51
78	Rive droite en aval du projet (muret réalisé)	3,21	2,51
101	Rive gauche les Orpellières vocation naturelle	3,30	3,48

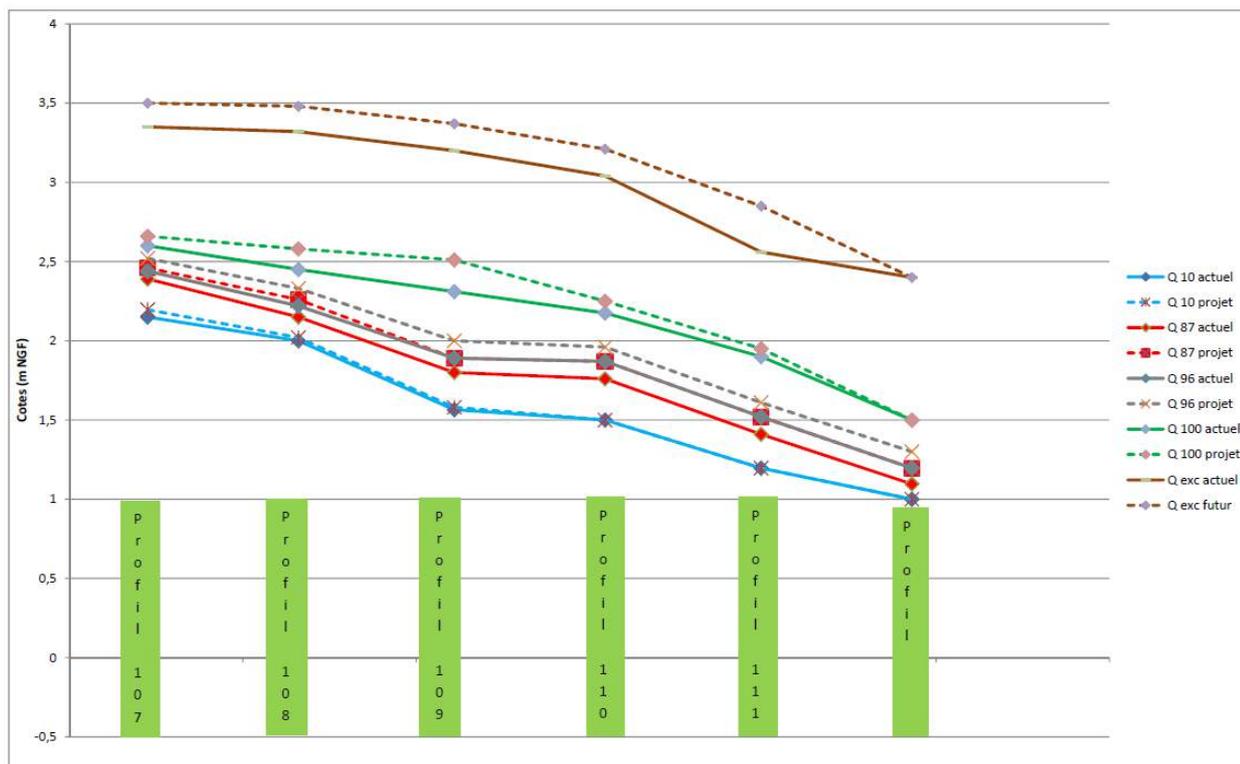
La situation aménagée avec la protection de Valras-Plage limite les écoulements en rive droite de l'Orb, et les oblige partiellement à regagner le lit. L'incidence localisée, est de l'ordre de 17 cm à l'amont immédiat de l'agglomération. Cette zone naturelle est uniquement constituée de friches et de prés salés où aucun enjeu n'a été recensé. En rive gauche, face à Valras-Plage, cette incidence se traduit sur le secteur des Orpellières à une surélévation de 18 cm.

Pour les casiers 76 et 78 de Valras-Plage, la diminution des cotes de submersions est alors assez significative de l'ordre de 70 cm..

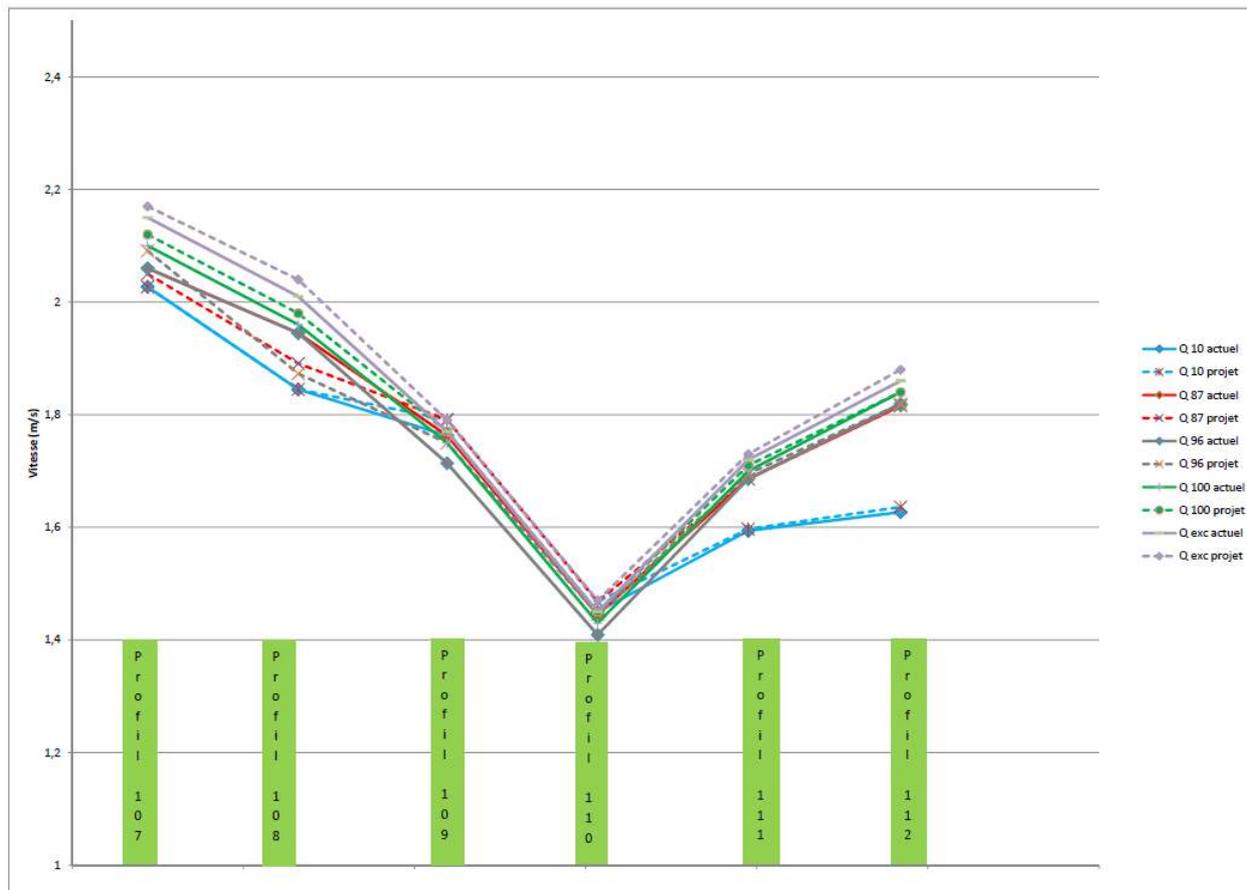
- Les variations des cotes dans le lit et des vitesses d'écoulement au droit des différents profils sont indiquées sur les figures suivantes.

Tableau 35 : Incidence du projet sur les cotes dans le lit

Cotes dans le lit mineur (m NGF)										
N° Profil	Q10 act	Q10 pro	Q87 act	Q87 fut	Q96 act	Q96 fut	Q100 act	Q100 fut	Qexc act	Qexc fut
107	2,15	2,20	2,39	2,46	2,44	2,52	2,60	2,66	3,35	3,50
108	2,00	2,02	2,15	2,26	2,22	2,33	2,45	2,58	3,32	3,48
109	1,56	1,58	1,8	1,89	1,89	2,00	2,31	2,51	3,20	3,37
110	1,50	1,50	1,76	1,87	1,87	1,96	2,17	2,25	3,04	3,21
111	1,20	1,20	1,41	1,52	1,52	1,61	1,90	1,95	2,56	2,85
112	1,00	1,00	1,10	1,20	1,20	1,30	1,50	1,50	2,40	2,40

Figure 55 : Incidence du projet sur les cotes dans le lit

Tableau 36 : Incidence du projet sur les vitesses dans le lit

Vitesses dans le lit mineur (m/s)										
N° Profil	Q10 act	Q10 pro	Q87 act	Q87 fut	Q96 act	Q96 fut	Q100 act	Q100 fut	Qexc act	Qexc fut
107	2,03	2,03	2,06	2,05	2,06	2,09	2,10	2,12	2,15	2,17
108	1,84	1,84	1,94	1,89	1,94	1,87	1,96	1,98	2,01	2,04
109	1,76	1,79	1,76	1,79	1,71	1,75	1,75	1,77	1,77	1,79
110	1,45	1,47	1,44	1,47	1,41	1,44	1,43	1,45	1,45	1,47
111	1,59	1,60	1,69	1,69	1,69	1,69	1,70	1,71	1,72	1,73
112	1,63	1,64	1,82	1,82	1,82	1,82	1,84	1,84	1,86	1,88

Figure 56 : Incidence du projet sur les vitesses dans le lit


Quelle que soit la crue, les vitesses d'écoulement dans le lit majeur restent inférieures à 0,50 m/s.

Le degré de protection des ouvrages sans revanche est donné par le tableau suivant :

Tableau 37 : Caractérisation de la crue correspondant à la crête des ouvrages

Ouvrage de protection	Débit à Béziers (m ³ /s)	Période de retour
Digue de Querelles	3 200	350 ans
Muret Boulevard Jean Dauga (Tranche 1)	3 200	350 ans
Muret (Tranche 2)	3 500	500 ans

5.3 Diagnostic géotechnique des ouvrages de protection

5.4.1 Digue de Querelles

5.4.1.1 Etude de faisabilité géotechnique GEOTECH 2002

Une étude de faisabilité géotechnique du canal de crête au Nord de Valras a été réalisée en 2002 par GEOTEC Marseille. Pour le fossé d'évacuation en aval du talweg du Guitou jusqu'à l'Orb, le but de cette étude était notamment :

- ✓ De déterminer la nature des sols en place, le niveau d'eau dans les sondages et les possibilités de réutilisation des matériaux extraits pour l'endiguement du fossé,
- ✓ De définir le niveau d'assise, les contraintes à l'ELU (Etat Limite Ultime) et à l'ELS (Etat Limite au Service) et aux tassements attendus pour les neuf dalots du fossé d'évacuation,
- ✓ D'étudier la stabilité des endiguements avec une ou deux berges surélevées.

La figure suivante liste les différents points de reconnaissance réalisés sur la zone du canal de crête concernée par l'étude de danger.

La reconnaissance a consisté en l'exécution de :

- ✓ Sondage géologique de 6 m à 10 m de profondeur,
- ✓ Essais pressiométriques,
- ✓ Sondage court à la pelle mécanique,
- ✓ Essai en laboratoire de compactage Proctor, essai de perméabilité compacté à l'Optimum Proctor.

Le sol est caractérisé de la manière suivante :

- ✓ **une couverture de sable ou d'argile sableuse** marron sur 1,60 à 2,50 m d'épaisseur. Cette couche présente de faibles caractéristiques mécaniques (1 mesure) avec :
 - Pression limite nette : $p_l^* \sim 0,53$ MPa
 - Module pressiométrique : $E \sim 8,10$ MPa

Les essais de laboratoire menés sur ce matériau montrent :

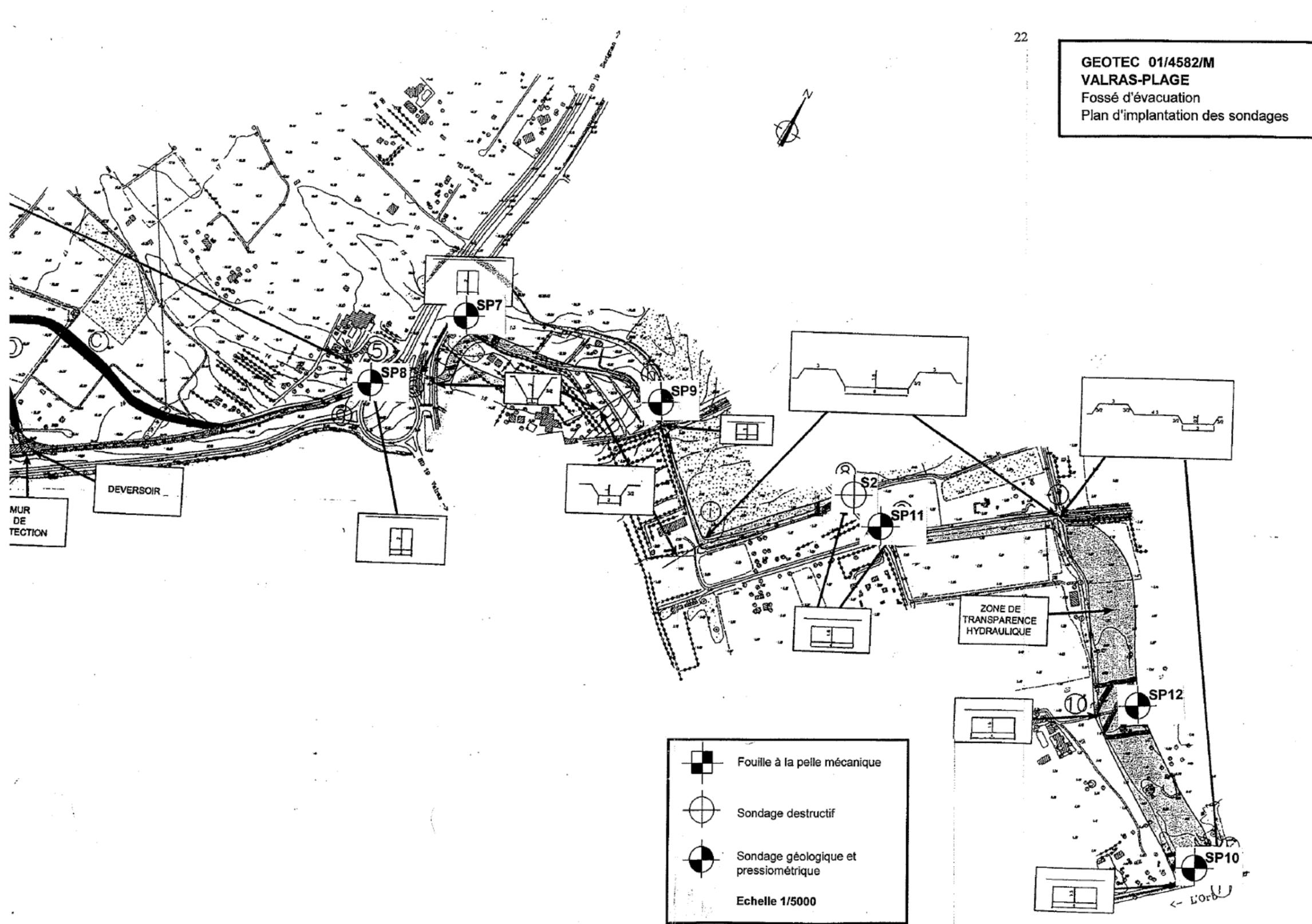
- qu'il est classé A2ts selon le GTR 92,
- que ce matériau est relativement imperméable après compactage à l'Optimum Proctor avec une perméabilité $k = 10^{-7}$ m/s et que sa perméabilité passe à $3.7.10^{-8}$ m/s après traitement à 3% de bentonite.
- ✓ **du sable grisâtre plus ou moins limoneux ou vasard** de -1.60 à 2.50 m>/TA et jusqu'à l'arrêt des sondages à -6,00 m/TA. Cet horizon présente des caractéristiques mécaniques faibles à moyennes avec :
 - Pression limite nette : $0.29 < p_l^* < 1.29$ MPa
 - Module pressiométrique : $3.3 < E < 18.2$ MPa

L'étude d'implantation des dalots montre qu'il n'y a pas de surcontrainte et de tassement sensible par rapport au niveau d'encastrement.

Les cotes de fil d'eau de la **nappe** étaient à une **profondeur de 2 m à 2.50 m** lors de l'essai. Cependant, ces mesures ne tiennent pas compte de la variation du niveau d'eau pendant les périodes pluvieuses ou estivales.

Sur la vérification de la stabilité des endiguements, pas de modélisation de déstabilisation n'a été effectuée. Le fossé d'évacuation peut être assuré par des limons argileux compactés et traités à la bentonite avec respect de pente $H/V = 3/2$ pour les talus interne et externe bordant le fossé.

Figure 57 : Localisation des points de reconnaissance



5.4.1.2 Contrôle géotechnique d'exécution phase 1 - CAZAL

En mars 2010, en phase de préparation des travaux, le contrôle interne de l'entreprise CAZAL a réalisé des sondages de reconnaissances complémentaires à la pelle à pneu sur une profondeur de 2,50 m à 3,00 m, afin de prélever des échantillons pour identifier les sols rencontrés par le projet.

✓ Profondeur de nappe :

Les profondeurs de nappe mesurées proches digues sont comprises entre 1.2 m et 1.5 m à proximité de l'ouvrage de débouché et de 1.8 m à 2.6 m sur la partie amont des digues.

✓ Type de matériaux / Granulométrie :

Sur le site d'étude, les matériaux sont de type :

- Limons sableux A1 sur la partie amont des digues,
- Sables silteux plus ou moins propres B5, B2, B1, D2,

✓ Compactage – Essai Proctor :

- $W_{OPN} = 8.8 \%$
- Densité sèche = 2.00 T/m^3 sur la partie amont des digues.

5.4.1.3 Contrôle géotechnique extérieur I-Terre 2010 phase 1

Un contrôle géotechnique extérieur a été réalisé par I-Terre en Mai 2010 après la phase d'exécution du canal de crête et des digues. Le but est vérifier la qualité des matériaux utilisés pour la réalisation du fossé pour la stabilité et la pérennité de l'ouvrage à court terme.

✓ Etude de stabilité

Les études de stabilité réalisées selon la méthode Bishop avec le logiciel TALREN ont montré les résultats suivant :

**Tableau 38 : Caractéristiques de stabilité des ouvrages
(Source : I-terre)**

	Sol 1 (sable en place)	Sol 2 (remblai compacté)	Sol 3 (limon de couverture*)
Poids volumique, γ (kN/m ³)	18 kN/m ³	19 kN/m ³	20 kN/m ³
Cohésion, c (kPa)	0 kPa	0 kPa	5 kPa
Angle de frottement, ϕ' (°)	28°	28 °	22 °
Cohésion, CU (kPa)	0 kPa	0 kPa	5 kPa

(*) le limon n'a aucun rôle structurel

La figure suivante montre les résultats de la modélisation TALREN effectuée pour la vérification de la stabilité de la digue en aval du canal de crête. Le facteur de stabilité est de 1.3.

La stabilité à long terme des talus avals de la digue n'est alors pas vérifiée, car inférieur au seuil de stabilité 1.5.

Le tableau ci-dessous montre les évaluations de stabilité face aux différents désordres de stabilité de digue.

Tableau 39 : Evaluation de stabilité des ouvrages
(Source : I-terre)

Stabilité générale	Poinçonnement (portance)	Satisfaisante
	Stabilité talus aval	Insuffisante
Stabilité interne	Erosion de conduit	Non satisfaisante
	Suffusion	Non satisfaisante

✓ Portance

La pression limite nette est égale à 290 kPa alors que les capacités portantes aux états Limite Ultime et de Service sont de 97 KPa et 72 KPa.

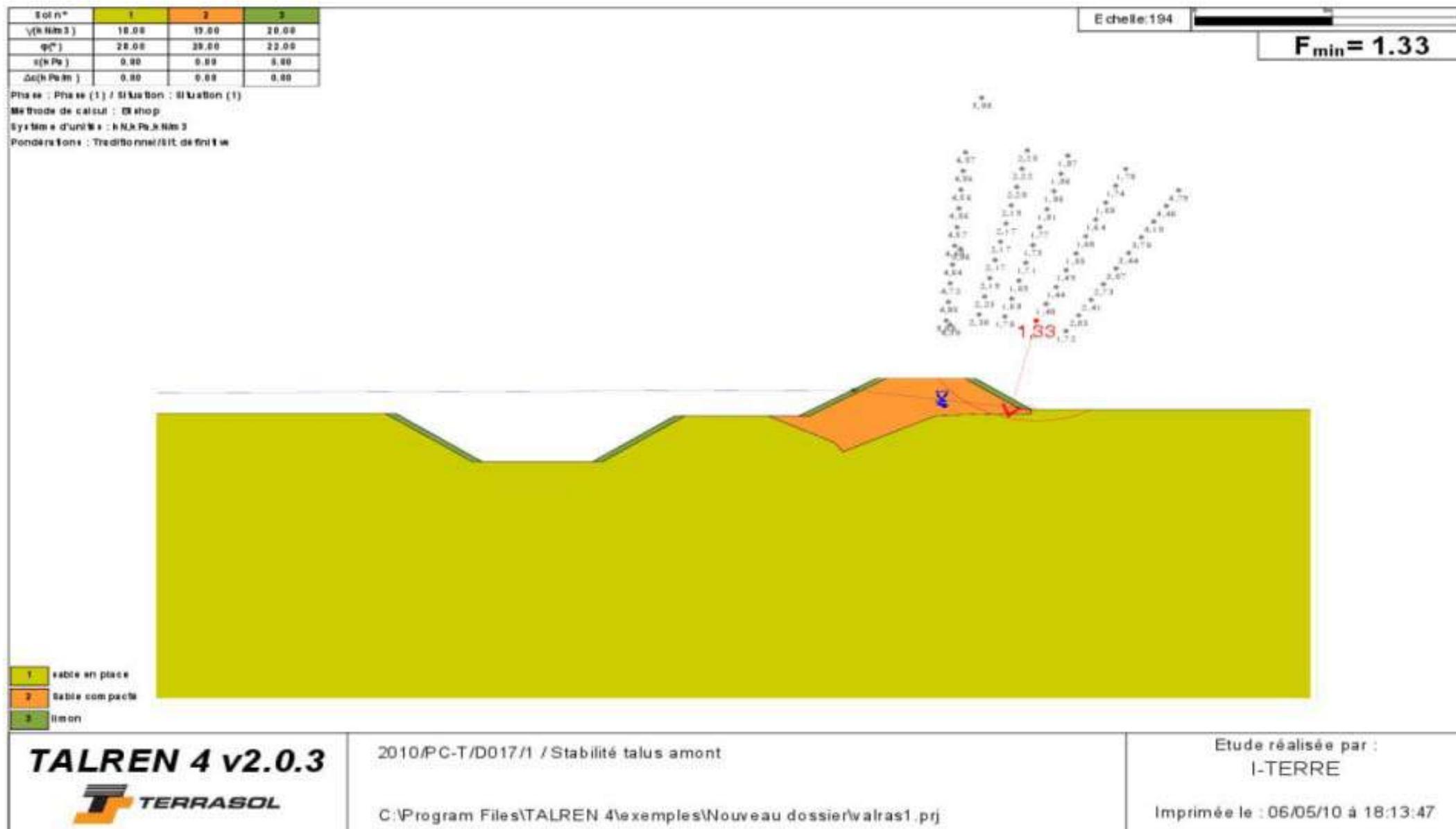
Par conséquent, la portance a été jugée satisfaisante

✓ Perméabilité et érosion interne

Des essais de perméabilité de type PORCHET ont été réalisés pour analyser le risque de circulation de l'eau dans les talus.

Les perméabilités varient de 1.10^{-6} à 9.10^{-6} m/s. Ce sont des perméabilités moyennes ne garantissant pas l'étanchéité maximale de la digue. Par conséquent, la digue est sensible à l'érosion interne, notamment par suffusion (transport des matériaux par différence importante de la taille des grains) ou par érosion de conduit/renard hydraulique (arrachement de matériaux par cheminement naturel ou artificiel de l'eau).

Figure 58 : Modélisation TALREN de la stabilité du talus aval de la digue (Source : I-Terre)



5.4.1.4 Contrôle géotechnique CAZAL/FONDASOL après travaux phase 1 - printemps 2010

En parallèle des études d'I-Terre, des essais à la plaque ont été réalisés par l'entreprise CAZAL pour évaluer la qualité du compactage à travers des mesures de module de déformation Ev1/Ev2.

Avec des rapports Ev1/Ev2 supérieurs à 2, la qualité du compactage n'est pas bonne.

La perméabilité moyenne sur la partie supérieure des digues est de $1.2 \cdot 10^{-7}$ m/s selon l'étude de perméabilité de CAZAL du 22/04/2010.

FONDASOL a réalisé des essais de compactage au pénétromètre dynamique PANDA le 20/04/2010. Sur les digues, ils indiquent la présence d'une couche de matériaux de type A1 (sable fin) sur 50 cm de profondeur et de type B5 (sable silteux) entre 0.5 m et 1 m de profondeur. Les résultats des essais sont joints en annexe 1.1.

5.4.1.5 Contrôle géotechnique phase 2 - Mars 2014 - BUESA

L'entreprise BUESA dans la phase 2 de l'aménagement du canal de crête et des digues a réalisé une reconnaissance géotechnique. Deux sondages (S1 / S2) effectués concernent la zone endiguée par le canal de crête de Sérignan et la digue de Querelles. La localisation des sondages est en figure suivante.

Cette étude se compose d'analyse granulométrique, essai à la pelle mécanique, essai Proctor et essai de perméabilité au double anneau.

- ✓ Sondage pelle mécanique
- Sondage S1 :

Entre 0 cm et 30 cm : Terre végétale,
 Entre 30 cm et 0.80 m : Grave sablo-argileuse brun,
 Entre 0.80m et 4.00m : Argile brune à passées grises A2,

- Sondage S2

Entre 0 cm et 15 cm : Terre végétale,
 Entre 15 cm et 1.80 m : Grave sablo-argileuse brune C1B5,
 Entre 1.80 m et 2.40 m : Grave sablo-argileuse brune foncée C1B5,
 Entre 2.40 m et 3.60 m : Argile brune à passées grises A2

- ✓ Caractéristiques de la grave argileuse brune C1B5 :

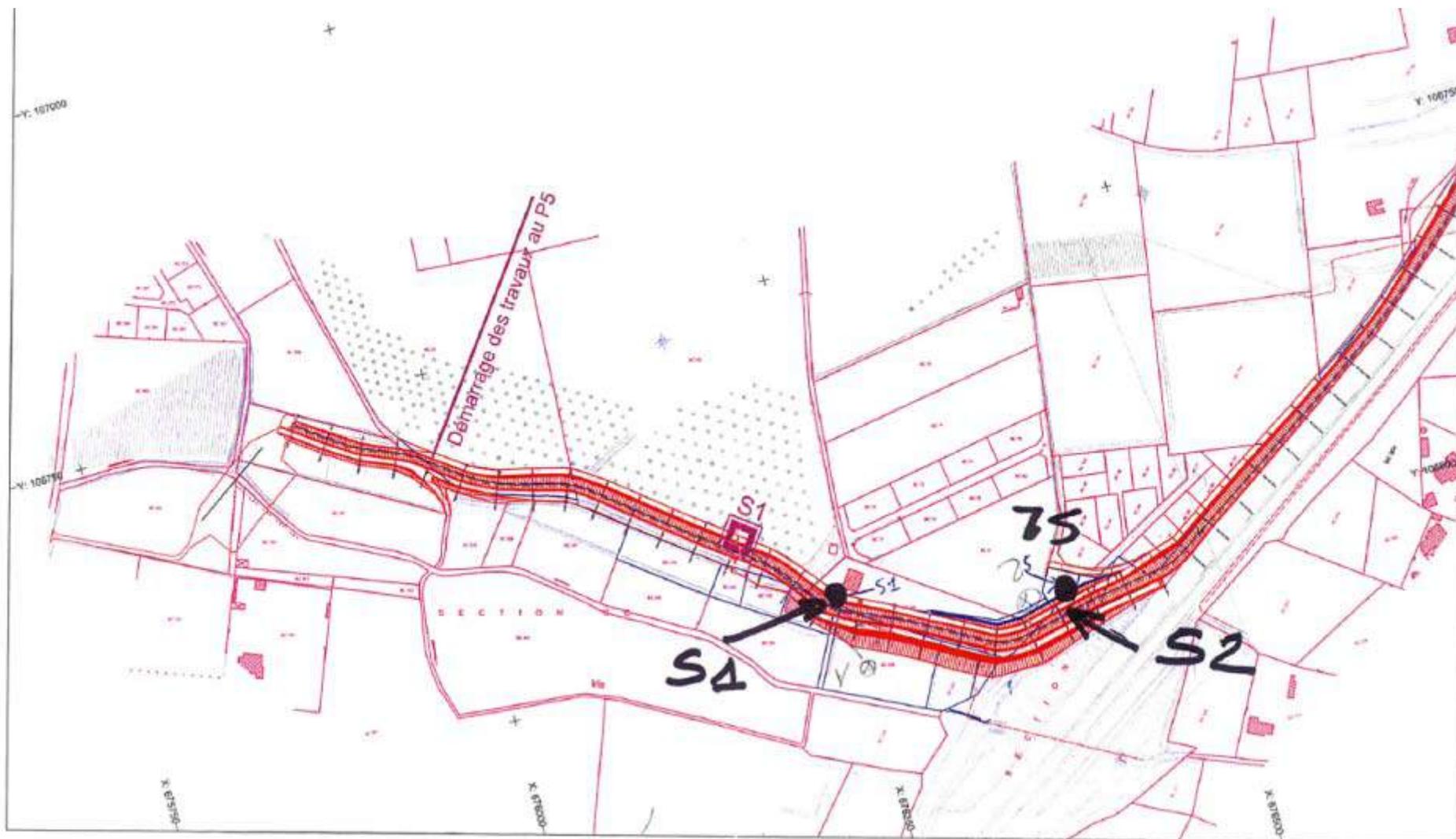
- Passant à 0.80 mm : 24.9%
- Passant à 2.00 mm : 47.9%
- VBS : 0.58
- W % : 19.3% $Y_{dOPN} = 1.99/m^3$
- WOPN = 9.9% - Mise en œuvre en l'état

- ✓ Caractéristiques de l'argile grise :

- Argile brune classe GTR A2
- Passant à 0.80mm : 86.2%
- Passant à 2.00mm : 97.7%

- VBS : 3.48
- W % : 19.3% $Y_{dOPN} = 1.73/m^3$
- WOPN = 18.9% - Mise en œuvre en l'état
- K = $4.22 \times 10^{-9} m/s$ sur essai au double anneau

Figure 59 : Localisation des sondages géotechniques BUESA (Source : Rapport Géotechnique tronçon A-B-C BUESA - Mars 2014)



5.4.1.6 Contrôle géotechnique supplémentaire phase 2 - Eté 2014 FONDASOL/BUESA

Une investigation complémentaire géotechnique a été co-réalisée par BUESA et FONDASOL en été 2014.

BUESA a confié à FONDASOL une investigation complémentaire et une étude de stabilité sous logiciel PLAXIS.

Le contenu détaillé de la mission est listé ci-dessous :

✓ En Mai / Juin 2014

- 1 sondage destructif (SPA) en 64 mm de diamètre à 9 m de profondeur avec la réalisation de 7 essais pressiométriques,
- 1 sondage carotte (SCA) en 116 mm en rotation à 6.2 m de profondeur avec prélèvement d'échantillons intacts.

Nota : les sondages SPA et SCA ont été réalisés en crête de digue existante. La localisation des sondages est en annexe n° 1.3.

- Des essais en laboratoire comprenant :
 - 3 identifications sur des prélèvements du sondage SCA, réalisées par BUESA,
 - 1 essai de cisaillement CD à la boîte sur échantillon reconstitué en SCA,
 - 1 essai de cisaillement CD à la boîte de Casagrande sur échantillon intact en SCA,

✓ En Juillet 2014

- 9 essais au pénétromètre dynamique descendus à 9 m de profondeur ou au refus.

Nota : les sondages de pénétration dynamique ont été réalisés en fin du chantier BUESA,

Nota : les sondages pénétrométriques ont été réalisés en crête de digue existante. La localisation des sondages est en annexe n° 1.3.

- Des essais en laboratoire comprenant :

Realisés par BUESA

- 1 essai de perméabilité sur matériau de remblai de type A2,
- 1 essai de perméabilité sur matériau de remblai de type C1B5,
- 3 essais de perméabilité sur des prélèvements du sondage SCA.

Realisés par Fondasol

- 1 analyse granulométrique, 1 analyse sédimentométrique et un essai de perméabilité sur échantillon reconstitué sur échantillon en SCA
- 1 analyse granulométrique et un essai de perméabilité sur échantillon reconstitué en SCA
- 1 analyse granulométrique et sédimentométrique sur un échantillon en SCA
- 1 analyse granulométrique et sédimentométrique sur un échantillon en S2

✓ Caractéristiques mécaniques du sol sur la crête de digue :

Les essais carottés et destructifs indiquent les types de sol suivant en fonction de leur profondeur :

- Remblais de digue constitués de limon sableux/graveleux jusqu'à 2.2 m de profondeur
 - $PI-po = 2.07 \text{ MPa}$ et 1.74 Mpa ,
 - $E_M = 20.1 \text{ MPa}$ et 24.7 MPa ,

- Caractéristiques mécaniques jugées bonnes.
- Des sables limoneux marron beige jusqu'à 4.2 m de profondeur
 - $PI_{po} = 1.42 \text{ MPa}$ et 1.41 Mpa
 - $E_M = 9.3 \text{ MPa}$ et 16.2 MPa
 - Caractéristiques mécaniques jugées moyennes
- Des sables fins gris jusqu'à 9 m en sondage destructif et 6.2 m en sondage carotté
 - $0.62 \text{ MPa} < PI_{po} < 0.95 \text{ MPa}$
 - $4.7 \text{ MPa} < E_M < 15.0 \text{ MPa}$
- ✓ Niveau de nappe :
Les profondeurs de nappe mesurées sont comprises entre 3.2 m et 3.5 m de profondeur
- ✓ Essai pénétromètre dynamique / Homogénéité des sols d'assise :
 - Jusqu'à 3 m/4 m de profondeur, les terrains sont homogènes sur les sables limoneux :

$$2 \text{ MPa} < q_d < 8 \text{ MPa}$$

q_d : Résistance dynamique de pointe

- Entre 3 m/4 m et 8 m, les matériaux sont homogènes avec une résistance dynamique de pointe minimale de 2 MPa (PD2, PD3 et PD9)
- Au-delà de 8 m, $6 \text{ MPa} < q_d < 8 \text{ MPa}$, les matériaux sont homogènes (PD4, PD5, PD6, PD7 et PD9)
- ✓ Essai en laboratoire – Nature de sol – Plasticité – Compactage :
Le tableau ci-dessous présente les essais réalisés par BUESA en Mars 2014 et les nouveaux en Juin 2014.

**Tableau 40 : Synthèse essai de laboratoire géotechnique BUESA
(Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015)**

Date		7/03/14			6/06/14		
Sondages		S1	S2		S4	SCA	
Profondeur de l'essai (m)		0,8 à 4m	0,15 à 1,8	1,8 à 2,4	0,1 à 1,8m	1 à 2	2,2 à 2,8 4,5 à 5,0
Nature du terrain		Argile beige/gris	Grave sablo argileuse		Sable limoneux gris	Limon sablo graveleux	Argile limono graveleuse Sable
Classe GTR		A2	CIB5		B5	A1	CIA2 BI/DI
W (%)		19,3	8,1	12,0	9	8,4	13,9 20,1
Passant à 80µm		86,2	24,9	23,5	17,7	44,4	48,8 6,6
V _{bs}		3,48	0,58	1,15	0,69	-	- 0,04
Limites d'Atterberg	WL	-	-	-	-	23	38 -
	IP	-	-	-	-	6	17 -
Essai Proctor	W _{OPN} (%)	18,9	-	-	-	-	- -
	p _{dOPN} (kN/m ³)	17,3	-	-	-	-	- -

✓ Essai granulométrique
 FONDASOL présente les résultats suivant :

**Tableau 41 : Synthèse essai de laboratoire géotechnique FONDASOL
 (Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015)**

Entreprise	FONDASOL			
Date	21/07/14	22/07/14	22/07/14	
Sondages	SCA			S2
Profondeur de l'essai (m)	0 à 1	2,2 à 2,8	5,2 à 6,2	1,0 à 1,5
Nature du terrain	Remblai existant de digue	Argile sableuse	Sable	Grave argileuse
Classe GTR	A1	A2	BI/DI	CIB5
W (%)	5,7	18,8	11,7	4,7
Passant à 80µm (0/D)	46,6	55,8	3,0	21,8
Passant à 2µm (0/D)	16,6	27,8	-	9,8

✓ Paramètres mécaniques – Essai au cisaillement :
 Sur essai à la boîte, FONDASOL présente les résultats suivant :

**Tableau 42 : Essai au cisaillement FONDASOL
 (Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015)**

Nature du terrain	Remblai de digue : limon sableux ± graveleux	Sable	Argile limono graveleuse	
Sondages	SCA	SCA	S1 bis	
Profondeur de l'essai (m)	0 à 1	4 à 4,5	1	
Classe GTR	A1	BI/DI	A2	
Type d'essai	CD à la boîte	CD à la boîte	Triaxial CU + U	
Type d'échantillon	Reconstitué	intact	Recompacté à 95% de l'OPN	
C' (kPa), φ' (°)	C' = 16 et φ' = 28°	C' = 10 et φ' = 36°	Interprétation 1	C' = 0 et φ' = 25,6°
			Interprétation 2	C' = 4kPa et φ' = 22°

Avec C' : cohésion effective

φ' : Angle de frottement effectif

✓ Perméabilités :

BUESA a réalisé son étude de perméabilité au double anneau et indique les résultats suivants :

Tableau 43 : Essai de perméabilité BUESA Juillet 2014 (Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015)

Entreprise	BUESA				
Date	3/07/14	4/07/14	18/07/14	17/07/14	18/07/14
Sondage	Matériau de rechargement		SCA		
Profondeur (m)	-	-	1 à 2	2,2 à 2,8	4,5 à 5,0
Nature du terrain	Argile limoneuse	Grave sablo argileuse	Remblai existant de digue	Argile limono sableuse	Sable
Classe GTR	A2	CIB5	A1	A2	BI/DI
K (m/s)	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$6,7 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$5,7 \cdot 10^{-10}$	$8,7 \cdot 10^{-6}$

Avec K : perméabilité hydraulique

FONDASOL indique les perméabilités suivantes selon un essai de type oedomètre:

Tableau 44 : Essai de perméabilité FONDASOL Juillet 2014 (Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015)

Entreprise	FONDASOL	
Date	18/07/14	
Sondage	SCA	
Profondeur (m)	0 à 1	5,2 à 6,2
Nature du terrain	Remblai existant de digue	Sable
Classe GTR	A1	BI/DI
K (m/s)	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$

✓ Etude de stabilité :

Sous le logiciel de calcul PLAXIS V8, FONDASOL a décomposé son étude de stabilité en effectuant une modélisation hydraulique d'écoulement, une modélisation géomécanique et une étude de tassement sous remblai.

- Modélisation hydraulique :

Les conclusions des modèles de vidange et remplissage du fossé montrent que la digue est faiblement sensible aux érosions internes (entraînement de fines).

- Modélisation géomécanique :

L'instabilité au glissement est liée aux pressions interstitielles entre les grains des matériaux constituant la digue. Ces pressions diminuent la résistance au cisaillement du sol et favorisent le glissement.

La stabilité des rampants de part et d'autre de la digue sont étudiés.

La stabilité au glissement est étudiée pendant un plan d'eau normal, en phase de remplissage et de vidange de l'eau dans la digue.

La stabilité est validée si le coefficient de sécurité F est supérieur à 1.5 en phase normale d'exploitation de la digue et F supérieur à 1.3 pendant une crue/décru.

Les résultats de l'étude géomécanique sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 45 : Synthèse d'étude au glissement (Source : Rapport FONDASOL G5 Aout 2015)

Condition d'étude	Coefficient de stabilité	Seuil	Vérification condition de stabilité
Plan d'eau normal	1.62	>1.5	Oui
Remplissage du canal	1.75	>1.3	Oui
Vidange du canal	1.58	>1.3	Oui

- Essai de tassement sous remblai :

FONDASOL assure que les tassements dus au rechargement sont limités. L'ordre de grandeur des tassements est de 1 cm.

5.4.2 Muret anti-houle – Boulevard Jean Dauga (Tranche 1)

Aucun document disponible.

5.4.3 Muret anti-houle (Tranche 2)

5.4.3.1 Données géotechniques

Le site est connu par la carte géologique (paragraphe 3.2.3) et les reconnaissances de terrain réalisées par GINGER lors des études d'Avant-Projet. La présence de bâtiments à proximité des ouvrages projetés montre que les sols se prêtent aux aménagements, relativement légers, qui sont proposés. Le paramètre géotechnique n'est pas problématique.

Concernant la rehausse du mur existant autour du port Jean Gau, ce dernier ne présentant pas les caractéristiques mécaniques suffisantes, cette option est écartée. Une reprise complète de l'ouvrage est plus adaptée et fiable.

Les données géotechniques établies dans le cadre des travaux d'aménagement de la digue à l'extrémité amont du projet ont également été collectées et exploitées. Elles mettent en évidence la formation pédologique suivante :

- ✓ Couche superficielle, de 0 à -0,60 m, sable limoneux,
- ✓ De -0,60 à -2,50 m : argiles sableuses,
- ✓ De -2,50 à -6,00 m : sables limoneux vasards,

5.4.3.2 Stabilité du mur digue

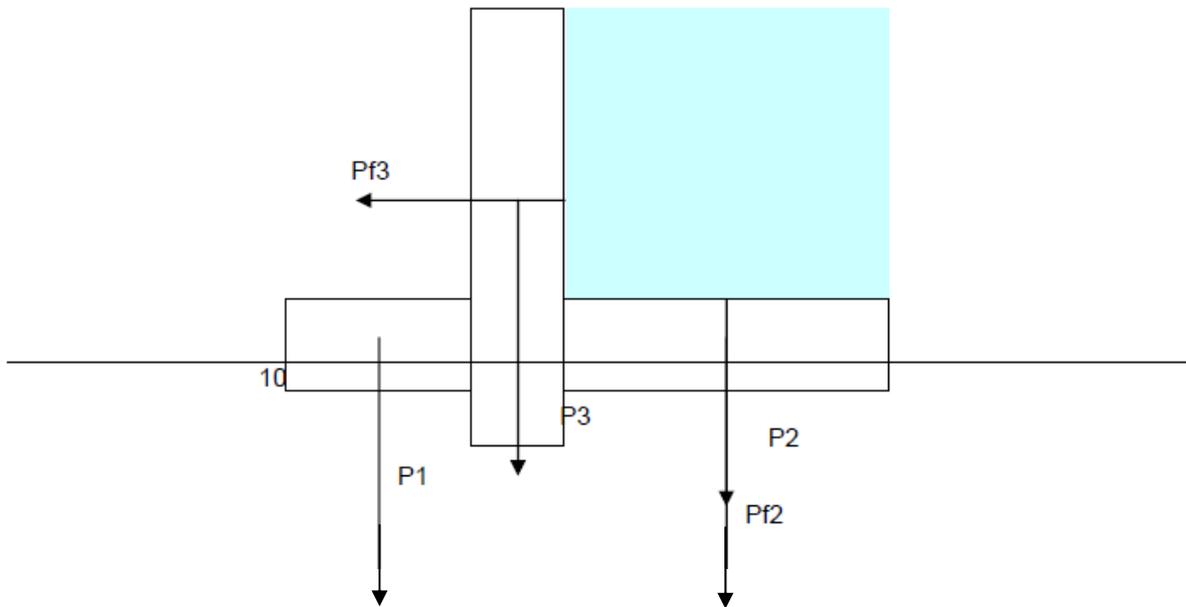
5.4.3.2.1 Contraintes mécaniques

Les contraintes mécaniques s'exerçant sur l'ouvrage sont les suivantes :

- ✓ La pression hydrostatique de l'eau sur le mur,

- ✓ La pression hydrostatique au niveau de la semelle,
- ✓ Le poids propre de l'ouvrage.

Figure 60 : Contraintes mécaniques sur le muret



La stabilité du mur est assurée par, à minima, une somme des moments nulle appliquée au point de basculement.

$$\sum \overrightarrow{M_0} = \overrightarrow{0}$$

$$\sum \overrightarrow{M_0} = P1 \cdot \frac{L1}{2} + P3 \cdot (L1 + \frac{E}{2}) - Pf3 \cdot (\frac{H}{3} + Es) + P2 \cdot (L1 + E + \frac{L2}{2}) + Pf2 \cdot (L1 + E + \frac{L2}{2}) = \overrightarrow{0}$$

GINGER préconise que l'ouvrage repose sur un dispositif de drainage (type Enkadrain) permettant d'éviter les sous-pressions sous la semelle de l'ouvrage et de la mettre à pression atmosphérique. Sans cela, il serait nécessaire de prendre en compte une poussée Pf2' inverse à Pf2 tendant à faire basculer l'ouvrage.

5.4.3.2.2 Coefficient de sécurité

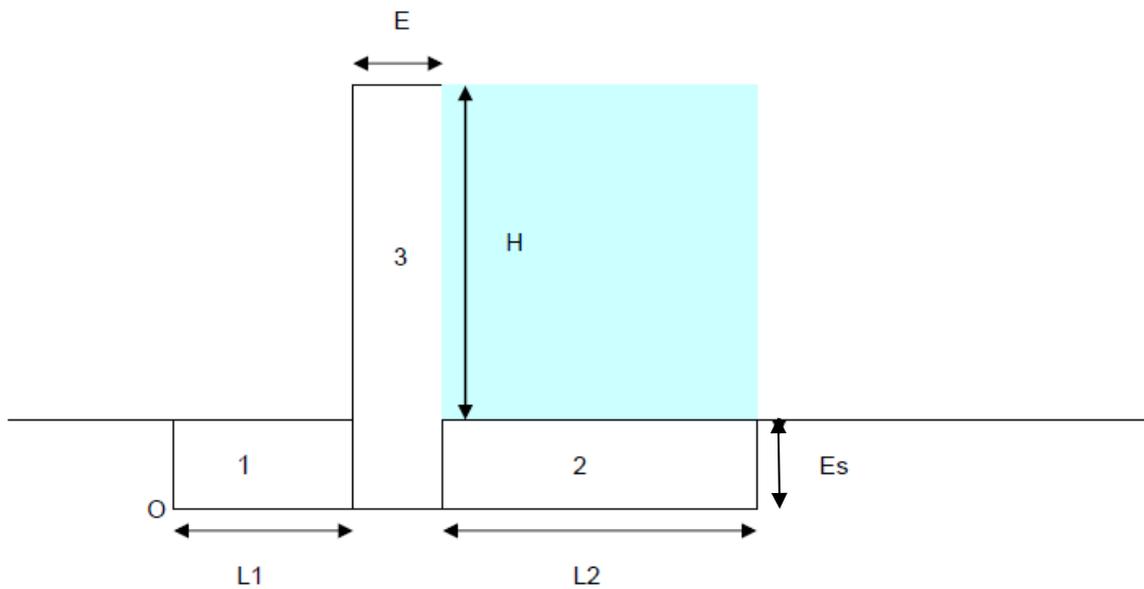
Afin de pallier les conditions exceptionnelles pouvant survenir lors d'une crue sollicitant l'ouvrage plein bord (batillage, saturation des sols en eau ...), il est conseillé de prendre de 1,5 à 2 de coefficient de sécurité, soit au minimum :

$$P1.\frac{L1}{2} + P3.(L1 + \frac{E}{2}) + P2.(L1 + E + \frac{L2}{2}) + Pf2.(L1 + E + \frac{L2}{2}) = 1.5.Pf3.(\frac{H}{3} + Es)$$

5.4.3.2.3 Résultats dimensionnels

L'ouvrage de protection sera constitué d'un mur en béton armé banché auto-stable, dosé à 350 kg/m³. La géométrie de l'ouvrage sera celle d'un T inversé, à base horizontale et de débords dissymétriques.

Figure 61 : Coupe-type du muret



Pour :

- ✓ $H_{\max} = 1,33 \text{ m}$
- ✓ $P_{\text{eau}} = 1,1 \text{ T/m}^3$
- ✓ $P_{\text{béton}} = 2,5 \text{ T/m}^3$

les dimensions suivantes sont retenues :

- ✓ $L_1 = 0,4 \text{ m}$,
- ✓ $L_2 = 0,3 \text{ m}$,
- ✓ $E = 0,25 \text{ m}$,
- ✓ $E_s = 0,2 \text{ m}$

Avec ces dimensions, on assure un coefficient de sécurité de 1,5 pour la hauteur maximale du mur, de 1,33 m et un coefficient de 2 pour la hauteur moyenne soit 1,15 m.

6. Rubrique 6 : Caractérisation des aléas naturels

Cette rubrique traite des aléas naturels, notamment les crues, les séismes, les risques de mouvements de terrain et les risques d'avalanche ainsi que, pour ce qui concerne les digues, les érosions de berges et les évolutions morphologiques du lit. Les méthodes utilisées pour caractériser ces aléas sont conformes aux règles de l'art et s'appuient sur des données récentes. La présentation de ces aléas comprend une caractérisation de l'ampleur des phénomènes et de leur incidence potentielle sur l'ouvrage.

Sont présentés les résultats d'une étude hydrologique et, si nécessaire, des autres risques ayant une influence hydraulique (notamment houle et marées). Il s'agit soit d'une étude nouvelle, soit d'une étude existante dont le rédacteur de l'étude de dangers justifie la validité. Celle-ci est complétée par l'estimation de la probabilité d'occurrence de la crue ou des autres phénomènes naturels susceptibles de mettre l'ouvrage en danger.

D'après la base de données du site www.prim.net, Portail des Risques Majeurs, rubrique « Ma commune face aux risques », Valras-Plage est soumis aux aléas naturels suivants :

Tableau 46 : Aléas communaux

Aléa	Valras-Plage
Inondation	X
Rupture de barrage	X
Séisme	X
Coulée de boue	X

A noter que :

- ✓ Le risque de rupture de barrage ne concerne pas directement la commune et n'est pas répertorié sur le réseau prim.net. Le seul barrage notable se trouve à Avène,
- ✓ La submersion marine n'est pas répertoriée sur le réseau prim.net mais doit être prise en compte dans l'inventaire des aléas rencontrés sur l'espace d'étude.

6.1 L'inondation et submersion marine

6.1.1 Scénarios

Quatre évènements peuvent se produire en cas d'inondation extrême :

- ✓ **Inondation fluviale.** L'accumulation des précipitations en amont du bassin versant augmente le niveau d'eau du fleuve. L'Orb déborde sur son lit majeur et touche Valras-Plage sur sa partie orientale,
- ✓ **Ruissellement par les plaines septentrionales** d'alluvions à galet siliceux de Vendres à cause de la présence de nombreux ruisseaux,

- ✓ **Précipitation piégée.** En cas de débordement de l'Orb et de ruissellement important des plaines septentrionales, les eaux précipitées en centre-ville ne peuvent plus s'évacuer facilement (blocage des systèmes de vannes des murets anti-inondation proche de l'Orb, déversoirs et zone de stockage du Guitou en capacité maximale du côté du canal de crête...),
- ✓ **Submersion marine.** En effet, les vents violents, la faible pente de la côte et la proximité de la ville favorise les remontées de la mer sur les terres en cas de tempête. De plus, la submersion ralentit l'évacuation du fleuve et augmente indirectement la crue. Un cas de submersion marine s'est rencontré entre le 16 et 19 Décembre 1997 selon le réseau prim.net

La figure suivante schématise les différents scénarios d'inondation :

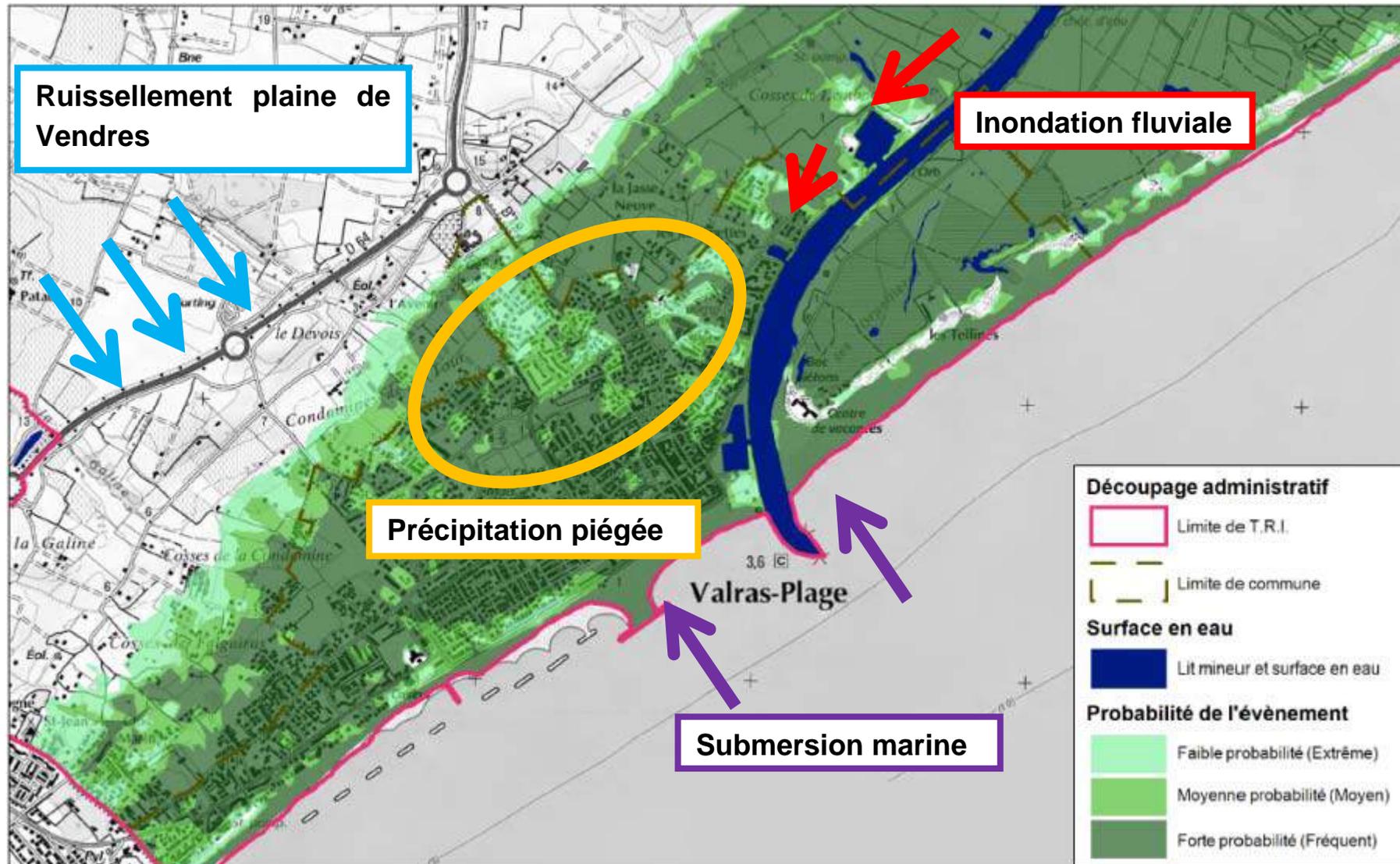


Figure 62 : Cartographie des zones inondées en cas de crues extrêmes (Source : TRI de l'Orb- Mars 2014)

6.1.2 Régime hydrologique

Le régime hydrologique de l'Orb est par nature de type pluvial cévenol.

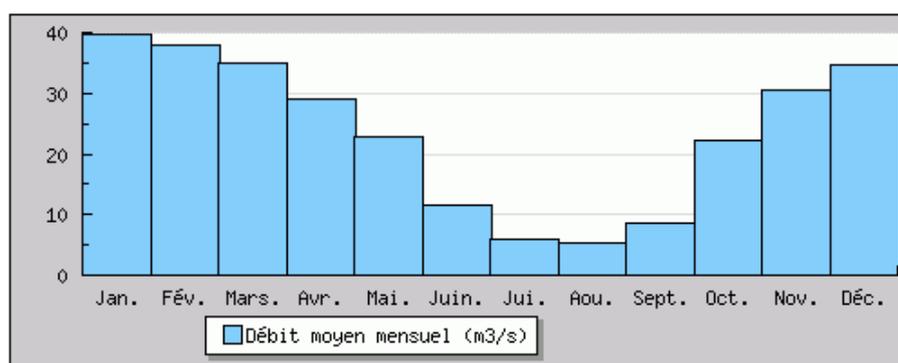
Néanmoins le régime du fleuve sur ce bassin est fortement influencé par la régulation artificielle des débits qui s'exerce à la fois :

- ✓ sur le bassin du Jaur : transfert d'eau du bassin atlantique vers le bassin méditerranéen,
- ✓ sur le Haut bassin de l'Orb : retenue d'Avène dont les principales fonctions sont le soutien d'étiage et l'écrêtement des crues.

Le débit de l'Orb est mesuré sur une période de 50 ans (1966-2015) à Béziers Tabarka. Le débit moyen interannuel ou module de la rivière à cet endroit est de 23,50 m³/s, sur une superficie de 1 330 km².

L'Orb présente des fluctuations saisonnières de débit assez importantes. Les débits mensuel moyen en hiver varient entre 29 et 41 m³/s, et descendent jusqu'à 5,3 m³/s au mois d'août. La figure ci-dessous montre la variation des débits moyens mensuels au cours de l'année :

Figure 63 : Débit moyen mensuel de l'Orb à Béziers-Station de Tabarka (Source : Banque Hydro)



Le tableau ci-dessous synthèse les débits caractéristiques de l'Orb moyen annuel, en période d'étiage et de crue (loi statistique de Gumbel).

Tableau 47 : Synthèse des débits caractéristiques de l'Orb à Tabarka (Source : Banque Hydro)

Type d'évènement	Paramètres Débit (m ³ /s)	
Débit Moyen Mensuel interannuel	Module	23.50
	QNA5	5.2
Etiage	VCN3	3.5
	Q20	860
Crue	Q50	1300
	Q100	2100

Le VCN3 est la quantité minimale écoulee ou débit minimal sur trois jours consécutifs. Le QMNA5 est le débit minimal mensuel mesuré ayant la probabilité de ne pas être dépassé une fois tous les 5 ans.

Source : Banque Hydro

6.1.3 Crues historiques

✓ Novembre 2014

A Bédarieux, le niveau d'eau a atteint 4.65 m, soit 20 cm de moins que la hauteur mesurée lors de l'épisode centennale de 1953. La pluviométrie enregistrée est de 150 mm sur 24 heures et 300 mm en pluviométrie de pointe sur certaines zones, soit l'équivalent de 3 à 4 mois de pluies précipitées en une journée.

✓ Mars 2011

L'année 2011 aura connu une crue, lors des 15 et 16 mars, où le fleuve a atteint la cote de 12,15 m NGF. Les débordements sont toutefois restés limités, notamment grâce aux travaux d'ouverture des arches du Pont Vieux.

✓ Février 2003

Les cumuls de pluie ont atteint 100 à 150 mm sur le bassin versant de l'Orb, les 26 et 27 février.

✓ Janvier 1996

La crue des 28 et 29 janvier 1996 est une crue du bassin versant intermédiaire. Elle est caractérisée par une pointe de courte durée accentuée par les concomitances d'un épisode pluvieux intense sur l'aval du bassin (Cazouls les Béziers, Puisserguier). Les précipitations se sont abattues sur un bassin versant relativement saturé. En effet, une forte crue s'est produite un mois avant en décembre 1995. Pour la crue de janvier 1996, le débit de pointe est estimé à 2 100 m³/s à Béziers.

✓ Décembre 1995

La crue des 17 et 18 décembre 1995 est une crue du haut bassin. Le mois de décembre très pluvieux a saturé le bassin, et de petites crues ont précédé cette dernière crue de l'année. A Béziers, le débit est de 1 620 m³/s en 1995. Le montant des dégâts se sont estimés à 53 000 000€

✓ Décembre 1987

La crue des 4 et 5 décembre 1987 est une crue du bassin médian de l'Orb, avec des précipitations plus importantes qu'en 1995 sur le bassin versant du Lirou, affluent de l'Orb. Elle fait suite à des mois particulièrement pluvieux (octobre : cumul de 757 mm) qui ont saturé les sols. De plus, sur le haut bassin, de la neige est présente, ce qui a généré des écoulements supplémentaires lors des précipitations. En 1987, le débit est de 1 655 m³/s à Béziers.

✓ Décembre 1953

La crue de 1953 est la plus forte sur l'aire d'étude. Elle est considérée comme la crue historique du bassin. La crue de décembre 1953 est une crue sur l'ensemble du bassin de l'Orb. Le débit de pointe est estimé entre 2 300 m³/s et 2 400 m³/s à Béziers.

- ✓ Mars 1930

Le pont du Poujol sur l'Orb a été emporté. Pas de débits estimés.

- ✓ Septembre 1875

Sur le Vernazobre à St-Chinian, 128 morts ont été comptabilisés par la destruction de dizaines de maisons dus à crues torrentielles.

- ✓ Octobre 1745

A Bédarieux, 100 maisons ont été détruites et 5 à Villemagne. Le Pont Vieux a été partiellement détruit. Même si il n'y a pas eu de recensement d'individu décédé directement par la crue, les registres paroissiaux de l'époque disent que beaucoup de personnes furent noyées.

6.1.4 Conditions d'inondabilité en l'état

Les risques inondations de la commune sont répertoriés par le Plan de Prévention du Risque Inondation.

Approuvé en Septembre 2002, il classifie la zone d'implantation du projet en deux zones distinctes :

- ✓ Zone inondable naturelle sur la rive gauche de l'Orb,
- ✓ Zone inondable urbanisée correspond au centre-ville coté rive droite.

Les éléments du règlement du PPRI susceptibles de concerner le projet sont repris selon les éléments suivants

:

- ✓ Dispositions constructives :
 - "... Les fondations, murs et parties de la structure situés au-dessous de la cote de référence devront compter sur la partie supérieure une arase étanche. Les matériaux de ces structures sensibles à la corrosion devront être traités avec des produits hydrofuges ou anti-corrosifs,
 - les constructions seront fondées dans le sol de façon à résister à des affouillements, à des terrassements ou à des érosions détaillées. Elles devront être capables de résister à la pression hydrostatique..."
- ✓ Règlement de la zone BU :

En zones inondables densément urbanisées exposées à des risques moindres (champs d'expansion des crues où les hauteurs d'eau pour la crue de référence sont inférieures à 0,5 m), "sont interdits tous travaux de quelque nature que ce soit, à l'exception de ceux cités au paragraphe ci-dessous, intitulé "Sont admis" et notamment... "les remblais modifiant les conditions d'écoulement ou la champ d'expansion des crues des particuliers, les endiguements..."

"Sont admis..."

- les aménagements ou adaptations visant à améliorer la sécurité des biens et des personnes...

- les équipements d'intérêt général lorsque leur implantation est techniquement irréalisable hors du champ d'inondation, ou visant à la protection contre les inondations. Une étude hydraulique devra en définir les conséquences amont et aval et déterminer leur impact sur l'écoulement des crues, les mesures compensatoires à adopter, visant à annuler les effets et les conditions de leur mise en sécurité. Elle devra en outre faire apparaître les conséquences d'une crue exceptionnelle...".

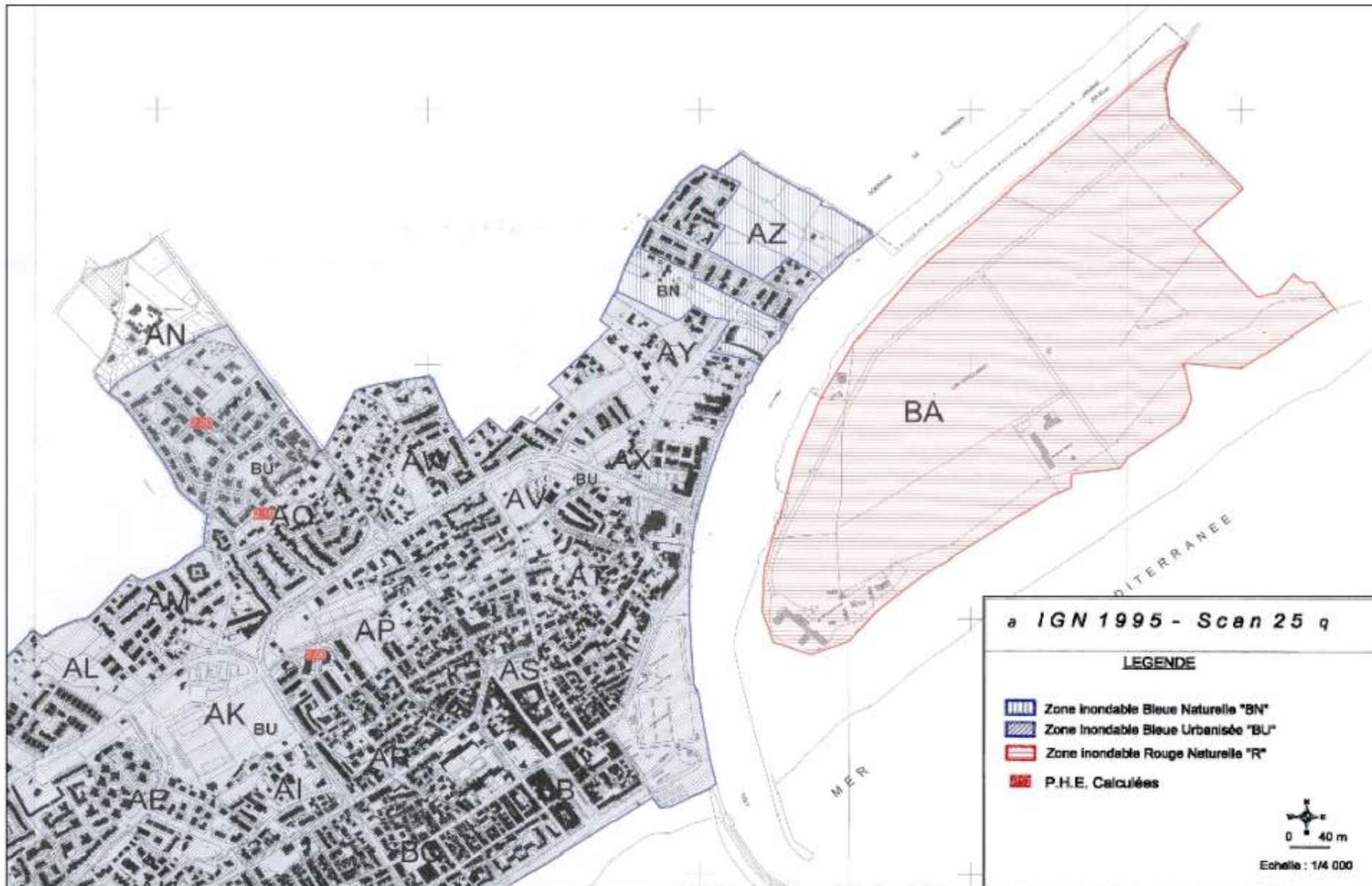
✓ Règlement de la zone BN

Dans les secteurs naturels, très faiblement bâtis qui constituent un champ de dispersion de l'énergie des crues qu'il convient de préserver "sont interdits tous travaux de quelque nature qu'ils soient, à l'exception de ceux visés au paragraphe ci-dessous, intitulé "SONT ADMIS".

"Sont admis...les ouvrages hydrauliques d'intérêt général indispensables à la régularisation des crues après étude hydraulique », ce qui est le cas en l'occurrence.

La figure suivante montre qu'en cas de crue exceptionnelle, la majeure partie de l'espace d'étude est concernée.

Figure 64 : Zonage PPRI (Source : PPRI Valras-Plage)



6.2 Mouvements de terrain

Aucun mouvement de terrain n'est recensé selon le réseau prim.net.

L'aléa mouvement de terrain ne sera donc pas pris en compte dans l'analyse détaillée des risques.

6.3 Coulée de boue

Plusieurs coulées de boues ont été recensées sur la commune, répertoriées sous le tableau suivant :

Tableau 48 : Inventaires des coulées de boues enregistrées en catastrophe naturelle sur Valras-Plage (Source : prim.net)

Type de catastrophe	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le Journal Officiel du
Tempête	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982
Inondations et coulées de boue	13/10/1986	17/10/1986	27/01/1987	14/02/1987
Inondations et coulées de boue	02/10/1987	05/10/1987	25/01/1988	20/02/1988
Inondations et coulées de boue	09/10/1987	10/10/1987	25/01/1988	20/02/1988
Inondations et coulées de boue	02/12/1987	05/12/1987	16/02/1988	23/02/1988
Inondations et coulées de boue	26/09/1992	30/09/1992	06/11/1992	18/11/1992
Inondations et coulées de boue	28/10/1993	03/11/1993	29/11/1993	15/12/1993
Inondations et coulées de boue	15/12/1995	18/12/1995	02/02/1996	03/02/1996
Inondations et coulées de boue	28/01/1996	08/12/1996	12/05/1997	25/05/1997
Inondations et coulées de boue	04/12/1997	08/12/1996	12/05/1997	25/05/1997
Inondations et coulées de boue	16/12/1997	19/12/1997	02/02/1998	18/02/1998
Inondations, coulées de boue et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	16/12/1997	19/12/1997	02/02/1998	18/02/1998
Inondations et coulées de boue	02/12/2003	03/12/2003	19/12/2003	20/12/2003
Inondations et coulées de boue	27/11/2014	30/11/2014	10/12/2014	11/12/2014

Les coulées de boues sont causées généralement par les érosions du sol par les fortes précipitations plus en amont du bassin versant.

L'aléa coulée de boue ne sera pas pris en compte dans l'analyse détaillée des risques.

6.4 Séismes

6.4.1 Définition

Un séisme est une fracturation brutale des roches en profondeur, créant des failles dans le sol et parfois en surface, puis se traduisant par des vibrations du sol transmises aux bâtiments. Les dégâts observés sont fonction de l'amplitude, de la durée et de la fréquence des vibrations.

Concrètement, un séisme se caractérise par :

- ✓ Son foyer : le point de départ du séisme,
- ✓ Sa magnitude : identique pour un même séisme, elle mesure l'énergie libérée par celui-ci (échelle de Richter),
- ✓ Son intensité : variable en un lieu donné selon sa distance au foyer, elle mesure les dégâts provoqués en ce lieu,

- ✓ La fréquence et la durée des vibrations : ces deux paramètres ont une incidence fondamentale sur les effets en surface,
- ✓ La faille provoquée (verticale ou inclinée) : elle peut se propager en surface.

D'après le nouveau zonage sismique de la France (entré en vigueur le 1^{er} mai 2011) figurant en annexe des articles R563-1 à R563-8 du Code de L'Environnement modifiés par les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255 du 22 octobre 2010 ainsi que par l'arrêté du 22 octobre 2010, la commune est classée en zone 2 (sismicité faible).

Figure 65 : Représentation de l'aléa sismique sur la commune (Source : cartorisque.prim.net – Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie)



6.4.2 Conséquences

En surface, un tremblement de terre peut dégrader ou détruire des bâtiments, produire des décalages de la surface du sol de part et d'autre des failles. Il peut aussi provoquer des glissements de terrain, des chutes de blocs, une liquéfaction des sols meubles imbibés d'eau, et affecter ainsi significativement un ouvrage d'endiguement, d'autant que le dimensionnement au séisme n'a pas été pris en compte pour les ouvrages en terre.

La concomitance d'un séisme avec une crue a une probabilité extrêmement faible, **ce scénario ne sera pas traité dans le chapitre 7**. Toutefois, la survenue d'un séisme devra être considérée par le gestionnaire des digues comme élément déclencheur d'une visite de surveillance particulière. Si le rapport de visite indiquait que la survenance du séisme a affecté significativement l'ouvrage, l'étude de dangers pourrait alors être mise à jour sur demande du préfet comme prévu par l'article R.214-117.

6.5 Rupture de barrages

Un barrage est un ouvrage, le plus souvent artificiel, transformant généralement une vallée en un réservoir d'eau. Le risque de rupture brusque et imprévue est aujourd'hui extrêmement faible : la situation de rupture provient plutôt de l'évolution plus ou moins rapide d'une dégradation de l'ouvrage.

En cas de rupture partielle ou totale, il se produirait une onde de submersion très destructrice. Dans la zone de propagation de cette onde, des plans de secours et d'alerte ont été établis, dès la construction du barrage.

Le barrage des Monts d'Orb situé sur la commune d'Avène dispose d'un Plan Particulier d'Intervention (PPI) approuvé par arrêté préfectoral du 0è décembre 2007.

Ce PPI et les études hydrauliques y ayant trait ont démontré, que sur la partie terminale de l'Orb, l'incidence de la rupture était moindre qu'une crue centennale. Les ouvrages de protection de Valras-Plage, ayant été conçus pour la concomitance de cette dernière avec une mer haute (1,5 m NGF), plus une revanche de sécurité, ce scénario n'a de fait pas été pris en compte, puisqu'inférieur.

6.6 Evolutions morphologiques du lit entre Béziers et la mer

La pente de l'Orb atteint son niveau le plus faible pour s'ajuster au niveau marin. Nous sommes dans la zone d'épandage des matériaux les plus fins (argiles et limons). Le lit majeur légèrement resserré au droit de Béziers entre deux buttes géologiquement plus résistantes s'élargit jusqu'à la mer. Sa largeur est de 2 km à l'aval immédiat de Béziers et de 8 km à son embouchure dans la Méditerranée. Le cours présente un profil sinueux à méandres longs qui traduit des vitesses d'écoulement faibles (hors périodes de crue). La hiérarchisation des différentes unités hydro-géomorphologiques (lit moyen, lit majeur) n'est plus nette, la plaine alluviale étant remaniée régulièrement (à l'échelle de temps géologiques) par les migrations latérales du cours d'eau, par les phases de dépôts sédimentaires et les fluctuations de niveau marin. A ces phénomènes naturels s'ajoute l'exploitation continue par les hommes de cette plaine agricole, qui a « roboté » les talus. Le lit majeur est néanmoins bien délimité, il est encadré en rive droite par une haute terrasse alluviale ancienne non-inondable bordée en sa base d'un talus net de 1 à 3 m de haut et en rive gauche par un plateau de molasses marines non-inondable également bordé à sa base d'un talus net de 1 à 3 m.

Par ailleurs, le lit de l'Orb est stabilisé côté Valras-Plage sur tout le linéaire du projet (murs de quai et enrochements).

6.7 Erosions de berges

6.7.1 Digue de Querelles

Les vitesses d'écoulement dans le canal amont de la digue sont suffisamment faibles pour que toute érosion externe soit exclue.

6.7.2 Murets anti-inondation

Les murets anti-inondation sont suffisamment éloignés de la berge rive droite de l'Orb.

Par ailleurs, les berges de l'Orb sont protégées par des murs de quais ou des enrochements sur tout le linéaire.

Tout risque d'érosion externe est donc exclu.

7. Rubrique 7 : Etude accidentologique et retour d'expérience

Cette rubrique décrit les défaillances, accidents, incidents et évolutions lentes survenus sur l'ouvrage. Elle décrit également les scénarios d'événements de même nature ayant concerné d'autres ouvrages que celui objet de l'étude de dangers dès lors que le responsable mentionné au I de l'article R. 214-115 du code de l'environnement en a eu connaissance.

Pour les digues, les événements décrits sont notamment ceux mettant en cause les problèmes d'érosion de la digue par le cours d'eau ou d'évolution morphologique du cours d'eau.

Cette rubrique mentionne également les événements particuliers survenus sur le site tels que les crues d'importance significative et les séismes, y compris lorsqu'ils n'ont pas entraîné d'incident notable.

Pour tous ces événements, l'étude précise les mesures d'améliorations que leur analyse a conduit à mettre en œuvre.

Les objectifs de ce chapitre sont :

- ✓ De rechercher les accidents, presqu'accidents ou incidents les plus fréquents et les plus représentatifs,
- ✓ D'analyser leurs causes, leurs conséquences,
- ✓ De présenter les mesures correctives prises,
- ✓ D'en tirer des enseignements,
- ✓ D'évaluer si de tels accidents/incidents sont possibles sur les ouvrages étudiés,
- ✓ D'étudier la pertinence des mesures existantes ou de proposer des mesures pour les éviter.

7.1 Etude accidentologique

L'objet de l'analyse accidentologique est d'identifier l'origine des fragilités observées dans les structures de digues.

Pour les remblais de digues en général, de nombreuses réflexions et recherches ont été réalisées sur les endiguements de cours d'eau, dont les structures sont souvent fragiles. Les fragilités des remblais sont mises en évidence par ces études et peuvent servir de base à la caractérisation des risques liés aux remblais de digues fluviales.

Dans le cas d'une digue en remblai, les mécanismes possibles de rupture de l'ouvrage les plus courants sont donc les suivants :

- ✓ Rupture par déversement/surverse,
- ✓ Rupture par érosion interne,
- ✓ Rupture par érosion externe,
- ✓ Glissement du talus aval,
- ✓ Glissement du talus amont,

- ✓ Rupture suite à des sollicitations d'origine humaine, en particulier pour les ouvrages comprenant des organes hydromécaniques (vannes, clapets, pompes ...).

La rupture par déversement sur la crête de la digue constitue le mécanisme le plus fréquent de ruine des ouvrages en remblais. Il constitue également le plus pénalisant en termes de risque pour les enjeux situés en aval.

Viennent ensuite les ruptures par érosion interne, puis les ruptures par glissement d'ensemble.

7.2 Historique des crues de l'Orb

Référence : *Plan de Prévention des Risques Naturels d'Inondation de l'Orb à Béziers*
Atlas des zones inondables du bassin versant de l'Orb, Janvier 2005.
Etude SIEE 2002, Plus Hautes Eaux connues

Le tableau suivant présente les dates des crues historiques sur la période 1667 – 2014 sur le bassin de l'Orb. Les caractéristiques de ces crues ne sont pas toujours décrites, d'où la difficulté de qualifier l'importance et l'occurrence de ces crues.

Tableau 49 : Liste des crues historiques de l'Orb

Date	Secteurs concernés/Détails de la crue
Octobre 1667	Très haut niveau de l'Orb à Béziers
11 octobre 1745	Crue qualifiée de catastrophique par les témoignages écrits sur l'Orb et ses affluents (Chroniques romanes et le Petit Thalamus)
22 octobre 1772	/
Mars 1856	/
Octobre 1875	Crue de l'Orb, marques de crues à Bédarieux et Saint-Chinian – 85 à 125 victimes à Saint-Chinian
1907	Crue de l'Orb observée au Pont Rouge
23 septembre 1926	Secteur : Bédarieux, Saint-Gervais, Saint-Chinian, Pont Rouge
2 Mars 1930	Secteur : Bédarieux, Olargues, Sain-Gervais, Pont Rouge A Béziers : « crue inoubliable où les maisons du faubourg baignent dans 3 à 4 mètres d'eau »
8 Décembre 1953	Secteur : Bédarieux, Tabarka, Pont Neud, Saint Gervais, Saint Chinian, Pont Rouge Crue estimée comme ayant un débit supérieur à 2 300 m³/s à Béziers « qui causa l'évacuation du faubourg avec plus de 2 000 sinistrés ». Il s'agit de la plus grande crue connue sur le secteur d'étude, qui a atteint une hauteur de 15,0 m NGF à l'échelle du Pont Neuf à Béziers. Les niveaux d'eau observés et recensés en arrière de la digue « de la Plaine Saint Pierre » atteignent 10,10 m NGF en amont immédiat de l'Usine Cameron, 9,75 m NGF au niveau du Bosquet de la Réparation et environ 8,90 m NGF au niveau du lieu-dit Saint-Pierre.
19 mars 1956	Secteur : Bédarieux, Pont Neuf, Pont Rouge

27 avril 1957	Secteur : Bédarieux, Pont Neuf, Pont Rouge
19 octobre 1969	Secteur : Bédarieux, Pont Rouge
17 janvier 1972	Secteur : Tabarka, Bédarieux, Saint-Gervais, Saint-Chinian, Pont Rouge
4 mars 1978	Secteur : Vieussan, Bédarieux, Cessenon, Pont Neuf, Pont Rouge Sur le secteur de la plaine Saint-Pierre, l'eau est rentrée par le canal d'évacuation de la station d'épuration et a inondé la plaine
19 – 23 janvier 1979	Secteur : Bédarieux, Tabarka, Pont Neuf, Saint-Gervais, Saint-Chinian, Pont Rouge, Vieussan, Cessenon
25 octobre 1979	Secteur : Bédarieux, Saint Gervais, Pont Rouge, Vieussan, Cessenon, Tabarka, Pont Neuf
24 février 1980	Secteur : Bédarieux, Saint-Gervais, Vieussan, Saint-Chinian, Cessenon, Tabarka, Pont Neuf
4/5 décembre 1987	Secteur : Béziers, basse vallée de l'Orb en aval de Béziers, très haute vallée de l'Orb (St Pons), Graveson (Lunas), « la crue arrive sous forme d'une vague de boue gigantesque dévalant à la vitesse de 5 km/h ». Le débit de l'Orb est estimé à environ 1 700 m³/s à Béziers. Le niveau atteint à l'échelle du Pont Neuf à Béziers est de 13,5 m NGF. Les niveaux d'eau observés et recensés en arrière de l'ouvrage de la digue « de la Plaine Saint Pierre » sont compris entre 8,10 et 9,1à m NGF sur l'ensemble de la plaine.
28 janvier 1996	Secteur : Bédarieux, Saint Gervais, Vieussan, Saint-Chinian, Cessenon, Tabarka, Pont Neuf, Olargues « Conjonction de précipitations abondantes pendant un mois. Inondations désastreuses, route nationale effondrée, stations d'épuration entièrement détruites ... » « 156,3 mm d'eau venue du ciel en 5 jours, du jamais vu pour un mois de décembre. Le plan Orb est déclenché. 60 000 habitants du Narbonnais se retrouvent sans eau potable au milieu de 10 000 hectares de terres noyées. » L'Orb a atteint une hauteur de 13,85 m NGF à l'échelle du Pont Neuf à Béziers. (débit d'environ 2 100 m³/s à Béziers). Les niveaux d'eau observés et recensés pour cette crue en arrière de l'ouvrage atteignent 9,09 m NGF au droit du Moulin Saint-Pierre et 7,93 m NGF au fond de la Plaine Saint-Pierre.
18 décembre 1997	Secteur : Bédarieux, Saint-Gervais, Vieussan, Saint-Chinian, Cessenon, Tabarka, Pont Neuf, Olargues, Pont Rouge. L'Orb a atteint un niveau de 12 m NGF au droit du Pont Neuf.

13 novembre 2005	Fortes pluies ayant engendré une crue de période de retour d'environ 2 ans à Béziers, provoquant le débordement de quelques ruisseaux sur la commune.
Janvier 2006	Crue de période de retour d'environ 5 ans. L'Orb a atteint un niveau de 11,5 m NGF au droit du Pont Neuf (Débit de 1 000 m ³ /s)
16 mars 2011	Crue de l'Orb de période de retour légèrement inférieur à 10 ans. Le niveau a atteint 12,15 m NGF à l'échelle de Béziers du Pont Neuf
28/29 novembre 2014	Dernière crue des 28 – 29 novembre 2014 qui présente une période de retour d'environ 1à ans au droit de la station de Tabarka.

Figure 66 : Crue de novembre 2014 à Béziers – Vue du Pont Canal et inondation de la Plaine Saint-Pierre



7.3 Retour d'expérience des désordres observés sur la digue de la plaine Saint Pierre à Béziers

Diverses défaillances de l'ouvrage ont été recensées au cours des études antérieures¹ et lors des investigations de terrain réalisées dans le cadre de l'étude de dangers de la digue dite « de la plaine Saint-Pierre à Béziers » réalisée par ARTELIA en mai 2015 :

- ✓ Crue de 1953 : « Lors de la guerre, une bombe américaine est tombée à proximité du rond-point actuel. L'impact de la bombe aurait été mal réparé à l'époque. Lors de la crue de 1953, la réparation n'a pas tenue. Une brèche s'est créée ; l'eau s'est engouffrée dans la plaine Saint-Pierre. Elle a érodé la digue à revers, et une brèche s'est créée entre la partie dite « de la réparation » et l'actuelle station d'épuration.

Lorsque l'eau s'est retirée, elle a laissé dans les champs recouverts de plus de 50 cm de sable. La brèche au Nord de la station d'épuration aurait été remblayée avec ce sable, et recouverte alors d'un cuvelage béton, encore en place aujourd'hui. »

¹ Source : SAFEGE – Etude diagnostic - 2008
Etude de danger des ouvrages de protection des crues de Valras-Plage

**Figure 67 : Février 1954 : champ recouvert
Par les apports de la crue
(Source : Granier des Garets)**



**Figure 68 : Eté – automne 1957 :
réparation de la brèche
(Source : Granier des Garets)**



L'analyse historique de l'ouvrage réalisée dans le cadre de l'étude de dangers citée précédemment, et notamment d la photographie aérienne de 1954, permet de mettre en évidence la localisation de la brèche ainsi observée ; la largeur de la brèche pouvant être ainsi estimée à 60 ml.

- ✓ Crue de 1978 : Entrée d'eau par le canal d'évacuation de la station d'épuration,
- ✓ Crue de décembre 1987 :
 - Rupture de la digue à proximité du domaine Saint Pierre à proximité de la martelière. Suite à cette crue, la digue a été largement rechargée sur le secteur dit « de la réparation »,
 - Rupture par surverse au niveau de la limite de terrain entre la station d'épuration et la parcelle IV 4 qui lui est directement voisin par le Sud,
 - Rupture au niveau de la digue qui longe le Moulin Saint Pierre perpendiculairement à la digue principale,
 - De nombreux glissements de berge :
 - Le plus large d'environ 70 m de large en amont du « Petit Saint Pierre » au niveau du canal de pompage,
 - Sur la partie de la réparation, à proximité de la jonction entre la digue historique et la partie linéaire de la digue,
 - En aval du « Petit Saint Pierre ».
- ✓ Crue de 1996 : « aucune brèche n'a été constatée en rive gauche. M Nicolas se souvient que l'eau est arrivée presque au niveau de la crête de la digue devant chez lui (domaine Petit Saint Pierre) ».

Ces informations font l'objet de la figure suivante issue de l'étude diagnostic de la digue de la Plaine Saint-Pierre (SAFEGE – 2008).

A noter également que des dégâts ont été observés par les riverains suite à la crue de novembre 2014 (infiltrations, renards hydrauliques, glissements ...). Ces éléments sont également indiqués sur la figure suivante.

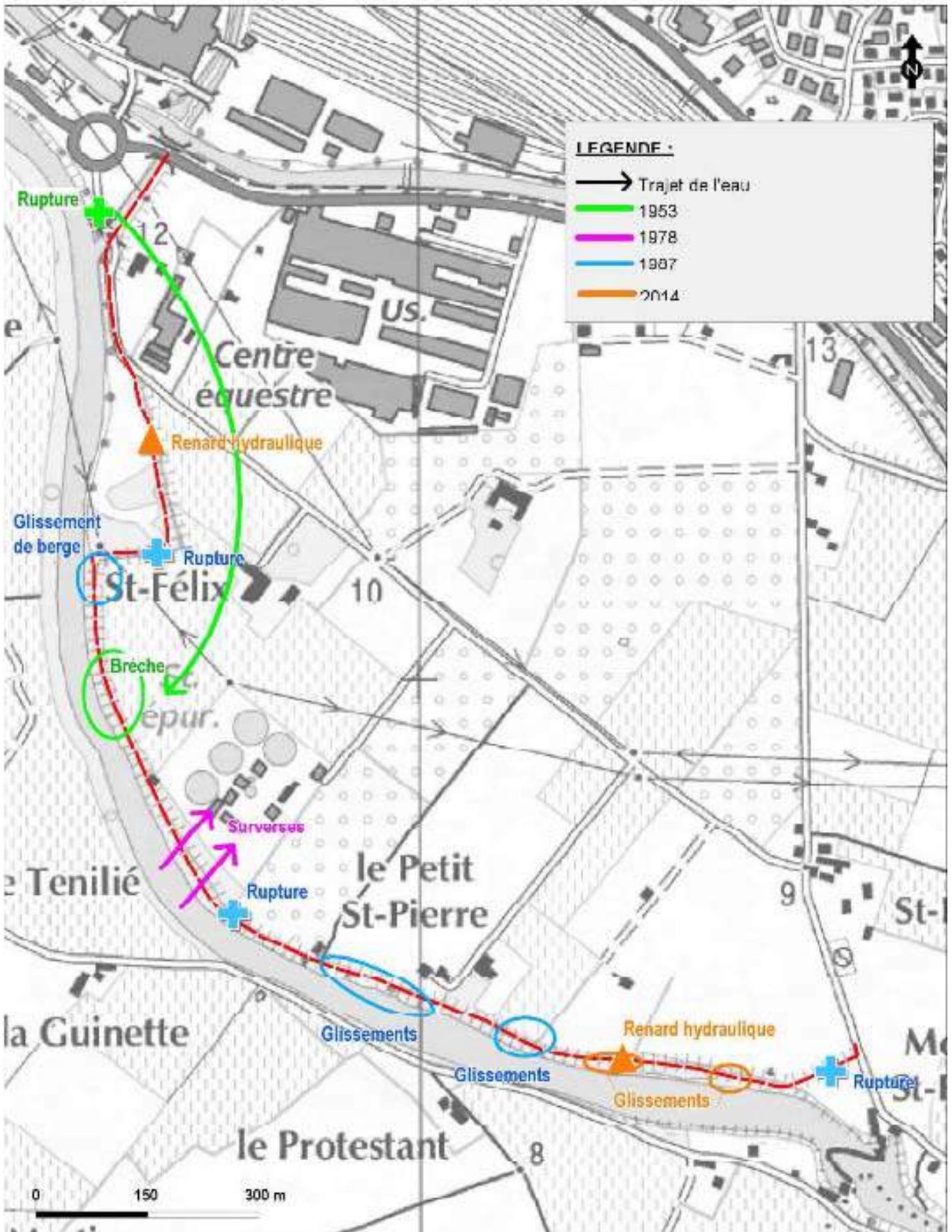
Figure 69 : Digue de la Plaine Saint Pierre – Effondrement de l’ouvrage suite à un renard hydraulique et du à la présence de nombreux terriers (crue de novembre 2014)



Figure 70 : Glissement/Erosion de berge en décrue (crue de novembre 2014)



Figure 71 : Historique de l'impact des crues (Source : SAFEGE – ASA Plaine Saint Pierre – ARTELIA)



7.4 Conclusions sur le retour d'expérience

L'analyse des brèches et des désordres survenus sur la digue de la Plaine Saint Pierre dans le passé met en avant les trois principaux mécanismes de rupture suivants :

- ✓ **Surverse sur la crête de digue** : l'eau s'écoule alors avec force sur le talus extérieur de la digue et l'érode rapidement, amenant l'ouverture de la brèche,
- ✓ **Renard hydraulique (érosion interne)** : si le corps de la digue n'est pas assez étanche ou s'il renferme des conduits (ex : terriers) ou des niveaux perméables (ex : couche sableuse, pourtour de conduites, ...), l'eau s'y infiltre massivement puis, prenant de la vitesse, arrache les particules de terre et « vide » la digue jusqu'à sa ruine.
Ce type de rupture peut se produire alors que le niveau de la crue n'atteint pas celui de la crête.
- ✓ **Erosion du talus de la digue côté fleuve** sous l'effet des courants en décrue (érosion externe) : mécanisme fragilisant la digue, et pouvant conduire directement à une brèche.

7.5 Actions à mener (les remèdes)

- ✓ Mobiliser, rapprocher les gestionnaires d'ouvrage,
- ✓ Identifier les digues dangereuses,
- ✓ Etablir le diagnostic des digues,
- ✓ Renforcer les digues de manière rationnelle et cohérente,
- ✓ Pérenniser les moyens pour les entretenir et les surveiller,

D'une manière générale, on retiendra qu'en période d'urgence, il n'est raisonnablement pas possible de constituer rapidement un ouvrage suffisamment fiable pour être définitif.

Les travaux d'urgence consistant à réaliser une digue devraient être limités à une fonction unique : refermer rapidement une brèche afin d'éviter une seconde inondation. Dans cette optique, il convient de privilégier la résistance mécanique à l'étanchéité.

Ajoutons, de plus, que le second Plan d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) de l'Orb est en cours.

Les actions retenues dans le cadre de ce plan s'articulent autour de six axes :

- ✓ **Axe 1** : amélioration des connaissances et renforcement de la conscience du risque par des actions de formation et d'information,
- ✓ **Axe 2** : amélioration de la surveillance et des dispositifs de prévision et d'alerte,
- ✓ **Axe 3** : intégration des risques d'inondation dans l'aménagement du territoire,
- ✓ **Axe 4** : réduction de la vulnérabilité des personnes, bâtiments et activités implantés dans les zones à risque,

- ✓ Axe 5 : rétablissement des fonctionnements naturels,
- ✓ Axe 6 : Amélioration et développement des aménagements collectifs de protection localisée des lieux densément habités (avec notamment le confortement des ouvrages de protection existant et la protection des lieux densément bâtis du delta de l'Orb).

8. Rubrique 8 : Identification et caractérisation des risques en termes de probabilité d'occurrence, d'intensité et de cinétique des effets, et de gravité des conséquences

L'étude de dangers s'appuie sur une analyse de risques permettant d'identifier les causes, les combinaisons d'événements et les scénarios susceptibles d'être, directement ou par effet domino, à l'origine d'un accident important. Ceux intrinsèques à l'ouvrage sont évalués en tenant compte de sa conception, de son dimensionnement, de son état et de son comportement, notamment sous l'effet des aléas recensés.

La méthode d'identification et d'analyse des risques, notamment les expertises mobilisées, les modes de représentation, les paramètres, les critères et les grilles de cotations utilisés pour évaluer les différents scénarios d'accident, fait l'objet d'une description détaillée. Cette méthode est appliquée à chacun des scénarios envisagés.

Chaque accident potentiel est caractérisé par sa probabilité d'occurrence, l'intensité et la cinétique de ses effets et la gravité des conséquences pour la zone touchée. Une étude de propagation de l'onde sera fournie pour l'accident correspondant à la rupture de l'ouvrage et, si nécessaire, pour d'autres accidents présentant un niveau de risque comparable.

En synthèse, les différents scénarios d'accident sont positionnés les uns par rapport aux autres en fonction de leur probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences, évaluée en termes de victimes humaines potentielles et de dégâts aux biens, en mettant en évidence les scénarios les plus critiques

8.1 Description et principes de la méthode utilisée

La présence d'ouvrages d'endiguement représente un facteur de risque ainsi qu'un potentiel de danger spécifique car leur possible défaillance (comme la rupture par exemple) est susceptible d'engendrer un événement redouté : la libération accidentelle d'eau dans le lit majeur, mettant ainsi en péril les personnes et biens initialement protégés.

Ainsi, bien que la fonction première d'une digue soit d'assurer une protection contre les inondations, elle présente également un risque qu'il convient d'identifier et d'évaluer en termes d'occurrence et de conséquences ou gravité pour les tiers (sécurité publique), afin de s'en prémunir par des barrières adaptées, efficaces et pérennes.

Le risque peut être ici exprimé par la probabilité de survenue de l'évènement « inondation » et par l'ampleur de ses conséquences.

La méthode d'analyse de risque utilisée sera la méthode dite du « **Nœud Papillon** », qui permet de traiter la corrélation complexe du couple probabilité/gravité en analysant la séquence et les liens logiques des événements conduisant d'un événement initiateur à un accident majeur.

Cette analyse détaillée des risques permet de hiérarchiser le niveau de criticité de chaque scénario de défaillance des ouvrages d'endiguement et de prévoir ainsi les actions correctives à mettre en place.

8.1.1 Méthode dite « en nœud papillon »

8.1.1.1 Principe

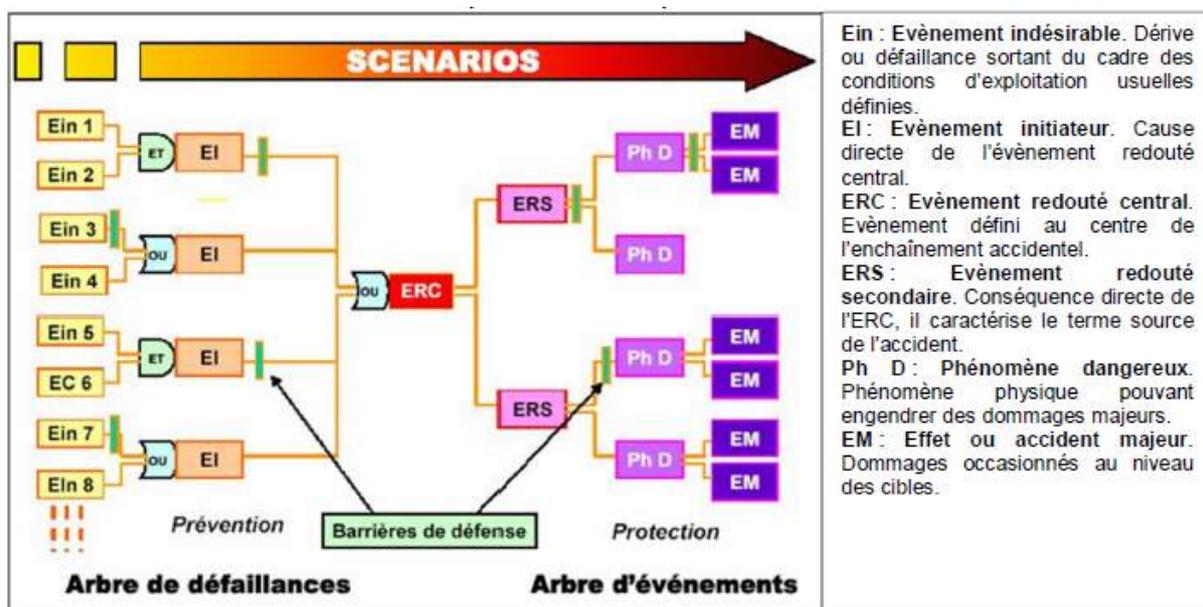
Concept initialement développé par Shell, cette méthode, de type arborescente, est largement utilisée dans les pays européens comme les Pays-Bas qui traitent la gestion des risques selon une approche probabiliste.

Il s'agit d'une méthodologie d'analyse de risque quantifiée qui résulte de la combinaison d'un arbre de défaillances et d'un arbre d'événements, centré sur un même événement redouté : l'inondation de la zone protégée.

L'objectif est de visualiser concrètement des scénarios d'accidents qui pourraient survenir en partant des causes initiales de l'accident jusqu'aux conséquences au niveau des cibles identifiées.

Le nœud papillon peut être représenté de la manière suivante :

Figure 72 : Principe du Nœud Papillon



Le point central du nœud papillon, appelé " Événement Redouté Central " désigne l'évènement majeur indésirable auquel le système peut être soumis (ici : la libération accidentelle d'eau dans le lit majeur). Il s'agit de l'évènement conventionnellement défini, dans le cadre d'une analyse de risque, au centre de l'enchaînement accidentel.

La partie gauche du nœud papillon s'apparente à un arbre des défaillances s'attachant à identifier les causes de l'évènement redouté central (identification des dangers et des évènements initiateurs).

Un évènement initiateur est défini comme un évènement, courant ou anormal, interne ou externe au système, situé en amont de l'évènement redouté central dans l'enchaînement causal et qui constitue une cause directe dans les cas simples ou une combinaison d'évènements à l'origine de cette cause directe.

La partie droite du nœud Papillon s'attache à déterminer les conséquences de l'évènement redouté central comme le ferait un arbre d'évènements.

Sur ce schéma, les barrières de sécurité sont représentées sous la forme de barres verticales pour symboliser le fait qu'elles s'opposent au développement d'un scénario d'accident :

- ✓ barrières de prévention : exemple : surveillance en période de crue, diagnostic des digues...
- ✓ barrières de protection : exemple : système d'alerte de la population...

De ce fait, dans cette représentation, chaque chemin conduisant d'une défaillance (événement initiateur) jusqu'à l'apparition de dommages au niveau des cibles (effet ou accident majeurs) désigne un scénario d'accident particulier pour un même événement redouté central.

On dénombre autant de scénarios d'accident qu'il existe de combinaisons possibles d'évènements conduisant d'un événement initiateur à un accident.

Le déroulement de cette méthode d'analyse de risque permettra de recenser les situations dangereuses impactant la sécurité publique et liées à la présence et au fonctionnement des ouvrages, que la cause soit interne ou externe.

8.1.1.2 Déroulement

L'analyse des risques par la méthode du nœud papillon se déroule de la manière suivante :

8.1.1.2.1 Analyse par arbre des défaillances : Evaluation de la probabilité d'occurrence

En premier lieu, il s'agit d'identifier, dans une démarche déductive, les causes de l'évènement redouté central.

Puis, l'analyse se poursuit par l'estimation des probabilités d'occurrence des événements initiateurs préalablement identifiés également appelés mécanismes de rupture.

8.1.1.2.2 Arbre des événements : Evaluation de la gravité

Par le biais d'une modélisation 2D, les conséquences de l'évènement redouté sont quantifiées. L'objectif est d'estimer les dommages sur les enjeux identifiés en fonction de l'aléa de l'évènement redouté. Trois critères sont pris en compte : l'intensité et la cinétique du phénomène puis l'importance des enjeux impactés (par le biais de la population impactée).

Les scénarios de défaillance modélisés sont choisis selon le couple mode de rupture/localisation.

8.1.1.2.3 Arbre des événements : Evaluation finale du risque : criticité = Probabilité x Gravité

Les scénarios d'accident identifiés sont classés selon leur criticité soit la combinaison probabilité/gravité.

8.1.1.3 Mise en œuvre

8.1.1.3.1 Réalisation d'un arbre des défaillances

La réalisation d'un arbre des défaillances remplit deux objectifs :

- ✓ Déterminer à partir d'un événement redouté (défini a priori), les enchaînements ou combinaison d'évènements pouvant conduire à cet événement redouté soit une liste des scénarios de défaillance (méthode déductive),

Un scénario de défaillance est décrit dans le « Guide de lecture des études de dangers des barrages » d'Eric Branton (BETCGB) et al, comme « la combinaison unique d'états des composants du système ou de son environnement, définissant une suite de circonstances pertinentes pour la phase

d'estimation des risques, pouvant conduire à un ou plusieurs phénomènes dangereux. De manière générale, pour un ouvrage hydraulique, on peut dire également qu'un scénario de défaillance peut être la combinaison d'un mode de rupture et d'une circonstance ».

Ainsi, les caractéristiques intrinsèques des matériaux constitutifs, les caractéristiques dimensionnelles et les conditions d'utilisation ou de sollicitation des composants sont des facteurs déterminants, tout comme l'est le système organisationnel et humain qui exploite les ouvrages. Une situation à risque naît dès que l'un de ces facteurs sort de ses limites de fonctionnement ou des conditions nominales d'utilisation.

Cette approche par sous-ensembles élémentaires, permet d'établir un inventaire exhaustif des situations à potentiel de défaillance internes aux ouvrages et à leur exploitation ; il est nécessairement complété par un inventaire exhaustif des risques externes tels que : les aléas naturels et les agresseurs externes.

- ✓ *Estimer les probabilités d'occurrence des événements initiateurs préalablement identifiés conduisant à l'évènement redouté.*

L'inventaire exhaustif des situations à potentiel de défaillance des ouvrages constitue la liste des événements initiateurs de risques ou de situations à risques, dont le niveau d'occurrence sera évalué à dire d'experts et côté selon une grille type.

L'analyse par arbre des défaillances permet ainsi de disposer de critères (critères de probabilité) pour déterminer les priorités pour la prévention d'accidents potentiels.

8.1.1.3.2 Analyse par arbre des évènements

L'analyse par arbre d'évènements remplit deux objectifs :

- ✓ Déterminer à partir d'un scénario de défaillance, les évènements qui en découlent, soit établir un inventaire des conséquences (méthode déductive).

À partir d'un événement initiateur ou d'une défaillance d'origine, l'analyse par arbre d'évènements permet d'estimer la dérive du système en envisageant aussi le fonctionnement ou la défaillance des dispositifs de détection, d'alarme, de prévention, de protection ou d'intervention... Ces dispositifs peuvent concerner aussi bien des moyens automatiques qu'humains (intervention des opérateurs) ou organisationnels (application de procédures),

- ✓ Évaluer la gravité des séquences accidentelles :

L'évaluation de la gravité des conséquences suite à une défaillance est approchée par le biais d'une modélisation 2D des scénarios accidentels.

La gravité des scénarios accidentels sera qualifiée au regard :

- De l'intensité de l'inondation évaluée par sa hauteur,
- De la cinétique du phénomène évalué par la vitesse de propagation de l'inondation,
- De l'importance des enjeux en ce qui concerne la population impactée.

8.1.1.3.3 Classement des scénarios par criticité

La criticité rend directement compte de l'idée du « risque » engendré par la présence des ouvrages d'endiguement.

En effet, la criticité prend en compte simultanément la probabilité d'occurrence et la gravité des conséquences potentielles des défaillances qui correspondent aux phénomènes dangereux identifiés dans l'étude de dangers.

Une matrice de criticité formée par la combinaison probabilité/gravité permet de classer les scénarios de défaillance et de préciser le niveau d'acceptabilité du risque.

La criticité des scénarios de défaillance potentiels est de manière parallèle aussi évaluée en prenant en compte le moment de la survenance de la défaillance et la gravité des conséquences potentielles (méthode du guide de lecture à propos des études de dangers des digues de protection contre les inondations fluviales).

In fine, il est proposé des mesures correctives correspondantes au niveau de criticité des scénarios de défaillance potentielles.

8.1.1.4 Définition des critères utilisés

8.1.1.4.1 Caractérisation des scénarios de défaillance, critère : probabilité d'occurrence

La défaillance d'ouvrages d'endiguement est directement liée :

- ✓ Aux conditions de crue,
 - ✓ A la performance des composants de l'ouvrage et des organisations qui y contribuent.
- Ainsi, les scénarios de défaillance dépendent directement de ces deux éléments, qu'il convient d'évaluer en terme d'occurrence.

Si la probabilité d'occurrence d'une crue peut être relativement bien quantifiée, le risque d'une défaillance des digues selon les différents modes identifiés ne peut être approché que de façon qualitative (« à dire d'expert »). Toutefois, il a paru intéressant de tenter d'associer une probabilité arbitraire aux différentes situations rencontrées, de façon à pouvoir comparer les différents scénarios.

8.1.1.4.1.1 Probabilité d'occurrence des crues

De manière générale, les crues se caractérisent par leur probabilité d'occurrence. Ainsi, une crue centennale par exemple se définit statistiquement comme une crue ayant une probabilité d'apparition une année de 1/100 en terme de débit.

Une probabilité de 1 % par an signifie que l'événement se produit en moyenne une fois tous les cent ans. Cependant, il ne faut pas oublier que même si cet événement s'est produit une année, il aura une probabilité de 1 % de se reproduire l'année suivante.

En d'autres termes, la désignation centennale ou décennale caractérise une fréquence d'apparition de la crue chaque année, mais ne renseigne pas sur la durée qui sépare deux événements.

Pour l'étude des scénarios de défaillance, nous utiliserons les probabilités d'occurrence des crues suivantes :

- ✓ Crue centennale (T=100 ans), pour le scénario de rupture, soit d'une probabilité de 1/100 ou 0,01 ou 10^{-2}
- ✓ Crue exceptionnelle pour le scénario de surverse avec ou sans rupture (T> 1 000 ans), soit une probabilité inférieure à 1/1 000 ou 0,001 ou 10^{-3}

8.1.1.4.1.2 Probabilité d'occurrence des risques de défaillance

D'autre part, il s'agit de définir la probabilité d'occurrence des risques de défaillance pouvant affecter les ouvrages d'endiguement (surverse, rupture...).

Cette probabilité d'occurrence des scénarios de défaillance est approchée de façons analytique et probabiliste.

De façon analytique par avis d'expert, en tenant compte des informations disponibles sur l'ouvrage et du retour d'expérience sur des événements similaires ayant affectés d'autres ouvrages (bibliographie). Dans le cadre de cette étude, les probabilités ont été estimées à dire d'expert en associant à la démarche le Syndicat Intercommunal d'Aménagement de l'Orb entre Béziers et la mer.

La grille utilisée pour caractériser la probabilité des défaillances est tirée de la littérature :

Tableau 50 : Probabilité des défaillances

Tableau 50 : Probabilité des défaillances												
E			D			C			B		A	
Evènement extrêmement peu probable			Evènement très improbable			Evènement improbable			Evènement probable		Evènement certain	
N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'observations.			S'est déjà produit sur ce type d'ouvrage mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.			Un évènement similaire déjà rencontré sur ce type d'ouvrage au niveau mondial sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une réduction significative de sa probabilité			S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'ouvrage		S'est produit sur l'ouvrage considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'ouvrage malgré d'éventuelles mesures correctives	
10 ⁻⁵	3.10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	10 ⁻³	3.10 ⁻³	10 ⁻²	3.10 ⁻²	10 ⁻¹	3.10 ⁻¹	1		

Une probabilité arbitraire a été affectée à chacune de ces classes. Les valeurs sont fixées de façon à rester cohérente avec la notion probabiliste de « période de retour » pour les crues.

8.1.1.4.1.3 Probabilité d'occurrence totale

En cas d'indépendance des évènements conduisant à un scénario de défaillance, alors la probabilité finale du scénario sera désignée par la probabilité la plus pénalisante des évènements initiateurs.

En cas de dépendance des évènements conduisant à un scénario de défaillance (exemple une crue associée à une défaillance mécanique), alors la probabilité d'occurrence finale du scénario est estimée en couplant les probabilités : si on nomme P (a) la probabilité d'occurrence d'une crue et P (b) la probabilité d'une défaillance, alors la probabilité d'occurrence totale du scénario de défaillance est la suivante :

Si on note (a.b) la réalisation de a et de b, nous avons la relation de probabilité suivante :

$$P(a.b) = P(a) \cdot P(b)$$

8.1.1.4.2 Evaluation de la gravité, critères : intensité, cinétique et enjeux

L'évaluation de la gravité des conséquences suite à une défaillance est approchée par le biais d'une modélisation 2D des scénarios accidentels.

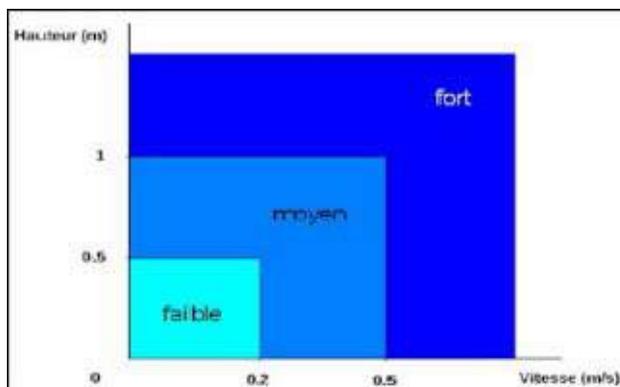
La gravité des conséquences sera qualifiée au regard :

- ✓ de l'intensité de l'inondation déterminée par sa hauteur (modélisation 2D),
- ✓ de la cinétique du phénomène évaluée par la vitesse de propagation de l'inondation (modélisation 2D),

- ✓ de l'importance des enjeux en ce qui concerne la population impactée.

Ces trois critères d'impact sont contenus dans une seule grille d'évaluation de la gravité. En effet, le comptage de la population impactée se fera dans les zones où l'aléa inondation (caractérisé par son intensité et sa cinétique) est fort soit selon la réglementation : pour $h \geq 1\text{m}$ OU $v \geq 0,5\text{ m/s}$.

Figure 73 : Grille d'aléa



La grille de référence suivante est issue du guide de lecture des études de dangers des barrages.

Elle permet d'évaluer un accident en le ramenant à des classes de gravité.

La gravité des conséquences, pour la sécurité publique, est établie en fonction du nombre de population impacté. Comme explicité précédemment, la grille d'évaluation de la gravité proposée permet de distinguer les personnes exposées en cinétique rapide de celles situées en zone à cinétique lente.

Tableau 51 : Classes de gravité proposées par le guide de lecture des études de dangers de barrages

	Nombre de personnes exposées en cinétique rapide	Nombre de personnes exposées en cinétique lente
5. désastreux	$\geq 1\ 000$	$\geq 10\ 000$
4. catastrophique	≥ 100 et $< 1\ 000$	$\geq 1\ 000$ et $< 10\ 000$
3. important	≥ 10 et < 100	≥ 100 et $< 1\ 000$
2. sérieux	≥ 1 et < 10	≥ 10 et < 100
1. modéré		≥ 1 et < 10

Notons que ne seront pas prises en compte les pertes matérielles car à l'heure actuelle, il n'existe pas de critères pour classer ces dommages.

8.1.1.4.3 Evaluation de la criticité, critères : probabilité, gravité mais aussi de la défaillance

Le guide de lecture des études de dangers des digues fluviales préconise d'évaluer la criticité des scénarios de défaillance potentiels en tenant compte du moment où survient la défaillance et de la gravité de ses conséquences.

La survenance de la défaillance est différenciée selon qu'elle ait lieu avant, au voisinage ou après les premiers débordements sur les digues.

La distinction « avant, au voisinage, après » s'appréhende en terme de niveau de crue et non en terme chronologique. Les premiers débordements s'entendent par surverse sur la crête dans le cas de digues non équipées de déversoirs ou bien par fonctionnement des déversoirs dans le cas contraire.

Ce critère d'évaluation de la criticité revient alors à évaluer si la cote de sûreté des ouvrages est bien au-dessus de la cote de début de surverse.

La grille de criticité obtenue est la suivante :

Tableau 52 : Grille de criticité proposée par le guide de lecture des études de dangers « digues »

SURVENANCE DE LA DEFAILLANCE	Avant les premiers débordements					
	Au voisinage des premiers débordements					
	Après les premiers débordements					
		1 - Modéré	2 - Sérieux	3 - Important	4 - Catastrophique	5 - Désastreux
GRAVITE						

Remarque : la grille est présentée de manière similaire à la grille de criticité « barrage ».

Trois niveaux d'acceptabilité de la criticité sont généralement définis :

- ✓ **Niveau de risque acceptable (en vert)** : niveau pour lequel l'ouvrage est réputé sûr compte tenu de la nature des dangers, des conséquences potentielles et, le cas échéant, des mesures nominales existantes (procédures d'exploitation, de maintenance, de surveillance...), celles-ci ayant démontré leur efficacité. Dans ce cas, aucune mesure de réduction du risque n'est donc nécessaire,
- ✓ **Niveau de risque intermédiaire (en orange)** : niveau pour lequel l'ouvrage n'est pas entièrement satisfaisant du point de vue de la sécurité. Les actions à conduire par l'exploitant de l'ouvrage s'inscrivent dans le principe ALARP1 (« As Low As Reasonably Possible »), c'est-à-dire pour conduite à un niveau de risque aussi bas qu'il est raisonnablement possible compte tenu des mesures et des techniques existantes.
- ✓ **Niveau de risque inacceptable (en rouge)** : niveau pour lequel l'exploitant doit proposer des mesures de réduction du risque, lesquelles, une fois mises en œuvre, réduiront de manière conséquente soit la probabilité d'occurrence de l'accident, soit son niveau de gravité, voire les deux.

Lorsque la rupture intervient après les premiers débordements, cela signifie que l'objectif de protection de la digue est validé. La criticité est donc au niveau le plus bas. Mais cela ne signifie pas que le risque est nul.

Afin de mieux représenter cette notion de risque, Egis Eau utilise de manière conjointe la grille de criticité issue des études de dangers de barrages. Cette grille utilise comme donnée d'entrée les probabilités d'occurrence des scénarios de défaillance potentiels au lieu du moment de survenue de l'accident.

En se basant sur les performances et la conception des ouvrages d'endiguement, l'évaluation de la probabilité d'occurrence des scénarios de défaillance tient compte indirectement du moment où survient la défaillance via la vérification des cotes de début de surverse et de sûreté des ouvrages d'endiguement.

Cette grille permet de mieux tenir compte du cycle de vie des ouvrages, car une dégradation de l'ouvrage d'endiguement entraîne forcément une plus grande probabilité de défaillance (utile pour une actualisation de l'étude de dangers).

En outre, la position des scénarios de défaillance dans la grille de criticité « barrages » est un bon indicateur du niveau de priorité à accorder à chaque ouvrage en ce qui concerne l'entretien et la surveillance.

En effet, selon la position des scénarios de défaillance potentiels, certains ouvrages auront plus de marge de manœuvre avant d'atteindre le niveau de criticité inacceptable.

Le croisement des deux paramètres « probabilité » et « gravité » permet ainsi de définir la criticité d'une situation dangereuse engendrée par des ouvrages d'endiguement et toujours en fonction des trois niveaux d'acceptabilité.

La grille de criticité obtenue est la suivante :

Tableau 53 : Grille de criticité proposée par le guide de lecture des études de dangers « Barrages »

PROBABILITE	A - courant					
	B - probable					
	C - improbable					
	D - très improbable					
	E - extrêmement peu probable					
		1 - Modéré	2 - Sérieux	3 - Important	4 - catastrophique	5 - Désastreux
GRAVITE						

8.2 Analyse des défaillances

8.2.1 Identification des défaillances

Les potentiels de dangers des ouvrages d'endiguement ont été préalablement identifiés dans le chapitre 5 « Identification et caractérisation des potentiels de dangers ».

Ce sont ces potentiels de dangers qui sont considérés comme les défaillances possibles associées à l'évènement redouté central.

Il s'agit de quantifier les conséquences d'une défaillance du système de protection, pour trois hypothèses d'études retenues :

- ✓ Déversement d'une crue exceptionnelle, sans rupture de digue,
- ✓ Déversement d'une crue exceptionnelle avec rupture de la digue de Querelles,
- ✓ Rupture de la digue de Querelles par renard hydraulique (érosion interne).

L'identification et la caractérisation des risques se feront conformément à l'arrêté du 29 septembre 2005 déterminant les règles minimales relatives à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité

d'occurrence, de la cinématique, de l'intensité des effets des phénomènes dangereux et de la gravité potentielle des accidents susceptibles de découler de leur exploitation et d'affecter les intérêts visés par l'article L.511-1 du Code de l'Environnement.

Evaluations des scénarios d'accidents

Les scénarios étudiés sont les plus pertinents en termes d'**occurrence** pour les crues centennale et exceptionnelle, et de **cinétique et de localisation** pour la brèche.

Pour chaque scénario, il sera défini :

- ✓ 1. Si la totalité de la zone protégée est submergée,
- ✓ 2. Le nombre de bâtis exposés,
- ✓ 3. Les cotes de submersion maximales atteintes, comparées à la situation sans ouvrage,
- ✓ 4. Le temps de propagation de l'inondation.

Les conclusions obtenues lors de l'analyse des potentiels de dangers vont nous permettre d'attribuer une probabilité d'occurrence aux scénarios de défaillance retenus.

8.2.2 Probabilités d'occurrence des scénarios de défaillance

8.2.2.1 Scénario de défaillance 1 : surverse des ouvrages sans rupture

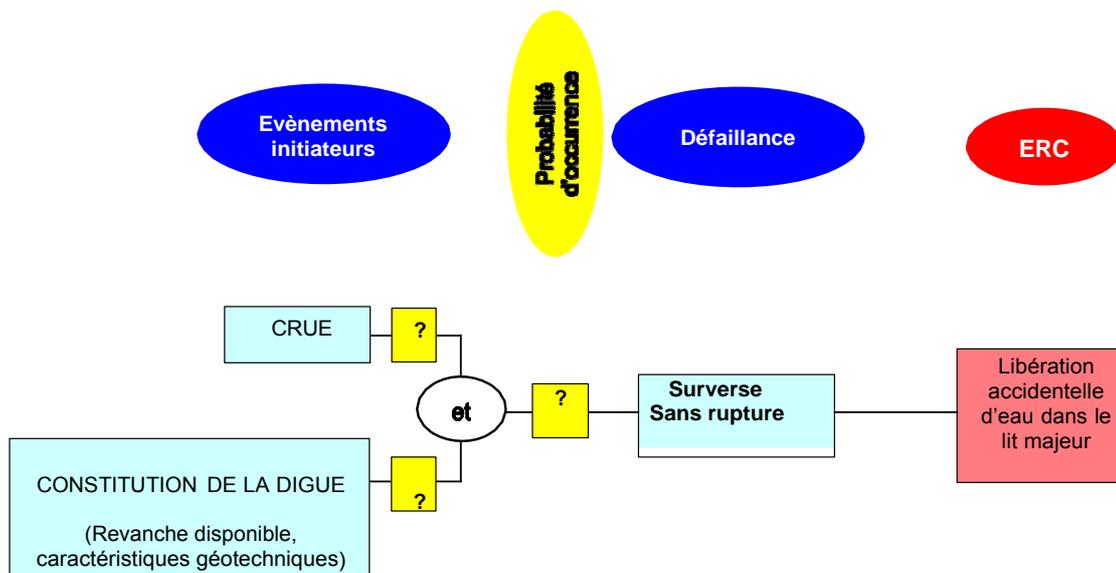
Généralement, les digues en terre ne supportent pas les surverses. Toutefois, la rupture n'est pas absolument certaine, surtout quand la crête est large et occupée par une chaussée.

Sur la base des analyses précédentes, les causes potentielles (événements initiateurs endogènes ou exogènes aux ouvrages) sont les suivantes :

- ✓ La hauteur de charge devant l'ouvrage et donc l'importance de la crue,
- ✓ La surverse sur la crête de l'ouvrage soit la revanche disponible,
- ✓ La résistance de la structure de l'ouvrage soit les caractéristiques géotechniques et la nature du revêtement côté plaine (constitution de l'ouvrage).

L'arbre des défaillances pour le scénario de surverse sans rupture est le suivant :

Figure 74 : Scénario de surverse sans rupture – arbre de défaillance



Cotation des événements initiateurs pour le scénario de surverse sans rupture :

Paramètre de la surverse : évalué selon la revanche disponible :

Les critères de cotation du scénario de surverse sans rupture dans le cas des digues et des murets en béton sont déterminés à dire d'expert en fonction de la revanche disponible avec les seuils présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 54 : Probabilité d'occurrence du scénario de défaillance surverse sans rupture

Cas des digues en terre		
Risque de surverse (Critère : revanche)		
R =Revanche (m)	Aléa	PROBABILITE
$R \leq 0$	Fort	1.00E-01
de $0 < R < 0.5$	Modéré	1.00E-02
de $0.5 \leq R$	Faible	1.00E-03

Cas des murets en béton		
Risque de surverse (Critère : revanche)		
R =Revanche (m)	Aléa	PROBABILITE
$R \leq 0$	Faible	1.00E-02
de $0 < R < 0.5$	Faible	1.00E-02
de $0.5 \leq R$	Faible	1.00E-02

Tableau 55 : Cotation du scénario de surverse sans rupture

Tronçon	Gammes de crue et occurrence		Aléa retenu	Probabilité d'occurrence associée	Probabilité finale	Cotation retenue
Digue de Querelles	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻¹	< 10 ⁻⁴	E
Muret anti-inondation Boulevard de la Marine	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻²	< 10 ⁻⁵	E
Muret anti-inondation Rue Jean Dauga	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻²	< 10 ⁻⁵	E

8.2.2.2 Scénario de défaillance 2 : surverse des ouvrages avec rupture de la digue de Querelles

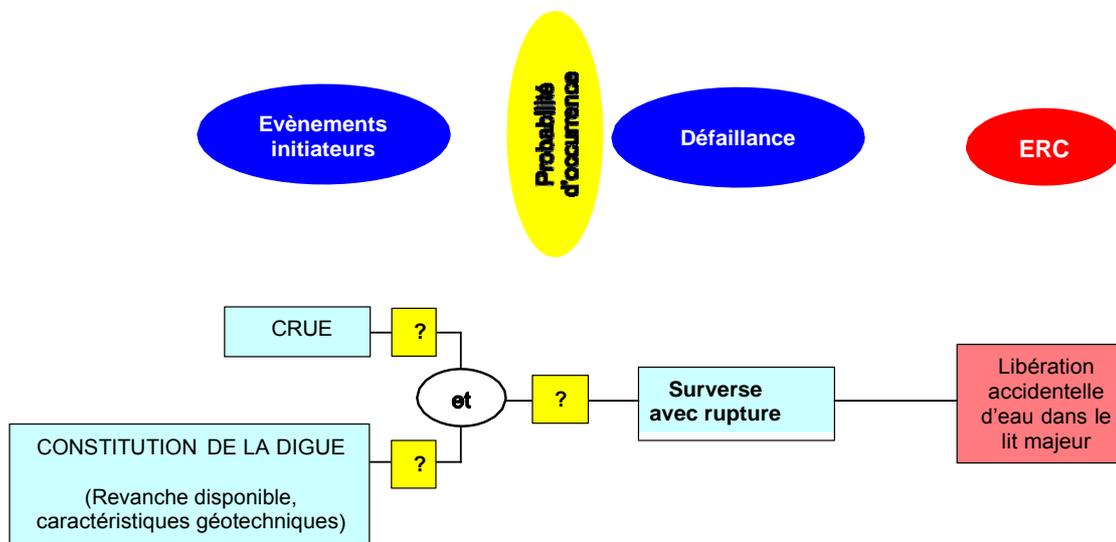
Généralement, les digues en terre ne supportent pas les surverses. Toutefois, la rupture n'est pas absolument certaine, surtout quand la crête est large et occupée par une chaussée.

Sur la base des analyses précédentes, les causes potentielles (événements initiateurs endogènes ou exogènes aux ouvrages) sont les suivantes :

- ✓ La hauteur de charge devant l'ouvrage et donc l'importance de la crue,
- ✓ La surverse sur la crête de l'ouvrage soit la revanche disponible,
- ✓ La résistance de la structure de l'ouvrage soit les caractéristiques géotechniques et la nature du revêtement côté plaine (constitution de l'ouvrage).

L'arbre des défaillances pour le scénario de surverse avec rupture est le suivant :

Figure 75 : Scénario de surverse avec rupture – arbre de défaillance



Cotation des évènements initiateurs pour le scénario de surverse avec rupture :

Paramètre de la surverse : évalué selon la revanche disponible :

Les critères de cotation du scénario de surverse avec rupture dans le cas des digues et de murets béton sont déterminés à dire d'expert en fonction de la revanche disponible avec les seuils présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 56 : Probabilité d'occurrence du scénario de défaillance rupture par surverse

Cas des digues en terre		
Risque de surverse (Critère : revanche)		
R =Revanche (m)	Aléa	PROBABILITE
$R \leq 0$	Fort	1.00E-01
de $0 < R < 0.5$	Modéré	1.00E-02
de $0.5 \leq R$	Faible	1.00E-03

Cas des murets en béton		
Risque de surverse (Critère : revanche)		
R =Revanche (m)	Aléa	PROBABILITE
$R \leq 0$	Faible	1.00E-03
de $0 < R < 0.5$	Faible	1.00E-03
de $0.5 \leq R$	Faible	1.00E-03

Tableau 57 : Cotation du scénario de surverse avec rupture

Tronçon	Gammes de crue et occurrence		Aléa retenu	Probabilité d'occurrence associée	Probabilité finale	Cotation retenue
Digue de Querelles	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻¹	< 10 ⁻⁴	E
Muret anti-inondation Boulevard de la Marine	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻²	< 10 ⁻⁵	E
Muret anti-inondation Rue Jean Dauga	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻²	< 10 ⁻⁵	E

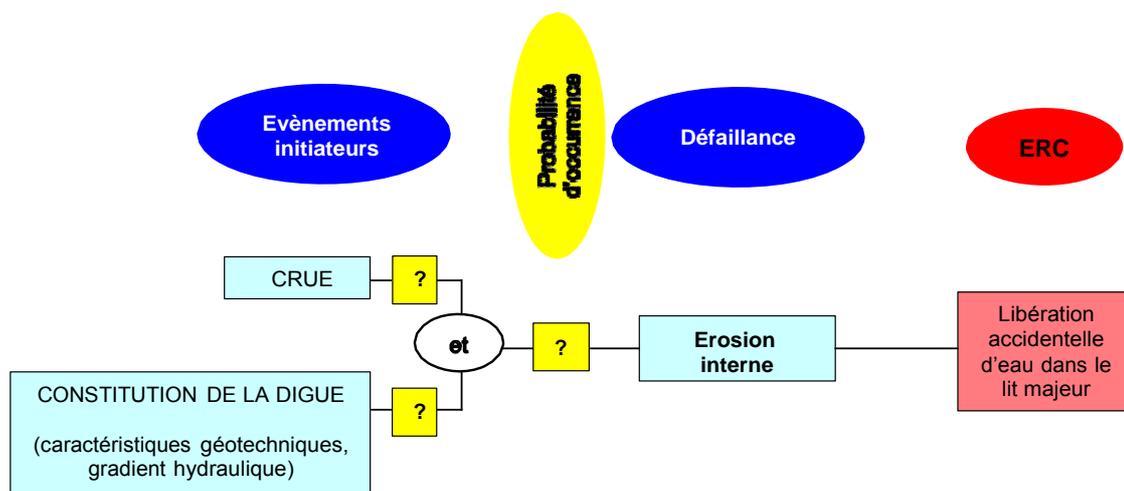
8.2.2.3 Scénario de défaillance 3 et 4 : Rupture de la digue de Querelles par érosion interne (renard hydraulique)

Sur la base des analyses précédentes, les causes potentielles (événements initiateurs endogènes ou exogènes aux ouvrages) sont les suivantes :

- ✓ La hauteur de charge devant les ouvrages et donc l'importance de la crue,
- ✓ Les caractéristiques géotechniques et la présence de zones de circulations préférentielles dans le corps de la digue (gradient critique) : constitution de la digue,
- ✓ La présence d'ouvrages traversants : traitée en prévention,
- ✓ Excavations ou galeries dans la levée : traitées en prévention.

L'arbre de défaillance pour le scénario de rupture par érosion interne est le suivant :

Figure 76 : Scénario de rupture par érosion interne – arbre de défaillance



Cotation des événements initiateurs pour le scénario de rupture par érosion interne :

De manière générale, l'évaluation des probabilités d'occurrence de l'érosion interne est basée sur un critère hydraulique : le gradient hydraulique critique. Il s'agit du seuil limite à partir duquel les forces d'écoulement dans la digue deviennent suffisantes pour détacher et entraîner des particules fines du sol conduisant à la formation d'un renard hydraulique (régressif) ou au début d'un processus de suffusion.

Les critères de cotation du scénario de rupture par érosion interne sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 58 : Probabilité d'occurrence du scénario de défaillance rupture par érosion interne

Cas des digues	
Risque de rupture par érosion interne	
Aléa	PROBABILITE
Fort	1.00E-01
Modéré	1.00E-02
Faible	1.00E-03

Tableau 59 : Cotation du scénario de rupture par érosion interne

Tronçon	Gammes de crue et occurrence		Aléa retenu	Probabilité d'occurrence associée	Probabilité finale	Cotation retenue
Digue de Querelles	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻³	10 ⁻⁵	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻¹	< 10 ⁻⁴	E

8.2.2.4 Synthèse des scénarios de défaillance

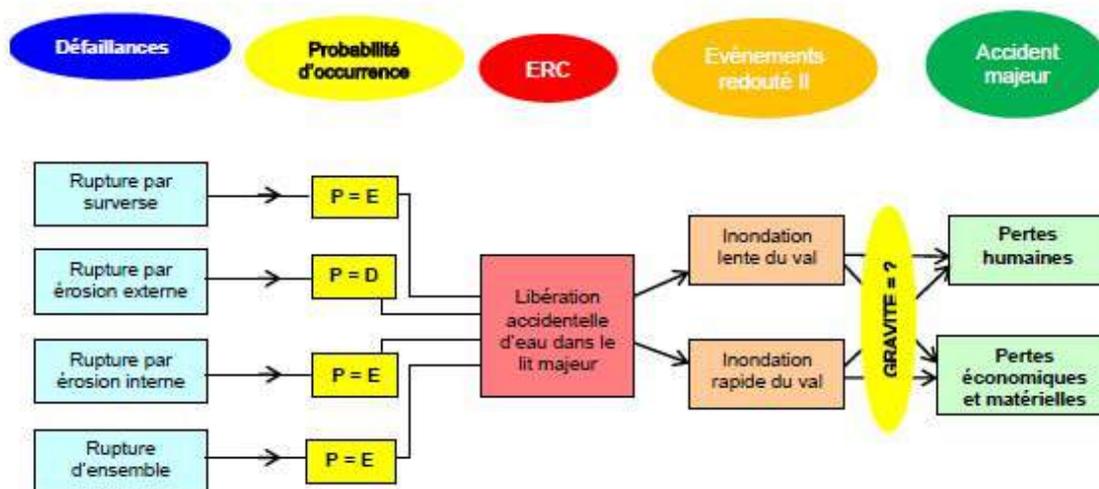
Tableau 60 : Synthèse des scénarios de défaillance

Tronçon	Gammes de crue et occurrence		Aléa retenu	Probabilité d'occurrence associée	Probabilité finale	Cotation retenue
Digue de Querelles	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻³	10 ⁻⁵	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻¹	< 10 ⁻⁴	E
Muret anti-inondation Boulevard de la Marine	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻²	< 10 ⁻⁵	E
Muret anti-inondation Rue Jean Dauga	Q ₁₀₀	10 ⁻²		10 ⁻²	10 ⁻⁴	E
	Q _{exc}	< 10 ⁻³		10 ⁻²	< 10 ⁻⁵	E

8.3 Analyse de la gravité par arbre des événements

Il s'agit ici de déterminer les effets de l'évènement redouté central en termes d'intensité et de cinétique et d'en évaluer les conséquences (gravités). La méthode utilisée est la modélisation 2D de scénarios de défaillance choisis selon le couple mode de rupture/localisation.

Figure 77 : Nœud papillon



8.3.1 Hypothèses de modélisation

8.3.1.1 Préambule

L'évaluation de la gravité des conséquences de la libération accidentelle d'eau en arrière d'un ouvrage d'endiguement dépend de deux paramètres principaux :

- ✓ La localisation de la défaillance :
 - La défaillance peut avoir lieu dans un secteur où l'ouvrage présente des sensibilités intrinsèques particulières (du point de vue de la géométrie, des protections des talus et pied...),
 - La défaillance peut avoir lieu dans un secteur où la zone protégée en arrière de l'ouvrage est particulièrement vulnérable, à savoir avec ou sans habitation, présence d'écoles, d'ERP,...
 - Le facteur aggravant : présence d'ouvrages hydrauliques traversant le système d'endiguement.
- ✓ Le type de défaillance : dépendant aussi de la sensibilité intrinsèque des ouvrages, le type de défaillance peut avoir une cinétique lente ou rapide.

Le choix des scénarios de rupture se base donc principalement sur l'analyse préliminaire des risques en tenant compte dans un deuxième temps des enjeux présents en zone protégée.

La gravité des conséquences est qualifiée au regard :

- ✓ De l'intensité de l'inondation : en simulant les scénarios de défaillance choisis, la modélisation 2D permet de suivre concrètement le comportement et l'évolution de l'onde de rupture, de repérer les zones d'expansion et de délimiter les zones d'aléas forts : ici, l'intensité de l'inondation est évaluée par la hauteur d'eau et un aléa fort est défini à partir d'une hauteur de 1 m,
- ✓ De la cinétique du phénomène : la modélisation 2D permet en outre de relever les vitesses de propagation de l'onde de rupture : un aléa fort de cinétique est défini à partir d'une vitesse de 0,5 m/s,
- ✓ De l'importance des enjeux en ce qui concerne la population impactée : la population dite impactée concerne celle comprise dans les zones d'aléas forts soit pour une hauteur d'inondation supérieure ou égale à 1 m OU une vitesse de propagation supérieure ou égale à 0,5 m/s.

8.3.1.2 Scénarios modélisés

Quatre scénarios de défaillance ont été retenus pour la modélisation 2D et l'évaluation de la gravité. Afin de définir les localisations préférentielles pour les scénarios de défaillance à modéliser, une analyse préalable des potentiels de danger a été menée.

Cette analyse des potentiels de dangers s'est basée sur les critères suivants :

- ✓ La revanche disponible,
- ✓ La géométrie de l'ouvrage,
- ✓ Les protections de talus et de pied de digue côté rivière,
- ✓ Les protections de talus et de pied de digue côté plaine,
- ✓ Le coefficient de sécurité au glissement,
- ✓ La largeur du franc-bord,
- ✓ Les travaux de confortement réalisés.

Pour les secteurs de brèche, il est prévu d'étudier un scénario de rupture, défini par :

- ✓ Les caractéristiques de la brèche : localisation, longueur, hauteur, cinétique d'ouverture,
- ✓ Les conditions hydrauliques au travers de la brèche (hydrogramme de débit résultant de la rupture), dépendant des caractéristiques de l'écoulement dans la rivière à l'amont de la digue.

Les quatre scénarios modélisés sont les suivants :

- ✓ Scénario 1 : surverse des ouvrages de protection pour une crue exceptionnelle,
- ✓ Scénario 2 : surverse des ouvrages de protection et rupture de la digue de Querelles pour la crue exceptionnelle,
- ✓ Scénarios 3 et 4 : rupture de la digue de Querelles par érosion interne (renard).

8.3.2 Modélisation : Résultats en terme d'intensité et de cinétique

8.3.2.1 Méthodologie

Les conséquences des différents scénarios d'accidents envisagés doivent être évaluées. Il est donc nécessaire d'utiliser un (ou plusieurs) modèle(s) mathématique(s) de simulation pour quantifier les effets des ruptures et dysfonctionnements envisagés.

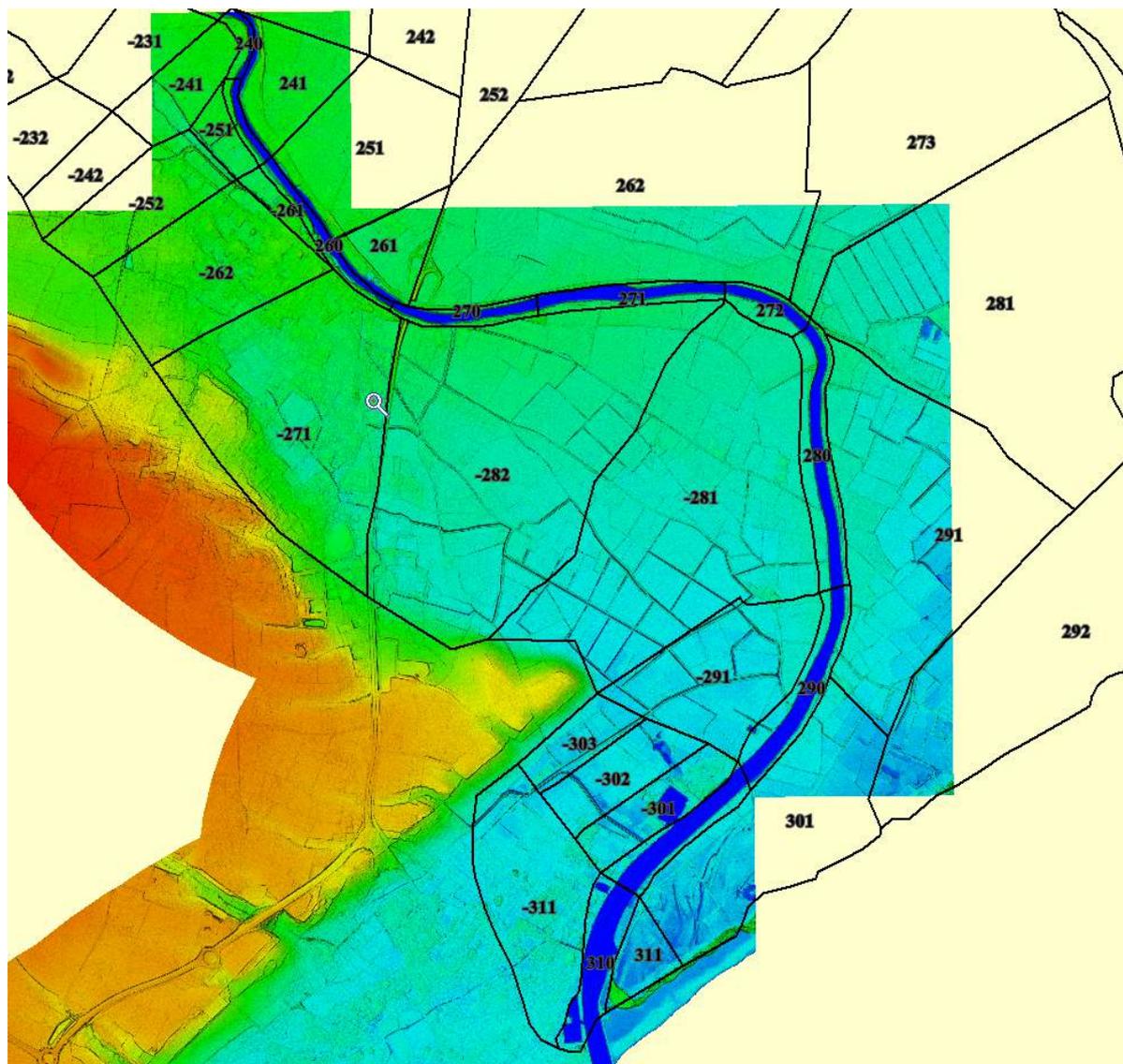
La modélisation doit permettre d'évaluer les conséquences générales du scénario d'accident envisagé, et de prendre correctement en compte les interactions des ouvrages et/ou des dysfonctionnements considérés les uns sur les autres.

La méthodologie d'étude est basée sur le couplage de deux modèles hydrauliques :

- ✓ Un modèle global existant développé depuis plusieurs années par BCEOM puis Egis Eau. Il s'agit d'un modèle à casiers s'étendant de Béziers à la mer,
- ✓ Un modèle local bidimensionnel afin d'étudier la propagation des hydrogrammes de surverse et de rupture.

La figure suivante présente le découpage en casiers au droit de la basse plaine de l'Orb.

Figure 78 : Découpage en casiers dans la basse plaine de l'Orb



8.3.2.2 Construction du modèle

8.3.2.2.1 Maillage du modèle 2D

Le maillage du modèle est présenté sur la figure page suivante.

Le modèle comprend 48 000 mailles de calcul dans le domaine 2D.

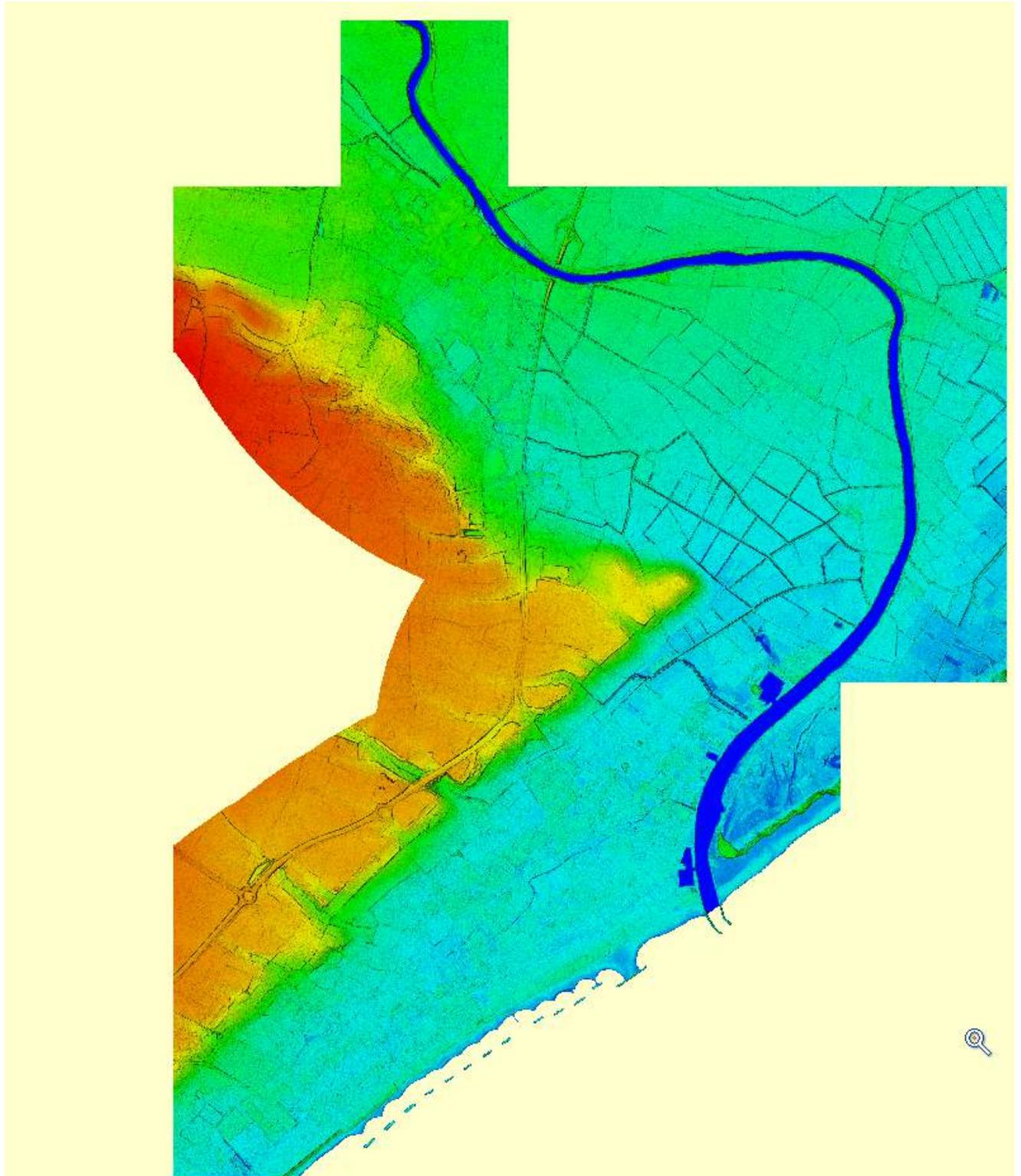
Figure 79 : Maillage du modèle 2D



8.3.2.2 Données topographiques

Les données topographiques sont constituées par les données Litto3D de l'IGN.

Figure 80 : Modèle numérique de terrain



8.3.2.2.3 Conditions aux limites du modèle

Les conditions aux limites du modèle sont constituées par :

- ✓ Conditions limites amont ou latérales fournies par le modèle à casiers :
- ✓ Condition limite aval : niveau marin de 1,50 m pour la crue centennale et 2,40 m pour la crue exceptionnelle.

8.3.2.3 Scénario 1 : surverse des ouvrages de protection pour une crue exceptionnelle

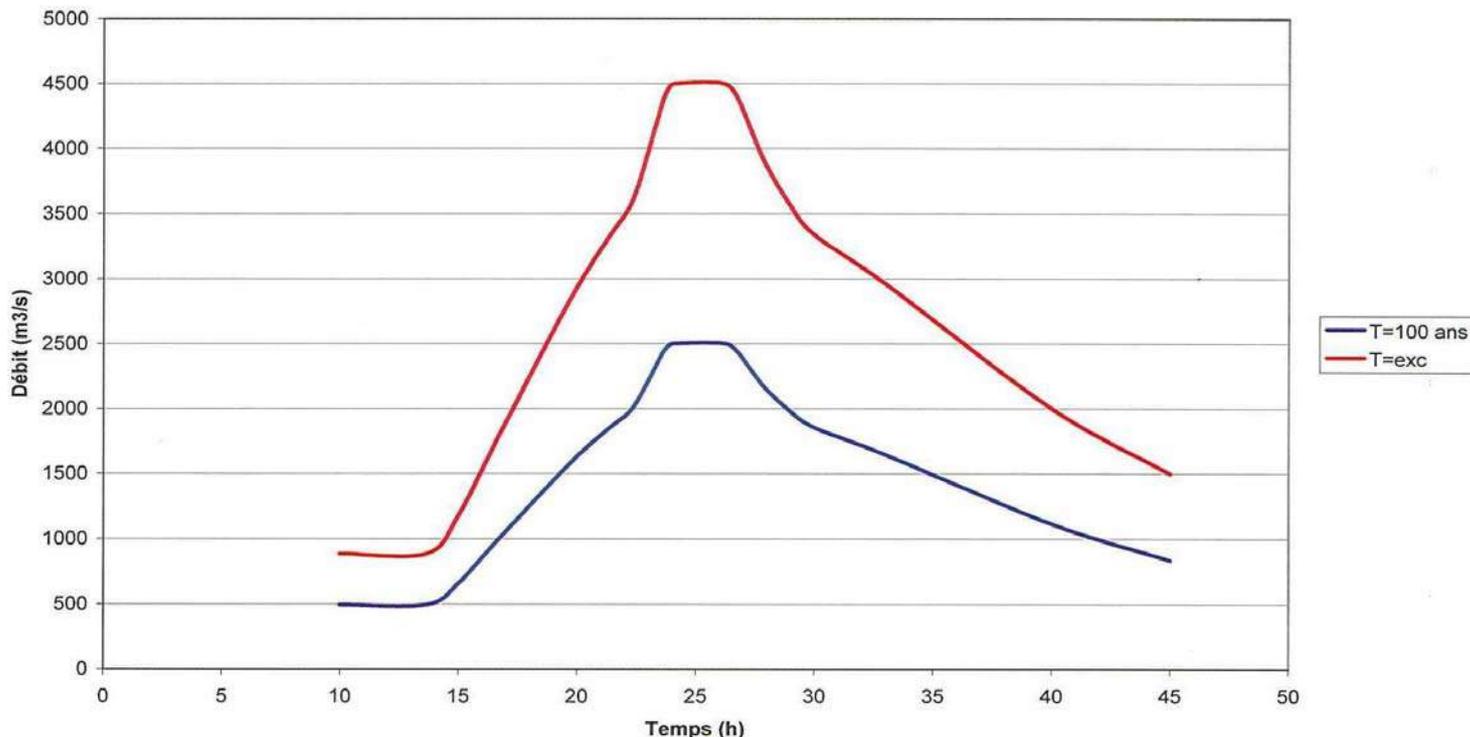
Les caractéristiques de la crue supérieure à la crue de projet ont été définies par les services instructeurs :

- ✓ La police de l'eau (DDTM de l'Hérault),
- ✓ Le service risques de la DDTM de l'Hérault.

La crue de projet étant la crue de période de retour 100 ans, la crue exceptionnelle sera prise par homothétie de l'hydrogramme de la crue centennale de sorte que $Q_{\text{exceptionnelle}} = 1.8 Q_{100}$.

Figure 81 : Hydrogrammes de crue de l'Orb à Béziers

HYDROGRAMMES DE CRUE DE L'ORB A BEZIER



L'hydrogramme de référence est injecté à l'amont du modèle à casiers, au droit de Béziers.

Le débit de pointe de l'hydrogramme centennial étant de 2 500 m³/s, le débit maximum injecté pour la crue exceptionnelle est donc de 1.8 x 2 500 = 4 500 m³/s à Béziers Pont Neuf.

La période de retour de cette crue est supérieure à 1 000 ans.

8.3.2.3.1 Description des modalités de remplissage du casier dans le cas de la submersion

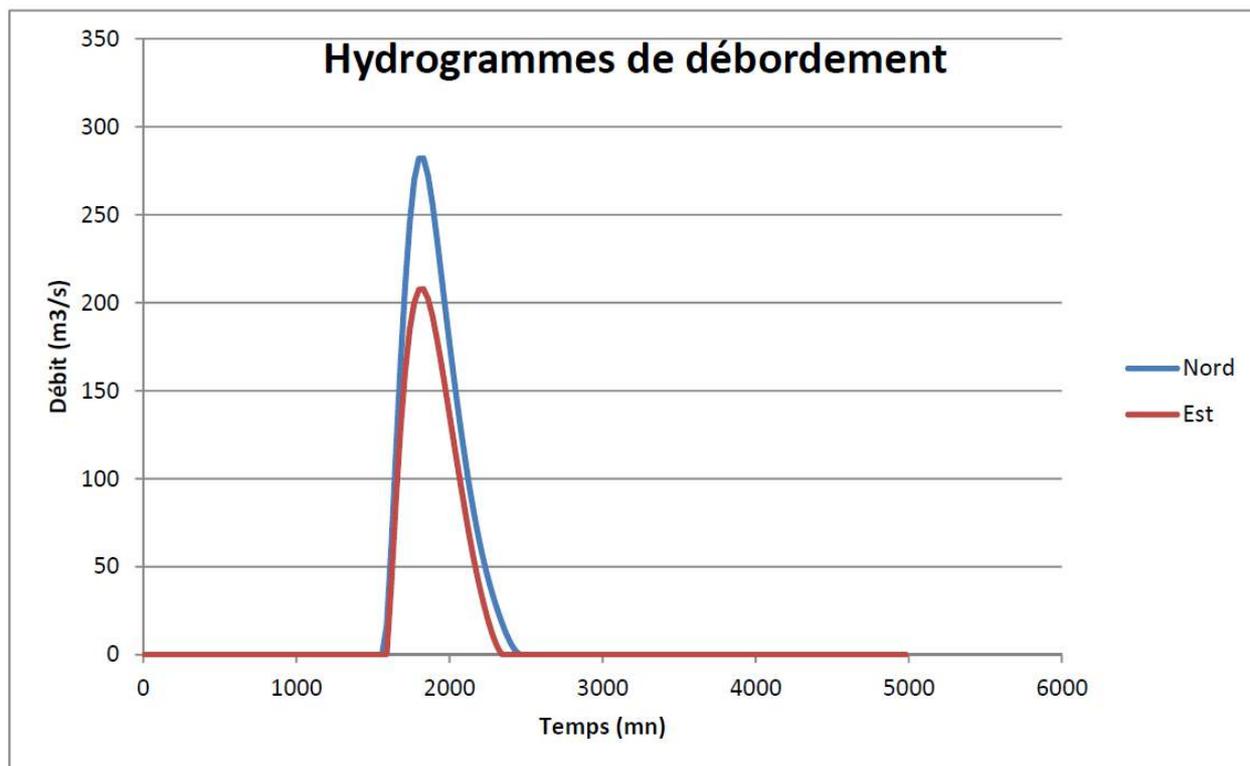
Il s'agit de décrire la cinématique de remplissage des casiers, et, en outre :

- ✓ De préciser les conditions de remplissage du casier,
- ✓ D'identifier les conséquences de cette mise en eau sur la population pour une crue exceptionnelle.

La modélisation montre que la digue de Querelles commence à être submergée au même moment que le système d'endiguement longitudinal (muret Boulevard de la Marine et muret Rue Jean Dauga).

Les hydrogrammes de débordement sont représentés sur la figure suivante :

Figure 82 : Hydrogrammes de débordement de la crue exceptionnelle



Les cartes de hauteurs d'eau et de vitesses maximales sont jointes pages suivantes.

Figure 83 : Carte des hauteurs d'eau maximales en crue exceptionnelle

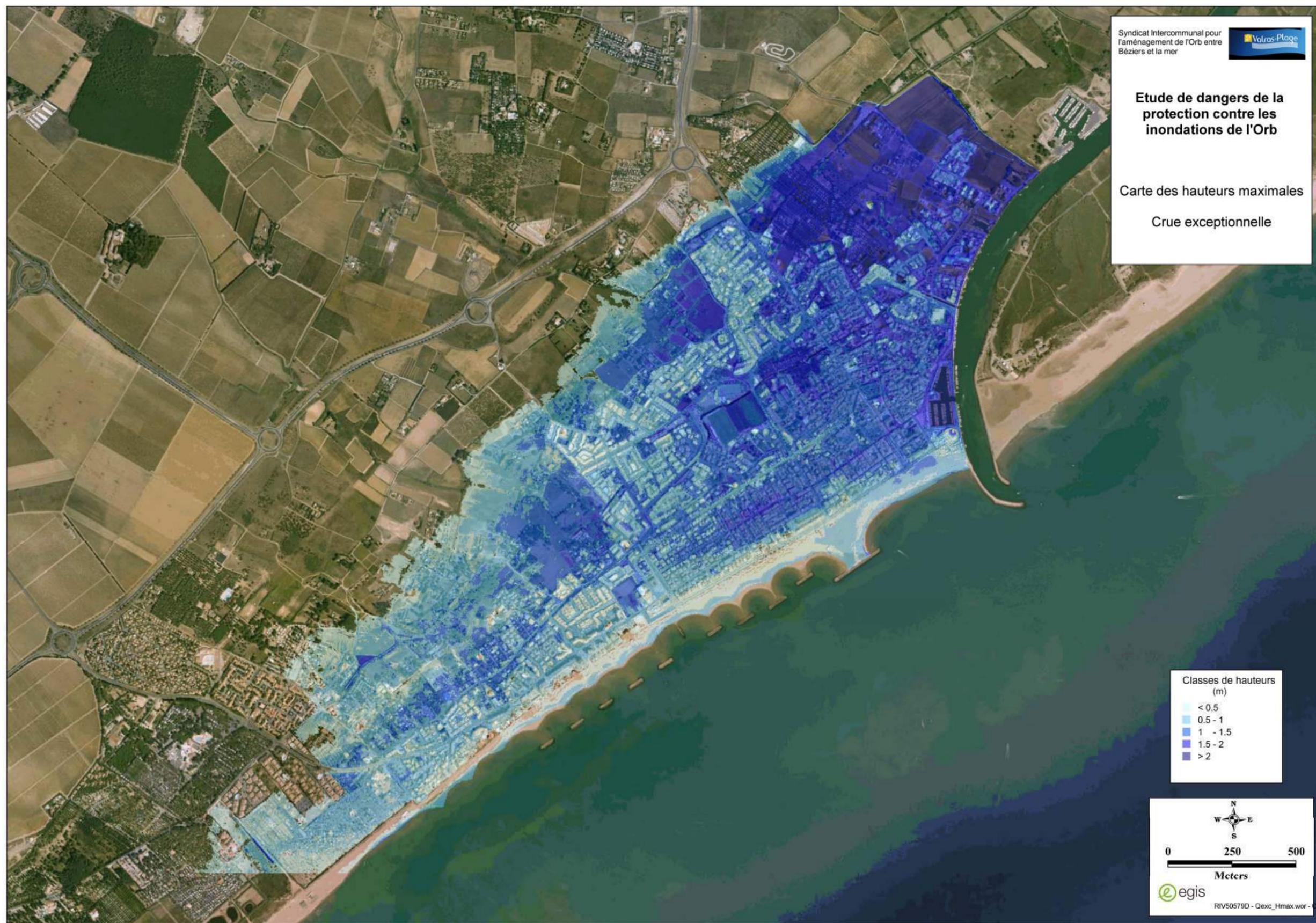
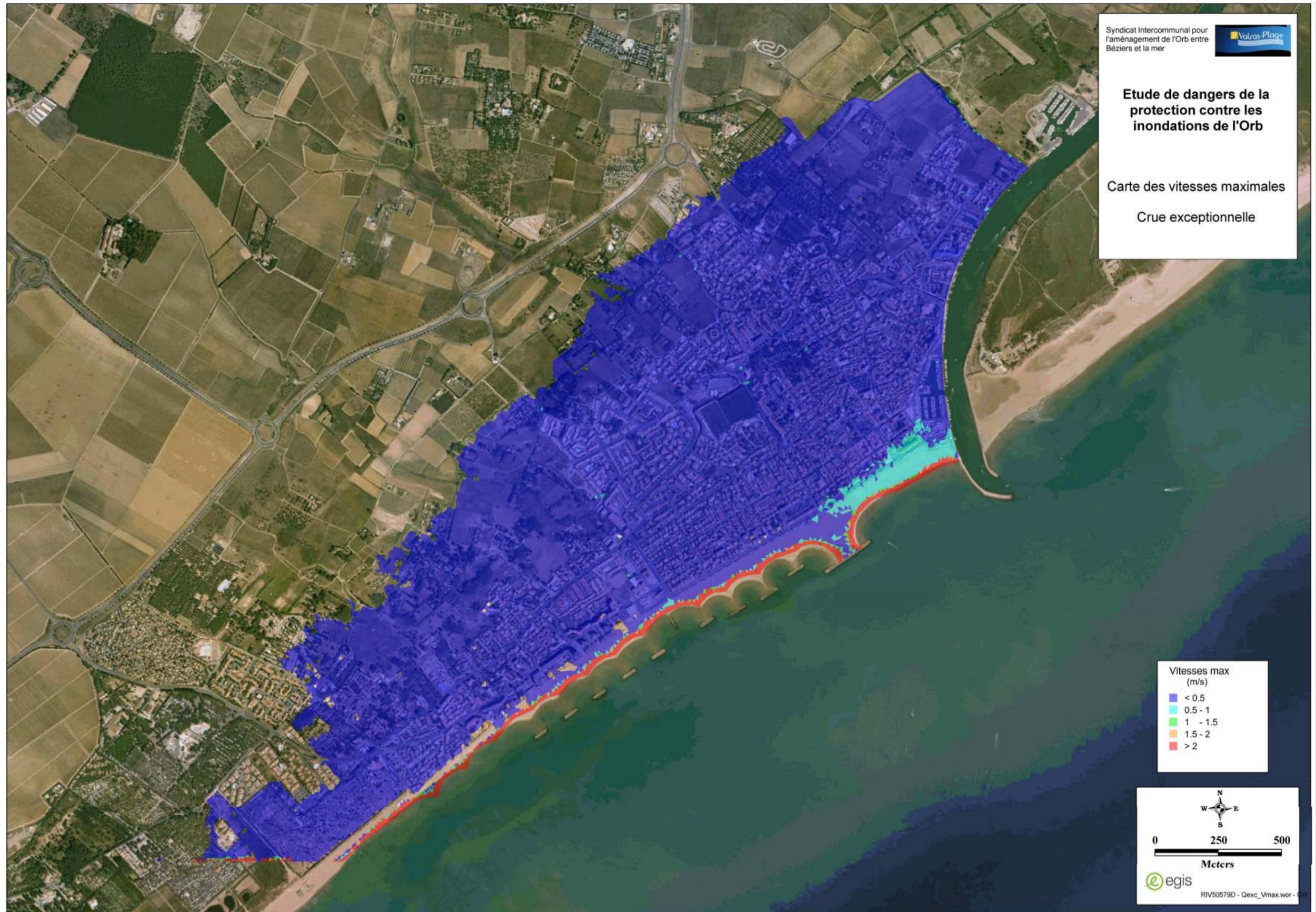


Figure 84 : Carte des vitesses maximales d'écoulement en crue exceptionnelle



Les figures ci-après permettent de visualiser l'étendue de la zone inondée à T+30 mn, T+1 h, T+2 h, T+3 h, T+4 h, T+5 h, T+6 h, T+7 h, T+8 h, T correspondant au temps auquel les ouvrages commencent à surverser.

Le paroxysme de la crue est atteint au bout de 8 h.

Figure 85 : Hauteurs maximales à T + 30 mn

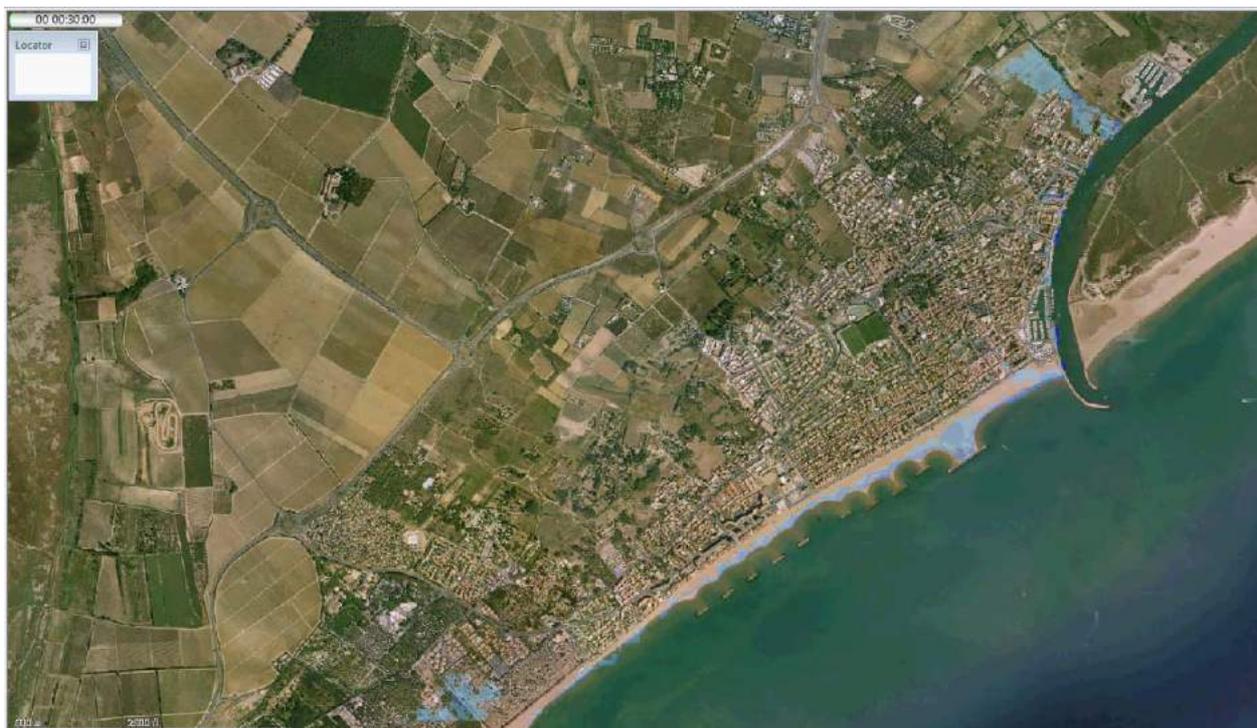


Figure 86 : Hauteurs maximales à T + 1h

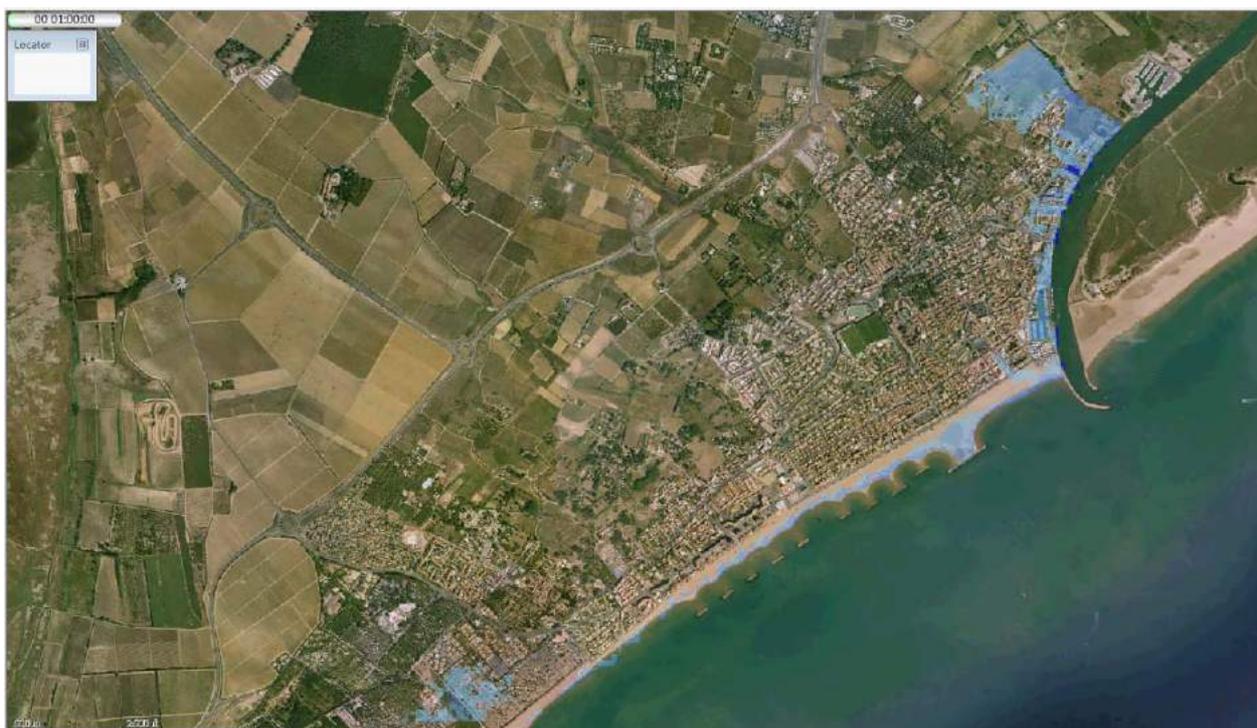


Figure 87 : Hauteurs maximales à T + 2h



Figure 88 : Hauteurs maximales à T + 3h



Figure 89 : Hauteurs maximales à T + 4 h



Figure 90 : Hauteurs maximales à T + 5 h



Figure 91 : Hauteurs maximales à T + 6 h



Figure 92 : Hauteurs maximales à T + 7 h



Figure 93 : Hauteurs maximales à T + 8 h

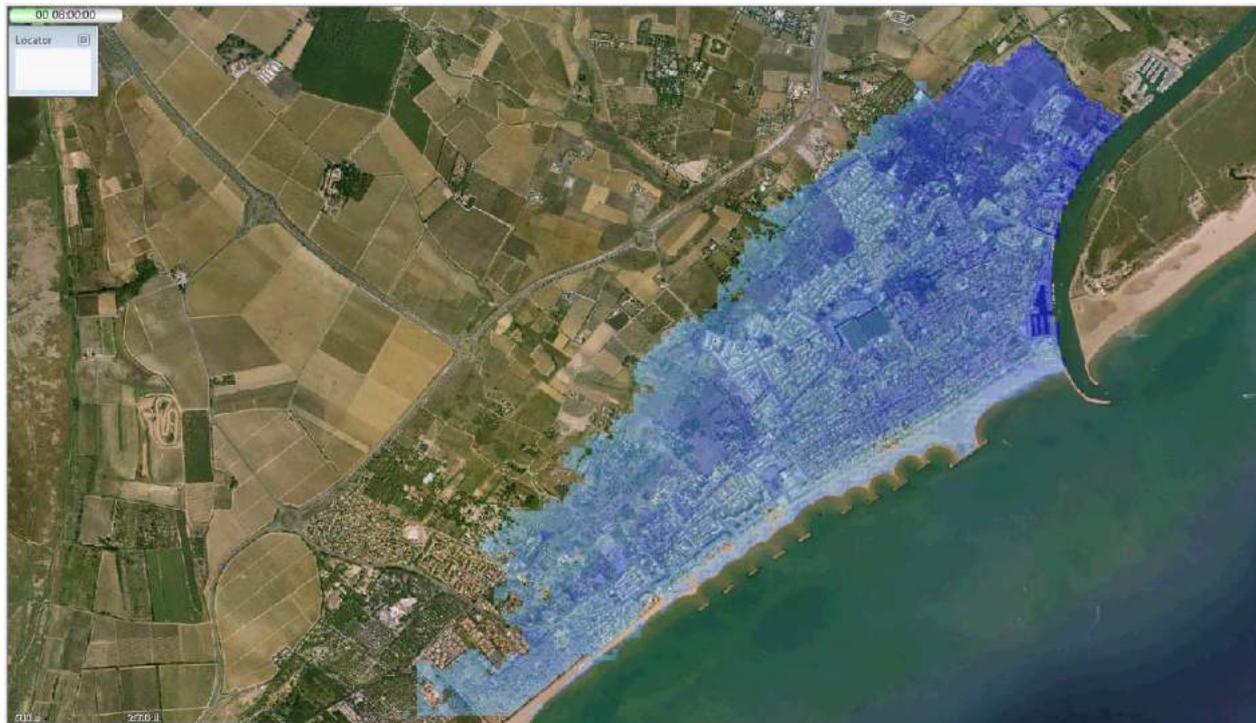


Tableau 61 : Nombre d'habitants impactés en crue exceptionnelle

Situation	Nombre d'habitants impactés dans le cas de la submersion	
	Hiver	Eté
Paroxysme de l'événement	4 579	36 632

Le risque résiduel encouru par les populations est donc loin d'être négligeable en cas de submersion du dispositif de protection contre les inondations.

Cet aspect doit être intégré dans le PCS de la commune, pour prendre toutes les mesures utiles en temps et en heures pour informer voire organiser l'évacuation des personnes vulnérables à ces cotes d'inondation.

8.3.2.4 Scénario 2 : surverse des ouvrages de protection et rupture de la digue de Querelles pour une crue exceptionnelle

Les caractéristiques de la crue exceptionnelle sont les mêmes que pour le scénario précédent.

Le choix du scénario de rupture s'est donc principalement basé sur la vulnérabilité des enjeux en arrière des ouvrages.

Cet incident est volontairement localisé au point le plus préjudiciable pour la commune.

L'analyse préalable de rupture de la digue en crue centennale (Voir scénarios de défaillance 3 et 4 ci-après) nous a conduits à considérer une brèche à proximité de l'Orb en un point où la charge hydraulique est maximale.

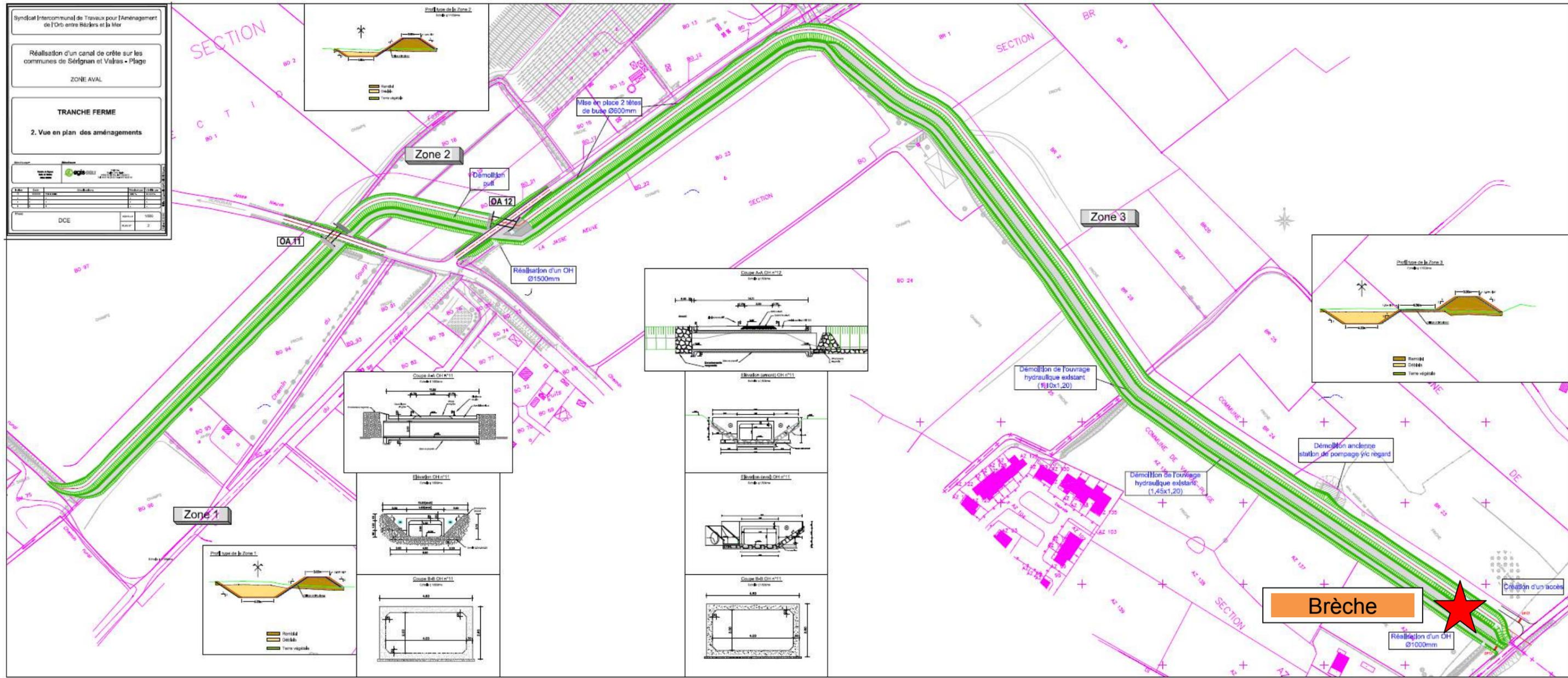
Une carte de localisation du secteur de défaillance choisi est présentée page suivante.

La brèche se produit au paroxysme de la crue.

La largeur de brèche est de 20 m (retour d'expérience : les largeurs de brèches sont proportionnelles aux hauteurs de digue).

La brèche est simulée de manière progressive (implantation dans le modèle d'un seuil à clapets mobiles simulant la rupture progressive). La durée d'arasement est de 10 à 15 mn. Dans cet intervalle de temps, la digue est entièrement arasée depuis sa cote initiale jusqu'au terrain naturel.

Figure 94 : Localisation du secteur de défaillance choisis pour la modélisation 2D



8.3.2.4.1 Description des modalités de remplissage du casier dans le cas de la submersion

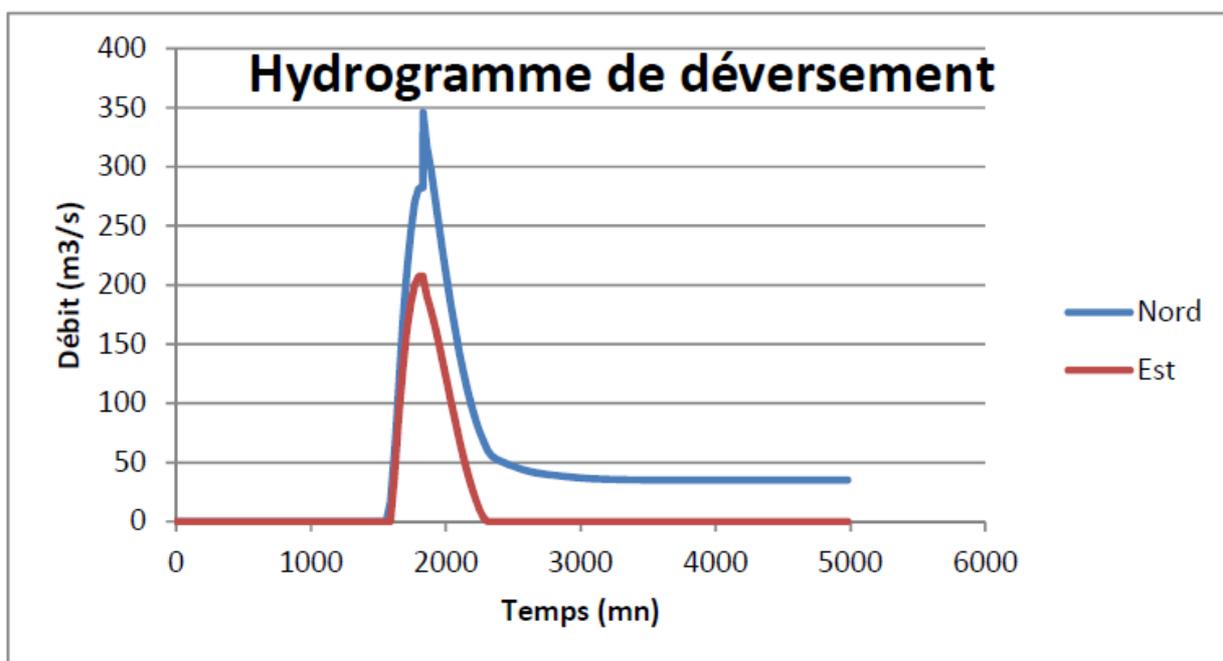
Il s'agit de décrire la cinématique de remplissage des casiers, et, en outre :

- ✓ De préciser les conditions de remplissage du casier,
- ✓ D'identifier les conséquences de cette mise en eau sur la population pour une crue exceptionnelle.

La modélisation montre que la digue de Querelles commence à être submergée au même moment que le système d'endiguement longitudinal (muret Boulevard de la Marine et muret Rue Jean Dauga).

Les hydrogrammes de débordement sont représentés sur la figure suivante :

Figure 95 : Hydrogrammes de débordement de la crue exceptionnelle



Les cartes de hauteurs d'eau et de vitesses maximales sont jointes pages suivantes.

Figure 96 : Carte des hauteurs d'eau maximales en crue exceptionnelle avec rupture de la digue de Querelles

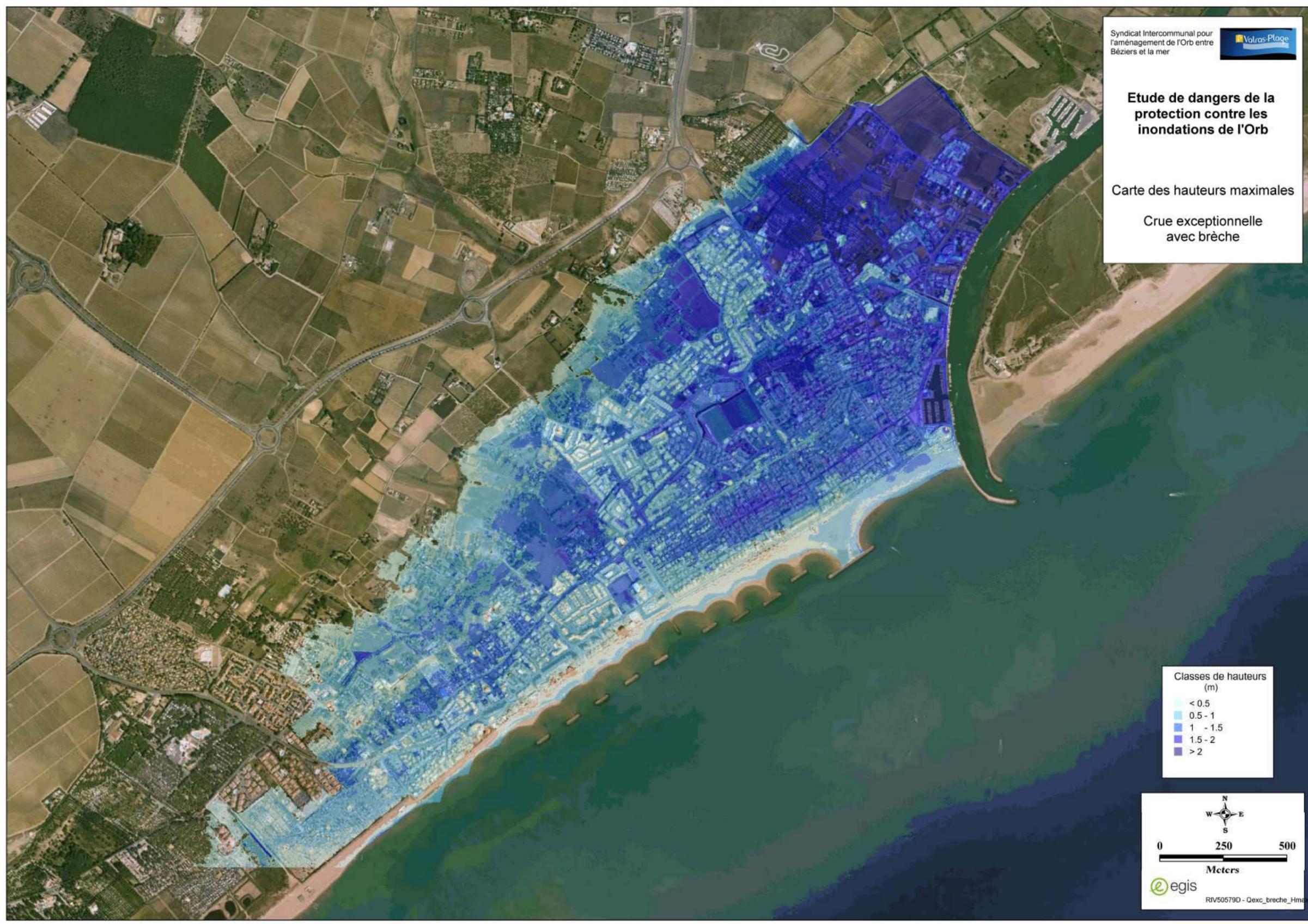
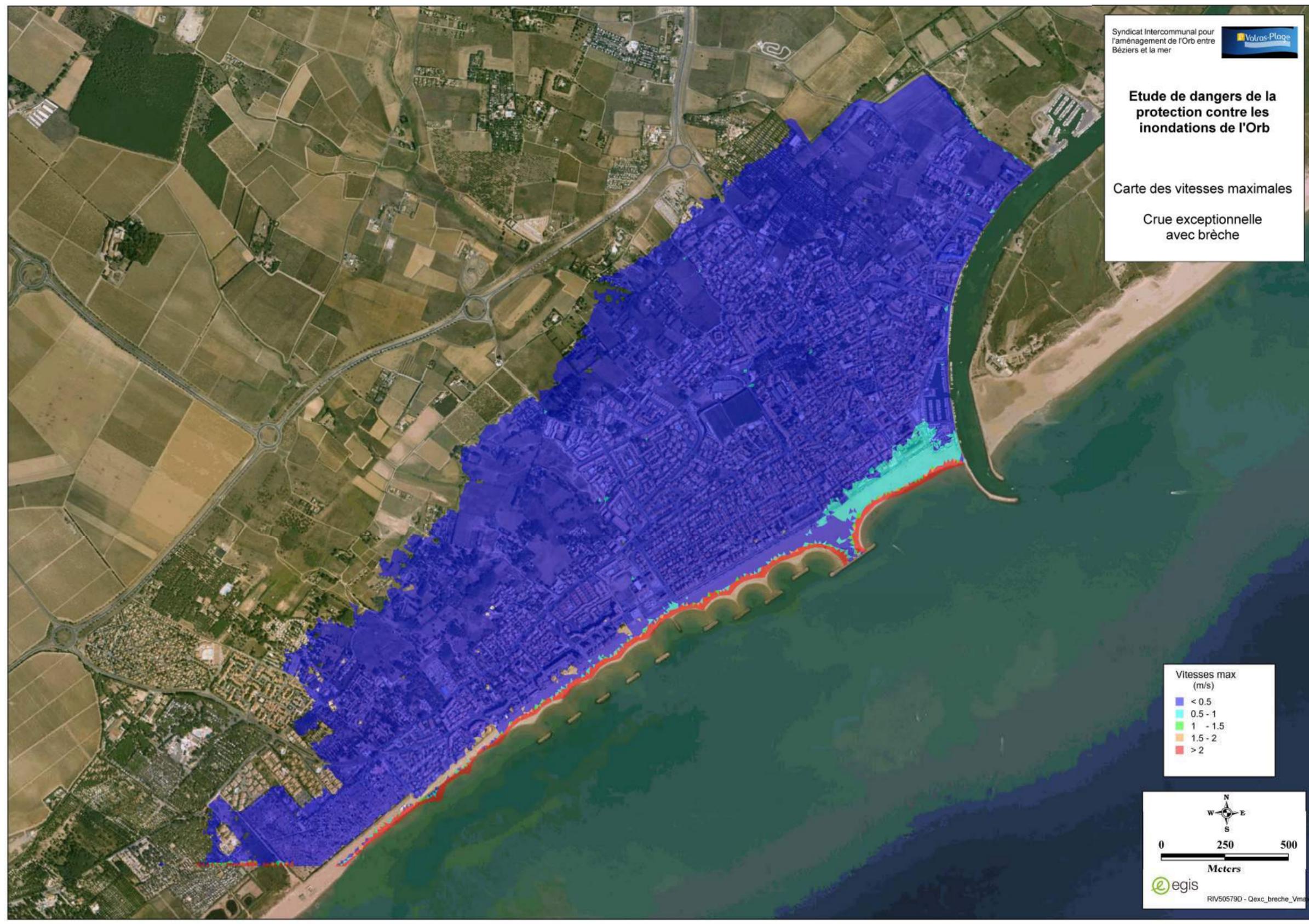


Figure 97 : Carte des vitesses maximales d'écoulement en crue exceptionnelle avec rupture de la digue de Querelles



Les figures ci-après permettent de visualiser l'étendue de la zone inondée à T+30 mn, T+1 h, T+2 h, T+3 h, T+4 h, T+5 h, T+6 h, T+7 h, T+8 h, T correspondant au temps auquel les ouvrages commencent à surverser.

Le paroxysme de la crue est atteint au bout de 8 h.

Figure 98 : Hauteurs maximales à T + 30 mn



Figure 99 : Hauteurs maximales à T + 1h



Figure 100 : Hauteurs maximales à T + 2h



Figure 101 : Hauteurs maximales à T + 3h



Figure 102 : Hauteurs maximales à T + 4 h



Figure 103 : Hauteurs maximales à T + 5 h



Figure 104 : Hauteurs maximales à T + 6 h



Figure 105 : Hauteurs maximales à T + 7 h



Figure 106 : Hauteurs maximales à T + 8 h



Le nombre d'habitants impactés est le suivant :

Tableau 62 : Nombre d'habitants impactés en crue exceptionnelle

Situation	Nombre de bâtis impactés dans le cas de la submersion	
	Hiver	Eté
Paroxysme de l'événement	4 579	36 632

Le risque résiduel encouru par les populations est donc loin d'être négligeable en cas de submersion du dispositif de protection contre les inondations.

Cet aspect doit être intégré dans le PCS de la commune, pour prendre toutes les mesures utiles en temps et en heures pour informer voire organiser l'évacuation des personnes vulnérables à ces cotes d'inondation.

8.3.2.5 Scénarios 3 et 4 : Rupture de la digue de Querelles par érosion interne (renard)

Après l'étude de la submersion du dispositif de protection (submersion sans incident sur l'ouvrage et avec rupture de la digue de Querelles), il a été testé deux scénarios de rupture de digue dans des conditions de débit n'affectant pas, en temps normal, les enjeux protégés.

La cote en lit majeur reste inférieure à la cote des digues, mais une rupture de digue est simulée aux points jugés les plus critiques pour la vulnérabilité du village.

8.3.2.5.1 Localisation des scénarios modélisés

Le choix des scénarios de rupture s'est donc principalement basé sur la vulnérabilité des enjeux en arrière des ouvrages.

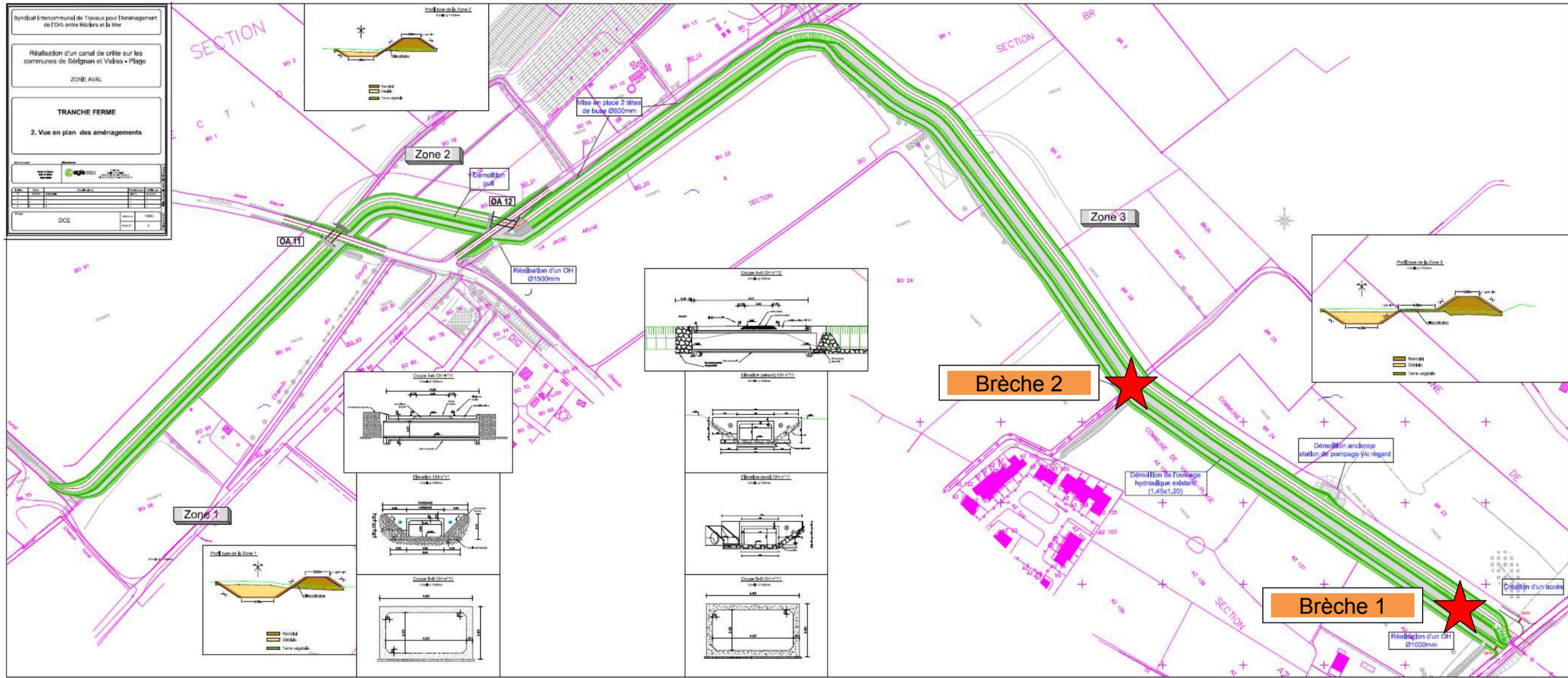
Cet incident est volontairement localisé sur les points les plus préjudiciables de la commune.

L'analyse préalable nous a conduits à considérer deux scénarios de brèche :

- ✓ Brèche 1 : située à proximité de l'Orb en un point où la charge hydraulique est maximale,
- ✓ Brèche 2 : située au plus proche des premières habitations.

Une carte de localisation des secteurs de défaillance choisis est présentée page suivante.

Figure 107 : Localisation des secteurs de défaillance choisis pour la modélisation 2D



8.3.2.5.2 Charge hydraulique au droit de l'ouvrage

L'hydrogramme testé est celui de la crue de projet, à savoir l'hydrogramme centennial.

La rupture de digue se produit à la décrue, à 70% ou 80% du débit de pointe. Cette situation est justifiée par la nécessité de se situer après la saturation du corps de digue (retour d'expérience).

Le scénario est celui de la formation d'un renard hydraulique.

8.3.2.5.3 Géométrie des brèches

8.3.2.5.3.1 Longueur des brèches

✓ Données issues de la littérature :

La littérature indique que statistiquement la longueur des brèches est le plus souvent de l'ordre de 3 à 4 fois la hauteur en amont de la brèche. Le CEMAGREF précise cependant que cet ordre peut être bien supérieur (jusqu'à 10 fois la hauteur d'endiguement).

✓ Largeurs retenues dans le cadre d'études de danger réalisées sur d'autres cours d'eau :

Elles sont variables d'une étude à l'autre, sans règle établie.

✓ Largeur retenue dans la présente étude :

La largeur de brèche est de 15 à 20 m (retour d'expérience : les largeurs de brèches sont proportionnelles aux hauteurs de digue).

8.3.2.5.3.2 Hauteur des brèches

Lors de la rupture d'une digue, il arrive souvent que se crée un surcreusement au droit de la brèche qui peut atteindre plusieurs mètres et qui influe significativement sur le régime d'écoulement, et donc sur le débit transitant par la brèche.

Dans le cas présent, les phénomènes de surcreusement ne seront pas pris en compte, c'est-à-dire que l'on considère que la brèche s'ouvre jusqu'à la cote du terrain naturel à l'arrière de la digue. En effet, nous supposons que la brèche s'étend beaucoup plus facilement en largeur qu'en hauteur.

8.3.2.5.3.3 Cinétique et durée d'ouverture des brèches

✓ Données retenues pour la présente étude de danger :

La brèche est simulée de manière progressive (implantation dans le modèle d'un seuil à clapets mobiles simulant la rupture progressive). La durée d'arasement est de 10 à 15 mn. Dans cet intervalle de temps, la digue est entièrement arasée depuis sa cote initiale jusqu'au terrain naturel.

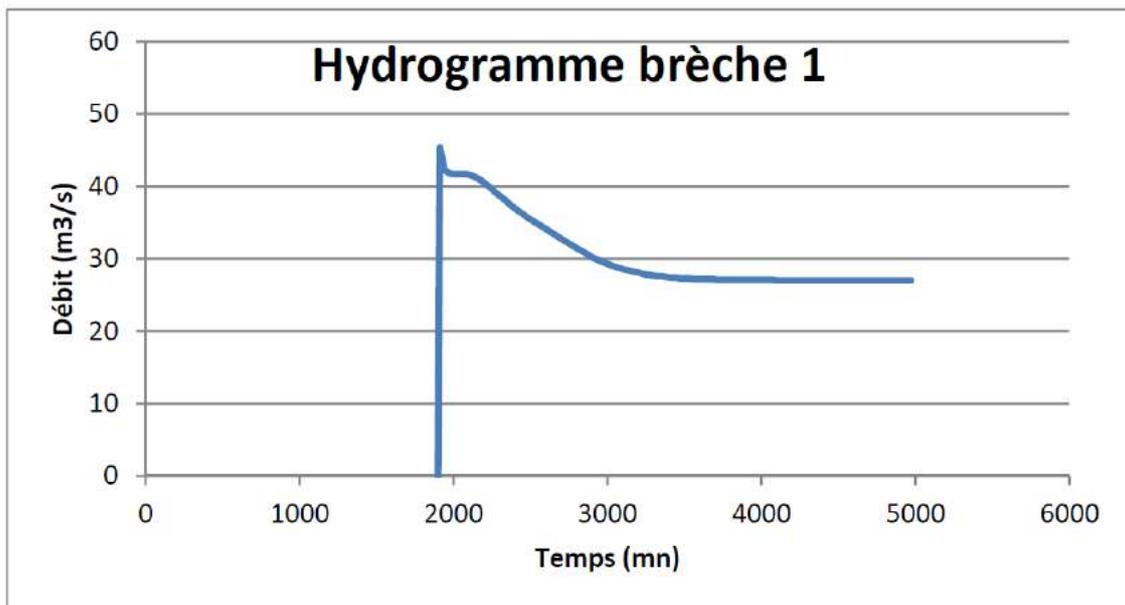
8.3.2.5.4 Description des conditions de remplissage du casier – Brèche 1

Il s'agit de décrire la cinématique de remplissage des casiers, et, en outre :

- ✓ De préciser les conditions de remplissage du casier,
- ✓ D'identifier les conséquences de cette mise en eau sur la population,

L'hydrogramme dans la brèche est le suivant :

Figure 108 : Hydrogramme dans la brèche 1

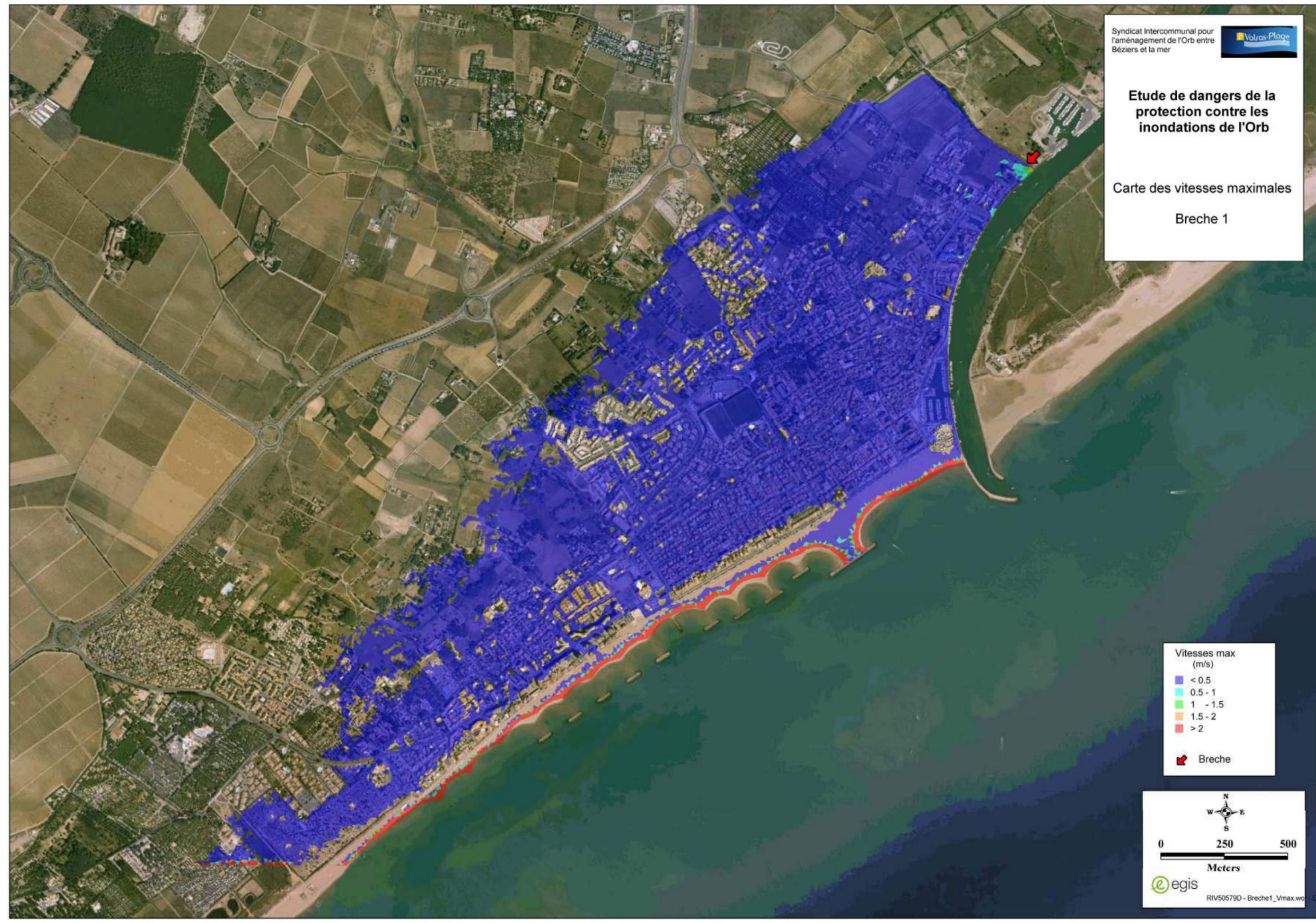


Les cartes des hauteurs d'eau et des vitesses maximales dans la zone protégée sont fournies pages suivantes.

Figure 109 : Carte des hauteurs d'eau maximales (Brèche 1)



Figure 110 : Carte des vitesses maximales d'écoulement (Brèche 1)



La cinématique de remplissage est décrite ci-après.

Le remplissage du casier est analysé à plusieurs pas de temps (le temps T correspond au temps auquel la brèche est formée) : T+30 mn, T+1 h, T+2 h, T+3 h, T+4 h, T+5 h, T+6 h et T+7 h.

Le temps T+7 h correspond au paroxysme de l'événement en terme de remplissage du casier.

Le nombre d'habitants impactés est le suivant :

Tableau 63 : Nombre d'habitants impactés

Situation	Nombre de bâtis impactés dans le cas de la rupture de digue	
	Hiver	Eté
Paroxysme	4 093	32 744

Le risque résiduel encouru par les populations est donc loin d'être négligeable en cas de rupture du dispositif de protection contre les inondations.

Cet aspect sera intégré dans le PCS de la commune, qui sera révisé dès le lancement de la réalisation de l'ouvrage.

Les données apportées par les modélisations seront mises à profit pour la constitution des fiches actions inhérentes à ce type d'incident ; elles prendront notamment en compte les temps de remplissage, les axes préférentiels, et les hauteurs d'eau à attendre.

Figure 111 : Hauteurs maximales à T + 30 mn (brèche 1)



Figure 112 : Hauteurs maximales à T+1 h (brèche 1)



Figure 113 : Hauteurs maximales à T+2 h (brèche 1)



Figure 114 : Hauteurs maximales à T+3 h (brèche 1)



Figure 115 : Hauteurs maximales à T+4 h (brèche 1)



Figure 116 : Hauteurs maximales à T+5 h (brèche 1)

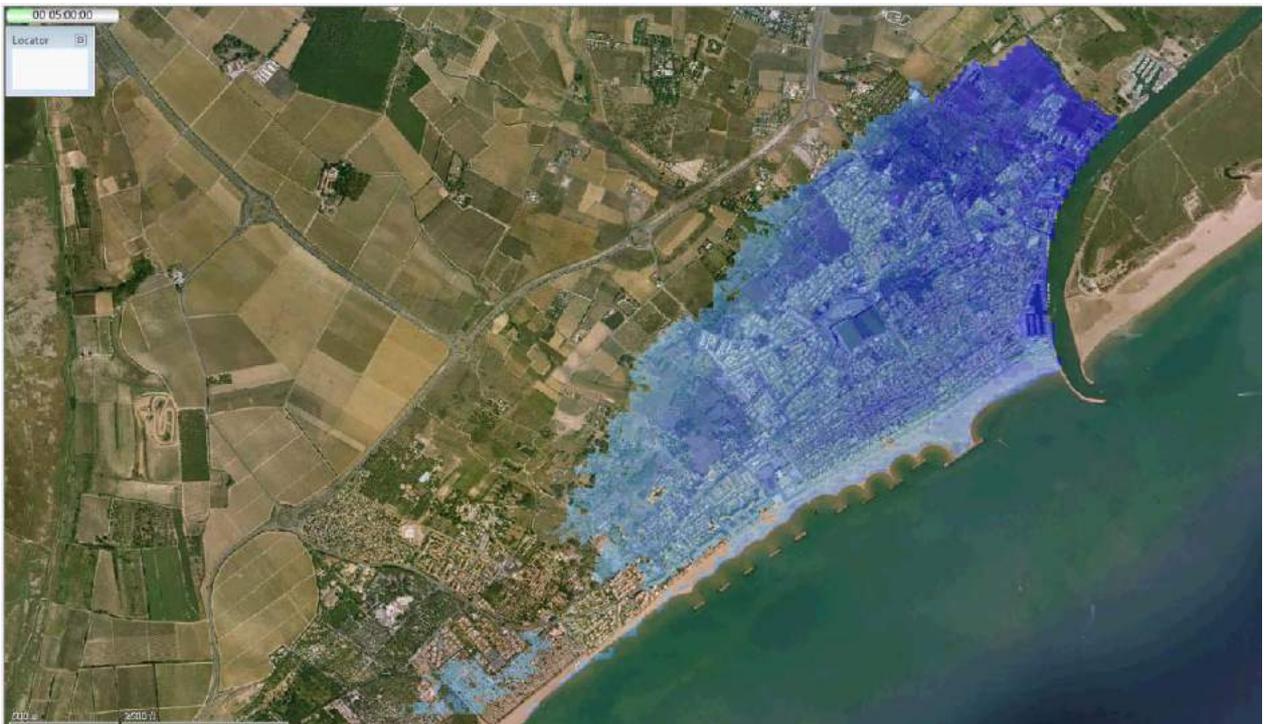


Figure 117 : Hauteurs maximales à T+6 h (brèche 1)



Figure 118 : Hauteurs maximales à T+7 h (brèche 1)



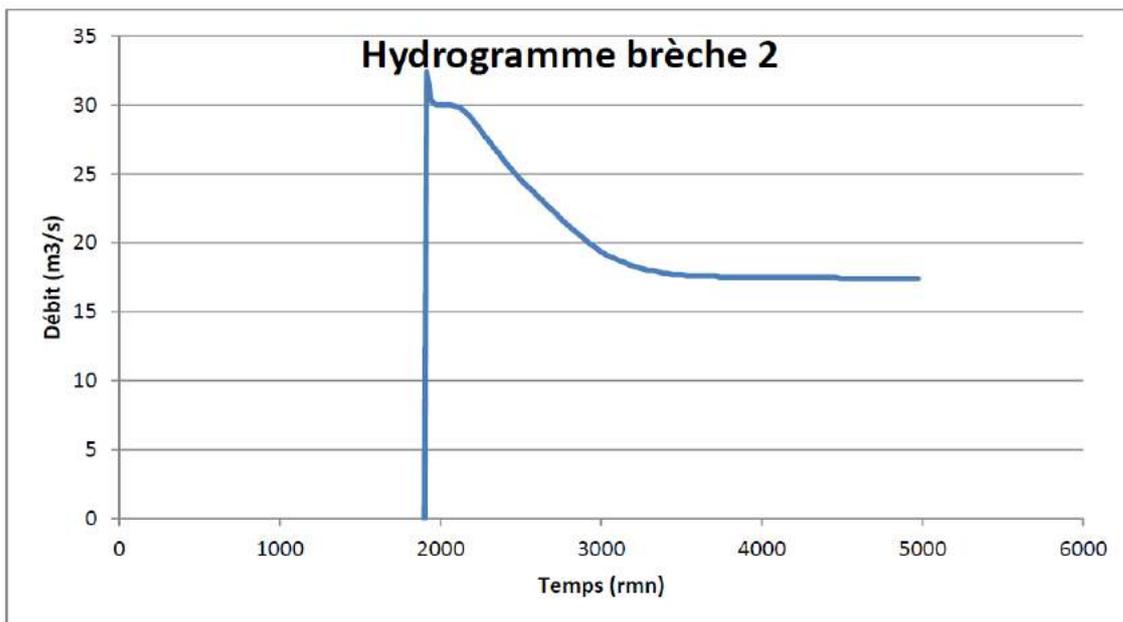
8.3.2.5.5 Description des conditions de remplissage du casier – Brèche 2

Il s'agit de décrire la cinématique de remplissage des casiers, et, en outre :

- ✓ De préciser les conditions de remplissage du casier,
- ✓ D'identifier les conséquences de cette mise en eau sur la population,

L'hydrogramme dans la brèche est le suivant :

Figure 119 : Hydrogramme dans la brèche 2

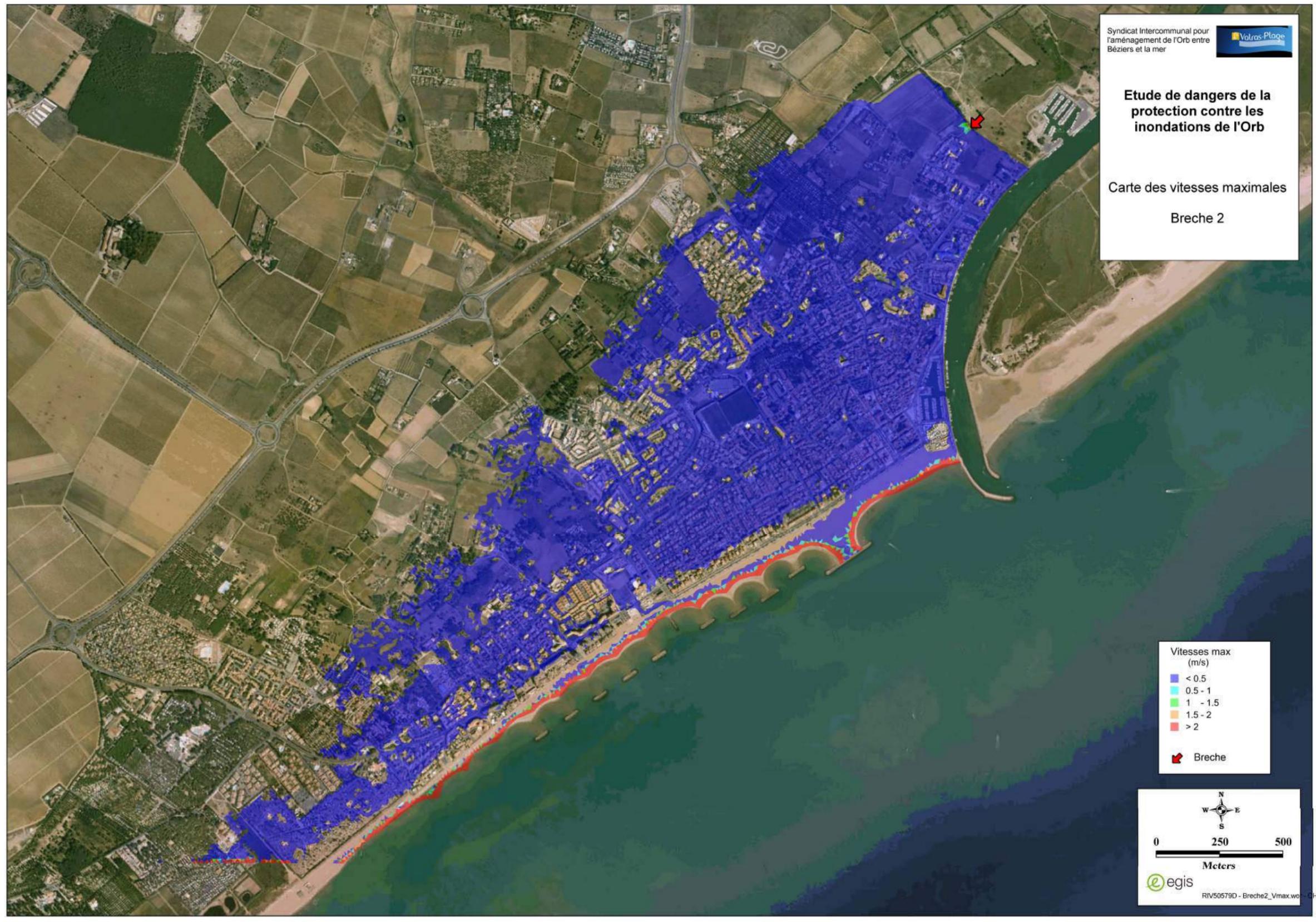


Les cartes des hauteurs d'eau et des vitesses maximales dans la zone protégée sont fournies pages suivantes.

Figure 120 : Carte des hauteurs d'eau maximales (Brèche 2)



Figure 121 : Carte des vitesses maximales d'écoulement (Brèche 2)



Le remplissage du casier est analysé à plusieurs pas de temps (le temps T correspond au temps auquel la brèche est formée) : T+30 mn, T+1h, T+2h, T+3h, T+4 h, T+5 h, T+6h, T+7 h, T+8 h, T+9 h, T+18 h.

Le nombre d'habitants impactés est le suivant :

Tableau 64 : Nombre d'habitants impactés (brèche 2)

Situation	Nombre d'habitants impactés dans le cas de la rupture de digue	
Paroxysme	2 836	22 688

Le risque résiduel encouru par les populations est donc loin d'être négligeable en cas de rupture du dispositif de protection contre les inondations.

Cet aspect sera intégré dans le PCS de la commune, qui sera révisé dès le lancement de la réalisation de l'ouvrage.

Les données apportées par les modélisations seront mises à profit pour la constitution des fiches actions inhérentes à ce type d'incident ; elles prendront notamment en compte les temps de remplissage, les axes préférentiels, et les hauteurs d'eau à attendre.

Figure 122 : Hauteurs maximales à T+30 mn (Brèche 2)

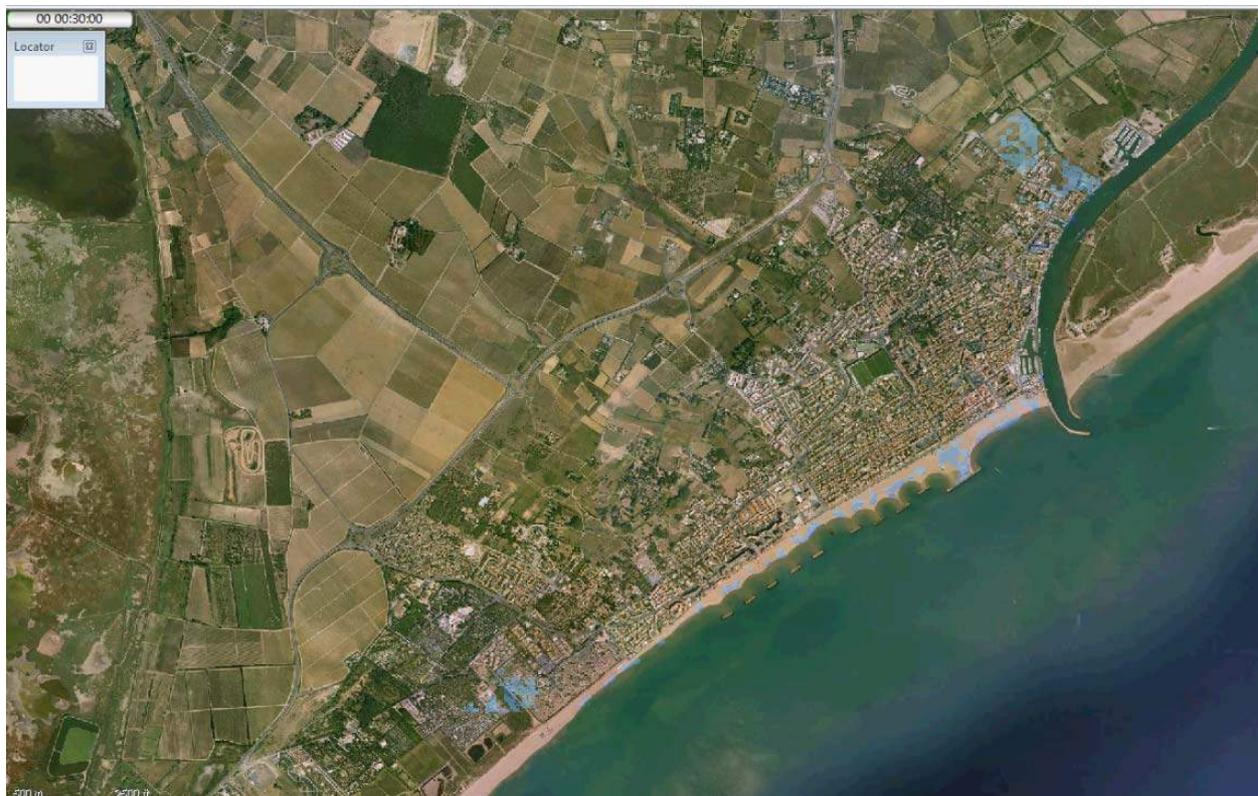


Figure 123 : Hauteurs maximales à T+1 h (Brèche 2)

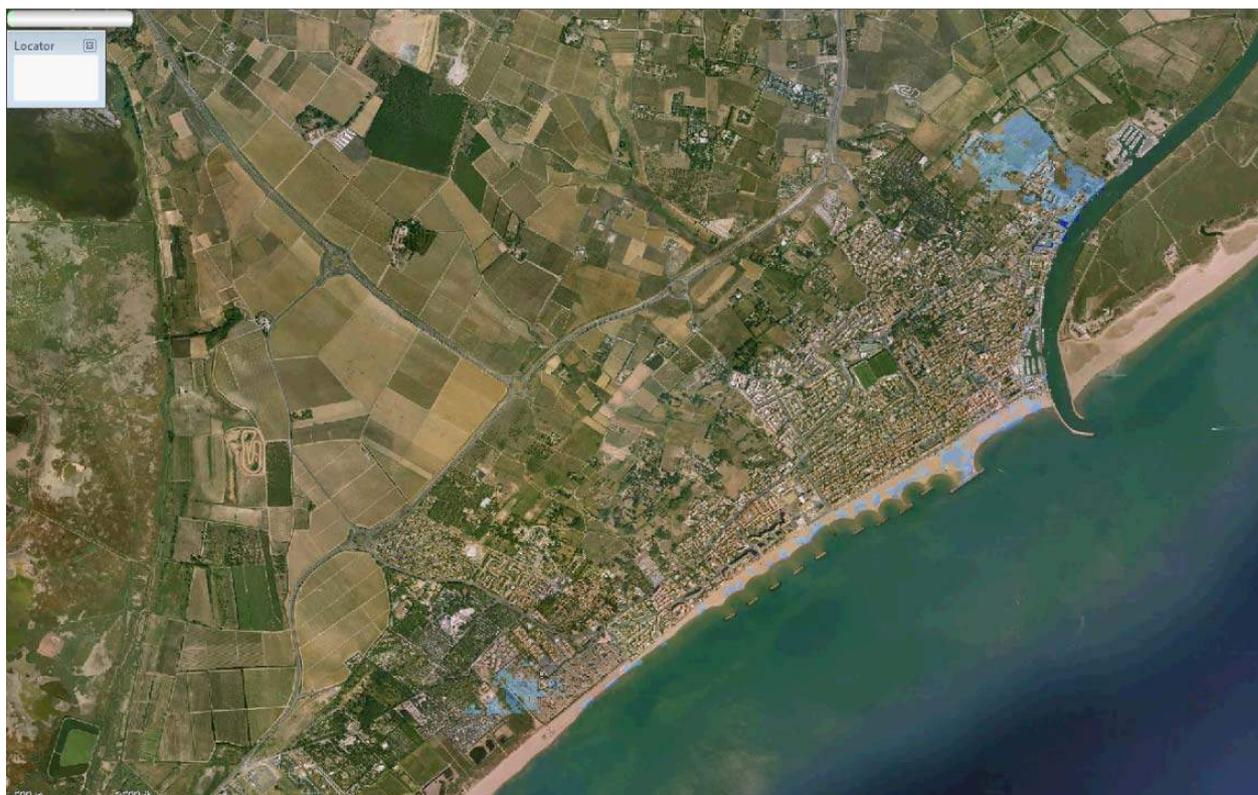


Figure 124 : Hauteurs maximales à T+2 h (Brèche 2)



Figure 125 : Hauteurs maximales à T+3 h (Brèche 2)

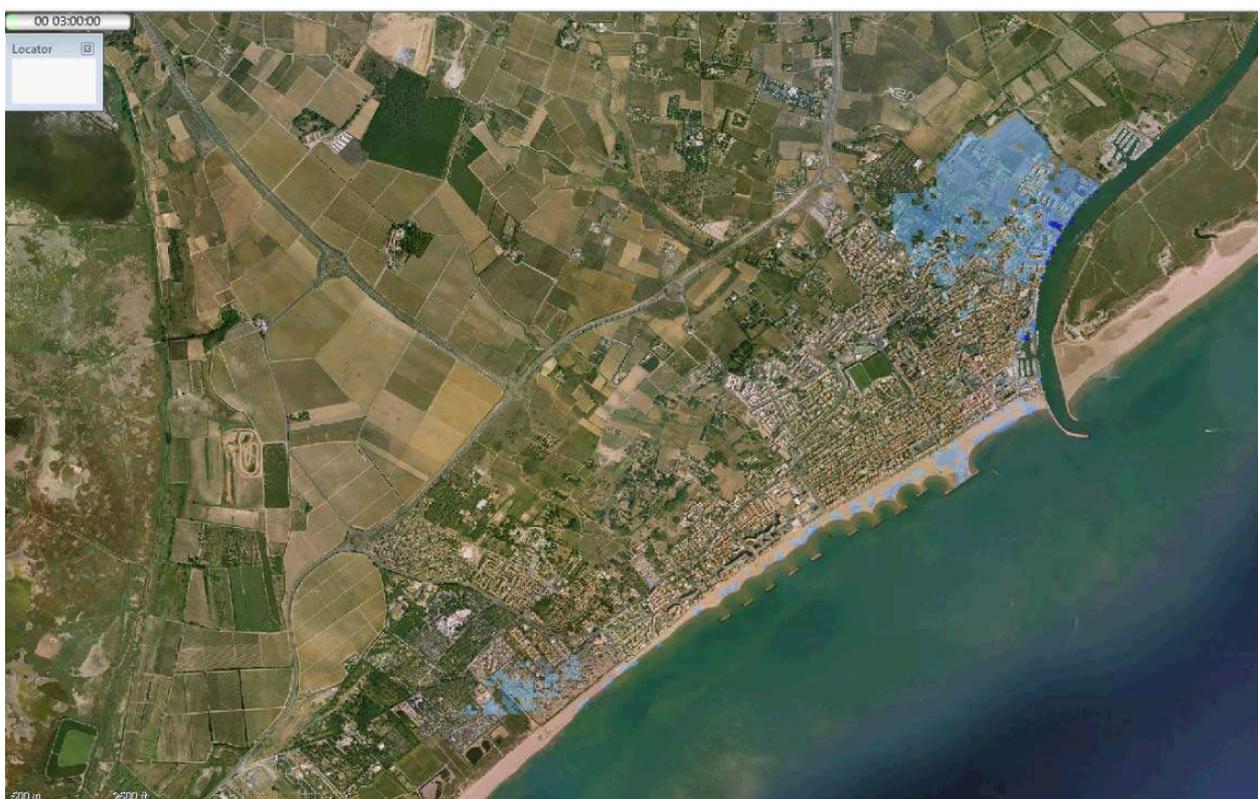


Figure 126 : Hauteurs maximales à T+4 h (Brèche 2)



Figure 127 : Hauteurs maximales à T+5 h (Brèche 2)



Figure 128 : Hauteurs maximales à T+ 6 h (Brèche 2)



Figure 129 : Hauteurs maximales à T+7 h (Brèche 2)



Figure 130 : Hauteurs maximales à T+8 h (Brèche 2)



Figure 131 : Hauteurs maximales à T+9 h (Brèche 2)



Figure 132 : Hauteurs maximales à T+18 h (Brèche 2)



8.3.3 Evaluation de la gravité des scénarios modélisés

8.3.3.1 Grille d'évaluation de la gravité

Le guide de lecture des études de dangers annexé à la circulaire du 8 juillet 2008 relative au contrôle et la sécurité des ouvrages hydrauliques propose la grille suivante pour l'évaluation de la gravité d'un évènement de rupture :

Tableau 65 : Grille d'évaluation de la gravité de l'évènement de rupture*

Classes de gravité des conséquences (par ordre décroissant)	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique rapide ¹	Nombre de personnes exposées en zone à cinétique lente ²
5. désastreux	≥1 000	≥10 000
4. catastrophique	≥100 et <1 000	≥1 000 et <10 000
3. Important	≥10 et <100	≥100 et <1 000
2. Sérieux	≥1 et <10	≥10 et <100
1. modéré	-	≥10 et <10

1 : cinétique rapide : soudaineté de l'évènement ne permettant pas aux habitants de se mettre à l'abri.

2 : cinétique lente : cinétique permettant une alerte et une évacuation pour la majorité de la population concernée.

* Cf. Guide de lecture des études de dangers des ouvrages hydrauliques (chapitre 8 - ¶ III-d) réalisé par le MEDD.

Le tableau suivant fait la synthèse de chaque scénario envisageable et de leurs conséquences sur les enjeux humains.

Tableau 66 : gravité des scénarios

Scénario	Description du scénario	Impact hydraulique	Enjeux humains impactés	gravité
Crue exceptionnelle	Surverse sans rupture	Cinétique rapide	36 632 résidents	désastreux
Crue exceptionnelle	Surverse avec rupture digue de Querelles	Cinétique rapide	36 632 résidents	désastreux
Crue 100 ans Brèche 1	Rupture digue de Querelles	Cinétique rapide	32 744 résidents	désastreux
Crue 100 ans Brèche 2	Rupture digue de Querelles	Cinétique rapide	32 744 résidents	désastreux

8.4 Criticité des scénarios de défaillance potentiels

8.4.1 Définition de la criticité

La criticité est définie comme le croisement entre la probabilité d'occurrence du scénario et la gravité des conséquences potentielles.

Les probabilités d'occurrence considérées sont celles établies lors de l'analyse des défaillances.

Pour chaque scénario de défaillance, la probabilité d'occurrence prise en compte pour évaluer la criticité est la plus pénalisante.

Les gravités considérées sont celles établies lors de l'analyse de la cinétique des événements redoutés.

Un scénario d'accident ayant des conséquences désastreuses ne pourra être en classe 'verte' que si sa probabilité d'occurrence est très négligeable. A l'inverse, un scénario ayant des conséquences modérées sera classé en 'rouge' si sa probabilité d'occurrence est forte.

8.4.2 Résultats

Tableau 67 : Matrice de criticité

PROBABILITE					
A – courant					
B – probable					
C – improbable					
D – très improbable					
E – extrêmement peu probable					Scénario 1 Scénario 2 Scénario 3 Scénario 4
	1 modéré	2 sérieux	3 important	4 Catastrophique	5 Désastreux
	GRAVITE				

La conséquence de l'analyse de la criticité peut être l'élaboration de prescriptions chacune des 3 zones (criticité verte – orange – rouge), pouvant porter sur :

- la réglementation de l'occupation du sol
- l'obligation de mettre en place des plans d'évacuation
- l'entretien et le suivi des ouvrages
- l'information de la population

9. Rubrique 9 : Etude de réduction des risques

A partir des scénarios identifiés comme critiques et en prenant en compte les dispositions déjà mises en œuvre pour maîtriser les risques ainsi que les éléments de l'étude accidentologique, cette rubrique présente la démarche de réduction des risques que le responsable de l'ouvrage se propose de conduire, dans une logique d'amélioration continue. Cette démarche identifie et justifie, parmi les différentes mesures envisageables, les mesures retenues par le responsable de l'ouvrage pour réduire les risques, en portant une appréciation sur leur efficacité espérée.

Dans le cas des ouvrages existants, le responsable de l'ouvrage précise le délai de mise en œuvre des mesures envisagées ainsi que les mesures qui sont prises à titre provisoire.

Cette rubrique présente également les études complémentaires dont l'étude de dangers a montré la nécessité et qui font l'objet de délais sur lesquels s'engage le responsable de l'ouvrage.

Les réponses apportées à l'encontre des risques sont des mesures et dispositions d'ordre structurelles et fonctionnelles :

Plusieurs niveaux de barrières de sécurité sont prévus :

✓ Dispositions structurelles :

- Mesures prises lors de la conception de l'ouvrage restant à réaliser,

✓ Dispositions fonctionnelles :

- Mesures de surveillance et d'entretien des digues et ouvrages (clapet, etc),
- Mesures de surveillance et d'entretien des ouvrages sur lit mineur,
- Organisation de la sécurité en cas de crue (système d'annonce de crue).

9.1 Dispositions structurelles

Conception du muret réalisée dans les règles de l'Art offrant des garanties de stabilité éprouvées et de résistance à la surverse.

9.2 Dispositions fonctionnelles

- ✓ Engagement du Syndicat Béziers la Mer et de la commune de Valras-Plage sur un protocole de surveillance, d'entretien et d'exploitation de la digue et des dispositifs de vidange garantissant la pérennité de leurs caractéristiques et fonctionnalités,
- ✓ Dispositif d'alerte de crues déclenchant l'évacuation des habitations menacées lors de l'atteinte d'un niveau critique dans la plaine inondable.

9.2.1 Surveillance des ouvrages

Un contrôle visuel devra être réalisé une fois par an minimum et après chaque crue, notamment après l'entretien de la végétation afin de détecter d'éventuelles formations de fissures, tassements, cônes de glissement ou encore le creusement de terrier dans la digue par des animaux, en particulier les rongeurs, formation d'embâcles.

Une expertise complète de l'ouvrage (visuelle et géotechnique) est obligatoire tous les ans.

9.2.2 Entretien des ouvrages

L'entretien porte sur la digue et les ouvrages hydrauliques associés.

Un entretien régulier devra être réalisé selon une fréquence minimale de 1 fois par an.

9.2.3 Schéma d'organisation de l'alerte et de la gestion de crise

Un **plan communal de sauvegarde** est réalisé par la commune de Valras-Plage. Ce plan doit prévoir différents niveaux d'intervention à partir de l'observation des crues en amont.

Le plan d'alerte et d'intervention à prévoir en cas de rupture traitera des mesures à prendre en se référant au plan communal de sauvegarde. Il définit les organismes à prévenir (Mairie, Gendarmerie, Pompiers, Protection civile, ARS, DDTM, Maître d'ouvrage, ...) et prévoit les modalités d'intervention ainsi que les dispositions à prendre.

Le service responsable de l'entretien et des interventions en cas de crise sera à désigner. Une **liste des personnes et organismes** à prévenir en priorité en cas de crise.

Aux dispositions prévues dans le PCS, il convient de préciser par rapport à la problématique rupture de digue, déjà envisagée dans les PCS :

- ✓ L'inspection systématique de la digue en cas de vigilance puis d'alerte,
- ✓ L'alerte des premiers riverains de la digue en cas de rupture ou surverse identifiée,
- ✓ L'arrêt de la circulation sur les infrastructures, dès l'identification d'un risque de rupture ou surverse.

Cependant le délai très court en cas de rupture (moins d'une heure) rend l'alerte et l'intervention difficilement réalisable. Une inspection systématique en début de crue, si elle est possible, présente donc l'intérêt de recueillir des informations sur le comportement en charge de la digue habituellement à sec (même si la mise en charge n'est que partielle en cas de crue moyenne), d'évaluer la sécurité de la digue en situation de crise (crue majeure) et d'anticiper les dysfonctionnements.

Les interventions à prévoir pour conduire le diagnostic en crue doivent avoir été définies au préalable dans un plan de vigilance circonstancié où sont précisées toutes les modalités pratiques d'exécution :

- ✓ Personnel mobilisable par secteur de digue,
- ✓ Répartition des tâches entre les exécutants, formation préalable,
- ✓ Liste des points à surveiller particulièrement,
- ✓ Consignes et matériels de sécurité vis-à-vis des risques encourus par les opérateurs,
- ✓ Si nécessaire, moyens hélicoptés mobilisables.

Enfin, l'inspection n'a d'intérêt que si elle est restituée sous forme d'un compte rendu écrit, complété par des photos.

9.2.4 Mesures pour limiter les conséquences du risque de rupture

La zone d'aggravation du risque est essentiellement liée aux sur-vitesses à proximité immédiate de la brèche.

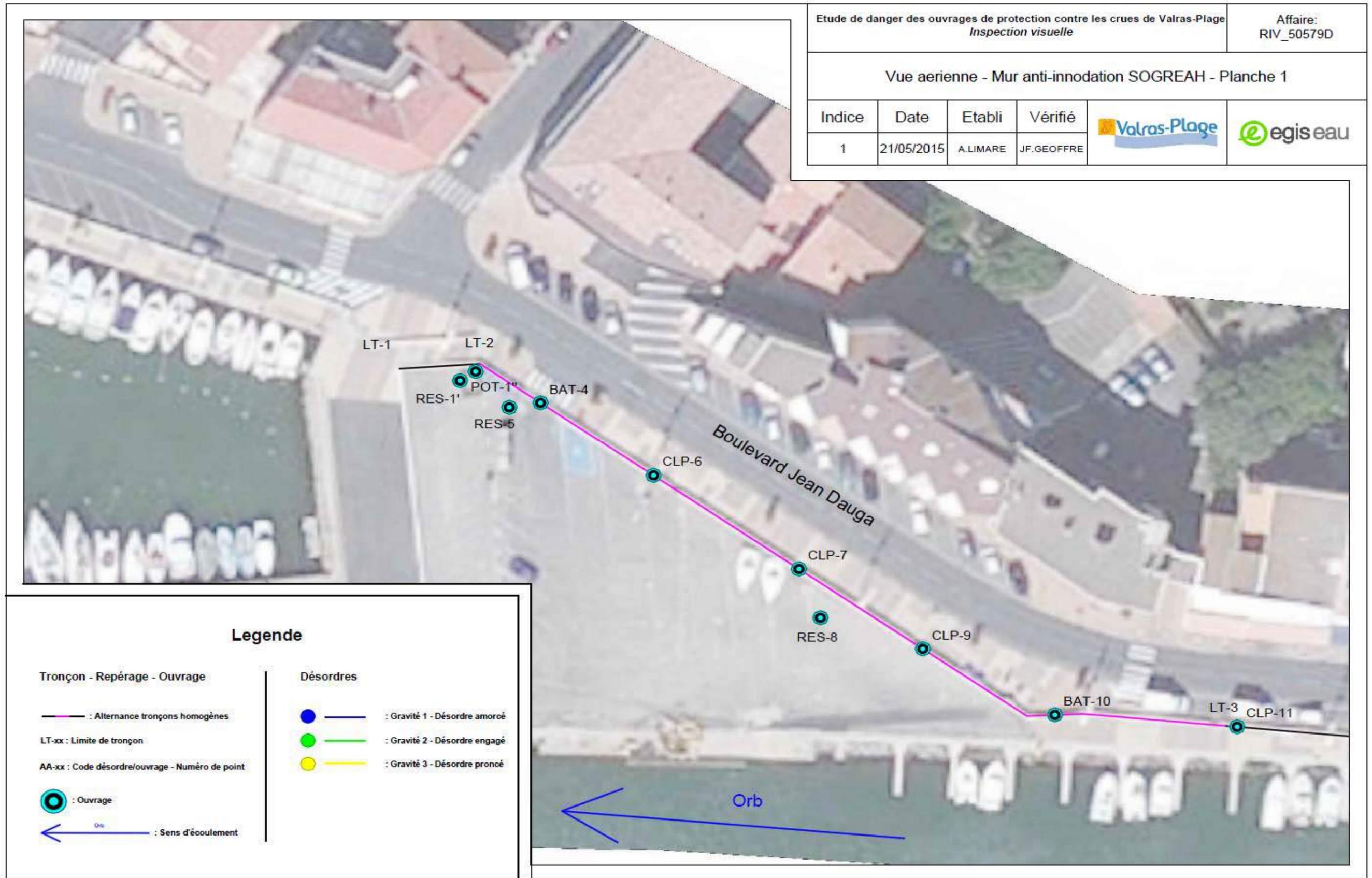
Il est donc essentiel de définir **une bande de sécurité à l'arrière de la digue** dans les zones non urbanisées.

Cette bande de sécurité représente la zone dans laquelle une rupture de la digue représente un sur-aléa par rapport à l'état initial sans digue et pourrait avoir des conséquences sur la vie humaine (augmentation des vitesses liées à la brèche).

Dans cette bande de sécurité toute nouvelle zone à enjeu est à proscrire.

10. Rubrique 10 : Cartographie

10.1 Cartographie d'inspection visuelle



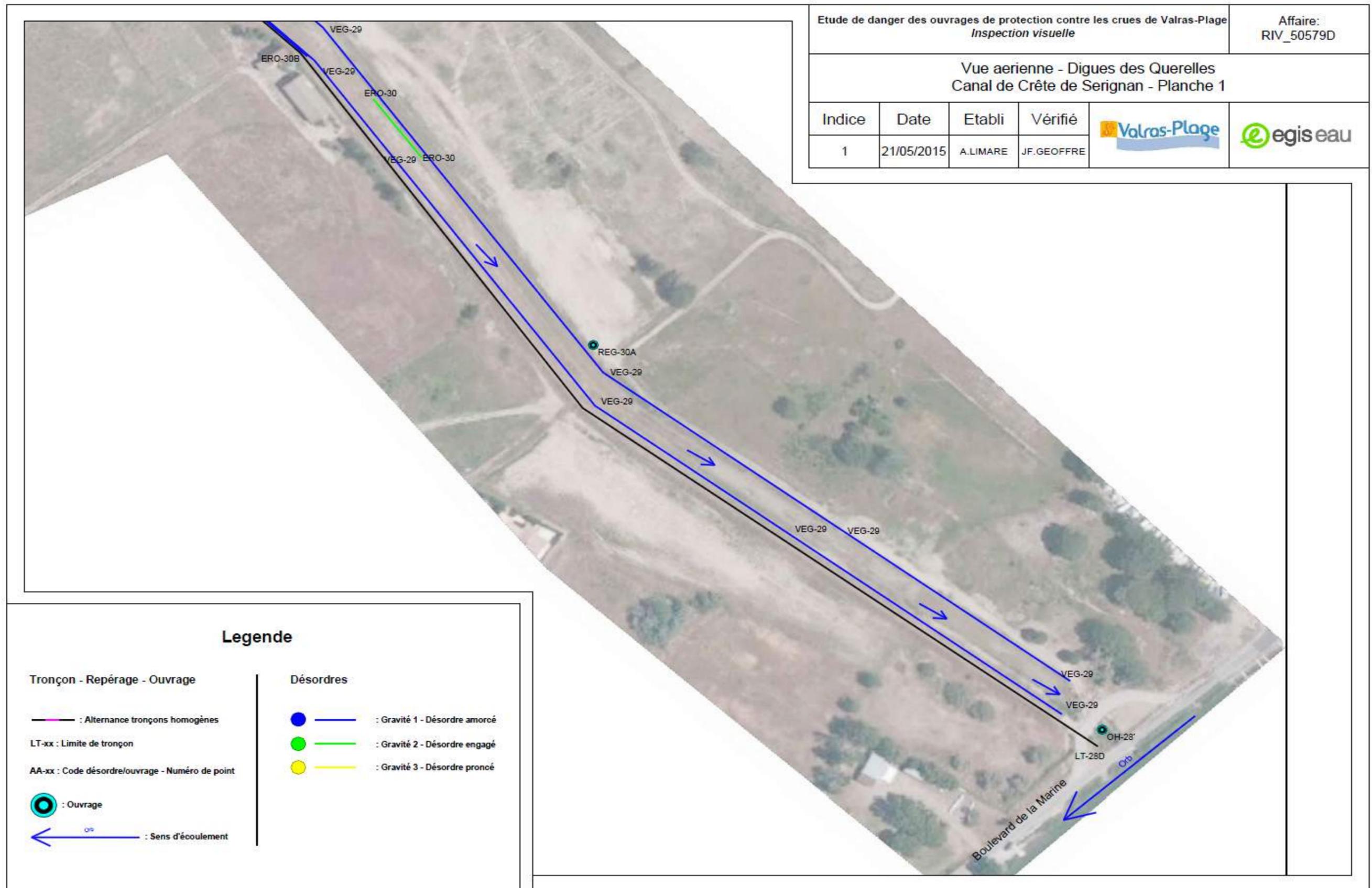
Etude de danger des ouvrages de protection contre les crues de Valras-Plage <i>Inspection visuelle</i>				Affaire: RIV_50579D	
Vue aeriene - Mur anti-innodation SOGREAH - Planche 2					
Indice	Date	Etabli	Vérifié	Valras-Plage	egis eau
1	21/05/2015	A.LIMARE	JF.GEOFFRE		

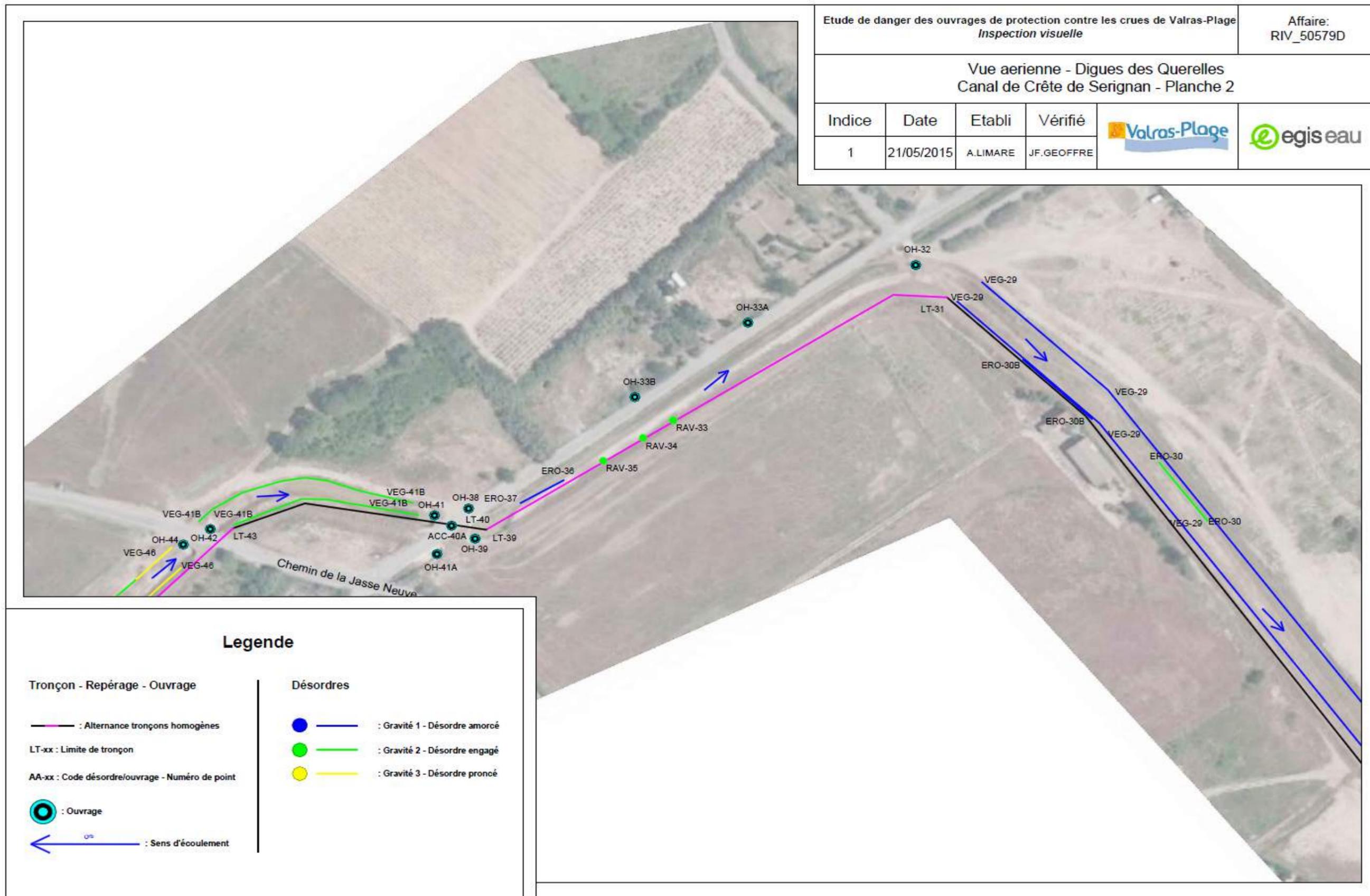


Legende

- Tronçon - Repérage - Ouvrage**
- : Alternance tronçons homogènes
 - LT-xx : Limite de tronçon
 - AA-xx : Code désordre/ouvrage - Numéro de point
 - ⊙ : Ouvrage
 - ← Orb : Sens d'écoulement

- Désordres**
- : Gravité 1 - Désordre amorcé
 - : Gravité 2 - Désordre engagé
 - : Gravité 3 - Désordre prononcé





ANNEXES

Annexe 1 : Résultats géotechniques

Annexe 1.1 : Etude géotechnique CAZAL/Fondasol – Printemps 2010

CAZAL	FICHE DE SUIVI D'INFILTRATION N° 1	CHANTIER VALRAS
	LABORATOIRE	Date : 22/04/10

MESURE DE PERMEABILITE

Selon NF X 30-418 Infiltromètre Double Anneau "C.E.R.A.S."

DATE : 20/04/10	Essai Sol Remanié C.B.R. :	
Origine :	Essai Double Anneau in Situ :	X
Niveau : DIGUE partie supérieure	avec Infiltration : 330 cm ² et Section mesure 33 cm ²	

Jour début saturation : 20/04/10

Heure début saturation : 11 Heures 11

Temps écoulé	Lecture niveau d'eau (mm)	Vitesse infiltration Vv (m/s)	Température	Vitesse infiltration corrigée Vv20 (m/s)	PERMEABILITE K (m/s)
0 h 54	4,268	0,0E+00	19,4	0,0E+00	0,0E+00
0 h 55	4,269	1,7E-09	19,3	1,7E-09	6,2E-10
0 h 56	4,268	-1,7E-09	19,3	-1,7E-09	∞
0 h 57	4,268	0,0E+00	19,3	0,0E+00	0,0E+00
0 h 59	4,292	2,0E-08	19,3	2,0E-08	7,4E-09
1 h 01	4,522	1,9E-07	19,3	1,9E-07	7,1E-08
1 h 03	5,322	6,7E-07	19,3	6,8E-07	2,5E-07
1 h 05	6,216	7,5E-07	19,3	7,6E-07	2,8E-07
1 h 07	6,804	4,9E-07	19,3	5,0E-07	1,8E-07
1 h 09	7,242	3,7E-07	19,3	3,7E-07	1,4E-07
1 h 14	8,527	4,3E-07	19,3	4,4E-07	1,6E-07
1 h 19	9,443	3,1E-07	19,2	3,1E-07	1,1E-07
1 h 24	11,516	6,9E-07	19,2	7,0E-07	2,6E-07
1 h 29	12,122	2,0E-07	19,2	2,1E-07	7,5E-08
1 h 34	12,521	1,3E-07	19,2	1,4E-07	4,9E-08
1 h 39	13,347	2,8E-07	19,2	2,8E-07	1,0E-07
1 h 49	16,169	4,7E-07	19,2	4,8E-07	1,7E-07
1 h 59	17,135	1,6E-07	19,2	1,6E-07	6,0E-08
2 h 09	17,831	1,2E-07	19,2	1,2E-07	4,3E-08
2 h 19	19,585	2,9E-07	19,2	3,0E-07	1,1E-07

Contrôle après essai par autopsie pour détermination Zp (profondeur infiltration en cm) : OUI Zp = 3,0

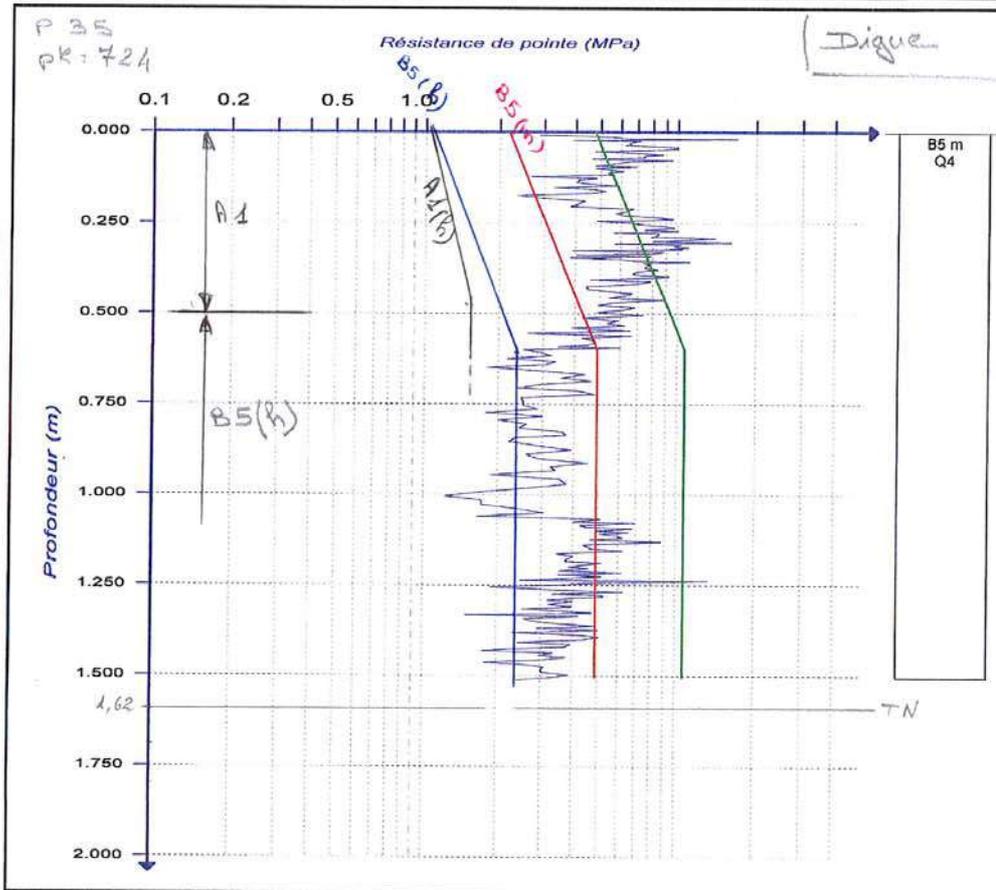
Hauteur d'eau (en cm) en fin d'essai H1 = 5,3

PERMEABILITE FINALE : 1,2E-07 m/s



Contrôle de compactage au pénétromètre dynamique à énergie variable norme XP P94-105

Document : S:\secrétariat\2010\Affaires\ETTDigues de Valras Panda.pd2		
Site : Dignes de Valras		
Sondage : PANDA4		
Organisme : FONDASOL	Date : 20/04/2010	Heure : 14:45:00
Type d'appareil : Panda 2		



Couche/Anomalies détectées : Couche 1 = Anomalie type 4. Anomalie globale du sondage = Anomalie type 4.	
Opérateur : B. LESGOURGUES	Responsable : S. SIMON
Signature :	Signature :

Annexe 1.2 : Etudes géotechniques BUESA Mars 2014



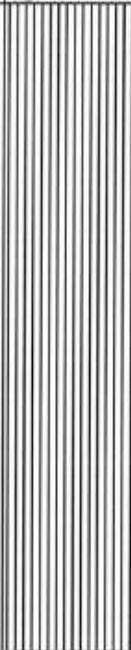
CANAL DE CRETE
VALRAS

SONDAGE n° 01

Date : 05/03/2014

Localisation du sondage : S1

Type de sondage : Pelle mécanique

Arrivée d'eau	Coupe	Profondeur	Description des matériaux	Classification GTR	Observations
		0.30m	Terre végétale		
		0.80m	Grave limono sableuse brun		
		4.00m	Argile brune à passées grises	A2	
			Rédaction		
			Date : 17/03/2014 Nom : E.VO-HA Visa :		
D14-0					



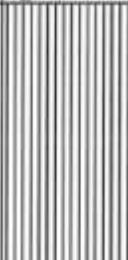
CANAL DE GRETE
VALRAS

SONDAGE n° 02

Date : 05/03/2014

Localisation du sondage : S2

Type de sondage : Pelle mécanique

Arrivée d'eau	Coupe	Profondeur	Description des matériaux	Classification GTR	Observations
		0.15m	Terre végétale		
		1.80m	Grave sablo argileuse brun	C1B5	
		2.40m	Grave sablo argileuse brun foncé	C1B5	
		3.60m	Argile brune à passées grises		
			Rédaction		
			Date : 17/03/2014 Nom : E VO-HA Visa :		
D14-0					

 Entreprise BUESA ZI René GOMEZ 34500 BEZIERS		MESURE AU PERMEAMETRE DOUBLE ANNEAU C.E.R.A.S NF X30-418																																																																	
Chantier : Canal de Crête - Valras		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Essai n° 1</div>																																																																	
OBSERVATION: essai réalisé au laboratoire MATERIAU: Argile beige à passée grise PROVENANCE: du site																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>T° C</th> <th>Temps (s)</th> <th>Lecture (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>19,0</td><td>0</td><td>-0,053</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>30</td><td>-0,054</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>60</td><td>-0,053</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>120</td><td>-0,053</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>180</td><td>-0,050</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>240</td><td>-0,050</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>300</td><td>-0,049</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>360</td><td>-0,047</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>780</td><td>-0,047</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>600</td><td>-0,0453</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>900</td><td>-0,041</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>1500</td><td>-0,037</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>1800</td><td>-0,0259</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>2400</td><td>-0,0194</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>3000</td><td>0,0091</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>3600</td><td>0,0009</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>5400</td><td>0,0133</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>7200</td><td>0,024</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>14400</td><td>0,102</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>21600</td><td>0,251</td></tr> <tr><td>19,0</td><td>32400</td><td>0,379</td></tr> </tbody> </table>	T° C	Temps (s)	Lecture (mm)	19,0	0	-0,053	19,0	30	-0,054	19,0	60	-0,053	19,0	120	-0,053	19,0	180	-0,050	19,0	240	-0,050	19,0	300	-0,049	19,0	360	-0,047	19,0	780	-0,047	19,0	600	-0,0453	19,0	900	-0,041	19,0	1500	-0,037	19,0	1800	-0,0259	19,0	2400	-0,0194	19,0	3000	0,0091	19,0	3600	0,0009	19,0	5400	0,0133	19,0	7200	0,024	19,0	14400	0,102	19,0	21600	0,251	19,0	32400	0,379	<p>PERMEABILITE AU DOUBLE ANNEAU CERAS</p>
T° C	Temps (s)	Lecture (mm)																																																																	
19,0	0	-0,053																																																																	
19,0	30	-0,054																																																																	
19,0	60	-0,053																																																																	
19,0	120	-0,053																																																																	
19,0	180	-0,050																																																																	
19,0	240	-0,050																																																																	
19,0	300	-0,049																																																																	
19,0	360	-0,047																																																																	
19,0	780	-0,047																																																																	
19,0	600	-0,0453																																																																	
19,0	900	-0,041																																																																	
19,0	1500	-0,037																																																																	
19,0	1800	-0,0259																																																																	
19,0	2400	-0,0194																																																																	
19,0	3000	0,0091																																																																	
19,0	3600	0,0009																																																																	
19,0	5400	0,0133																																																																	
19,0	7200	0,024																																																																	
19,0	14400	0,102																																																																	
19,0	21600	0,251																																																																	
19,0	32400	0,379																																																																	
<p>Température moyenne = 19,0 °C Epaisseur de la zone saturée : Zw = 5,0 cm Charge hydraulique : h = 11,0 cm</p> <p style="text-align: right;">Vitesse d'infiltration verticale : Vv = 1,31E-08 m/s Gradient hydraulique : i=(Zw+h)/Zw = 3,20 Vitesse d'infiltration verticale à 20°C : V = 1,35E-08 m/s</p> <p style="text-align: center;">Valeurs prises en compte T : 3600 à 32400 s</p> <p style="text-align: right;">Perméabilité K = 4,22E-09 m/s</p>																																																																			
Objectif: nc	Résultat satisfaisant <input checked="" type="checkbox"/>	Résultat non conforme <input type="checkbox"/>																																																																	
Contrôle interne	Contrôle externe	Contrôle extérieur																																																																	
Date: 22/04/14 Nom: R RANC Visa:	Date: 22/04/14 Nom: E VO-HA Visa:	Date: 25/04/2014 Nom: R. PIERICR Visa:																																																																	
D12-0																																																																			

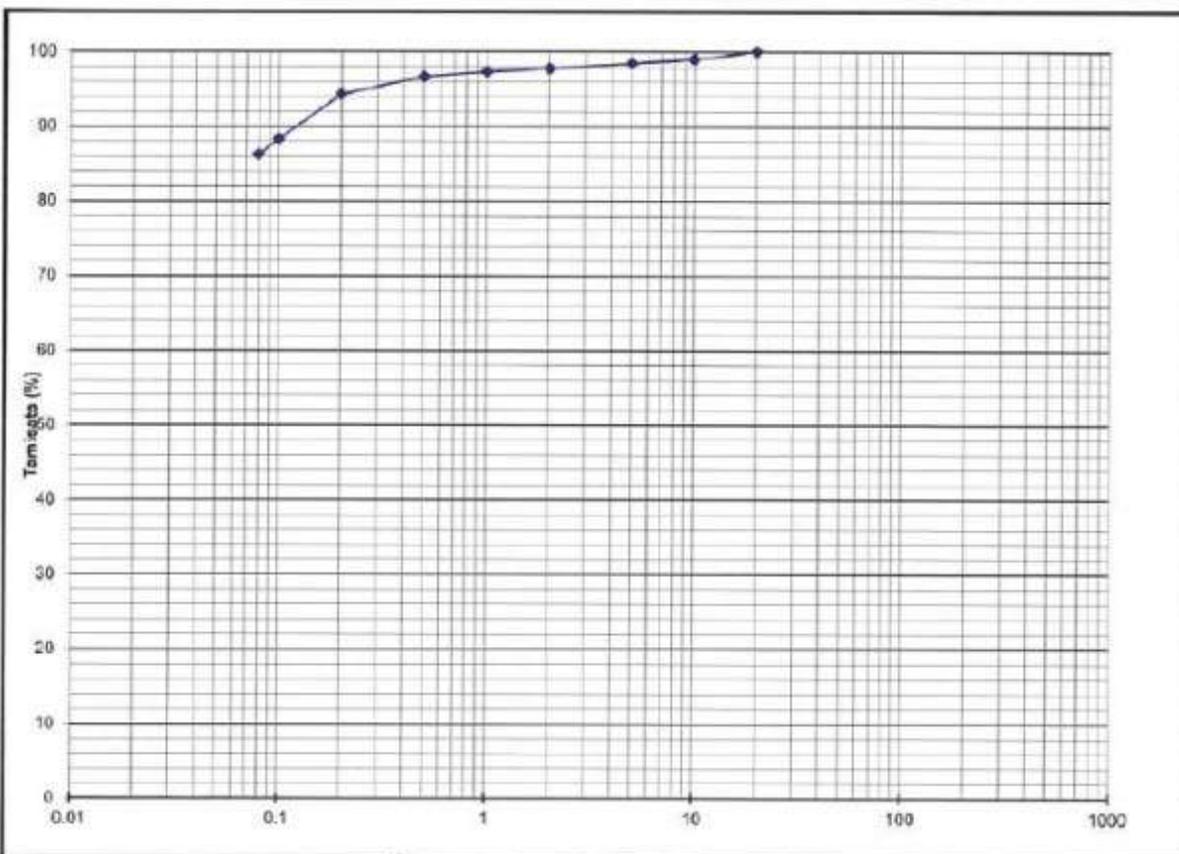


Entreprise BUESA
ZI Rue René GOMEZ
34500 BEZIERS

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P 94 056

CANAL DE CRETE DE VALRAS

DATE : 07/03/2014	0.08	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	31.5	50	80	100	150
Matériaux : Argile beige à passées grises	86.2	88.3	84.2	90.6	97.3	97.7	98.4	99.9	100					
Passant à 0.08 mm : 86.2 %	Date du prélèvement: 05/03/2014													
Passant à 2 mm : 97.7 %	Origine: Sondage S1 de - 0,80 a - 4,00 m													
Passant à 50 mm : 100 %	Profil:													
VBS : 3.48	Niveau:													
W% (0/20) : 19.3 %	Observation:													
IP														
GTR: A2														



Contrôle interne	Contrôle externe	Contrôle extérieur
Date: 07/03/2014 Nom: R.RANC Visa	Date: 07/03/2014 Nom: E.VO-HA Visa	Date: Nom: Visa

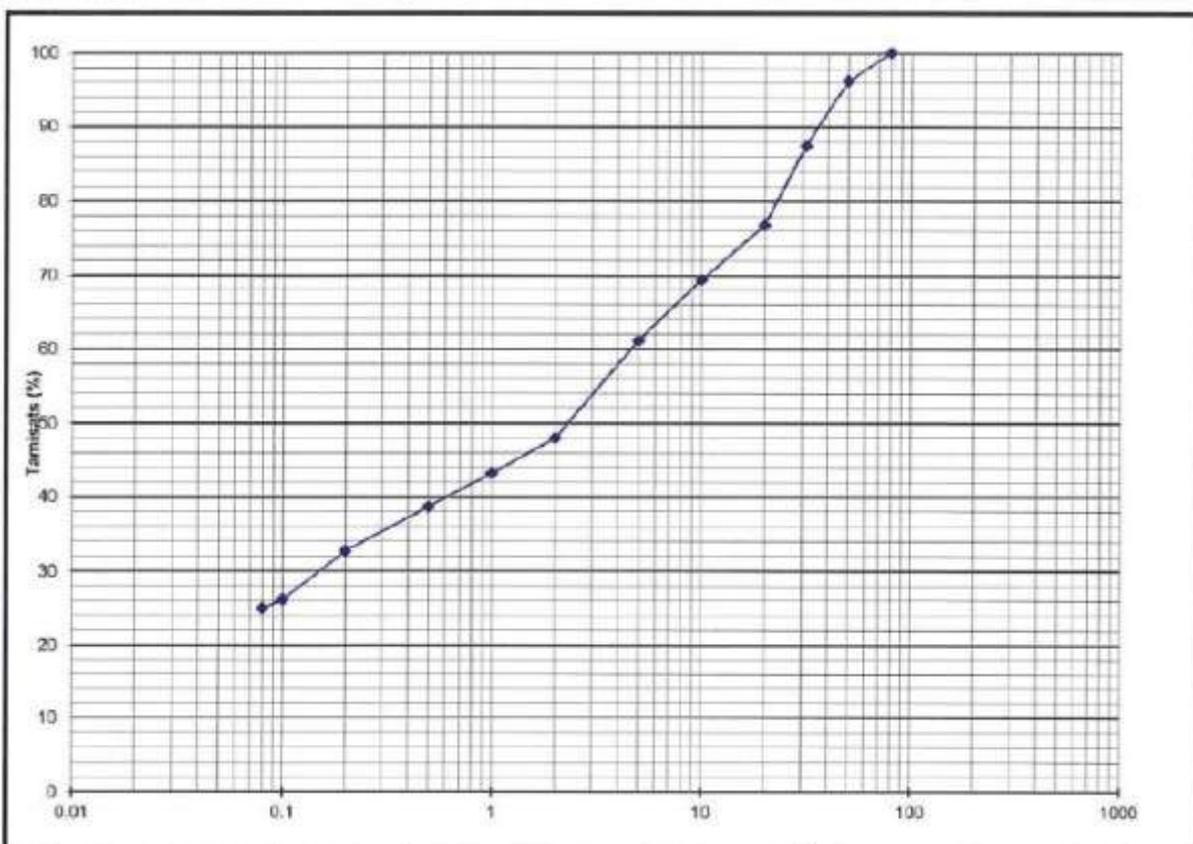


Entreprise BUESA
ZI Rue René GOMEZ
34500 BEZIERS

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P 94 056

CANAL DE CRETE DE VALRAS

DATE : 07/03/2014	0.08	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	31.5	50	80	100	150
Matériaux : Grève sablo argileuse brune Passant à 0.08 mm : 24.9 % Passant à 2 mm : 47.9 % Passant à 50 mm : 96.2 % VBS : 0.58 W% (0/20) : 8.1 % P : GTR: C1B5	24.9	26.1	32.6	38.8	43.2	47.9	61.0	69.2	77	87.36	96.19	100.0		
	Date du prélèvement: 05/03/2014													
	Origine: Sondage S2 de -0,15 a -1,80 m													
	Profil:													
	Niveau:													
	Observation:													



Contrôle interne	Contrôle externe	Contrôle extérieur
Date: 07/03/2014 Nom: R.RANC Visa	Date: 07/03/2014 Nom: E.VO-HA Visa	Date: Nom: Visa

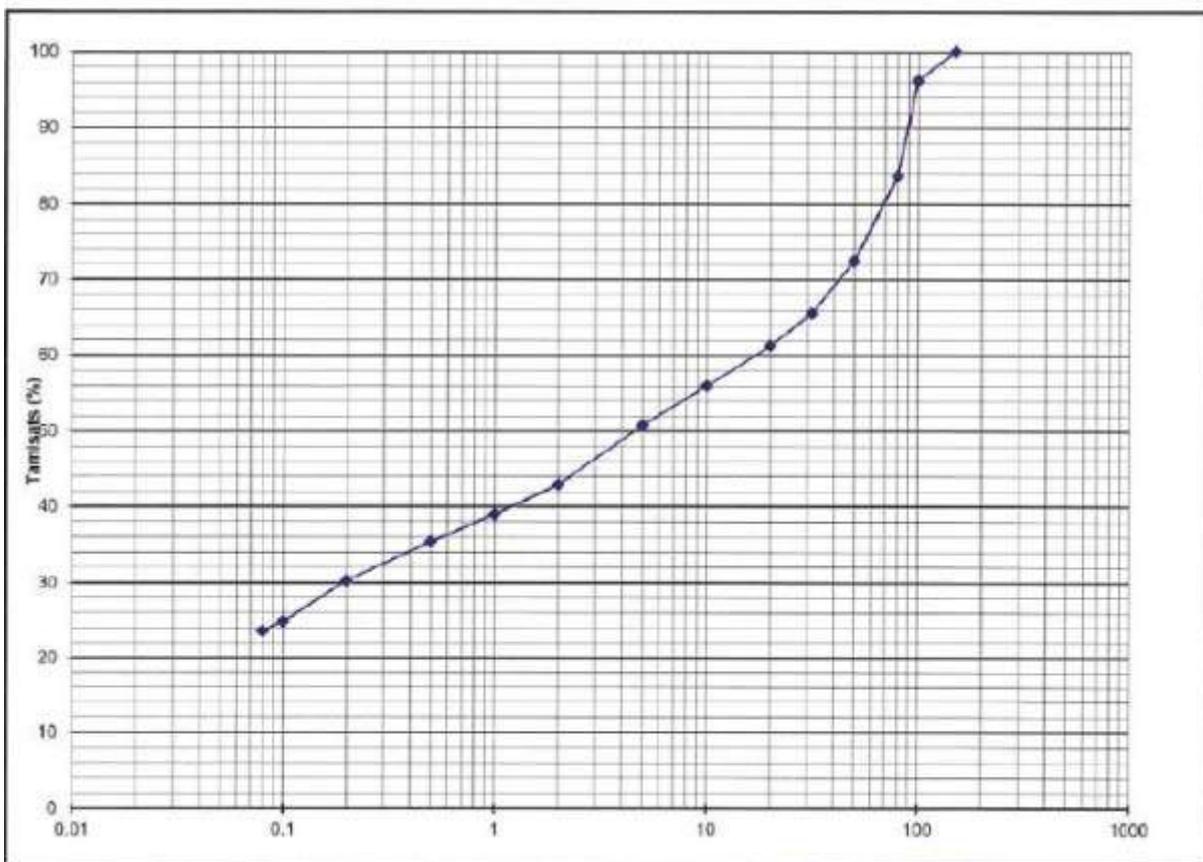


Entreprise BUESA
ZI Rue René GOMEZ
34500 BEZIERS

ANALYSE GRANULOMETRIQUE NF P 94 056

CANAL DE CRETE DE VALRAS

DATE : 07/03/2014	0.08	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	31.5	50	80	100	150
Matériaux : Grève sablo argileuse brun foncé	23.5	24.8	30.2	35.3	38.9	42.8	50.7	55.9	61	65.42	72.28	83.6	96.1	100
Passant à 0.08 mm : 23.5 %	Date du prélèvement: 05/03/2014													
Passant à 2 mm : 42.8 %	Origine: Sondage S2 de - 1,80 a - 2,40 m													
Passant à 50 mm : 72.3 %	Profil:													
VBS : 1.15	Niveau:													
W% (0/20) : 12.0 %	Observation:													
IP														
GTR: C1B5														

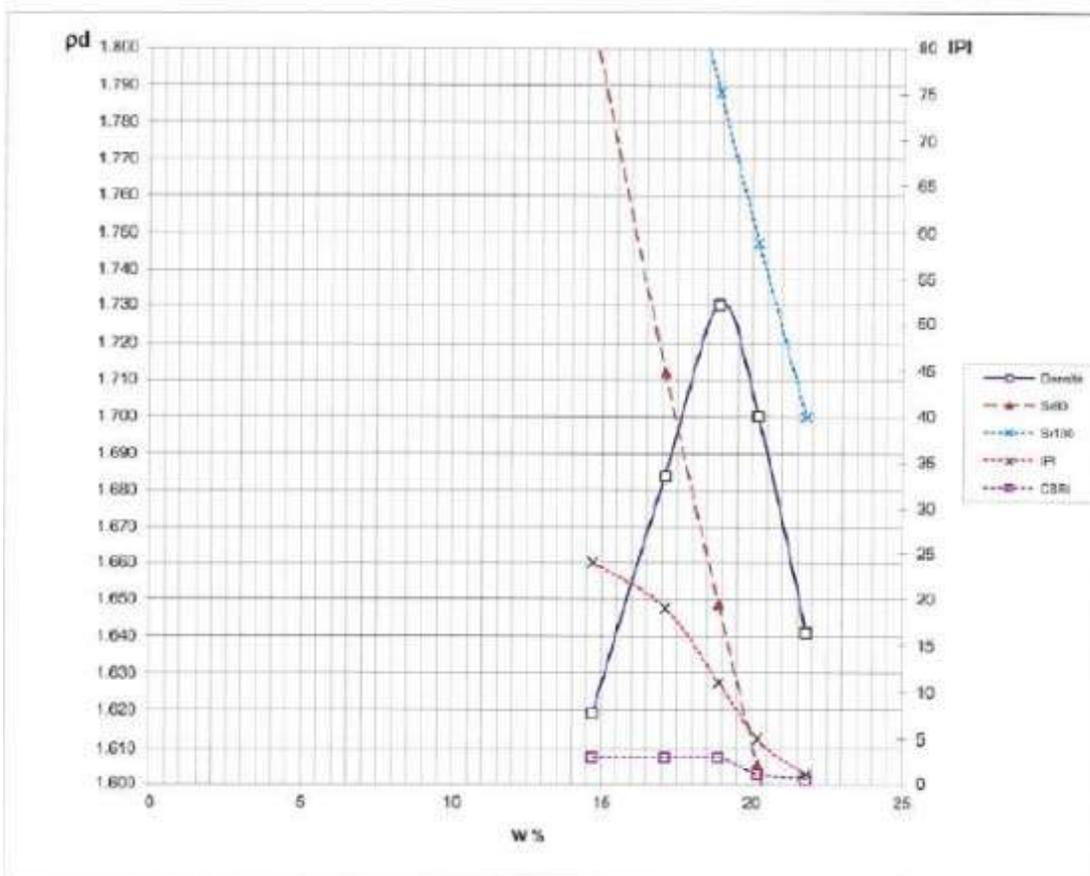


Contrôle interne	Contrôle externe	Contrôle extérieur
Date: 07/03/2014 Nom: R.RANC Visa	Date: 07/03/2014 Nom: E.VO-HA Visa	Date: Nom: Visa

ENTREPRISE BUESA	
CHANTIER: Canal de crête à VALRAS	Date: 20/03/2014

ESSAI PROCTOR

Matériau : Argile beige à passées grises Provenance: Sondage S1 0.80 à 4.00m Passant à 0.080mm : 86.2% Passant à 2.00mm : 97.7% VBS: 3.48 GTR: A2		Essai Proctor: NF P 94-093 Fraction 0/20 Normal <input checked="" type="checkbox"/> Modifié <input type="checkbox"/> IPI: NF P 94-078 W: NF P 94-050	$D_s = 2.70 \text{ t/m}^3$ $W_{opt} = 18.9\%$ $\rho_d \text{ opt} = 1.73 \text{ t/m}^3$ Refus à 20mm: 0% $W_{opt} : \%$ $\rho_d \text{ opt} : \text{t/m}^3$		
Winifiale					
Teneur en eau	14.7	17.1	18.9	20.2	21.8
Densité	1.619	1.684	1.730	1.700	1.64
IPI	24	19	11	5	1.0
CBRI	3.0	3.0	3.0	1.0	0.5
G%	2.0%	2.0%	1.6%	<1%	<1%
Sr80	1.805	1.712	1.648	1.605	1.556
Sr100	1.933	1.847	1.788	1.747	1.700



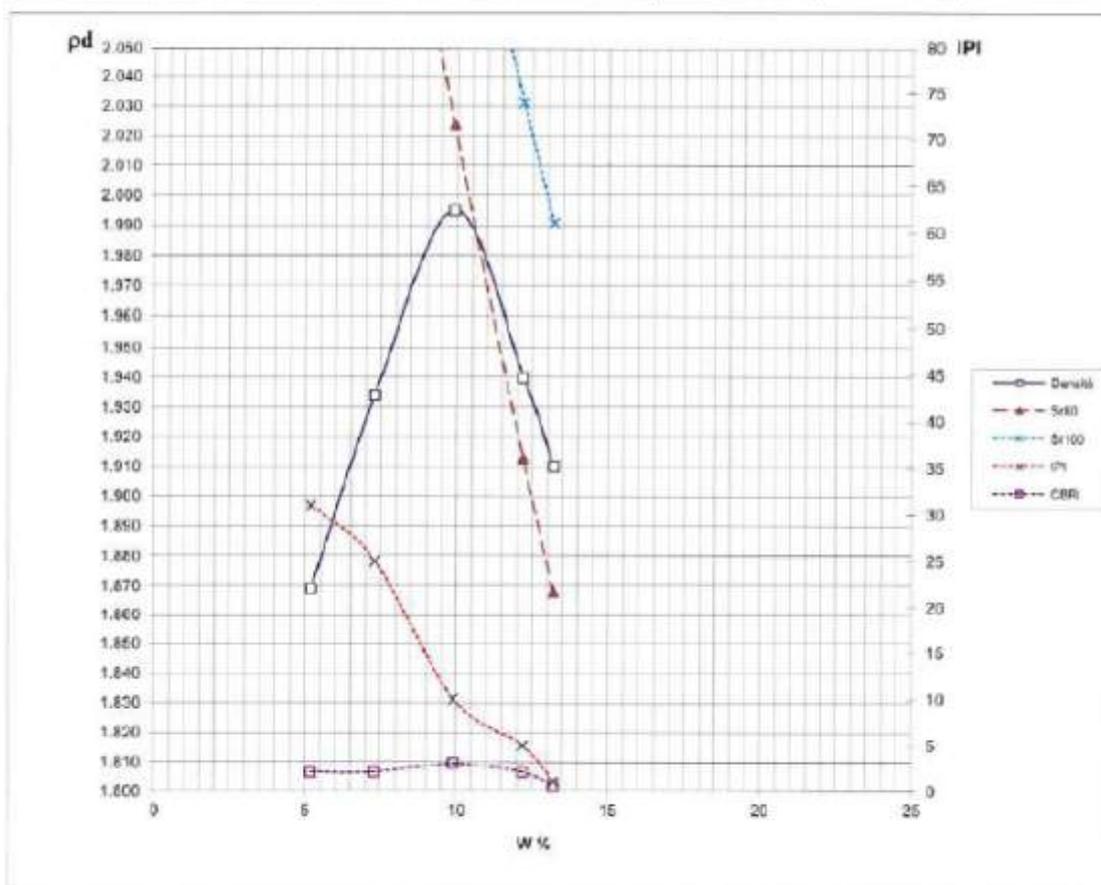
Teneur en eau optimum %	18.9
Densité optimum t/m^3	1.73

Contrôle interne	Contrôle externe	Contrôle extérieur
Date: 20/03/2014 Nom: R RANC Visa	Date: 20/03/2014 Nom: E VO-HA Visa	Date: Nom: Visa

ENTREPRISE BUESA	
CHANTIER: Canal de crête à VALRAS	Date: 20/03/2014

ESSAI PROCTOR

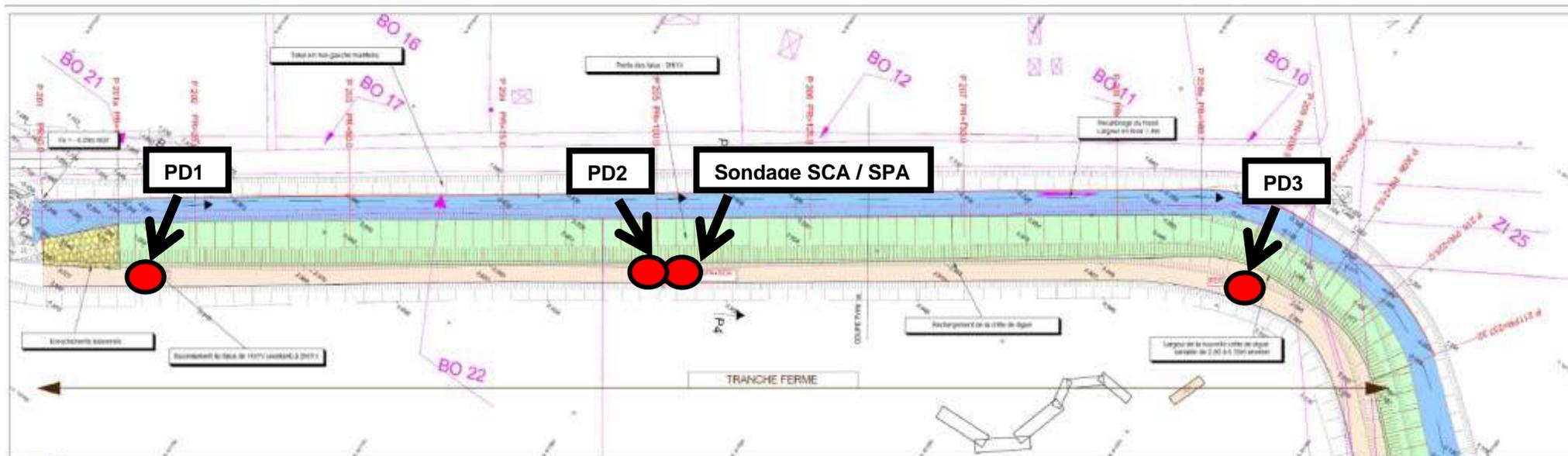
Matériau : Grève sable argileuse brun Provenance: Sondage S1 0.80 à 4.00m Passant à 0.060mm : 24.9% Passant à 2.00mm : 47.9% VBS: 0.58 GTR: C1B5	Essai Proctor: NF P 94-093		Ds = 2.70t/m ³		
	Fraction 0/20		W _{opt} : 9.9%		
	Normal <input checked="" type="checkbox"/> Modifié <input type="checkbox"/>		ρ _d opt: 1.99t/m ³		
	IPI: NF P 94-078		Refus à 20mm: 0%		
	W: NF P 94-050		W _{opt} : %		
			ρ _d ^{opt} : t/m ³		
Winitiale					
Teneur en eau	5.2	7.3	9.9	12.2	13.2
Densité	1.860	1.934	1.995	1.940	1.91
IPI	31	25	10	5	1.0
CBRt	2.0	2.0	3.0	2.0	0.5
G%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
Sr80	2.297	2.166	2.024	1.913	1.868
Sr100	2.368	2.255	2.131	2.031	1.991



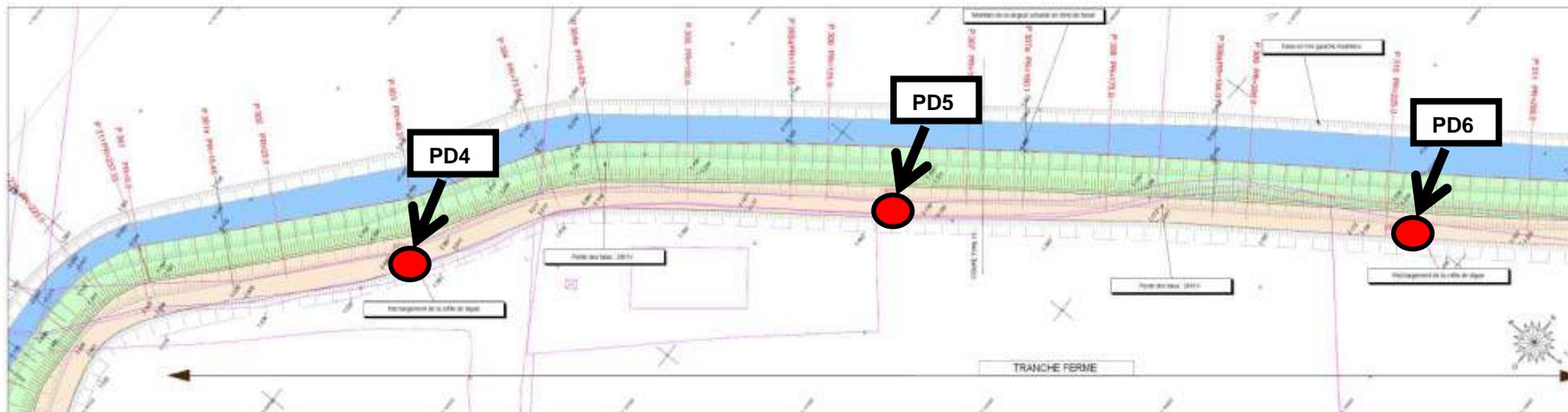
Teneur en eau optimum %	9.9
Densité optimum t/m ³	1.99

Contrôle interne	Contrôle externe	Contrôle extérieur
Date: 20/03/2014 Nom: R RANC Visa	Date: 20/03/2014 Nom: E VO-HA Visa	Date: Nom: Visa

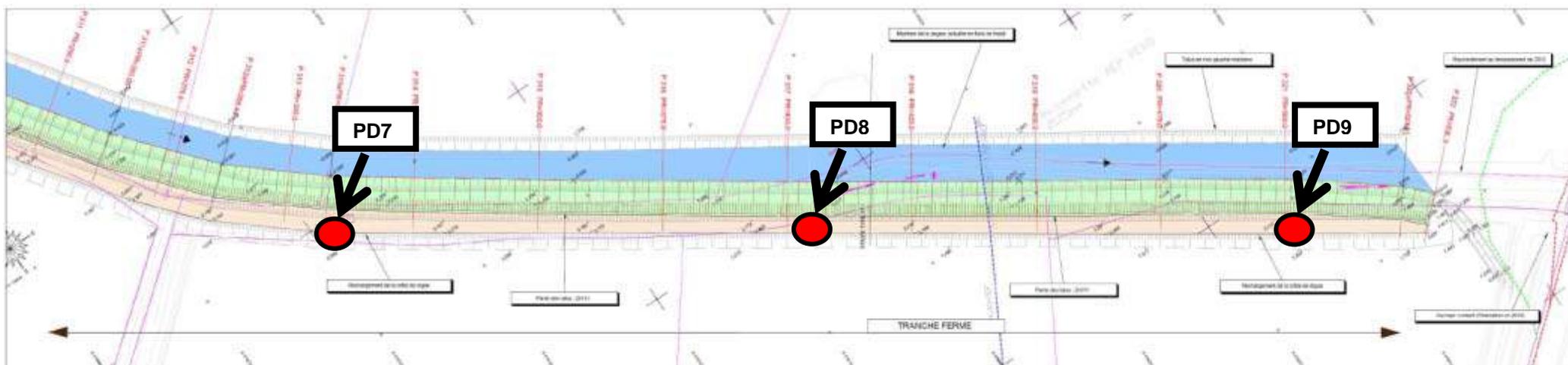
Annexe 1.3 : Etudes géotechniques FONDASOL / BUESA Eté 2014

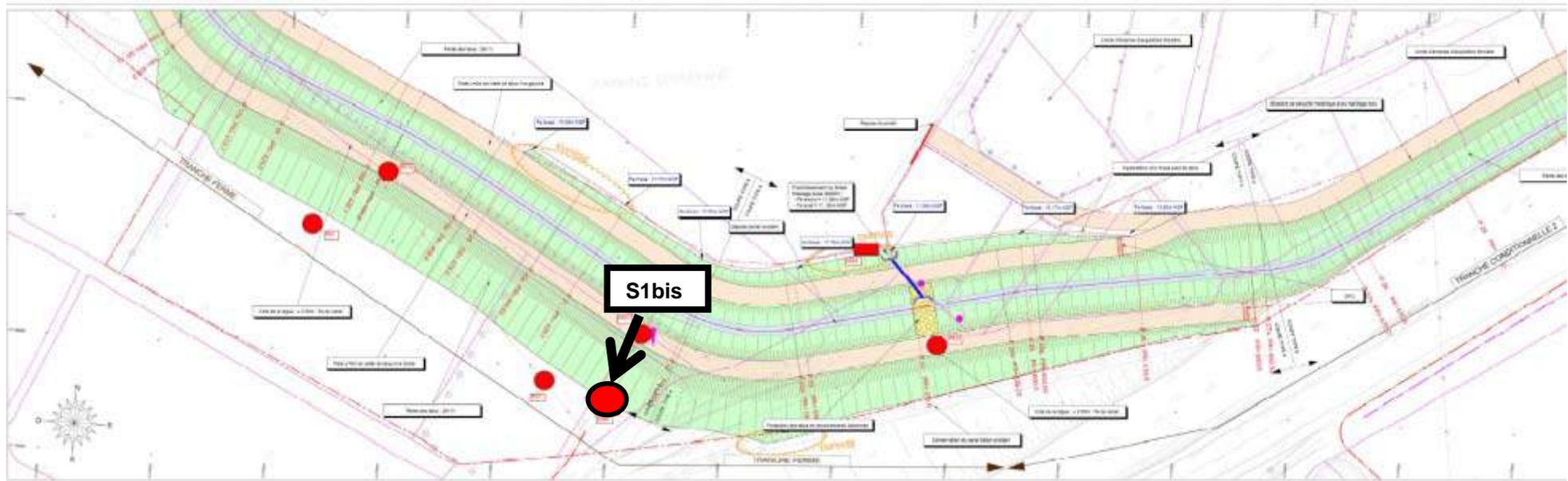


Localisation des sondages carottés, dynamiques, de cisaillement et pénétrométriques réalisés



Localisation des sondages pénétrométriques dynamiques réalisés



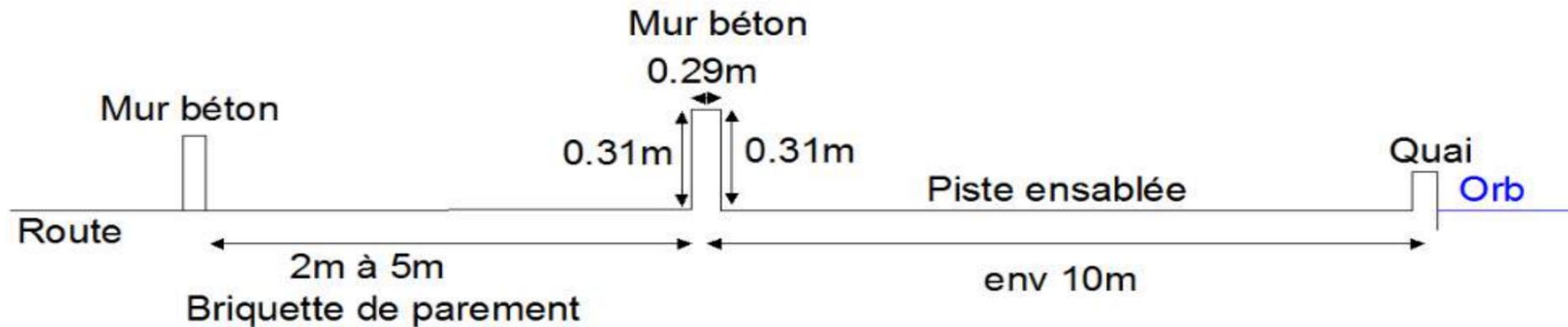


Localisation du sondage de cisaillement

Annexe 2.1 : Fiches tronçons – Inspection visuelle

Description générale de l'ouvrage sur le tronçon homogène

Note :
 Quelques fissures mineures sur la crête du mur.



Repérage et typologie des principaux désordres affectant la digue

Type	Repérage transversal	Photos	Description / Partie d'ouvrage affectée	Gravité

Repérage et typologie des ouvrages singuliers

Type	Repérage transversal	Photo	Description
RES	1'	04	Armoire électrique
POT	1"	04	Panneau signalisation

Type de désordre :

PLI : Proximité du lit mineur / ATT : Atterrissement de lit mineur masquant le talus / ERO : Erosion par le cours d'eau / RAV : Ravinement / FIS : Fissure / FON : Fontis / MVT : Mouvement, tassement, affaissement ; glissement / IFU : Indice de fuite / TER : Terrier / HET : Hétérogénéité de matériaux / SIT : Singularité topographique / SIG : Singularité géométrique / STR : Défaut Structurel / DEC : Déchets / TER : terrier, fouisseur / EMB : Embâcle / VEG : Végétation

Type d'ouvrage :

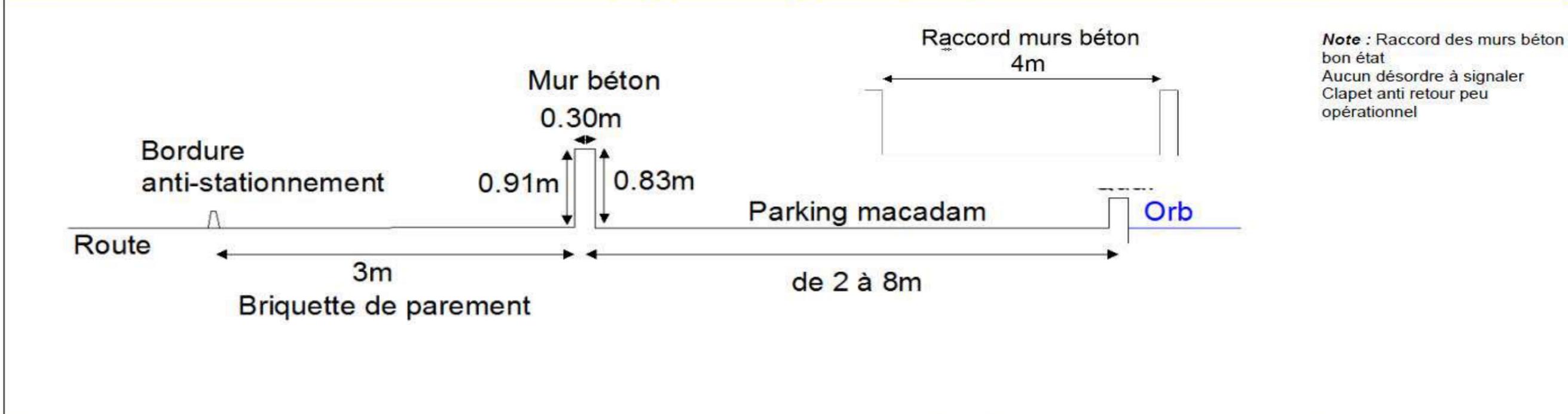
OH : Ouvrage hydraulique / POT : Poteau-Candélabre / REG : Regard, bouche à clef, branchement / PZO : Piézomètre / ACC : Accès piéton / BAT : Batardeau / CLP : Clapet / RES : Réseau

Indice de gravité des désordres :

1 : Désordre amorcée – Amorce récente sans rupture immédiat de la protection
 2 : Désordre engagé – Désordre entamé sans risque de rupture immédiat
 3 : Désordre prononcé : Remise en cause de la stabilité de l'ouvrage – Risque de rupture à moyen terme
 4 : Désordre urgent : Remise en cause de la protection de l'ouvrage – Risque de rupture à court terme

	Commune de Valras - Plage Diagnostic des ouvrages de protection contre les crues de l'Orb Etudes de danger – Mur anti Inondation SOGREAH	Date : 13/05/2015 Tronçon n° : 2-3 Longueur moyenne : 130m Opérateurs : ALI / JFG Photos caractéristiques : 05	 Service Risque Inondation Montpellier
--	---	--	---

Description générale de l'ouvrage sur le tronçon homogène



Repérage et typologie des principaux désordres affectant la digue

Type	Repérage transversal	Photos	Description / Partie d'ouvrage affectée	Gravité

Type de désordre :
 PLI : Proximité du lit mineur / ATT : Atterrissement de lit mineur masquant le talus / ERO : Erosion par le cours d'eau / RAV : Ravinement / FIS : Fissure / FON : Fontis / MVT : Mouvement, tassement, affaissement ; glissement / IFU : Indice de fuite / TER : Terrier / HET : Hétérogénéité de matériaux / SIT : Singularité topographique / SIG : Singularité géométrique / STR : Défaut Structurel / DEC : Déchets / TER : terrier, fouisseur / EMB : Embâcle / VEG : Végétation

Indice de gravité des désordres :
 1 : Désordre amorcée – Amorce récente sans rupture immédiat de la protection
 2 : Désordre engagé – Désordre entamé sans risque de rupture immédiat
 3 : Désordre prononcé : Remise en cause de la stabilité de l'ouvrage – Risque de rupture à moyen terme
 4 : Désordre urgent : Remise en cause de la protection de l'ouvrage – Risque de rupture à court terme

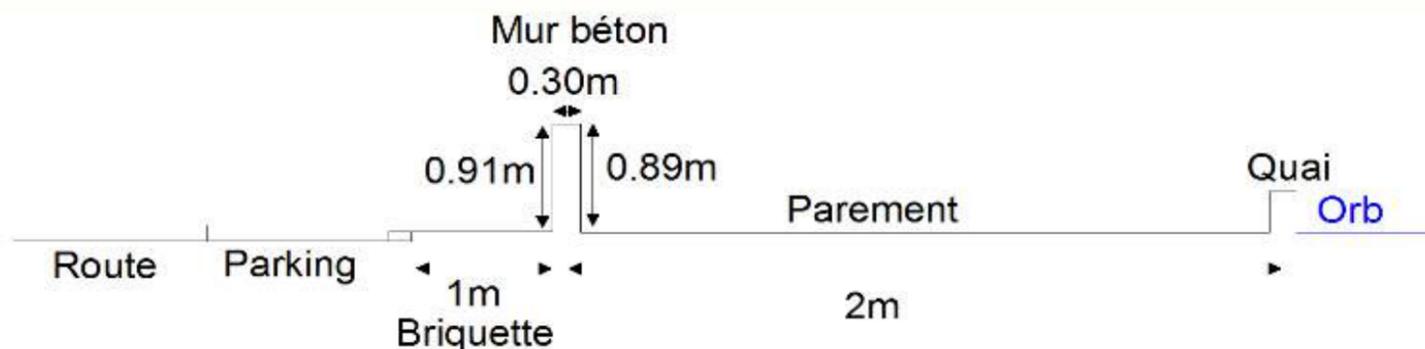
Repérage et typologie des ouvrages singuliers

Type	Repérage transversal	Photo	Description
ACC/BAT	4	06	Portail coulissant manuel d'accès au parking + batardeau
RES	5	07	Réseau AEP ?
CLP	6	08	Clapet bouché/difficile à manoeuvrer manuellement
CLP	7	09	Clapet bouché/difficile à manoeuvrer manuellement
RES	8		Réseau implanté ?
CLP	9	10	Clapet bouché/difficile à manoeuvrer manuellement
BAT	10	11	Batardeau ouvert sans dispositif de fermeture en cas de crue – Longueur : 2mx2m

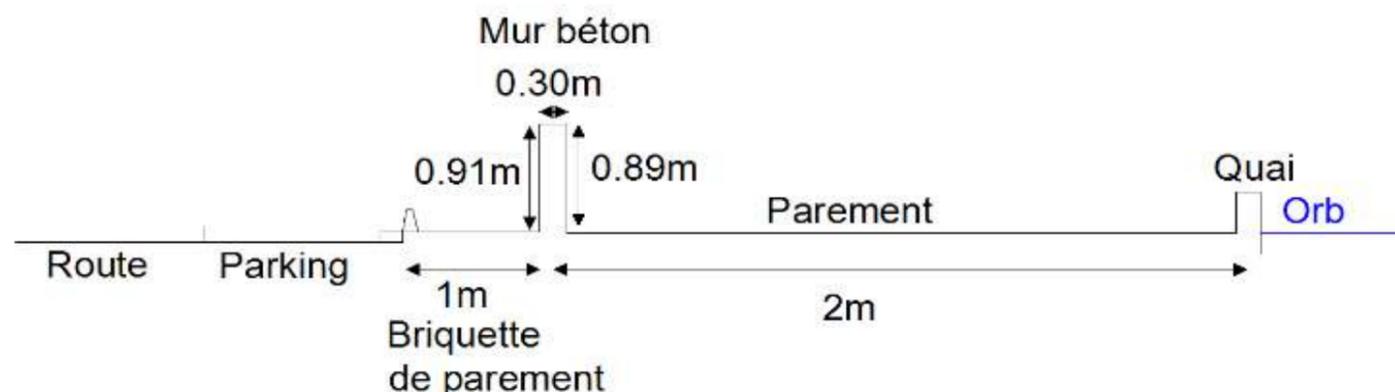
Type d'ouvrage :
 OH : Ouvrage hydraulique / POT : Poteau-Candélabre / REG : Regard, bouche à clef, branchement / PZO : Piézomètre / ACC : Accès piéton / BAT : Batardeau / CLP : Clapet / RES : Réseau

Description générale de l'ouvrage sur le tronçon homogène

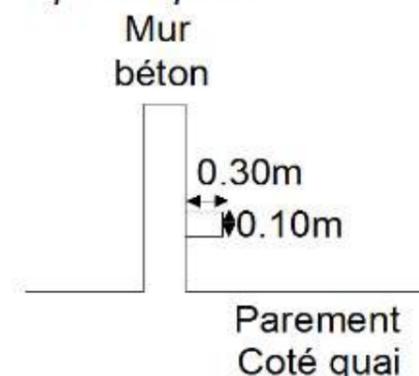
Tronçon : 3-21



Tronçon : 21-24



Coupe banc public :



Note : Mur proche du quai avec banc public
 2 Clapets anti-retour peu opérationnels
 Fissures de faible gravité

Repérage et typologie des principaux désordres affectant la digue

Type	Repérage transversal	Photos	Description / Partie d'ouvrage affectée	Gravité
FIS	13	14	Micro fissure proche de banc public	1
FIS	17	16	Micro fissure	1
FIS	19	18	Fissure sur mur béton	2

Repérage et typologie des ouvrages singuliers

Type	Repérage transversal	Photo	Description
CLP	11	12	Clapet difficile à manœuvrer
CLP	12	13	Clapet difficile à manœuvrer
CLP	14	15	Bon état du clapet
REG	15		Telecom
REG	16		Regard AEP ? EP – A nettoyer
CLP	18	17	Bon état. A nettoyer
CLP	20		Bon état.

Type de désordre :

PLI : Proximité du lit mineur / ATT : Atterrissement de lit mineur masquant le talus / ERO : Erosion par le cours d'eau / RAV : Ravinement / FIS : Fissure / FON : Fontis / MVT : Mouvement, tassement, affaissement ; glissement / IFU : Indice de fuite / TER : Terrier / HET : Hétérogénéité de matériaux / SIT : Singularité topographique / SIG : Singularité géométrique / STR : Défaut Structure / DEC : Déchets / TER : terrier, fouisseur / EMB : Embâcle / VEG : Végétation

Type d'ouvrage :

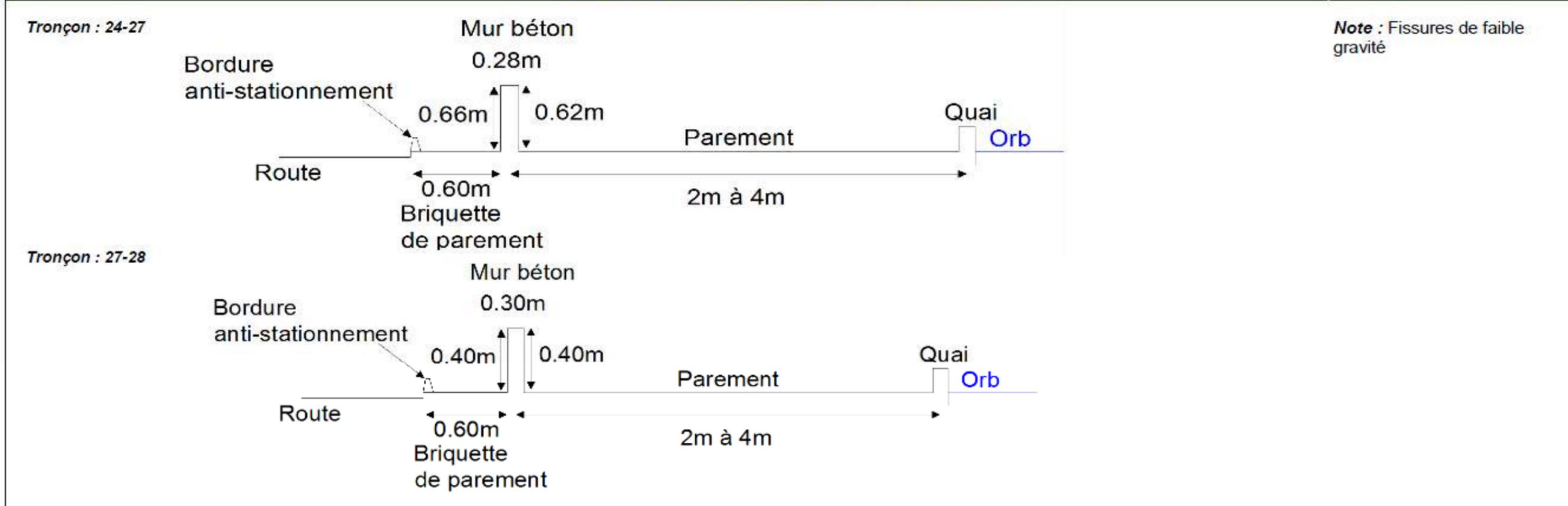
OH : Ouvrage hydraulique / POT : Poteau-Candélabre / REG : Regard, bouche à clef, branchement / PZO : Piézomètre / ACC : Accès piéton / BAT : Batardeau / CLP : Clapet / RES : Réseau

Indice de gravité des désordres :

1 : Désordre amorcée – Amorce récente sans rupture immédiat de la protection
 2 : Désordre engagé – Désordre entamé sans risque de rupture immédiat
 3 : Désordre prononcé : Remise en cause de la stabilité de l'ouvrage – Risque de rupture à moyen terme
 4 : Désordre urgent : Remise en cause de la protection de l'ouvrage – Risque de rupture à court terme

	Commune de Valras - Plage Diagnostic des ouvrages de protection contre les crues de l'Orb Etudes de danger – Mur anti Inondation SOGREAH	Date : 13/05/2015 Tronçon n° : 24-28 Longueur moyenne : 20m Opérateurs : ALI / JFG Photo caractéristique : 20/20A/20B	 Service Risque Inondation Montpellier
--	---	---	---

Description générale de l'ouvrage sur le tronçon homogène



Repérage et typologie des principaux désordres affectant la digue

Type	Repérage transversal	Photos	Description / Partie d'ouvrage affectée	Gravité
FIS	22	21	Micro fissure	1
FIS	25	22	Micro fissure	1
FIS	26	23	Fissure sur mur béton	2

Repérage et typologie des ouvrages singuliers

Type	Repérage transversal	Photo	Description
BAT	28B	24	Batardeau

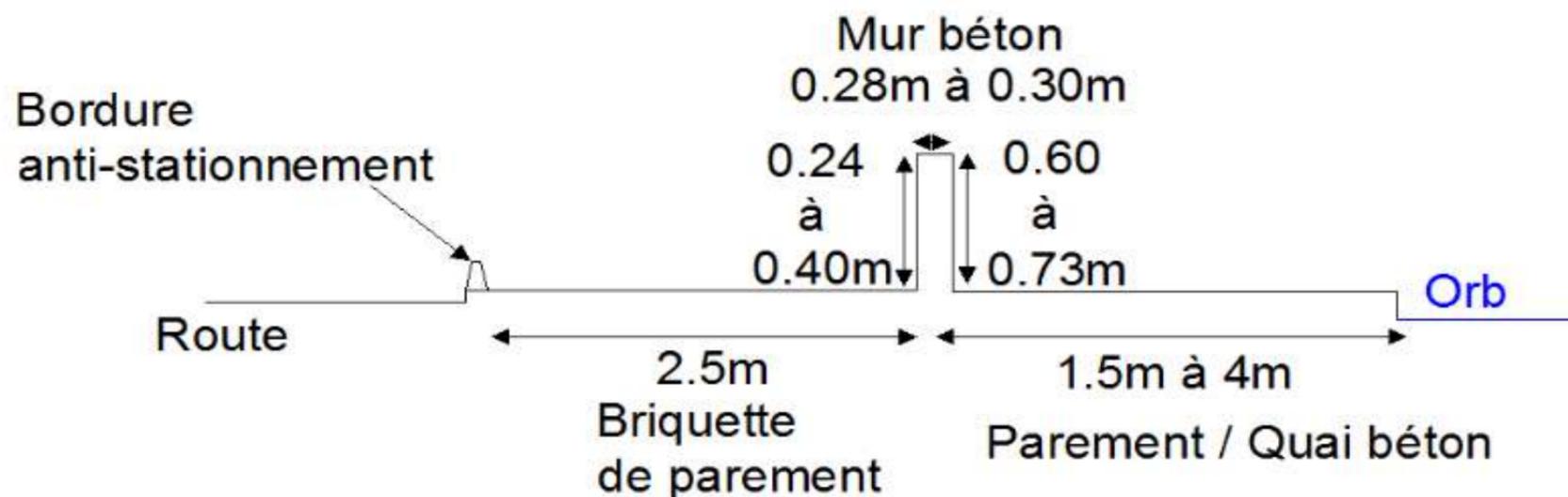
Type de désordre :
 PLI : Proximité du lit mineur / ATT : Atterrissement de lit mineur masquant le talus / ERO : Erosion par le cours d'eau / RAV : Ravinement / FIS : Fissure / FON : Fontis / MVT : Mouvement, tassement, affaissement ; glissement / IFU : Indice de fuite / TER : Terrier / HET : Hétérogénéité de matériaux / SIT : Singularité topographique / SIG : Singularité géométrique / STR : Défaut Structurel / DEC : Déchets / TER : terrier, fouisseur / EMB : Embâcle / VEG : Végétation

Type d'ouvrage :
 OH : Ouvrage hydraulique / POT : Poteau-Candélabre / REG : Regard, bouche à clef, branchement / PZO : Piézomètre / ACC : Accès piéton / BAT : Batardeau / CLP : Clapet / RES : Réseau

Indice de gravité des désordres :
 1 : Désordre amorcée – Amorce récente sans rupture immédiat de la protection
 2 : Désordre engagé – Désordre entamé sans risque de rupture immédiat
 3 : Désordre prononcé : Remise en cause de la stabilité de l'ouvrage – Risque de rupture à moyen terme
 4 : Désordre urgent : Remise en cause de la protection de l'ouvrage – Risque de rupture à court terme

Description générale de l'ouvrage sur le tronçon homogène

Note :



Repérage et typologie des principaux désordres affectant la digue

Type	Repérage transversal	Photos	Description / Partie d'ouvrage affectée	Gravité

Repérage et typologie des ouvrages singuliers

Type	Repérage transversal	Photo	Description
ACC	28C		Escalier piétonnier d'accès au quai

Type de désordre :

PLI : Proximité du lit mineur / ATT : Atterrissement de lit mineur masquant le talus / ERO : Erosion par le cours d'eau / RAV : Ravinement / FIS : Fissure / FON : Fontis / MVT : Mouvement, tassement, affaissement ; glissement / IFU : Indice de fuite / TER : Terrier / HET : Hétérogénéité de matériaux / SIT : Singularité topographique / SIG : Singularité géométrique / STR : Défaut Structure / DEC : Déchets / TER : terrier, fouisseur / EMB : Embâcle / VEG : Végétation

Type d'ouvrage :

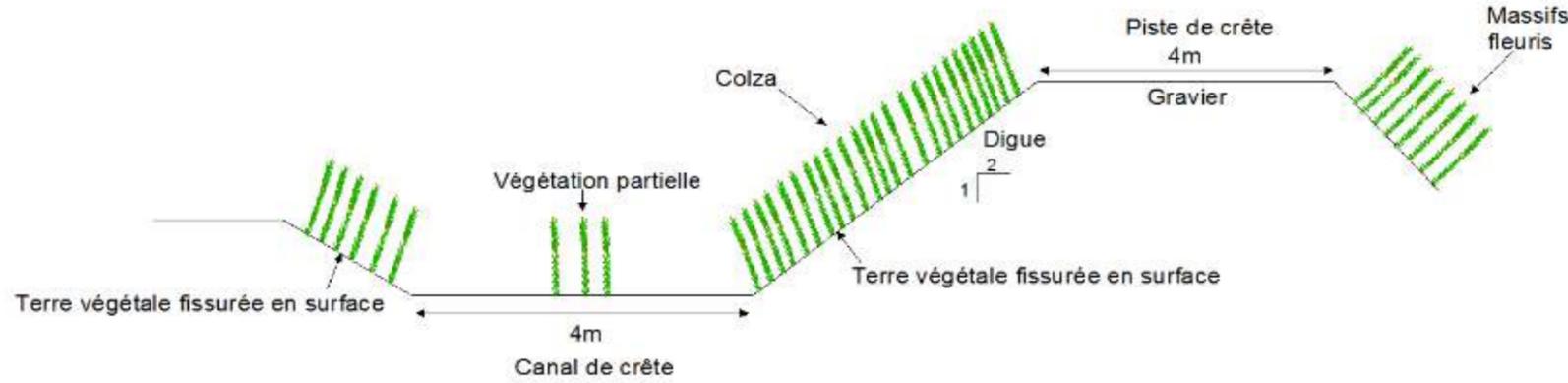
OH : Ouvrage hydraulique / POT : Poteau-Candélabre / REG : Regard, bouche à clef, branchement / PZO : Piézomètre / ACC : Accès piéton / BAT : Batardeau / CLP : Clapet / RES : Réseau

Indice de gravité des désordres :

1 : Désordre amorcée – Amorce récente sans rupture immédiat de la protection
 2 : Désordre engagé – Désordre entamé sans risque de rupture immédiat
 3 : Désordre prononcé : Remise en cause de la stabilité de l'ouvrage – Risque de rupture à moyen terme
 4 : Désordre urgent : Remise en cause de la protection de l'ouvrage – Risque de rupture à court terme

	Commune de Valras - Plage Diagnostic des ouvrages de protection contre les crues de l'Orb Etudes de danger – Dignes des « Querelles »	Date : 13/05/2015 Tronçon n° : 28D-31 Longueur moyenne : 225m Opérateurs : ALI / JFG Photos caractéristiques : 26/29/30/31/32	 Service Risque Inondation Montpellier
--	--	--	---

Description générale de l'ouvrage sur le tronçon homogène



Note : Ouvrage récent – Végétation sur rampant structurant la digue – Entretien nécessaire
 Fissure superficielle de la terre végétale sans conséquence de rupture
 Remontée d'eau de nappe

Repérage et typologie des principaux désordres affectant la digue

Type	Repérage transversal	Photos	Description / Partie d'ouvrage affectée	Gravité
VEG	29	29	Ensemencement / Herbe sur rampants de digues + canal de crête – Éléments structurants de digue – Canne à sucre de Provence	1
ERO	30	33	Affouillement du canal de crête en pied coté zone inondable	2
ERO	30B	27	Fissure superficielle de la terre végétale coté rampant de digue	1

Repérage et typologie des ouvrages singuliers

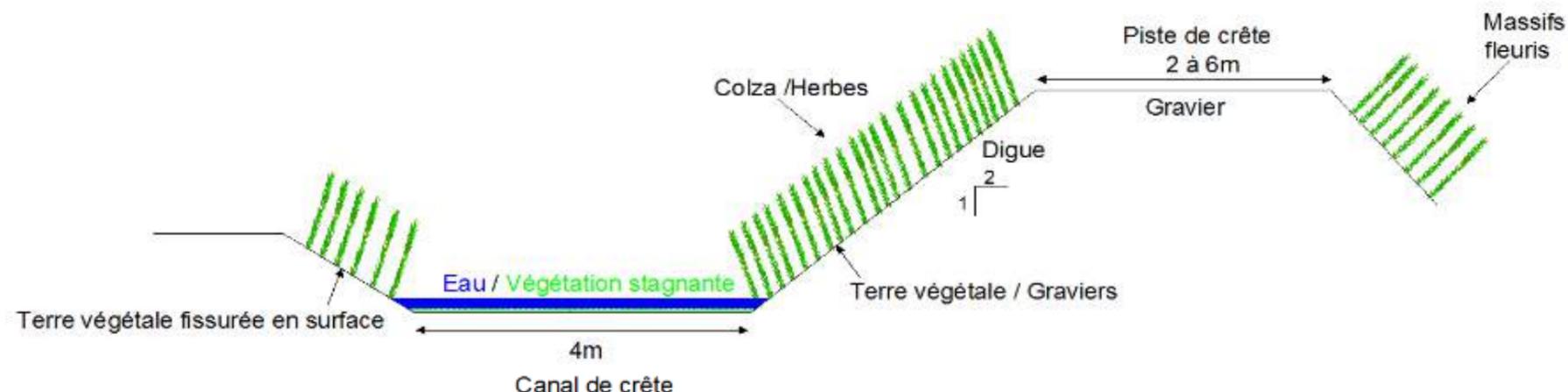
Type	Repérage transversal	Photo	Description
OH	28'	28	3 Cadres 2m*2m débouché sur Orb béton
REG	30A	34	Baïonnette AEP ?

Type de désordre :
 PLI : Proximité du lit mineur / ATT : Atterrissement de lit mineur masquant le talus / ERO : Erosion par le cours d'eau / RAV : Ravinement / FIS : Fissure / FON : Fontis / MVT : Mouvement, tassement, affaissement ; glissement / IFU : Indice de fuite / TER : Terrier / HET : Hétérogénéité de matériaux / SIT : Singularité topographique / SIG : Singularité géométrique / STR : Défaut Structurel / DEC : Déchets / TER : terrier, fouisseur / EMB : Embâcle / VEG : Végétation

Type d'ouvrage :
 OH : Ouvrage hydraulique / POT : Poteau-Candélabre / REG : Regard, bouche à clef, branchement / PZO : Piézomètre / ACC : Accès piéton / BAT : Batardeau / CLP : Clapet / RES : Réseau

Indice de gravité des désordres :
 1 : Désordre amorcée – Amorce récente sans rupture immédiat de la protection
 2 : Désordre engagé – Désordre entamé sans risque de rupture immédiat
 3 : Désordre prononcé : Remise en cause de la stabilité de l'ouvrage – Risque de rupture à moyen terme
 4 : Désordre urgent : Remise en cause de la protection de l'ouvrage – Risque de rupture à court terme

Description générale de l'ouvrage sur le tronçon homogène



Note : Erosion mineure sur le linéaire de rampant de digue –
 Ravinements perpendiculaire au linéaire de digue – A surveiller
 Végétation à entretenir
 Evacuation de l'eau bloquée au niveau du déversoir (point 37)
 Remontée d'eau de nappe

Repérage et typologie des principaux désordres affectant la digue

Type	Repérage transversal	Photos	Description / Partie d'ouvrage affectée	Gravité
ERO/RAV	33		Ravinement depuis la crête de digue	2
ERO/RAV	34	38	Ravinement depuis la crête de digue	2
ERO/RAV	35	39	Ravinement depuis la crête de digue	2
ERO	36-37		Erosion proche de la crête de digue	1

Repérage et typologie des ouvrages singuliers

Type	Repérage transversal	Photo	Description
OH	32	37	Déversoir d'eau pluviale venant de la chaussée
OH	33A	37A	Buse Ø400mm eaux pluviales
OH	33B		Buse Ø400mm eaux pluviales
OH	38	40	Cadre béton 3.75m*2.5m avec enrochement de rampant de digue
OH/CLP	39	40	Buse Ø1500mm avec clapet anti retour inox

Type de désordre :

PLI : Proximité du lit mineur / ATT : Atterrissement de lit mineur masquant le talus / ERO : Erosion par le cours d'eau / RAV : Ravinement / FIS : Fissure / FON : Fontis / MVT : Mouvement, tassement, affaissement ; glissement / IFU : Indice de fuite / TER : Terrier / HET : Hétérogénéité de matériaux / SIT : Singularité topographique / SIG : Singularité géométrique / STR : Défaut Structurel / DEC : Déchets / TER : terrier, fouisseur / EMB : Embâcle / VEG : Végétation

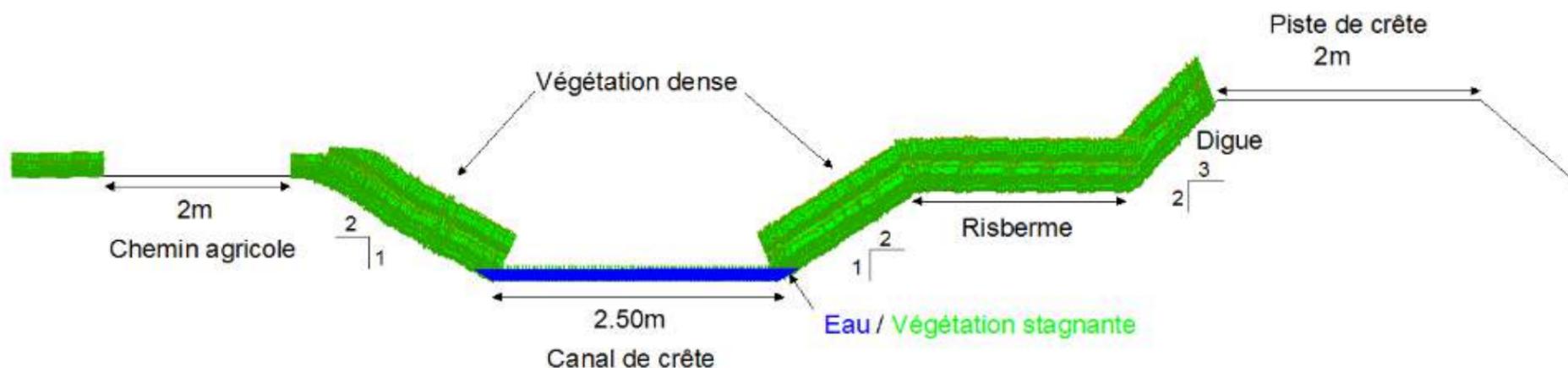
Type d'ouvrage :

OH : Ouvrage hydraulique / POT : Poteau-Candélabre / REG : Regard, bouche à clef, branchement / PZO : Piézomètre / ACC : Accès piéton / BAT : Batardeau / CLP : Clapet RES : Réseau

Indice de gravité des désordres :

1 : Désordre amorcée – Amorce récente sans rupture immédiat de la protection
 2 : Désordre engagé – Désordre entamé sans risque de rupture immédiat
 3 : Désordre prononcé : Remise en cause de la stabilité de l'ouvrage – Risque de rupture à moyen terme
 4 : Désordre urgent : Remise en cause de la protection de l'ouvrage – Risque de rupture à court terme

Description générale de l'ouvrage sur le tronçon homogène



Note : Végétation fortement dense favorisant l'activité de fousseurs et formation d'embâcle. Entretien nécessaire. Inspection difficile à exécuter précisément. Stagnation d'eau de nappe pouvant favoriser des érosions de conduit

Repérage et typologie des principaux désordres affectant la digue

Type	Repérage transversal	Photos	Description / Partie d'ouvrage affectée	Gravité
VEG	41B	41/42	Végétation dense – entretien nécessaire	2

Repérage et typologie des ouvrages singuliers

Type	Repérage transversal	Photo	Description
ACC/POT	40A	46	Barrière d'accès à la crête de digue
OH	41	45	Cadre béton 3,75m*2.5m
OH	41A	44	Buse Ø1500mm béton
OH	42	43	Cadre béton 3,75m*2.5m

Type de désordre :

PLI : Proximité du lit mineur / ATT : Atterrissement de lit mineur masquant le talus / ERO : Erosion par le cours d'eau / RAV : Ravinement / FIS : Fissure / FON : Fontis / MVT : Mouvement, tassement, affaissement ; glissement / IFU : Indice de fuite / TER : Terrier / HET : Hétérogénéité de matériaux / SIT : Singularité topographique / SIG : Singularité géométrique / STR : Défaut Structurel / DEC : Déchets / TER : terrier, fousseur / EMB : Embâcle / VEG : Végétation

Type d'ouvrage :

OH : Ouvrage hydraulique / POT : Poteau-Candélabre / REG : Regard, bouche à clef, branchement / PZO : Piézomètre / ACC : Accès piéton / BAT : Batardeau / CLP : Clapet / RES : Réseau

Indice de gravité des désordres :

1 : Désordre amorcée – Amorce récente sans rupture immédiat de la protection
 2 : Désordre engagé – Désordre entamé sans risque de rupture immédiat
 3 : Désordre prononcé ; Remise en cause de la stabilité de l'ouvrage – Risque de rupture à moyen terme
 4 : Désordre urgent ; Remise en cause de la protection de l'ouvrage – Risque de rupture à court terme

Annexe 2.2 : Crédit photographique – Inspection visuelle

01.JPG



02.JPG



03.JPG



04.JPG



05.JPG



06.JPG



07.JPG



08.JPG



09.JPG



10.JPG



11.JPG



12.JPG



13.JPG



14.JPG



15.JPG



16.JPG



17.JPG



18.JPG



19.JPG



20.JPG



20A.JPG



20B.JPG



21.JPG



22.JPG



23.JPG



24.JPG



25.JPG



26.JPG



27.JPG



28.JPG



29.JPG



30.JPG



31.JPG



32.JPG



33.JPG



34.JPG



35.JPG



36.JPG



37.JPG



37A.JPG



38.JPG



39.JPG



40.JPG



41.JPG



42.JPG



43.JPG



44.JPG



45.JPG



46.JPG





- Études générales
- Assistance au Maître d’Ouvrage
- Maîtrise d’œuvre conception
- Maîtrise d’œuvre travaux
- Formation

Egis Eau Siège social
889, rue de la vieille poste
CS 89017
34000 - Montpellier Cedex 2

Tél. : 04 67 99 22 00
Fax : 04 67 65 03 18
montpellier.egis-eau@egis.fr
<http://www.egis-eau.fr>

