	BRL ingénierie 1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5

Contact	M. Aubonnet / M. Sicart
----------------	--------------------------------

Titre du document	Etude de danger de la digue rive gauche du Rec de Veyret
Référence du document :	A00002_EDD_RG_Rec_Veyret
Indice :	A

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
17/11/2016	A	Première émission	P-Y Massy A. Mazoyer	N. SICART

DIGUE RIVE GAUCHE DU REC DE VEYRET

ETUDE DE DANGERS

INFORMATION DU LECTEUR ET MISE EN GARDE	11
0. RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS	13
0.1 Contexte et objectifs de l'étude de dangers	13
0.2 Composition du système d'endiguement du Rec de Veyret	14
0.3 Dangers liés au système d'endiguement du Rec de Veyret	15
0.4 Niveau de protection et niveau de sûreté du système d'endiguement du Rec de Veyret	15
0.4.1 Niveau de protection apparent	16
0.4.2 Défaillance du système d'endiguement	17
0.4.3 Description du fonctionnement probable du système d'endiguement dans son état actuel	17
0.5 Caractéristique de la gravité du risque associé à la défaillance du système d'endiguement	18
0.5.1 A l'échelle du val	18
0.6 Mesures de réduction des risques	19
0.6.1 Mesures de gestion du risque	20
0.6.2 Améliorations structurelles et fonctionnelles de la digue	20
0.6.3 Amélioration des connaissances	20
1. RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS.....	21
1.1 Propriétaire des ouvrages	21
1.2 Gestionnaire des ouvrages	21
1.3 Rédacteurs de l'étude de dangers	21
1.4 Classement du système d'endiguement du Rec de Veyret	21
2. OBJET DE L'ETUDE	23
2.1 Contexte réglementaire	23
2.2 Le périmètre d'étude	23
2.2.1 L'ouvrage de protection et la zone protégée	23
2.2.2 Les zones d'influence ou d'intérêt	24
3. ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OUVRAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT	25
3.1 Description de l'ouvrage	25
3.1.1 Principe de discrétisation du système d'endiguement	25
3.1.2 Définition du système d'endiguement étudié	26
3.1.2.1 Ligne de défense principale	26
3.1.2.2 Raccordements	30
3.1.2.3 Ouvrages secondaires	30
3.1.2.4 Définition du système de protection	30

3.1.3	Description de l'objectif de protection du système d'endiguement du Rec de Veyret	30
3.1.3.1	Définition du niveau de protection et de sûreté d'un système d'endiguement	30
3.1.3.2	Niveau de protection apparent du Rec de Veyret rive gauche	32
3.1.4	Composition du système d'endiguement du Rec de Veyret	37
3.1.4.1	Principales caractéristiques externes du système d'endiguement	37
3.1.4.2	Caractérisation géotechnique de la digue et de sa fondation	39
3.1.5	Profils en travers type des ouvrages	42
3.1.6	Anomalies constatées dans le système d'endiguement	44
3.2	Description de l'environnement de l'ouvrage	53
3.2.1	Le Rec de Veyret	53
3.2.2	La rive droite du Rec de Veyret	53
3.2.3	La zone protégée par le système d'endiguement	54
3.2.4	Affluents et fossés de drainage	55
3.2.5	Remblais dans la zone protégée	56
3.2.6	Estimation des enjeux présents dans la zone protégée	56
4.	PRESENTATION DE LA POLITIQUE DE PREVENTION DES ACCIDENTS MAJEURS ET DU SYSTEME DE GESTION DE LA SECURITE	59
4.1	Prescriptions réglementaires	59
4.2	Politique de prévention des accidents majeurs	60
4.2.1	Plan de Prévention des Risque inondation (PPRI)	61
4.2.2	Information préventive	62
4.2.2.1	A l'échelle départementale	62
4.2.2.2	A l'échelle communale	62
4.3	Consignes écrites	63
4.3.1	Surveillance et entretien de l'ouvrage	63
4.3.1.1	Entretien de l'ouvrage	63
4.3.1.2	Visite périodique	64
4.3.1.3	Surveillance en crue	64
4.3.1.4	Surveillance en post-crue	64
4.3.2	Visites Techniques Approfondies (VTA)	65
5.	IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS	66
5.1	Ouverture d'une brèche partielle ou totale sur un tronçon de la levée	66
5.2	Surverse sans brèche au-dessus de la crête d'un tronçon de levée	66
5.3	Remontée de nappe dans le val en arrière des levées	67
6.	CARACTERISATION DES ALEAS NATURELS	68
6.1	Hydrologie : crue du Rec de Veyret	68
6.1.1	Présentation	68
6.1.2	Détermination des débits de pointe et des hydrogrammes	68
6.1.2.1	Données disponibles et méthodes mises en œuvre	68
6.1.2.2	Hydrogrammes de crue retenues	70
6.2	Géologie et morphodynamique	70
6.2.1	Contexte géologique	70
6.2.2	Evolutions morphologiques	70
6.2.3	Conséquences et dangers à l'échelle du val	71
6.3	Aléa sismique	71

6.4 Synthèse de la caractérisation des aléas naturels	73
7. ETUDE ACCIDENTOLOGIQUE ET RETOUR D'EXPERIENCE.....	74
7.1 Incidents récents et Crues historiques	74
7.1.1 Les inondations de 1965	74
7.1.2 Les inondations de 1992	74
7.1.3 Les inondations de 1994	74
7.1.4 Les inondations de 1999	75
7.2 Etude des brèches historiques	75
7.3 Retour d'expérience sur d'autres systèmes d'endiguement	75
7.3.1 Digués de l'Aude	75
7.3.2 Digués du Vidourle	78
7.3.3 Digués de l'Agly	79
7.3.4 Autres retours d'expérience	80
8. IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES RISQUES	82
8.1 Description de la méthodologie employée pour l'analyse des risques	82
8.1.1 Démarche générale	82
8.1.2 Méthodologie employée pour la caractérisation du potentiel de rupture des tronçons de digue	82
8.1.2.1 Identification des scénarios de rupture envisageables	83
8.1.2.2 Outil mis en œuvre pour l'estimation de la probabilité de rupture de la digue	86
8.1.3 Méthodologie employée pour l'estimation du risque d'inondation par défaillance du système d'endiguement	88
8.1.3.1 Identification et choix des scénarios d'inondation caractérisés en termes de probabilité d'occurrence	88
8.1.3.2 Choix des paramètres des scénarios de brèches	91
8.1.3.3 Caractérisation des scénarios d'inondation en termes d'intensité et de cinétique des écoulements dans le val	91
8.1.3.4 Estimation de la vulnérabilité des enjeux et de la gravité des scénarios d'inondation : critères de gravité retenus	98
8.1.3.5 Evaluation de la criticité des scénarios d'inondation	99
8.2 Estimation de la défaillance du système de protection	101
8.2.1 Mode ou circonstances de défaillance	101
8.2.1.1 Rupture par surverse	101
8.2.1.2 Rupture par érosion interne	102
8.2.1.3 Rupture par défaut de stabilité de la digue ou de sa fondation	104
8.2.1.4 Rupture par soulèvement hydraulique	106
8.2.1.5 Rupture par érosion externe	106
8.2.2 Rupture de la digue du Rec de Veyret RG tous modes confondus	106
8.3 Estimation du risque d'inondation par défaillance du système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche	108
8.3.1 Identification et choix des scénarios d'inondation caractérisés en termes de probabilité d'occurrence	108
8.3.1.1 Scénario°B1 : brèche amont (crue Q5)	109
8.3.1.2 Scénario B2 : brèche amont (crue Q2)	109
8.3.1.3 Scénario B3 : Brèche en amont du bassin de rétention (crue Q5)	109
8.3.1.4 Scénario B4 : Brèche en aval de la station de pompage (crue Q5)	110
8.3.2 Intensité et cinétique des scénarios	110

8.3.2.1	Scénario°B1 : brèche amont (crue Q5)	110
8.3.2.2	Scénario°B2 : brèche amont (crue Q2)	113
8.3.2.3	Scénario°B3 : brèche en amont du bassin de rétention (crue Q5)	116
8.3.2.4	Scénario°B4 : en aval de la station de pompage (crue Q5)	119
8.3.3	Gravité des scénarios	122
8.3.3.1	Scénario B1 : brèche amont (crue Q5)	124
8.3.3.2	Scénario B2 : brèche amont (crue Q2)	126
8.3.3.3	Scénario B3 : Brèche en amont du bassin de rétention (crue Q5)	128
8.3.3.4	Scénario°B4 : Brèche en aval de la station de pompage (crue Q5)	130
8.3.3.6	Synthèse des niveaux de gravité	132
8.3.4	Criticité des scénarios	133
9.	ETUDE DE REDUCTION DES RISQUES	135
9.1	Bilan du fonctionnement actuel du système d'endiguement	135
9.2	Réduction du risque par des mesures de gestion	135
9.2.1	Mesures relevant du gestionnaire	135
9.2.1.1	Surveillance de l'ouvrage (Hors et en période de crue)	135
9.2.1.2	Entretien de l'ouvrage	135
9.2.1.3	Recours à une maîtrise d'œuvre agréée	136
9.2.1.4	Sensibilisation du public	136
9.2.1.5	Gestion du dossier d'ouvrage	136
9.2.1.6	Exercices	136
9.2.2	Mesures à mettre en œuvre sur le territoire	136
9.2.2.1	Mise en sécurité des populations du val	136
9.2.2.2	Plans communaux de sauvegarde	136
9.2.2.3	Plan de prévention du risque d'inondation	137
9.2.2.4	Prévision des crues	137
9.3	Réduction du risque par des mesures sur le système d'endiguement	137
9.3.1	Mesures structurelles	137
9.3.2	Mesures fonctionnelles	138
9.4	Réduction du risque en améliorant les connaissances et les méthodes	139
9.5	Conclusions sur l'étude de réduction du risque	139
ANNEXES		141

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : zone protégée par le système d'endiguement du Rec de Veyret	14
Figure 2 : système d'endiguement du Rec de Veyret	15
Figure 3 : lignes d'eau, profils en long de la crête de digue et pied de digue	16
Figure 4 : Carte de localisation des scénarios retenus	18
Figure 5 : Carte des hauteurs d'eau maximales – Scénario B1	19
Figure 6: Emprise de la zone d'étude.....	24
Figure 7: Principe de tronçonnage de la digue	25
Figure 8: Tronçon entre le pont de la RN9 et la passerelle de St Crescent	27
Figure 9: Tronçon entre la passerelle de St Crescent et la déchèterie	27
Figure 10: Tronçon entre la passerelle de St Crescent et la déchèterie – bassin de rétention et ouvrage hydraulique	28
Figure 11: Tronçon entre la déchèterie et le pont de Lunes	28
Figure 12: Tronçon entre le pont de Lunes et le pont de la Cafforte	29
Figure 13: Tronçon entre le pont de la Cafforte et le pont de l'A9	29
Figure 14: Seuil du pont d' l'A9.....	30
Figure 15 : Digue fiable	31
Figure 16 : Digue non fiabilisée, non équipée d'un déversoir (cas de la digue rive gauche du Rec de Veyret)	32
Figure 17 : Digue partiellement fiabilisée, équipée d'un déversoir	32
Figure 18 : Digue non fiabilisée, équipée d'un déversoir.....	32
Figure 19 : Lignes d'eau, profils en long de la crête de digue et pied de digue côté val	33
Figure 20 : Schéma présentant le fonctionnement hydraulique du Rec de Veyret	35
Figure 21 : Cinétique d'une crue décennale sans rupture des digues.....	36
Figure 22: Tronçon non circulaire en amont du pont de la route de Lunes.....	37
Figure 23: Secteurs non circulaire (vue 3D Google Earth)	37
Figure 24: OH du bassin de rétention	38
Figure 25: Siphon	38
Figure 26 : implantation des ouvrages traversants sur le système d'endiguement rive gauche du Rec de Veyret.	39
Figure 27: Carte géologique 1/50 000 (Source BRGM)	40
Figure 28: Plan d'implantation du sondage 10612X0104/S1 (Source BRGM)	41
Figure 29: Plan d'implantation des sondages de la campagne complémentaire.....	42
Figure 30 : Familles de fonctions géotechniques des composants d'un profil en travers type de digue (source IRSTEA)	43

Figure 31 : profil en travers type F1 pour une digue non renforcée	43
Figure 32: Ravines.....	45
Figure 33: Glissements.....	45
Figure 34: Renforcement de talus coté rive en enrochements.....	46
Figure 35: anomalie du profil en long de la digue.....	46
Figure 36: Point bas.....	47
Figure 37: Forte pente des talus coté rive	47
Figure 38: végétation du talus coté val entre le PK 0+175 au PK 0+745	49
Figure 39: type de végétation sur le talus coté val	49
Figure 40: OH du bassin de rétention	50
Figure 41: Siphon	50
Figure 42: Corps étrangers	51
Figure 43: Cages gabions en pied coté val du talus	52
Figure 44 : Lit mineur du Rec de Veyret – vue vers l’aval du pont de la RN2009 (Source BG)	53
Figure 45 : Zone protégée de la digue rive droite.....	54
Figure 46 : Zone protégée par le système d’endiguement du Rec de Veyret en rive gauche	55
Figure 47 : Réseau de fossés dans la zone protégée (source : Google)	55
Figure 48 : Remblai de la voie d’accès au pont de la route de Montfort.....	56
Figure 49 : Remblai de la voie d’accès au pont de la route de Montfort.....	56
Figure 50 : Enjeux dans la zone protégée	57
Figure 51 : Répartition de la population (INSEE 2012).....	58
Figure 52 : extrait du PPRi du Rec de Veyret sur la commune de Narbonne (source Préfecture de l’Aude)	61
Figure 53 : Risque d’inondation par remontée de nappe (BRGM).....	67
Figure 53 : Contexte hydrologique de l’étude hydrologique	69
Figure 53 : Hydrogrammes retenus pour l’EDD du rec de Veyret.....	70
Figure 54 : carte de sismicité de la France	72
Figure 55 : Brèche de 2011 des digues du Gailhouty	76
Figure 56 : Rabetage du pied de digue du Gailhouty	76
Figure 57 : Brèche de 2005 – digues de l’Aude.....	77
Figure 58 : Brèche de novembre 2014 – digues de l’Aude	78
Figure 59 : brèche de Pia sur l’Agly – crue du 6 mars 2013 – (photo : protection civile des Pyrénées-Orientales)	79
Figure 60 : Coupe d’un sand Boil derrière les digues de l’Agly – crue du 6 mars 2013 – (photo : DDT des Pyrénées-Orientales)	80
Figure 61 : Démarche de l’analyse du risque d’inondation par défaillance du système d’endiguement (source IRSTEA/unité OHAX)	84
Figure 62 : Exemple de discrétisation de l’espace des évènements et du calcul de la probabilité annuelle d’un scénario de brèche.....	90
Figure 63 : Méthode de structuration des digues et remblais du modèle hydraulique	92
Figure 64 : Structure globale du modèle	93
Figure 65 : Modèle numérique de terrain utilisé dans la construction du modèle hydraulique	94
Figure 66 : Aperçu du maillage du modèle hydraulique.....	95
Figure 67 : Détail du maillage au niveau du lit mineur.....	96

Figure 68 : Calage du modèle hydraulique – profil en long du lit mineur pour Q=30 m3/s	96
Figure 69 : Coefficients de frottement utilisés dans le modèle hydraulique	97
Figure 70 : arbres de défaillance du scénario de rupture par glissement de talus côté val	104
Figure 71 : arbres de défaillance du scénario de rupture par glissement de talus côté rivière.....	105
Figure 72 : Localisation des scénarios retenus	109
Figure 73 : Profil en travers au niveau de la brèche du scénario B1	110
Figure 74 : Hydrogramme de brèche et volume transitant par la brèche – Scénario B1	111
Figure 75 : Carte des hauteurs d'eau maximales – Scénario B1	112
Figure 76 : Carte des vitesses d'écoulement maximales – Scénario B1	112
Figure 77 : Carte des temps de propagation – Scénario B1	113
Figure 78 : Profil en travers au niveau de la brèche du scénario B2	114
Figure 79 : Hydrogramme de brèche et volume transitant par la brèche – Scénario B2	114
Figure 80 : Carte des hauteurs d'eau maximales – Scénario B2	115
Figure 81 : Carte des vitesses d'écoulement maximales – Scénario B2	115
Figure 82 : Carte des temps de propagation – Scénario B2	116
Figure 83 : Profil en travers au niveau de la brèche du scénario B3	117
Figure 84 : Hydrogramme de brèche et volume transitant par la brèche – Scénario B3	117
Figure 85 : Carte des hauteurs d'eau maximales – Scénario B3	118
Figure 86 : Carte des vitesses d'écoulement maximales – Scénario B3	118
Figure 87 : Carte des temps de propagation – Scénario B3	119
Figure 88 : Profil en travers au niveau de la brèche du scénario B4	120
Figure 89 : Hydrogramme de brèche et volume transitant par la brèche – Scénario B4	120
Figure 90 : Carte des hauteurs d'eau maximales – Scénario B4	121
Figure 91 : Carte des vitesses d'écoulement maximales – Scénario B4	121
Figure 92 : Carte des temps de propagation – Scénario B4	122
Figure 93 : Carte des aléas – Scénario B1	124
Figure 94 : Carte des aléas – Scénario B2	126
Figure 95 : Carte des aléas – Scénario B3	128
Figure 96 : Carte des aléas – Scénario B4	130

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Log du sondage 10612X0104/S1	40
Tableau 2 : Tableau des composants et des fonctions géotechniques du profil en travers type (source IRSTEA).....	44
Tableau 3 : démarches et obligations à réaliser par les responsables de digues	60
Tableau 3 : données sources hydrologiques	69
Tableau 4 : synthèse de la caractérisation des aléas naturels auxquels est soumis le système d'endiguement du Rec de Veyret en rive gauche	73
Tableau 5 : principaux enseignements issus de retours d'expérience issus d'autres systèmes d'endiguement (source DREAL Centre).....	81
Tableau 6 : Hiérarchisation des tronçons de digue en fonction des aléas de rupture	85
Tableau 7 : Qualification des probabilités événementielles utilisées pour caractériser la probabilité de défaillance pour un événement de crue donné	89
Tableau 8 : Qualification des probabilités annuelles utilisées pour caractériser les scénarios de défaillance	90
Tableau 9 : Grille de qualification de l'aléa en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses de propagation.....	98
Tableau 10 : Table de correspondance entre aléa et vulnérabilité de la population en danger	99
Tableau 11 : Classes de gravité des scénarios d'inondation.....	99
Tableau 12 : Grille de criticité des scénarios d'inondation.....	100
Tableau 13 : Hauteur de surverse (+) ou de revanche (-) au droit de la digue (m)	102
Tableau 14 : Probabilité de rupture des profils en travers soumis à la surverse.....	102
Tableau 15 : correspondance entre valeur du critère de Bligh (modifié) et probabilité d'apparition d'érosion interne.....	103
Tableau 16 : Probabilité de rupture des profils en travers soumis à l'érosion interne	103
Tableau 17 : Probabilités de rupture des profils en travers soumis au glissement côté val.....	105
Tableau 18 : Probabilités de rupture des profils en travers soumis au à l'érosion interne.....	106
Tableau 19 : Probabilités de rupture des profils par tous les modes confondus	107
Tableau 20 : Tableau de synthèse des scénarios retenus	108
Tableau 21 : Rappel - Grille de qualification de l'aléa en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses de propagation	123
Tableau 22 : Rappel - Classes de gravité des scénarios d'inondation	123
Tableau 23 : Nombre d'habitants impactés et « en danger » – Scénario B1.....	125
Tableau 24 : Enjeux sensibles impactés – Scénario B1	125
Tableau 25 : Nombre d'habitants impactés et « en danger » – Scénario B2.....	127
Tableau 26 : Enjeux sensibles impactés – Scénario B2	127
Tableau 27 : Nombre d'habitants impactés et « en danger » – Scénario B3.....	129
Tableau 28 : Enjeux sensibles impactés – Scénario B3	129
Tableau 29 : Nombre d'habitants impactés et « en danger » – Scénario B4.....	131
Tableau 30 : Synthèse des niveaux de gravité des différents scénarios.....	132
Tableau 31 : Synthèse des indices de criticité des différents scénarios	133
Tableau 32 : Synthèse globale des résultats.....	134

INFORMATION DU LECTEUR ET MISE EN GARDE

Sur le plan de la présente étude de dangers

L'étude de dangers du Rec de Veyret est constituée du présent rapport et de ses annexes. Son plan est imposé par la réglementation en vigueur et s'articule autour de 10 chapitres.

Le chapitre 1 fournit des renseignements d'ordre administratif sur les ouvrages et la présente étude.

Le chapitre 2 regroupe un certain nombre d'éléments de contexte.

Le chapitre 3 décrit les digues et leur environnement et donne une analyse de leur fonctionnement.

Le chapitre 4 présente les éléments de gestion de la sécurité des ouvrages.

Le chapitre 5 identifie et caractérise les potentiels de dangers induits par la présence des digues.

Le chapitre 6 analyse les aléas naturels auxquels sont soumis les ouvrages.

Le chapitre 7 propose un descriptif et une analyse des accidents passés subis par les ouvrages.

Le chapitre 8 constitue le cœur de l'étude de dangers et présente les résultats du diagnostic de rupture ainsi que les conséquences qui découleraient d'une défaillance de l'ouvrage.

Le chapitre 9 fournit différentes propositions permettant de réduire les risques identifiés.

Le chapitre 10 regroupe l'ensemble des cartes illustrant la présente étude de danger.

NOTA 1 : Pour faciliter la lecture, l'ensemble des cartes regroupées dans le chapitre 10 sont également fournies en miniatures au fil du rapport.

Sur les données utilisées, leurs caractéristiques et les incertitudes associées

Une importante quantité de données a été collectée et analysée afin d'alimenter la présente étude de dangers. On peut notamment citer :

- Les référentiels IGN livrés en 2010
 - o Scan 1000
 - o Scan 100
 - o Scan 25
 - o BD ORTHO

- BD TOPO
- BD PARCELLAIRE
- BD CARTHAGE
- Autres référentiels externes
 - Bases de données de l'INSEE (Référentiel Graphique Parcellaire de 1999 et recensement de 2007 à 2011 suivant les communes) et données carroyées de 2012 (carreaux de 200 m de côté)
 - Banque de données du sous-sol (BSS)

Notations

Selon le contexte, la notation Qxx désigne dans cette étude soit la crue d'occurrence xx ans, soit le débit de pointe de cette crue. Ainsi, Q10 signifie alternativement la crue d'occurrence 10 ans (ou de probabilité annuelle 1/10) ou le débit de pointe de cette crue.

0. Résumé non technique de l'étude de dangers

0.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE DE DANGERS

L'étude de dangers du système d'endiguement du Rec de Veyret a été réalisée par BRLingénierie. Les études de dangers sont des études réglementaires qui s'imposent à tous les propriétaires de digues fluviales ou maritimes protégeant plus de 10 personnes (article R.214-115 du code de l'environnement).

Une étude de dangers a pour objectifs :

- De préciser le rôle et le fonctionnement du système de digues
- D'analyser les phénomènes physiques susceptibles de provoquer ou de favoriser une rupture de ces digues
- De quantifier en termes de probabilité les risques de défaillance des digues correspondants
- D'analyser les conséquences d'une éventuelle rupture des digues en termes de risques pour les biens et les personnes
- De proposer des mesures de réduction des risques : mesures structurelles (travaux de renforcement) mais aussi mesures de gestion et mesures fonctionnelles

Le système d'endiguement de la rive gauche du Rec de Veyret s'étend sur environ 1,6 km, sur la commune de Narbonne.

La zone protégée par le système d'endiguement du Rec de Veyret abrite environ mille six cent personnes.

Le système d'endiguement du Rec de Veyret a fait l'objet, par arrêté préfectoral en date du 29/07/2011, d'un classement en digue de classe B compte tenu de ses caractéristiques estimées alors et de la réglementation en vigueur à l'époque.

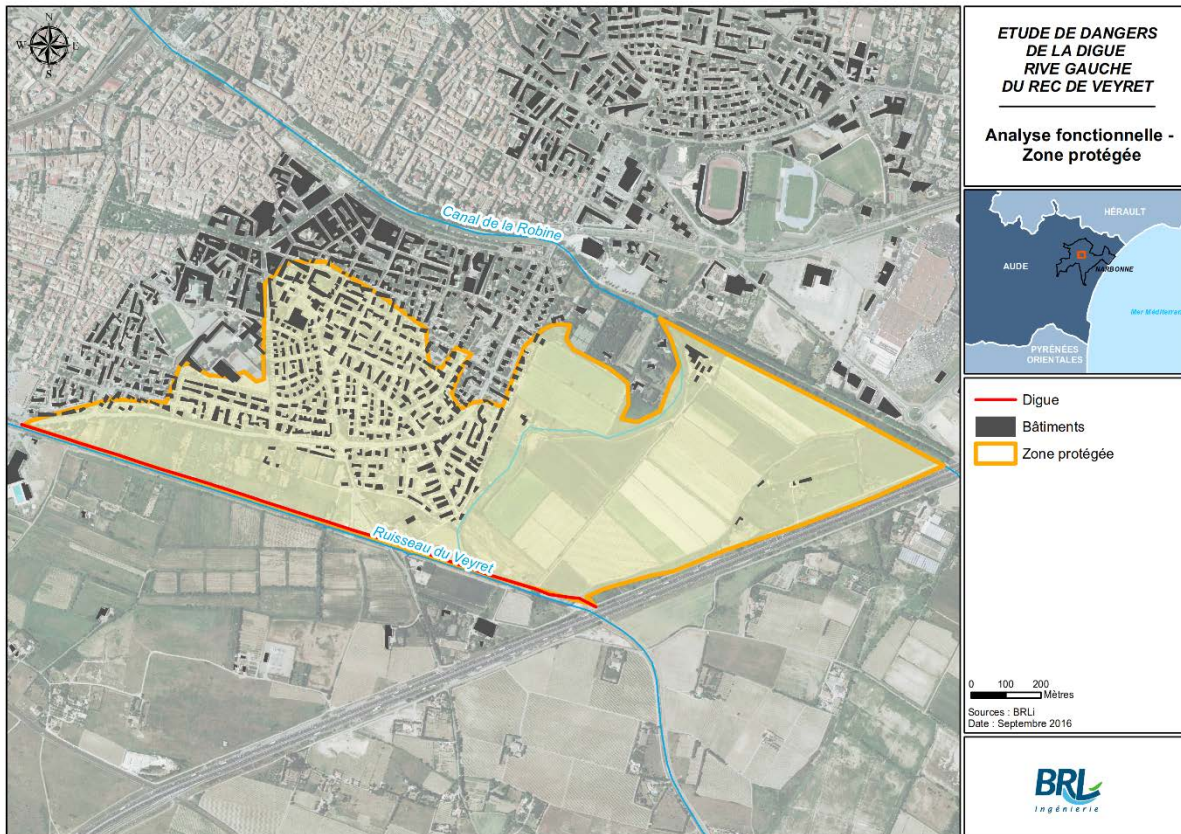


Figure 1 : zone protégée par le système d'endiguement du Rec de Veyret

0.2 COMPOSITION DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT DU REC DE VEYRET

Le système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche est un système d'endiguement complètement fermé assurant la protection du val éponyme.

Il est constitué d'une digue propriété de la ville de Narbonne. Il s'agit d'un ouvrage linéaire de 1,6 km environ, d'une hauteur variable entre 1 et 2 m / TN côté val, qui protège les quartiers situés entre le Rec de Veyret et le canal de la Robine, principalement. Le talus de cette digue est situé dans le prolongement du talus de Rec de Veyret qui est canalisé dans ce secteur.

L'ouvrage s'inscrit aussi bien dans un contexte urbain que périurbain (communes de Narbonne).

La figure suivante présente le système d'endiguement objet de cette étude de dangers. La digue est comprise entre la RN9 à l'Ouest et l'Autoroute A9 à l'Est.

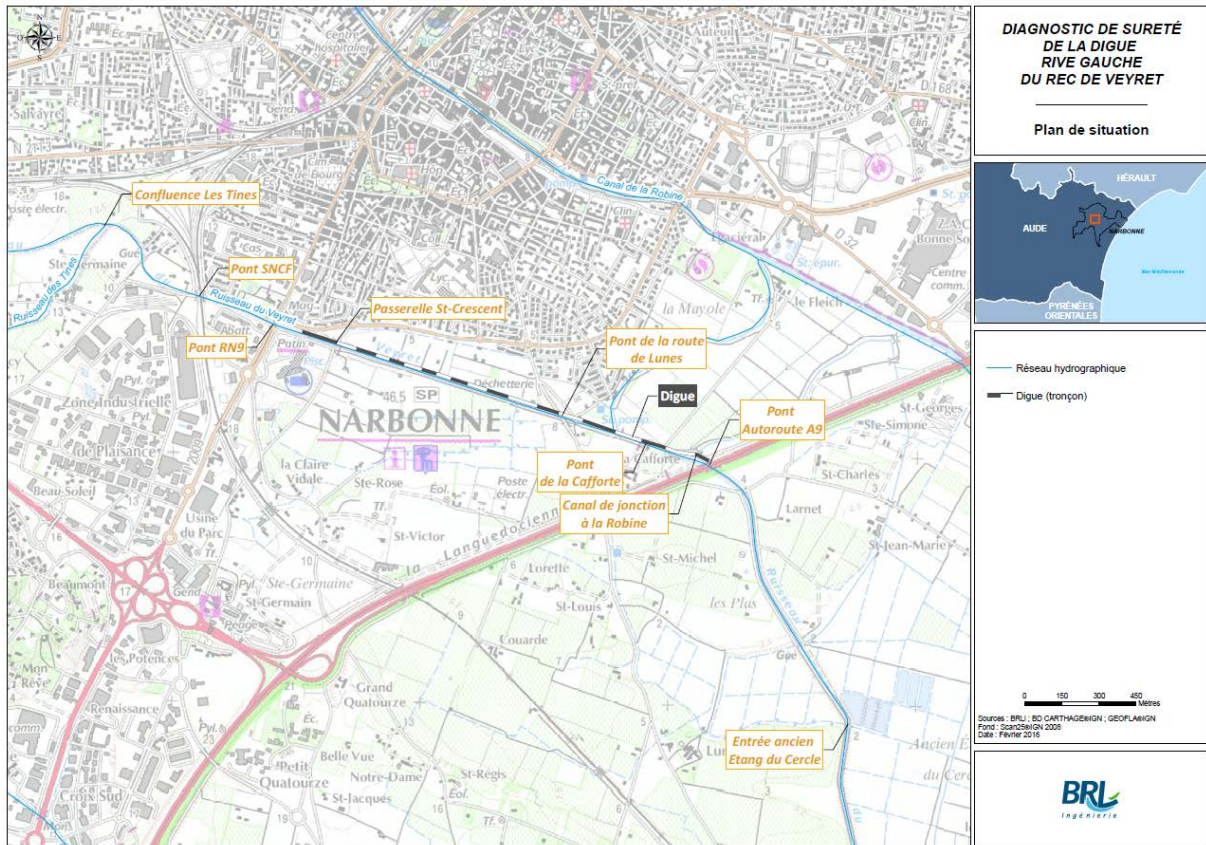


Figure 2 : système d'endiguement du Rec de Veyret

La visite technique approfondie réalisée dans le cadre de la présente étude ainsi que les éléments du dossier d'ouvrage ont permis d'identifier un certain nombre d'anomalies qui fragilisent l'ouvrage en cas de crue :

- Signes de glissements de talus coté rive,
- Travaux de terrassements non autorisés dans la digue au niveau de la déchèterie,
- Végétation sur et aux abords de la levée,
- Obstacles sur les talus de digue.

0.3 DANGERS LIÉS AU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU REC DE VEYRET

Les dangers liés au système d'endiguement du Rec de Veyret résultent principalement de l'irruption accidentelle d'eau à l'intérieur du val lors d'une crue suite :

- à l'ouverture partielle ou totale d'une brèche sur un tronçon d'une des levées
- à une surverse avec ou sans brèche au-dessus de la digue.

0.4 NIVEAU DE PROTECTION ET NIVEAU DE SURETÉ DU SYSTÈME D'ENDIGUEMENT DU REC DE VEYRET

Le niveau de protection correspond au niveau d'eau dans le Rec de Veyret au-delà duquel la zone protégée commence à être inondée sans rupture préalable de la digue suite au débordement au-dessus de la crête de digue. Le niveau de protection correspond donc à l'occurrence de la crue de premières surverses.

Le niveau de sûreté se définit comme le niveau d'eau dans le Rec de Veyret au-delà duquel la probabilité de rupture de la digue ne peut plus être considérée comme négligeable.

La notion de « niveau de sûreté » renvoie au risque de rupture alors que celle de « niveau de protection » est associée à la surverse. Un système d'endiguement est qualifié de parfaitement fiable si son niveau de sûreté est supérieur à son niveau de protection, c'est-à-dire que la rupture avant surverse est improbable.

La digue du Rec de Veyret ne pouvant en général être considérée comme parfaitement fiable du fait de sa conception et des désordres l'affectant, on parlera de « niveau de protection apparent » plutôt que de « niveau de protection » afin de ne pas entretenir l'illusion d'une protection réelle jusqu'à l'occurrence de crue en question.

0.4.1 Niveau de protection apparent

Les niveaux d'eau dans le lit endigué du Rec de Veyret ont été calculés par l'intermédiaire d'un modèle hydraulique pour 4 occurrences de crues allant de 2 ans à 30 ans, soit pour un débit du Rec de Veyret s'échelonnant de 35 m³/s à 121 m³/s. Il a été supposé dans les calculs qu'aucune brèche ne se produisait en amont et en aval de la zone protégée.

Les niveaux d'eau calculés ont été comparés à l'altimétrie de la crête de l'ouvrage afin de déterminer l'occurrence et la localisation des premières surverses.

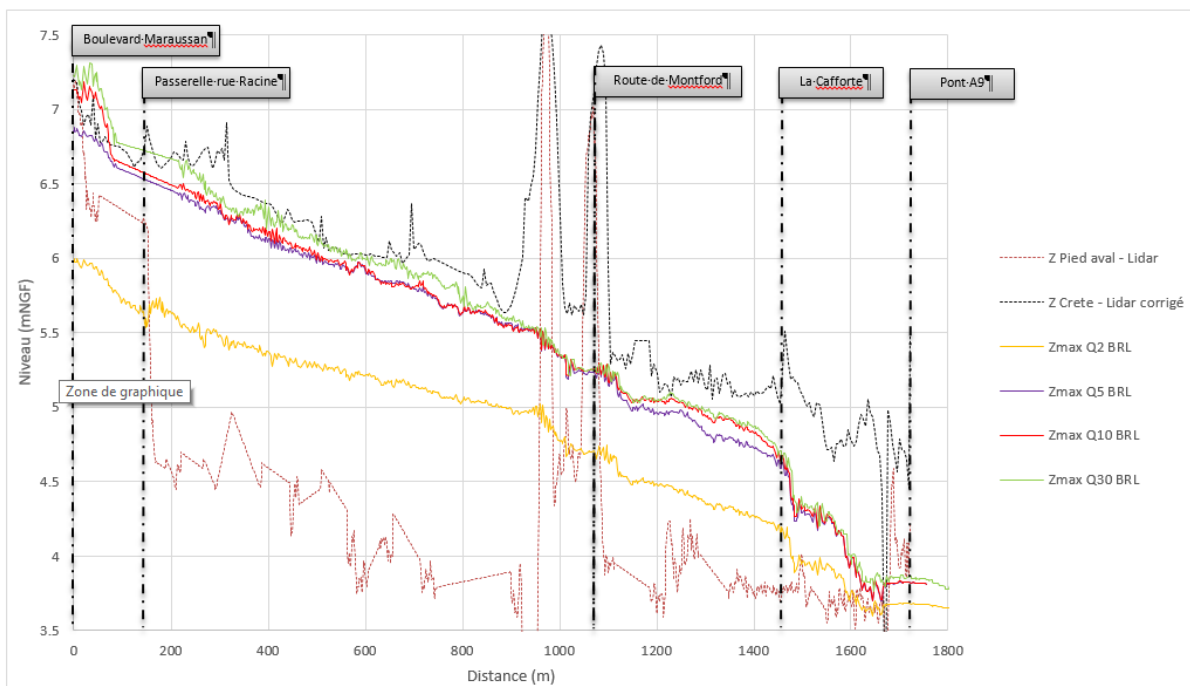


Figure 3 : lignes d'eau, profils en long de la crête de digue et pied de digue

Le comparatif des lignes d'eau et du profil en long de la crête de digue mettent en évidence que les premières surverses se produiraient en amont de la passerelle Rue Racine pour une crue d'occurrence 5 ans environ.

Le niveau atteint par la crue de période de retour 5 ans définit donc le niveau de protection apparent du système d'endiguement du Rec de Veyret.

0.4.2 Défaillance du système d'endiguement

L'analyse de la défaillance du système d'endiguement considère 5 modes de rupture potentielle de l'ouvrage :

- Rupture liée à la surverse
- Rupture suite à érosion interne
- Rupture suite à glissement de talus
- Rupture suite à érosion externe
- Rupture suite à soulèvement hydraulique en pied de digue

L'estimation des probabilités de rupture est établie par tronçons caractérisés par leur géométrie (crête de digue, pente des talus, largeur en pied, etc.), les sollicitations hydrauliques (niveaux d'eau coté rive) qui s'y appliquent, les différentes anomalies (végétation, terriers, bâtiments encastrés, canalisations traversantes, etc.) qui s'y rattachent et les caractéristiques géotechniques des matériaux qui le composent.

Les calculs sont effectués pour chacun des 5 modes de rupture précités, pour chaque occurrence de crue et chaque tronçon élémentaire.

Trois principales zones de défaillance potentielle sont mises en évidence au travers de cette analyse :

- Au PK 170,
- Au PK 850,
- Et au PK 1350.

Le niveau de sûreté du système d'endiguement correspond à un niveau du Rec de Veyret associé à une crue de période de retour 5 ans.

Au-delà de ce niveau, la probabilité de rupture au droit du tronçon élémentaire de digue le plus fragile ne peut plus être considéré comme négligeable. La probabilité de rupture est estimée à 11% pour la crue de période de retour 5 ans et devient quasi certaine pour une crue supérieure ou égale à la centennale.

0.4.3 Description du fonctionnement probable du système d'endiguement dans son état actuel

Comme indiqué précédemment, le risque de défaillance de l'ouvrage ne peut plus être considéré comme négligeable à partir de la crue de période de retour 5 ans et devient même très probable à partir de la crue centennale.

A partir de la crue de période de retour 30 ans, toute la levée du Rec de Veyret entrerait quoiqu'il en soit en surverse.

En conclusion, en l'état actuel, le système d'endiguement présenterait probablement un fonctionnement anormal et préoccupant pour des crues supérieures ou égales à la crue de période de retour 5 ans.

0.5 CARACTERISTIQUE DE LA GRAVITE DU RISQUE ASSOCIE A LA DEFAILLANCE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

0.5.1 A l'échelle du val

L'étude de dangers évalue les conséquences du risque d'inondation dans le val au travers de différents scénarios d'inondation dont les conséquences sont déterminées à partir de simulations réalisées en utilisant des modèles hydrauliques.

Pour chaque scénario de brèches, la gravité de l'inondation du val qui en résulterait est appréciée par l'intermédiaire du nombre de personnes inondées. La criticité du scénario est quant à elle évaluée en croisant sa probabilité de survenance avec la gravité de ses conséquences.

La sélection des scénarios de défaillance répond à des objectifs de représentativité et de diversité des situations pouvant être rencontrées et s'appuie notamment sur :

- Les résultats issus de l'identification des secteurs de défaillance les plus probables
- La localisation des enjeux
- Le fonctionnement hydraulique interne de la zone protégée

Sur cette base, quatre scénarios de brèches ont été simulés et analysés.

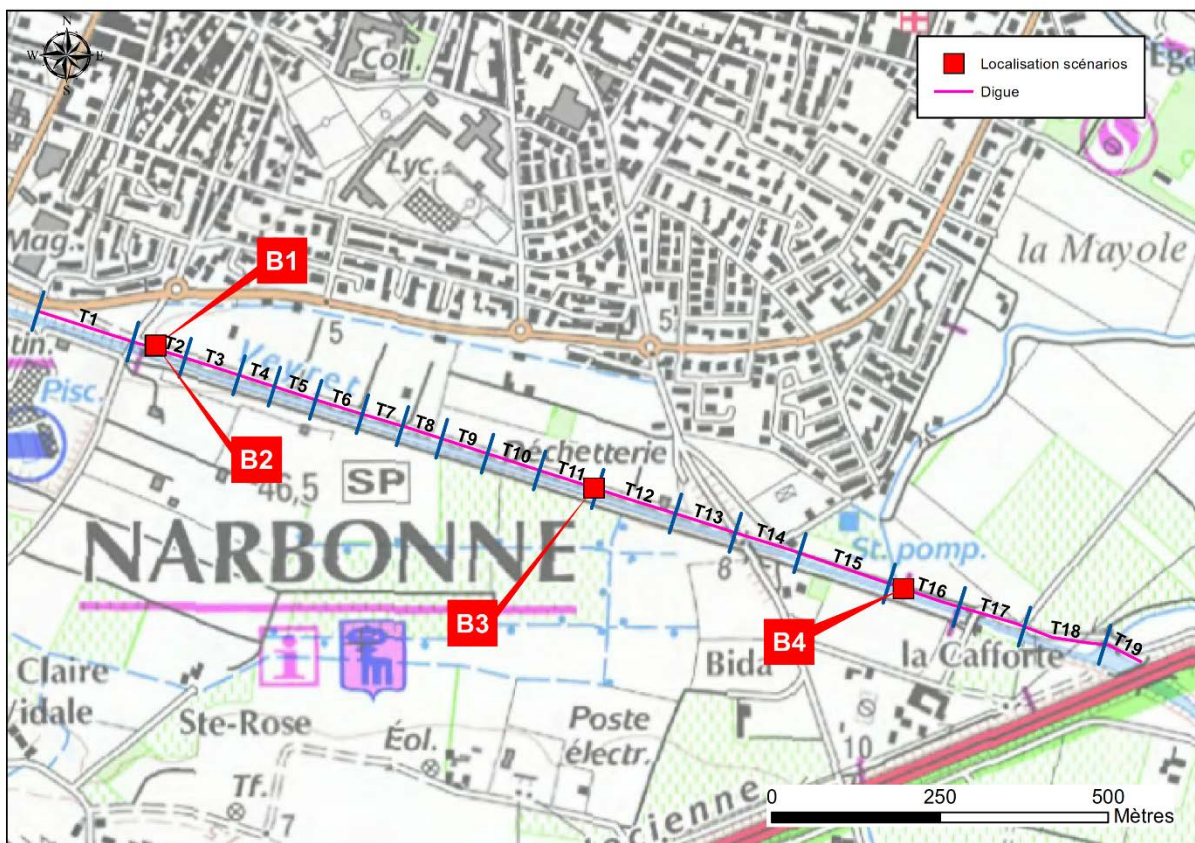


Figure 4 : Carte de localisation des scénarios retenus

Le scénario le plus pénalisant en termes de gravité (enjeux impactés) est le scénario B1 « rupture par surverse ».

Dans ce scénario, pour une crue de période de retour 5 ans, les 1240 personnes résidant dans le val seraient inondées et environ 415 d'entre eux pourraient être considérés comme en danger du fait des hauteurs d'eau auxquelles ils seraient exposés.

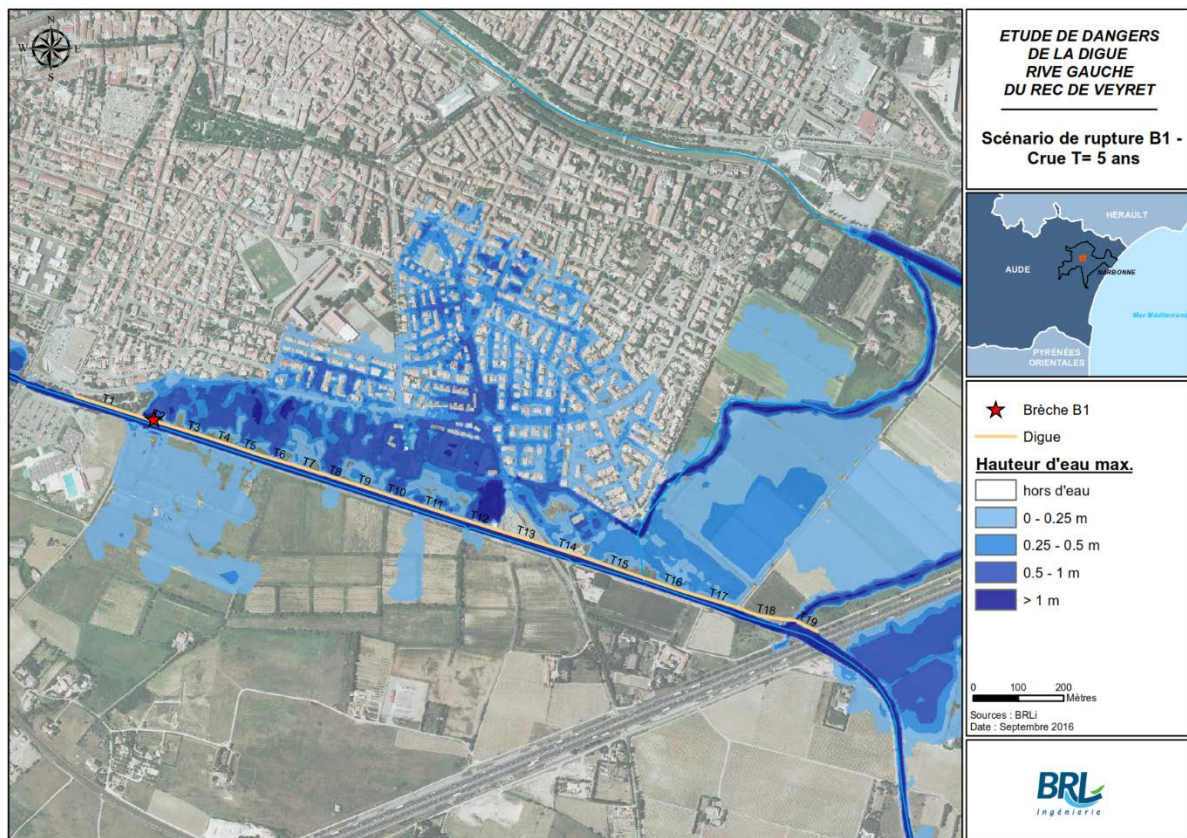


Figure 5 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario B1

Compte tenu de la fréquence probable de défaillance du système d'endiguement et des conséquences humaines que cela engendrerait, le risque de rupture peut être qualifié « d'intolérable ».

0.6 MESURES DE REDUCTION DES RISQUES

L'étude de dangers du système d'endiguement du Rec de Veyret a mis en évidence la forte probabilité d'une défaillance des ouvrages dont les conséquences seraient sérieuses, justifiant de fait la mise en place de mesures de réduction des risques.

La définition d'un programme de mesures de réduction des risques s'appuie sur les résultats de l'analyse fonctionnelle du système, du diagnostic d'aléa de rupture et de l'analyse des conditions de propagation de l'onde de rupture. Un tel programme combine :

- Mesures de gestion du risque, c'est-à-dire des mesures préventives et/ou opérationnelles relatives à la limitation des conséquences potentielles d'une défaillance du système d'endiguement
- Les mesures structurelles et fonctionnelles, basées sur la résorption des anomalies recensées afin d'augmenter le niveau de sûreté et de fiabiliser le système d'endiguement
- Les mesures relatives à l'amélioration des connaissances, permettant d'affiner le diagnostic réalisé dans le cadre de la présente étude de dangers

0.6.1 Mesures de gestion du risque

Les résultats de l'étude de dangers doivent être intégrés dans les différents dispositifs existants de gestion du risque pour lesquels ils fournissent des éléments de connaissance complémentaires :

- Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) : l'étude de dangers a mis en évidence le faible niveau de protection et de sûreté de l'ouvrage.
- Plans Communaux de Sauvegarde : les résultats de l'étude de dangers devront être pris en compte dans les PCS existants ou en cours d'élaboration,
- Plan de Surveillance des Levées et consignes écrites : en identifiant les secteurs les plus fragiles, l'étude de dangers constitue une base de travail pour permettre au gestionnaire de prioriser ses actions de surveillance et d'entretien et de mettre en place la logistique (moyens matériels et humains requis, prépositionnement, etc.) afférente à la mise en œuvre d'interventions pour les réparations d'urgence,
- Plan d'évacuation des populations : dans l'attente d'une fiabilisation du système d'endiguement et compte tenu des modalités d'inondation du val en cas de défaillance du système d'endiguement, une évacuation préventive du val doit être envisagée en cas de crue susceptible de conduire à l'ouverture d'une brèche au sein de l'ouvrage de protection

0.6.2 Améliorations structurelles et fonctionnelles de la digue

Le diagnostic de rupture conduit à proposer un programme de travaux de fiabilisation du système d'endiguement :

- Un ensemble d'interventions afin de limiter le risque de rupture avant surverse et permettant ainsi de rehausser le niveau de sûreté ; les principales mesures entrant dans ce cadre sont :
 - Travaux de confortement vis-à-vis du risque d'érosion interne,
 - Suppression de la végétation sur les tronçons concernés,
 - Remise en l'état du tronçon au niveau de la déchèterie.
- Un ensemble d'interventions complémentaires permettant d'éviter la défaillance du système d'endiguement lors de la surverse et permettant d'atteindre un niveau de sûreté supérieur au niveau de protection apparent :
 - Rendre la digue résistante à la surverse et/ou créer une zone déversante en amont en rive droite et en rive gauche,
 - Abaisser la ligne d'eau par l'ensemble des mesures préconisées dans les études de BG.

0.6.3 Amélioration des connaissances

La présente étude de dangers a mis en évidence les limites des connaissances de certains phénomènes au rang desquels peuvent être rangés les mécanismes d'érosion interne, la formation et le développement des brèches ainsi que les calculs de probabilité de rupture global d'un système d'endiguement.

L'étude de dangers a également mis en évidence les limites relatives à la connaissance des ouvrages eux-mêmes : détection d'anomalies, recherche d'archives sur les modes de réalisation et de mise en œuvre, etc.

1. Renseignements administratifs

1.1 PROPRIETAIRE DES OUVRAGES

Les ouvrages constitutifs du système d'endiguement du Rec de Veyret en rive gauche sont la propriété de la ville de Narbonne.

1.2 GESTIONNAIRE DES OUVRAGES

La commune de Narbonne, maître d'ouvrage des digues du Rec de Veyret, a signé une convention avec le Syndicat Mixte du Delta de l'Aude (SMDA) pour lui déléguer la gestion de cet ouvrage.

1.3 REDACTEURS DE L'ETUDE DE DANGERS

La présente étude de dangers a été réalisée par BRL ingénierie, bureau d'études agréé au titre du décret du 11 décembre 2007 sous le n° 10a « digues et barrages » par l'arrêté du 31 août 2016 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques et publié au Journal Officiel de la République française.

Elle a été pilotée par Nicolas SICART. Les principaux intervenants et/ou rédacteurs dans la présente étude de dangers sont :

- Pierre-Yves MASSY, BRLi (analyse fonctionnelle, diagnostic de rupture et mesures de réduction)
- Antonin MAZOYER, BRLi (analyse fonctionnelle, diagnostic morphodynamique, diagnostic de rupture et mesures de réduction, modélisations hydrauliques)

Cette étude de dangers a également bénéficié de la relecture de :

- Gérard AVAL, du SMDA.

1.4 CLASSEMENT DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT DU REC DE VEYRET

Par arrêté n° 2011143-0015, la digue gauche du Rec de Veyret dans la traversée de Narbonne a fait l'objet d'un classement en **classe B** par l'Etat, au titre du 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.

La hauteur maximale de la digue est supérieure à 1 m et la population protégée est comprise entre 1000 et 50 000 personnes.

2. Objet de l'étude

2.1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

La présente étude de dangers du système d'endiguement du Rec de Veyret en rive gauche au niveau de la commune de Narbonne est réalisée pour satisfaire aux obligations réglementaires (notamment les articles R214-115 à R214-117 du code de l'environnement) auxquelles sont notamment soumises les digues de classe B et C.

Une telle étude « *explicité les niveaux des risques pris en compte, détaille les mesures aptes à les réduire et en précise les niveaux résiduels une fois mises en œuvre les mesures précitées. Elle prend notamment en considération les risques liés aux crues, aux séismes, aux glissements de terrain, aux chutes de blocs et aux avalanches ainsi que les conséquences d'une rupture des ouvrages. Elle prend également en compte des événements de gravité moindre mais de probabilité plus importante tels les accidents et incidents liés à l'exploitation courante de l'aménagement. Elle comprend un résumé non technique présentant la probabilité, la cinétique et les zones d'effets des accidents potentiels ainsi qu'une cartographie des zones de risques significatifs* » (article R214-116 du code de l'environnement).

L'étude de dangers doit également permettre de déterminer le fonctionnement hydraulique du val et le rôle joué par le système d'endiguement.

2.2 LE PERIMETRE D'ETUDE

2.2.1 L'ouvrage de protection et la zone protégée

L'étude de danger porte sur la digue rive gauche du Rec de Veyret à Narbonne. Il s'agit d'un ouvrage linéaire de 1,6 km environ, d'une hauteur variable entre 1 et 2 m qui protège les quartiers situés entre le Rec de Veyret et le canal de la Robine, principalement. Le talus de cette digue est situé dans le prolongement du talus de Rec de Veyret.

L'ouvrage s'inscrit aussi bien dans un contexte urbain que périurbain (communes de Narbonne).

La figure suivante présente le périmètre de l'étude de diagnostic. La digue est comprise entre la RN9 à l'Ouest et l'Autoroute A9 à l'Est.

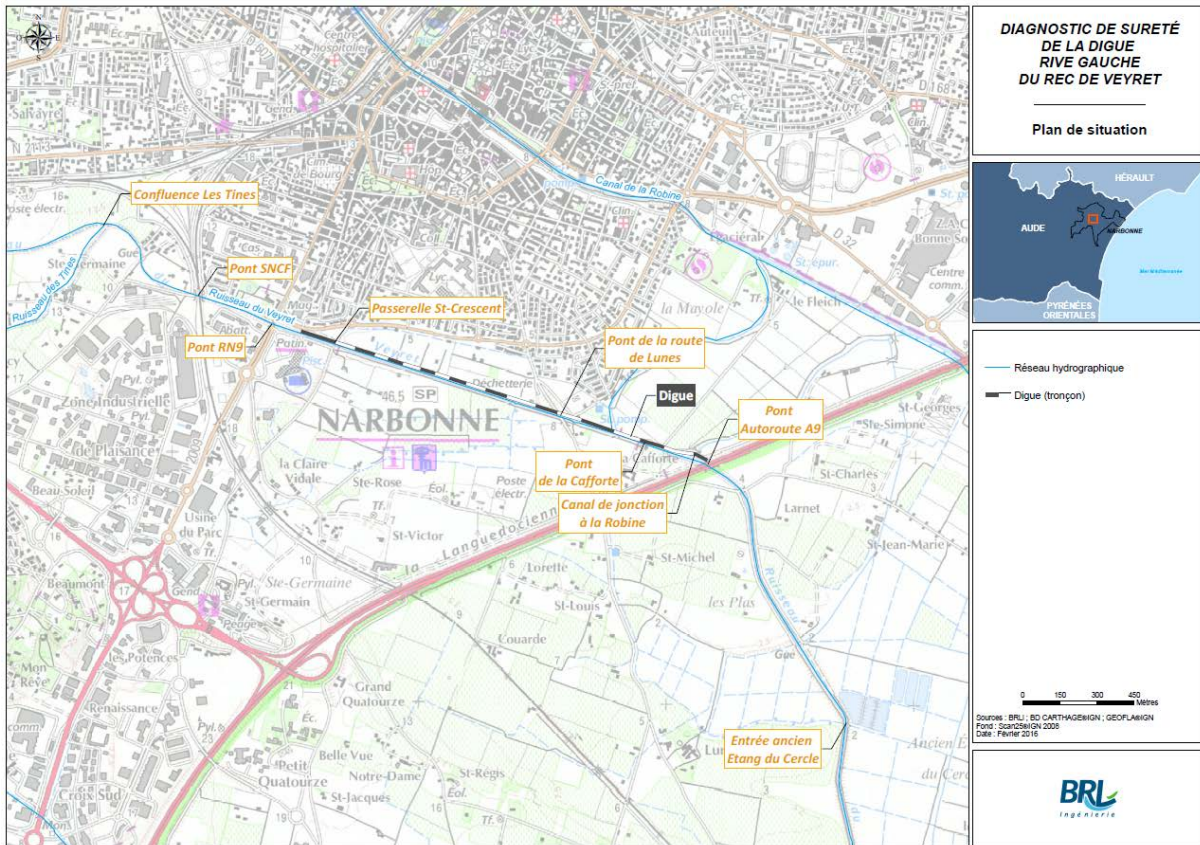


Figure 6: Emprise de la zone d'étude

2.2.2 Les zones d'influence ou d'intérêt

Compte tenu du contexte du système d'endiguement du Rec de Veyret, la présente étude ne se limite pas à la seule zone protégée en rive gauche. Le périmètre en rive droite et la connexion du Rec avec le canal de la Robine sont aussi envisagés en fonction des thématiques abordées.

L'environnement de l'ouvrage est détaillé au chapitre 3.2.

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

L'analyse fonctionnelle doit permettre d'appréhender le système d'endiguement du point de vue des fonctions de ses composants. Elle doit s'envisager à différentes échelles :

- le système d'endiguement dans son ensemble ;
- les sous-systèmes de digues formant le système d'endiguement (découpage du système d'endiguement en tronçons), définis par leurs fonctions hydrauliques (digue, passage batardable, etc.) ;
- les composants géotechniques qui constituent la structure des différents tronçons de digues (découpage en profils en travers, types de digues) et se définissent par leurs fonctions géotechniques (corps de digue, protection, recharge étanche, drain...).

Cette analyse à différentes échelles, qui vise la description fonctionnelle du système d'endiguement au travers des nombreuses interactions qui le lient à son environnement, constitue la base sur laquelle est ensuite menée l'analyse des risques, au chapitre 8 de la présente étude.

3.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

3.1.1 Principe de discrétisation du système d'endiguement

Dans la présente étude de dangers, le système d'endiguement en rive gauche du Rec de Veyret est discrétisé en 19 tronçons homogènes en géométrie. Chaque tronçon est rattaché à un profil en travers type (en termes de géométrie et de composants), positionné par défaut au centre de celui-ci, mais pouvant également être légèrement déplacé si cela est jugé pertinent pour améliorer sa représentativité.

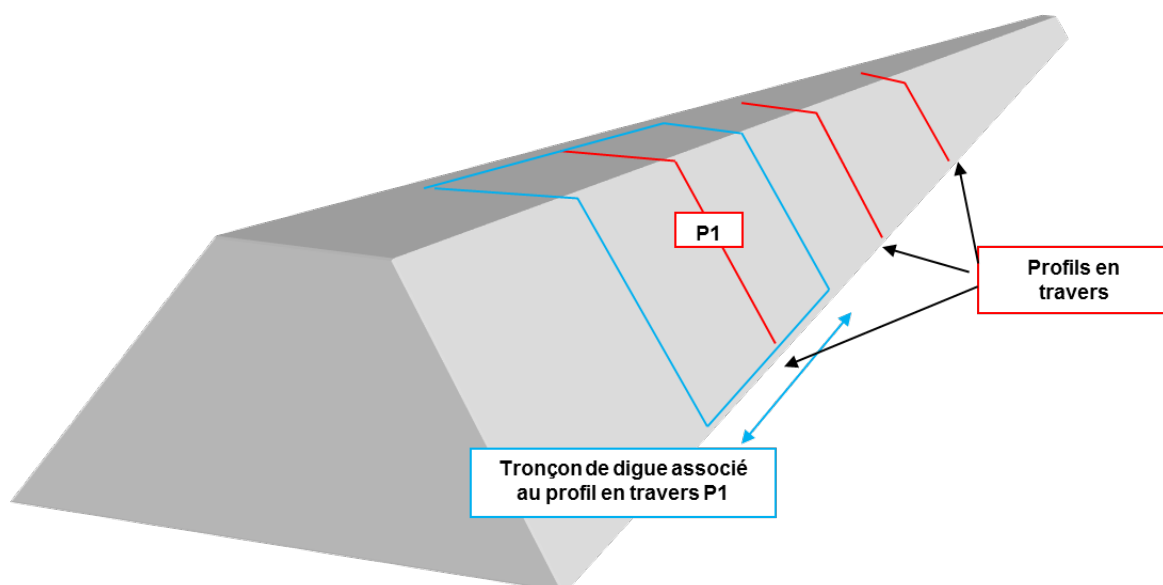


Figure 7: Principe de tronçonnage de la digue

Chaque profil en travers est identifié par son numéro et localisé par son PK compté (de manière continue, sans faire abstraction des éventuelles interruptions d'endiguement tels que les rampes et/ou les culées de pont) à partir de l'extrémité amont du système de protection jusqu'à son extrémité aval.

La carte de localisation des profils en travers du système de protection est disponible au début du chapitre 10 de la présente étude de dangers.

Les données afférentes à chacun de ces tronçons homogènes (caractéristiques géométriques, niveaux de charge hydraulique appliqués, composants géotechniques et renforcements, désordres structurels relevés, modes de surveillance et de gestion et caractéristiques géotechniques) sont détaillés dans l'annexe 3 de la présente EDD.

3.1.2 Définition du système d'endiguement étudié

Le système de protection des quartiers de la commune de Narbonne situés entre le Rec de Veyret et le canal de la Robine est rattaché à la présence de la digue rive gauche du Rec de Veyret se raccordant en amont au pont de la RN9 et au pont de l'autoroute A.9 en aval.

Dans le cadre du diagnostic initial de sûreté une visite de terrain de type VTA (Visite Technique Approfondie) s'est déroulée le 1^{er} février 2016. Cette visite a été complétée par une seconde intervention sur site le 12 Mai 2016 suite aux travaux de débroussaillage des parties du talus côté val de la digue ne pouvant être observée lors de la première visite. Les éléments rédigés ci-dessous synthétisent le diagnostic visuel détaillé traduit dans un tableau descriptif complet et sur des planches cartographiques annexés (voir annexe 10).

3.1.2.1 Ligne de défense principale

Le système de protection des quartiers de la commune de Narbonne situés entre le Rec de Veyret et le canal de la Robine est défini par la configuration de sa ligne de défense principale. De premier rang par rapport aux cours d'eau, elle constitue la limite entre les milieux extérieurs cours d'eau (Rec de Veyret) et la zone protégée. Sa définition résulte d'une analyse conjointe des rédacteurs de la présente étude de dangers et du gestionnaire de l'ouvrage et constitue pour partie un résultat de l'analyse fonctionnelle (cf. Figure 6).

La digue se caractérise par les tronçons suivant :

TRONÇON ENTRE LE PONT DE LA RN9 ET LA PASSERELLE DE ST CRESCENT :

Sur ce tronçon, la digue est homogène. Le talus coté rive est régulier avec une pente moyenne de 2H/3V. On y note la présence d'encrochements localisés. Le talus coté val a une hauteur de 20 à 40cm. La crête est circulaire en voiture.



Figure 8: Tronçon entre le pont de la RN9 et la passerelle de St Crescent

TRONÇON ENTRE LA PASSERELLE DE ST CRESCENT ET LA DECHETERIE :

Ce tronçon est également homogène en géométrie (pentes de talus, largeur de crête). En approchant de la déchèterie, le profil de la digue remonte au niveau du bassin de rétention. Un ouvrage hydraulique traverse la digue dans sa partie supérieure.

Le talus coté rive est en moyenne à 1H/2V sur la moitié la plus proche de la passerelle et 2H/3V lorsque l'on se rapproche de la déchèterie. Il est ponctuellement renforcé avec des enrochements.

La hauteur du talus coté val s'accroît plus on se rapproche de la déchèterie.

La crête est circulaire en voiture.



Figure 9: Tronçon entre la passerelle de St Crescent et la déchèterie



Figure 10: Tronçon entre la passerelle de St Crescent et la déchèterie - bassin de rétention et ouvrage hydraulique

TRONÇON ENTRE LA DECHETERIE ET LE PONT DE LUNES :

Ce tronçon a fait l'objet de travaux. La crête de digue n'est plus circulaire. La digue a été creusée côté val et le matériaux d'excavation a servi pour rehausser la digue.



Figure 11: Tronçon entre la déchèterie et le pont de Lunes

TRONÇON ENTRE LE PONT DE LUNES ET LE PONT DE LA CAFFORTE :

Ce tronçon est homogène en géométrie (pentes de talus, largeur de crête). Vers le pont de Lunes, une propriété privée est encastrée dans la digue (Soutènement en palplanche). La section de la digue y est diminuée.

Le talus côté rive est de pente de 2H/1V. Il est ponctuellement renforcé avec des enrochements.

La crête est circulaire en voiture sauf au niveau de la propriété privée.



Figure 12: Tronçon entre le pont de Lunes et le pont de la Cafforte

TRONÇON ENTRE LE PONT DE LA CAFFORTE ET LE PONT DE L'A9 :

Ce tronçon est homogène en géométrie (pentes de talus, largeur de crête). On note la présence de quelques arbres sur le talus coté rive. Cette dernière section débouche sur le seuil du pont de l'Autoroute.

La crête est circulaire en voiture.



Figure 13: Tronçon entre le pont de la Cafforte et le pont de l'A9



Figure 14: Seuil du pont d' l'A9

3.1.2.2 Raccordements

En amont l'endigement se raccorde au remblai de la RN9. En aval, il se raccorde au remblai de l'A9 à travers le seuil.

3.1.2.3 Ouvrages secondaires

Le système d'endigement ne comprend pas d'ouvrages secondaires.

3.1.2.4 Définition du système de protection

L'arrêté de classement n°2011143-0015 considère un tronçon unique de la digue rive gauche du Rec de Veyret entre le pont de la RN9 et celui de l'Autoroute A9.

3.1.3 Description de l'objectif de protection du système d'endigement du Rec de Veyret

3.1.3.1 Définition du niveau de protection et de sûreté d'un système d'endigement

Deux notions importantes en matière de digues et de protection contre les inondations sont à retenir : le niveau de sûreté et le niveau de protection.

Le niveau de sûreté se définit comme le niveau d'eau dans le cours d'eau au-dessus duquel la probabilité de rupture de l'ouvrage ne peut plus être considérée comme négligeable.

Le niveau de protection est le niveau d'eau dans le cours d'eau au-dessus duquel la zone protégée commence à être inondée sans rupture préalable de la digue, par débordement au-dessus du sommet de la digue ou par un déversoir.

La notion de sûreté renvoie au risque de rupture, la notion de protection renvoie au risque de surverse. Dans un système d'endiguement parfaitement fiable, le niveau de sûreté est supérieur ou égal au niveau de protection. Cela revient à dire que la rupture avant surverse est improbable : le risque de rupture n'apparaît que lorsque la lame d'eau déversante atteint une hauteur significative ou, dans le cas de digue équipée d'un déversoir, que ce dernier a atteint sa capacité maximale.

Dans le cas des digues du Rec de Veyret :

- Le niveau de sûreté se définit donc comme le niveau d'eau dans le lit endigué du Rec de Veyret jusqu'auquel la probabilité événementielle de rupture de l'ouvrage peut être considérée comme négligeable.

Dans la présente étude de dangers, le niveau de sûreté est défini en fonction du niveau d'eau maximal dans le Rec de Veyret pour lequel la probabilité de rupture de l'ensemble des profils discrétisant le système d'endiguement est inférieure à 1%.

- Le niveau de protection se définit donc comme le niveau d'eau dans le lit endigué du Rec de Veyret à partir duquel la zone protégée commence à être inondée sans rupture préalable de la digue par débordement au-dessus du sommet de la digue ou par un déversoir.

Le niveau de sûreté est en général inférieur au niveau de protection. Cela signifie donc que le risque de rupture avant surverse ne peut être considéré comme négligeable et donc de fait que les digues ne peuvent être considérées comme parfaitement fiables. **Pour ne pas entretenir l'illusion d'une protection efficace pour un tel niveau d'eau dans le cours d'eau, on parlera de niveau de protection apparent.**

Les 4 schémas suivants illustrent ces deux notions et les différentes configurations possibles en termes de fiabilité des systèmes d'endiguement.

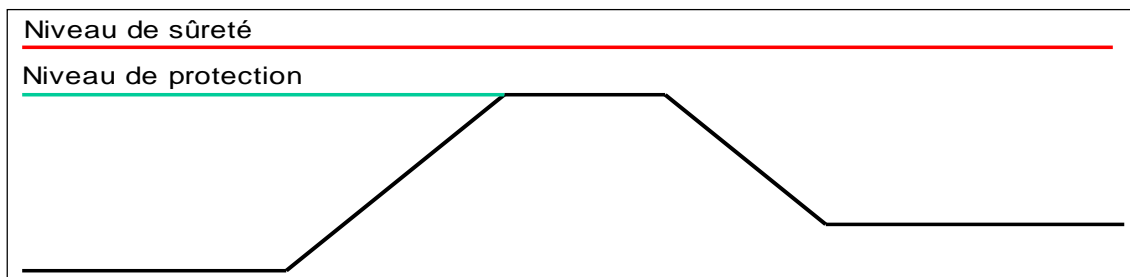


Figure 15 : Digue fiable

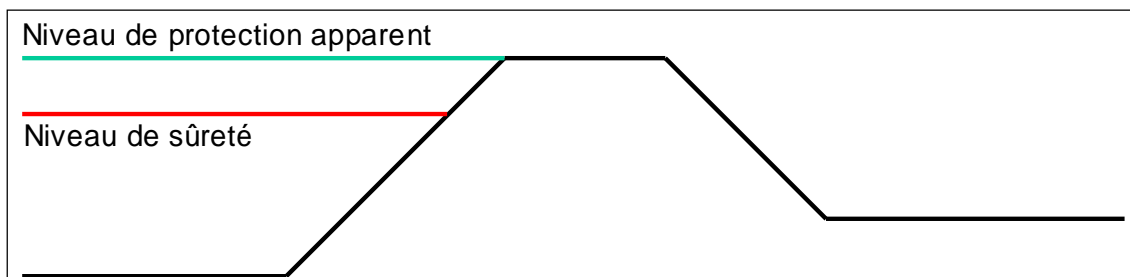


Figure 16 : Digue non fiabilisée, non équipée d'un déversoir (cas de la digue rive gauche du Rec de Veyret)

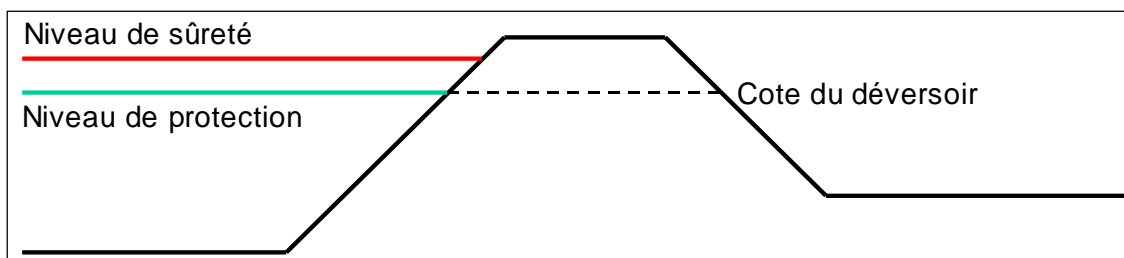


Figure 17 : Digue partiellement fiabilisée, équipée d'un déversoir

Nota : le niveau de sûreté, bien que supérieur au niveau de protection, calé sur la cote du déversoir, reste en-deçà de la crête de la digue.

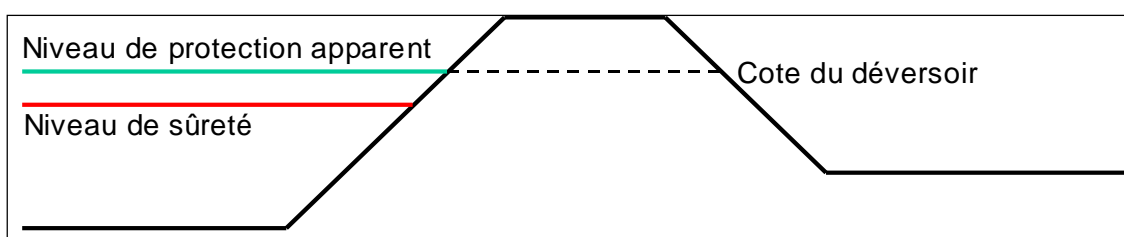


Figure 18 : Digue non fiabilisée, équipée d'un déversoir

Nota : le niveau de protection n'est qu'apparent car le niveau de sûreté lui reste inférieur : il y a risque de rupture avant fonctionnement du déversoir.

3.1.3.2 Niveau de protection apparent du Rec de Veyret rive gauche

La détermination des lignes d'eau au sein du lit endigué du Rec de Veyret a été conduite avec l'aide d'un modèle hydraulique 2D construit avec le logiciel TELEMAC. La description du modèle et des outils mis en œuvre pour sa construction est définie dans le chapitre §8.1.3.3.1 de ce présent rapport.

La définition du niveau de protection apparent repose sur la comparaison du profil en long en crête du système d'endiguement avec les lignes d'eau modélisées pour les 4 occurrences de crue définies au §6.1.2.2, afin d'identifier les occurrences, lieux et niveaux de surverse.

NOTA : aucune banquettes n'est présente sur le système d'endiguement du Rec de Veyret. La cote de la crête de digue se confond donc systématiquement avec la cote de son point haut.

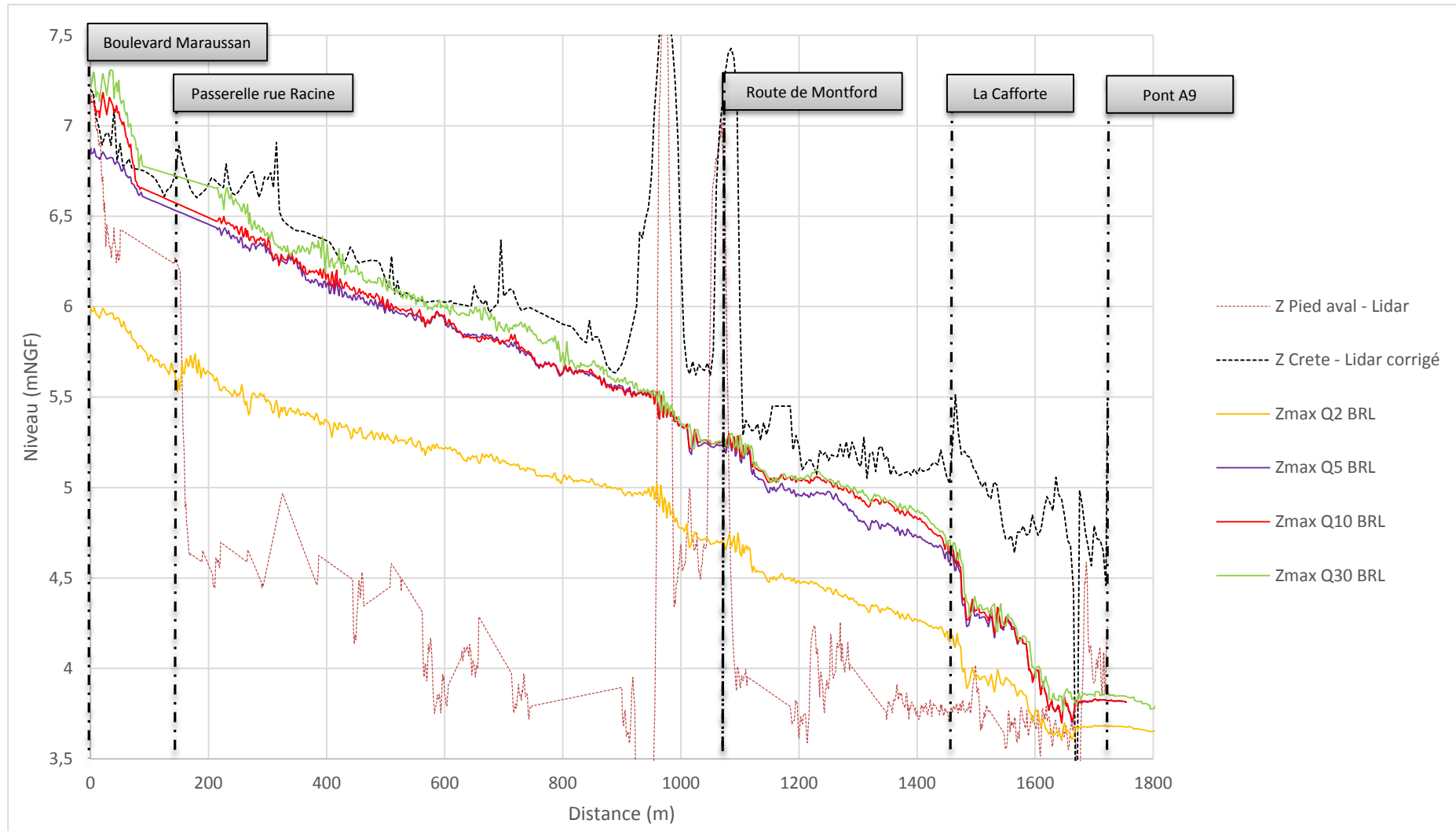


Figure 19 : Lignes d'eau, profils en long de la crête de digue et pied de digue côté val

En aval du pont de la RN2009, le Rec de Veyret débouche dans la plaine de Narbonne. Il est alors endigué sur les deux rives. La topographie de la plaine fait que tout débordement se propage loin dans le champ majeur. Il s'agit donc d'un lit « en toit ». Le cours d'eau endigué a donc une capacité de plein bord limitée, que l'on estime à environ 55 m³/s pour la rive droite et à 70 m³/s pour la rive gauche.

Par conséquent, tout débit supérieur à ces valeurs est écrêté par un débordement qui commence en rive droite, inondant une « cuvette » présentant un volume limité, et se poursuivant en rive gauche, inondant la zone protégée beaucoup plus vaste et plus urbanisée que la rive droite. Les deux figures ci-après résument le fonctionnement hydraulique du Rec de Veyret.

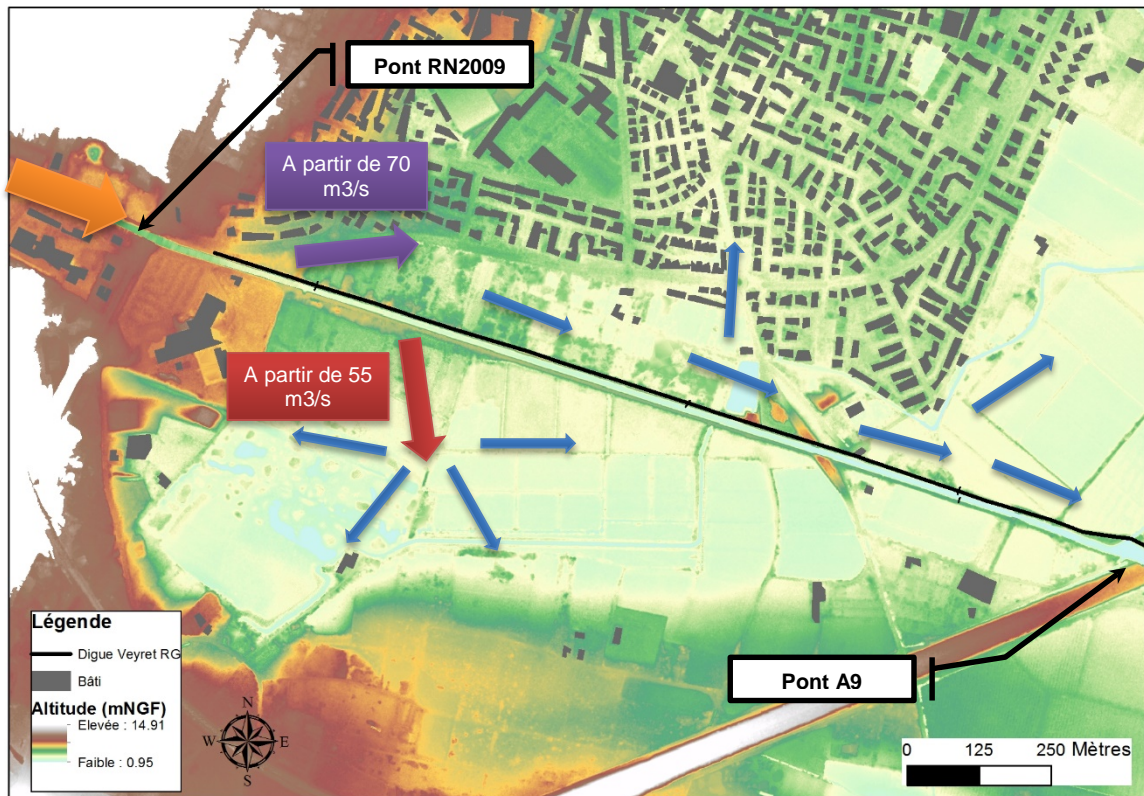


Figure 20 : Schéma présentant le fonctionnement hydraulique du Rec de Veyret

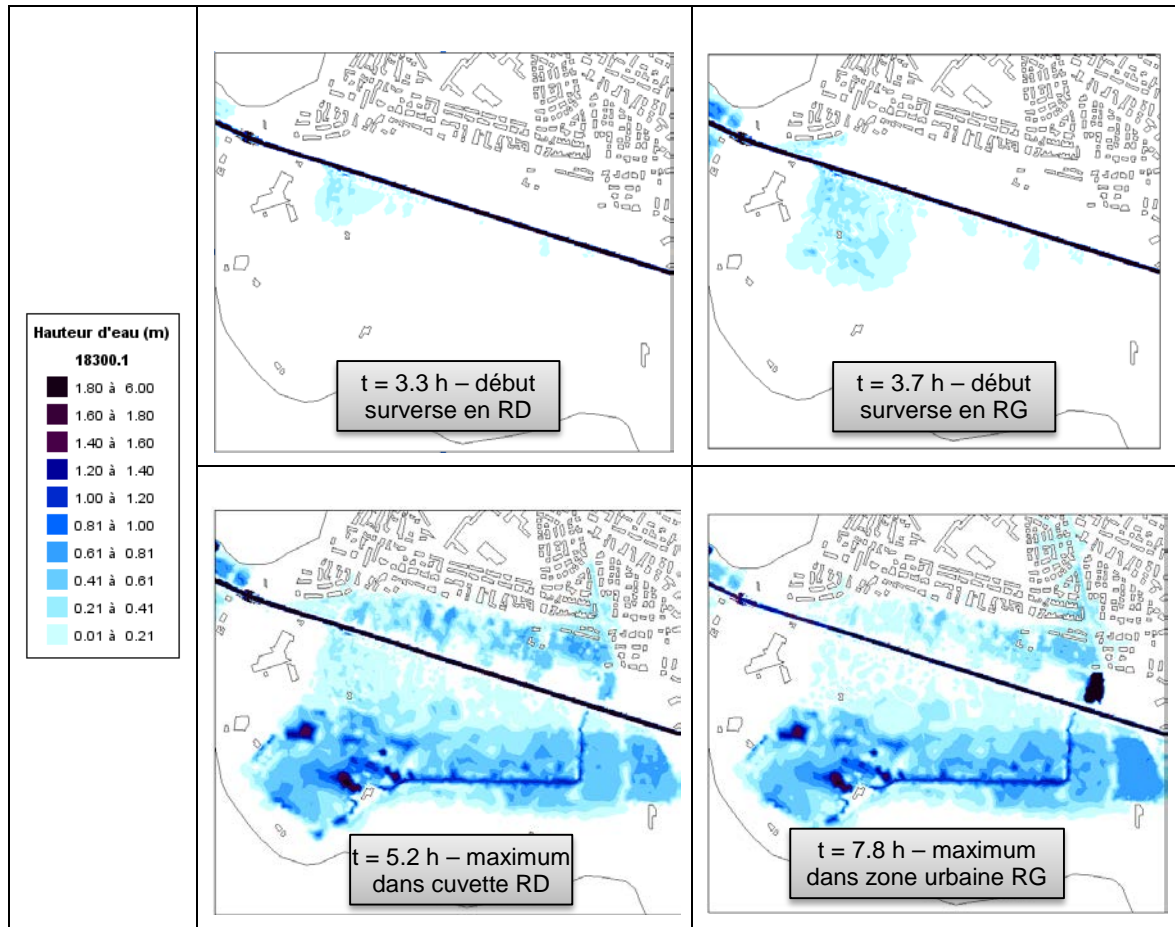


Figure 21 : Cinétique d'une crue décennale sans rupture des digues

Pour des crues supérieures à la crue Q5, l'eau pénètre dans la zone protégée par l'amont du tronçon étudié. Au niveau de ce lieu de débordement, entre le début du linéaire et la rue de Racine, la géométrie ne présente pas la structure d'une digue standard, mais plutôt celle d'un terre-plein incisé par le boulevard de Maurassan. En cas de surverse, la rupture n'est donc pas automatique. En revanche, il ne s'agit néanmoins pas d'un déversoir aménagé pour jouer ce rôle.

Par conséquent, l'écrêtement des crues supérieures à la Q5 se fait en rive droite et par débordement en rive gauche en amont du linéaire. Comme le montre la Figure 19, le reste du linéaire ne surverse pas, bien que la revanche soit très faible par endroit.

Au regard de l'analyse du fonctionnement hydraulique, le niveau d'eau correspondant à la crue quinquennale (Q5) peut être considéré comme le niveau de protection apparent du Rec de Veyret rive gauche. Cela correspond à un débit de pointe de l'ordre de 65 m³/s dans le Rec de Veyret.

NOTA : Les lignes d'eau ci-dessus ne tiennent pas compte d'éventuels embâcles qui pourraient se produire au niveau des ponts.

3.1.4 Composition du système d'endiguement du Rec de Veyret

3.1.4.1 Principales caractéristiques externes du système d'endiguement

Les paragraphes suivants présentent les principales caractéristiques externes du système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche.

Le lecteur est invité à se reporter au rapport de DIA 2016 fourni en annexe 3 pour un aperçu plus détaillé des principales caractéristiques externes des différents tronçons.

3.1.4.1.1 Chemins de services et voirie

La circulation est possible en crête sur la quasi-totalité de l'endiguement rive gauche du Rec de Veyret à l'exception de deux tronçons de 100m de part et d'autre du pont de la route de Lunes.

Pour mémoire, à l'amont du pont de Lunes, des irrégularités du profil de la digues ont été constatés à proximité de la déchèterie. En effet, la digue semble avoir été creusée coté zone protégée.



Figure 22: Tronçon non circulaire en amont du pont de la route de Lunes

À l'aval du pont de la route de Lunes, une propriété privée est encastrée dans la digue (Soutènement en palplanches).

La figure suivante (vue 3D de Google Earth) met en évidence les zones non circulables de la digue en rive gauche.

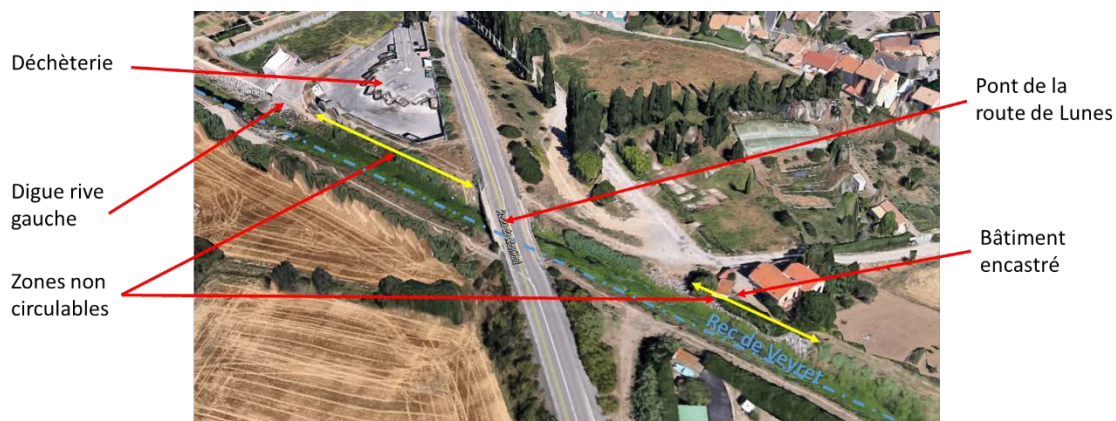


Figure 23: Secteurs non circulables (vue 3D Google Earth)

3.1.4.1.2 Les ouvrages hydrauliques

La digue rive gauche est traversée par deux ouvrages hydrauliques :

- L'exutoire du bassin de rétention à proximité de la déchèterie. Cette ouvrage est en tête de talus est son fil d'eau est autour de +6.34 m NGF. Sa largeur est d'environ 2m.



Figure 24: OH du bassin de rétention

- Un siphon en aval du pont de la Cafforte.



Figure 25: Siphon

Ces traversées peuvent constituer un point de faiblesse dans l'endiguement, et conduire à des effets d'affouillements ou d'écoulements préférentiels susceptibles de favoriser le risque d'érosion interne par circulation de l'eau à l'interface ouvrage/sol en cas de crue.

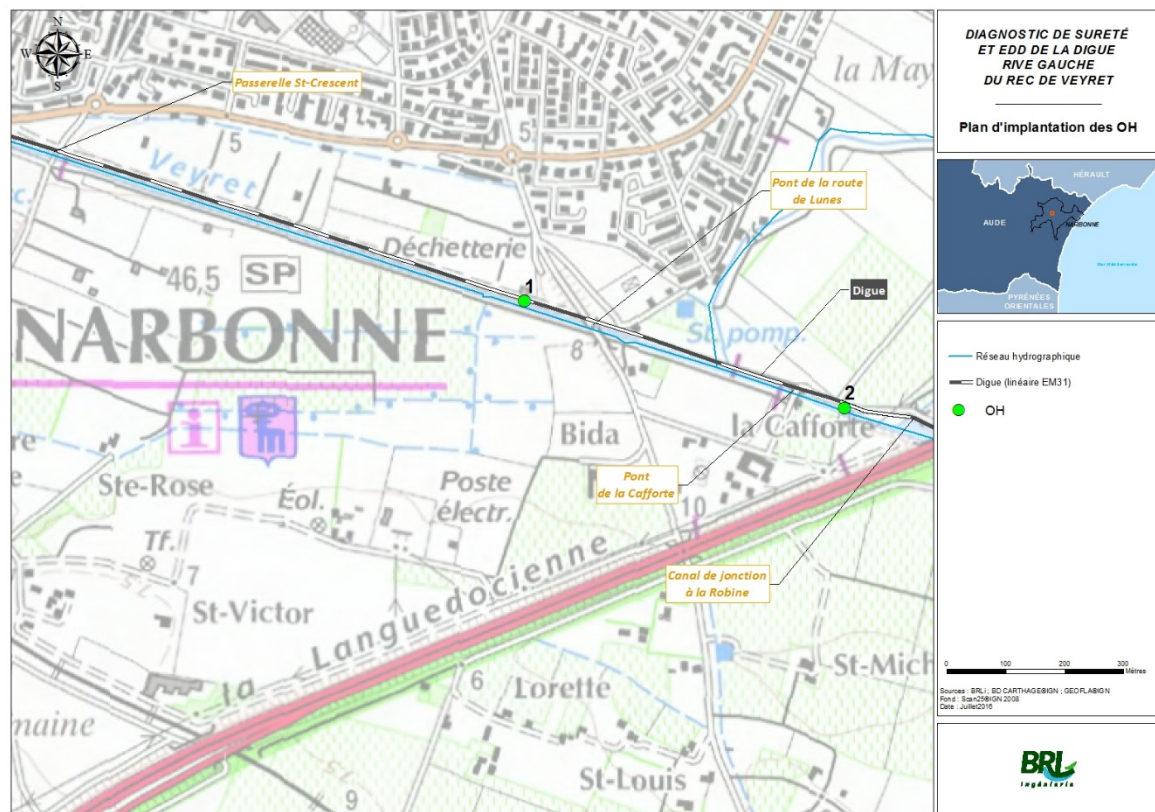


Figure 26 : implantation des ouvrages traversants sur le système d'endiguement rive gauche du Rec de Veyret.

3.1.4.2 Caractérisation géotechnique de la digue et de sa fondation

3.1.4.2.1 Données géologiques et hydrogéologiques

CONTEXTE GEOLOGIQUE GENERAL

D'après la carte géologique au 1/50 000, le tronçon de digue se situe sur les alluvions et colluvions récents Fz-C (Limon, argiles et sables).



Figure 27: Carte géologique 1/50 000 (Source BRGM)

Légende :

Fz-C : Alluvions récentes et colluvions. Dépôts de pente entraînés par le ruissellement et alluvions actuelles, non séparées.

Fw : Pléistocène moyen. Des alluvions, constituées surtout par des cailloutis à éléments de quartz, quartzites, lydiennes, roches métamorphiques, grès et calcaires divers, constituent des terrasses bien définies, notamment dans la basse vallée de la Berre et aux abords de Narbonne où deux terrasses Fw2, à 20 m, 3t Fw1, à 10 m environ au-dessus des talwegs, ont été distinguées.

CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE GENERAL

Dans le contexte géologique décrit ci-dessus, les alluvions récentes constituent un réservoir aquifère.

D'après les reconnaissances disponibles, l'épaisseur d'alluvions constituant l'aquifère semble important.

3.1.4.2 Données disponibles

La base de donnée infoterre du BRGM met en évidence la présence du sondage 10612X0104/S1 au droit du pont de la route de Lunes (cf Figure 28). La tête du sondage se situe autour de $Z = +4.5\text{m}$.

Tableau 1 : Log du sondage 10612X0104/S1

- Quatre (2 x 2) essais Lefranc. La profondeur où sera réalisé cet essai sera déterminée selon la stratigraphie rencontrée et en accord avec un géotechnicien de Brli.
- Quatre (2 x 2) échantillons intacts seront prélevés pour des essais de laboratoire (triaxiaux Cu+u ou boîte de cisaillement direct en fonction du type de sol).
- Ces deux forages seront équipés d'un piézomètre. La crépine sera à la proposition de l'entreprise de sondage en fonction des terrains rencontrés. Les piézomètres seront équipés d'un enregistreur automatique du niveau d'eau.
- Deux (2) sondages destructifs SP **en crête de digue**, de 6m de profondeur avec enregistrement continu des paramètres de forage. Il sera effectué un essai préssiométriques tous les mètres (2 x 5 essais) selon la norme NF P 94-110-1 de janvier 2000.

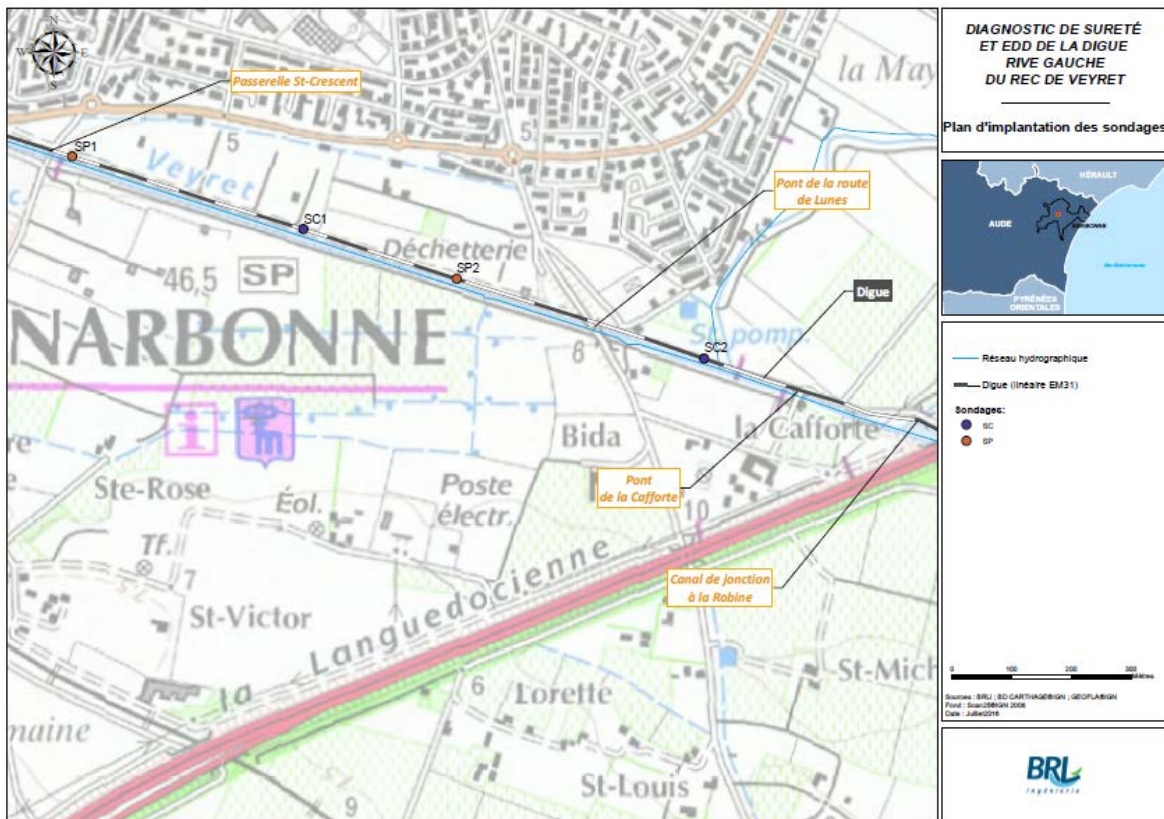


Figure 29: Plan d'implantation des sondages de la campagne complémentaire

3.1.5 Profils en travers type des ouvrages

Sur les digues, il est généralement possible de distinguer 3 profils type d'ouvrage :

- Profil F1 : Digue non renforcée,
- Profil F2 : Digue renforcées coté rivière (épaulement étanche),
- Profil F3 : Digue renforcée coté val (épaulement drainant).

Chaque profil en travers type est décomposé en différents composants auxquels peuvent être associées une ou plusieurs des familles de fonction géotechnique indiquées dans le tableau ci-après :

N°	Famille de fonction géotechnique
1	Stabilité mécanique d'ensemble (conditionne la stabilité mécanique du tronçon)
2	Etanchéité (limite les écoulements vers les autres composants)
3	Drainage (capte les écoulements internes au tronçon et les évacue)
4	Non entraînement des particules en interface (empêche la migration des particules à l'interface des composants granulaires)
5	Auto-filtration (empêche la migration des particules, au sein d'un composant granulaire)
6	Résistance à l'érosion externe (eau, autres agents)
7	Résistance aux agressions externes intrusives (animaux fouisseurs, racines...)
8	Ecoulement (laisser passer l'eau)

Figure 30 : Familles de fonctions géotechniques des composants d'un profil en travers type de digue (source IRSTEA)

Le système d'endiguement du Rec de Veyret présente un profil de type F1.

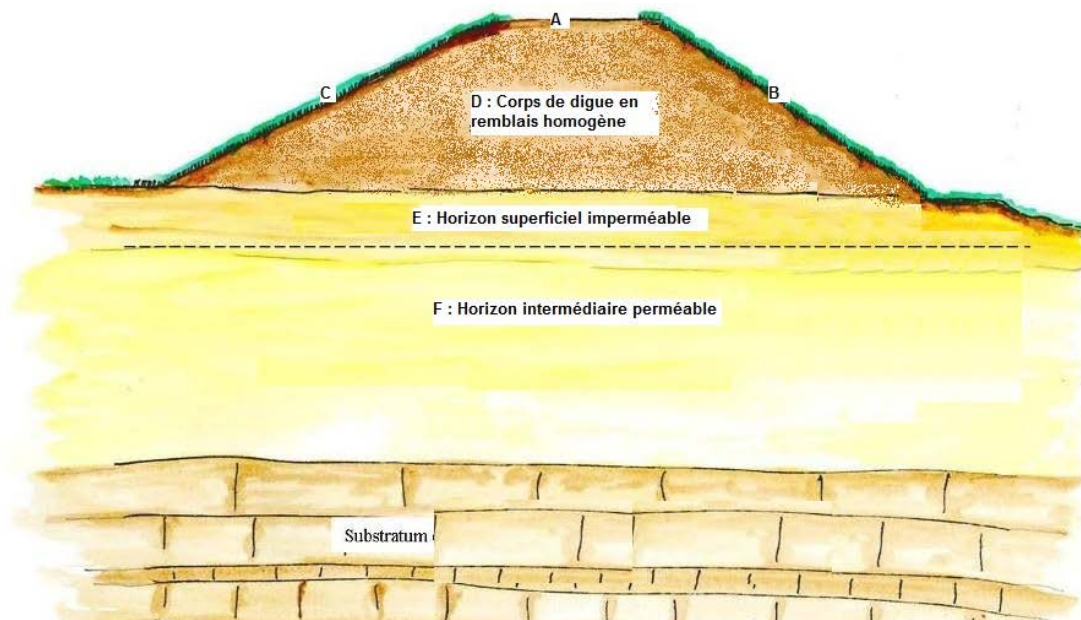


Figure 31 : profil en travers type F1 pour une digue non renforcée

Les différents composants géotechniques de ce profil type et leurs fonctions géotechniques respectives ainsi que leurs interfaces sont synthétisés dans le tableau suivant.

Référence	Composant géotechnique	Fonctions géotechniques	Contacts
A	Piste en Crête	6. Résistance à l'érosion externe	Atmosphère ; D
B	Surface enherbée sur perré côté cours d'eau	6. Résistance à l'érosion externe	Cours d'eau ; atmosphère ; D
C	Surface enherbée côté zone protégée	6. Résistance à l'érosion externe	Zone protégée ; atmosphère ; D
D	Corps de digue en remblai homogène	1. Stabilité mécanique d'ensemble	A ; B ; C ; E

		2. Etanchéité 5. Auto-filtration	
E	Horizon superficiel imperméable	1. Stabilité mécanique d'ensemble 2. Etanchéité 5. Auto-filtration	Cours d'eau ; zone protégée ; atmosphère ; D ; F
F	Horizon intermédiaire perméable	1. Stabilité mécanique d'ensemble 5. Auto-filtration	E ; G
G	Substratum	1. Stabilité mécanique d'ensemble	F

Tableau 2 : Tableau des composants et des fonctions géotechniques du profil en travers type (source IRSTEA)

3.1.6 Anomalies constatées dans le système d'endiguement

Les désordres présentés ci-après sont issus des visites réalisés lors du diagnostic initial de sureté qui s'apparente à des VTA.

Le lecteur est invité à se reporter au rapport de DIA 2016 fourni en annexe 3 pour un aperçu plus détaillé des différentes anomalies recensées au sein du système d'endiguement rive gauche du Rec de Veyret.

DESORDRES MECANIQUES

Ces désordres sont de nature multiples. Ils se retrouvent, à une ampleur variable, sur la quasi-totalité des endiguements inspectés. Ils peuvent menacer à plus ou moins long terme la stabilité des digues, en les fragilisant et affaiblissant leur résistance mécanique.

- **Erosion de surface du talus ou de la crête** : ces érosions peuvent avoir pour origine les écoulements hydrauliques (pluviaux, crues), un manque de protection des talus (remblai laissé à nu ou dégarni par dégradation de la végétation superficielle), ou les activités humaines : traces de circulation d'engins mécaniques (traces de chenilles, godet de pelle, franchissement par engins agricoles et 4x4,...) ou de passages de piétons (escaliers sommaires taillés dans le talus).

Dans notre cas il s'agit essentiellement de ravines probablement issues du ruissellement qui ont été repérés entre le PK 0+270 et 0+630. Il est notable qu'en cas de surverse les ravines fragilise la digue coté val.



Figure 32: Ravines

- Glissement de talus** : il s'agit d'instabilité plus profonde du talus ; ce phénomène est essentiellement observé sur le talus coté rive au niveau du tronçon 18 entre le PK 1+530 et 1+650. Il correspond à des glissement ayant eu lieu lors de la décrue. On remarquera cependant que sur de nombreuses portions de la digue, le talus coté rive de l'endiguement a été protégé par des enrochements. Ces zones renforcées correspondent souvent à des talus particulièrement raides.



Figure 33: Glissements



Figure 34: Renforcement de talus coté rive en enrochements

- **Terriers** : Aucun terrier n'a été observé. Cependant la végétation présente sur le talus coté val ne permettait pas d'inspecter correctement le talus.

Les terriers sont susceptibles de favoriser des infiltrations et chemins d'écoulement à travers la digue, voire d'être à l'origine d'une érosion interne. Les terriers peuvent également être des facteurs aggravants vis-à-vis de l'érosion externe sur le talus val en cas de surverse.

IRREGULARITES VISIBLES DU PROFIL EN LONG

Des irrégularités du profil de la digues ont été constatés au niveau du tronçon proche de la déchèterie et en amont du pont de la route de Lunes. La digue semble avoir été creusée coté zone protégée.



Figure 35: anomalie du profil en long de la digue

La crête de digue est étroite et on note la présence d'un mur au niveau du pied coté val. L'ensemble crée une sorte de fossé qui canalise les eaux de ruissellement vers l'aval.

Juste en amont du pont, un point bas a été recréé dans la digue. Il sert probablement d'exutoire vers le ruisseau pour les eaux de ruissèlement du « fossé ».



Figure 36: Point bas

Les talus coté rive ont de fortes pentes (en moyenne 1V pour 1.8H) nécessitant des parements en enrochements. Des talus pentus peuvent menacer la stabilité à long terme de la digue;



Figure 37: Forte pente des talus coté rive

Nota : Ces zones constituent des points faibles vis-à-vis du risque de rupture et de la formation de brèche dans le corps de la digue. Ils constituent également des facteurs aggravants l'érosion externe en cas de surverse.

VEGETATION SUR ET AUX ABORDS DES LEVEES

La présence de végétation herbacée sur une digue constitue un élément de préservation de celle-ci au regard du risque d'érosion externe, que ce soit sur le talus côté rive, en évitant l'entraînement des matériaux par le courant, ou côté val, en autorisant une surverse de quelques centimètres sans dommage, ou encore en limitant l'érosion liée aux précipitations (ravinement).

La présence de végétation ligneuse sur la levée ou à sa proximité immédiate constitue en revanche une menace pour sa pérennité.

Vis-à-vis du risque d'érosion interne. Les racines se propagent à l'intérieur de la levée ou dans sa fondation et peuvent être à l'origine d'une érosion de contact. En pourrissant, elles laissent une ramification de conduits susceptibles de permettre à l'eau de pénétrer dans l'ouvrage, voire même de le traverser, formant ainsi une amorce de renard hydraulique [Irstea - Thèse Caroline Zanetti 2012]. La végétation « morte » (souches) représente de ce fait un risque particulier. De plus, la végétation dense constitue un refuge pour les animaux fouisseurs qui construisent leurs terriers dans la digue, augmentant encore le risque de rupture.

Nota : Les très jeunes arbres et arbustes ne présentent pas de risque immédiat pour la structure de digue puisque leurs systèmes racinaires ne sont pas assez développés pour propager dans le corps de la levée ou dans sa fondation et ainsi créer une ramification de conduits. Néanmoins, il est plus judicieux de les dessoucher tant que cela ne nécessite pas des travaux de déblais et de terrassements conséquents.

Vis-à-vis du risque d'érosion externe ou de rupture suite à surverse. Les arbres de grande taille peuvent être déracinés et entraîner, autour des racines, une partie de la digue. Si l'événement se produit côté rive, le trou ainsi formé, outre l'enlèvement de matériaux et la mise à nu du corps de digue, perturbera les écoulements de l'eau en crue et favorisera l'érosion externe. Plus généralement, la présence d'arbres côté val ou côté rive induit un obstacle à l'écoulement générateur de perturbations augmentant localement les vitesses et favorisant ainsi l'arrachage des matériaux constitutifs de la digue

Concernant l'ouvrage objet de la présente étude, les visites de terrain ont mis en évidence les points suivants.

- **Encombrement du talus coté val :**

Du PK 0+175 au PK 0+745 on observe une végétation arbustive et buissonnante dense qui a empêché l'inspection visuelle du talus coté val. Cette végétation montre qu'aucun entretien n'a été effectué depuis longtemps sur le talus coté val de la digue. Suite à notre première visite, les services techniques de la mairie sont intervenus pour débroussailler le talus coté val de la digue lorsque cela était possible.

Lors des visites on a également constaté un alignement d'arbre en pied de talus coté val sur le premier tronçon en amont de la passerelle de St Crescent.



Figure 38: végétation du talus coté val entre le PK 0+175 au PK 0+745

- **Végétation sur le talus coté rive :**

Sur la plupart du talus coté rive on rencontre de la canne de Provence. Ce type de végétation constitue un facteur fragilisant pour les endiguements car en cas d'entraînement lors des crues des surfaces importantes des talus se retrouvent à nu. De plus ce type de végétation peut gêner l'inspection visuelle.

Autour du PK 1+530, il a été observé un groupe de 3 arbres sur le talus. Certains sont inclinés et menacent de tomber en arrachant une partie de la digue dans le cas d'un déracinement.



Au PK 1+530

Canne de Provence

Figure 39: type de végétation sur le talus coté val

TRAVERSEES D'OUVRAGES HYDRAULIQUES

La digue rive gauche est traversée par deux ouvrages hydrauliques :

- L'exutoire du bassin de rétention à proximité de la déchetterie. Cette ouvrage est en tête de talus est son fil d'eau est autour de +6.34 m NGF. Sa largeur est d'environ 2m.



Figure 40: OH du bassin de rétention

- Un siphon en aval du pont de la Cafforte.



Figure 41: Siphon

Ces traversées peuvent constituer un point de faiblesse dans l'endiguement, et conduire à des effets d'affouillements ou d'écoulements préférentiels susceptibles de favoriser le risque d'érosion interne en cas de crue par circulation de l'eau à l'interface ouvrage/sol.

CORPS ETRANGER SUR LA DIGUE

Il a été remarqué la présence d'un certain nombre de corps étrangers sur la digues qui peuvent la fragiliser. Ces corps étrangers constituent en effet des obstacles qui favorisent les turbulences et ainsi le phénomène d'érosion externe :

- en cas de surverse sur le talus val ;
- lors des crues côté rivière.

Il a été recensé les obstacles suivants :

- Escaliers
- Poteaux électriques
- Barrières
- Murets et clôtures sur le talus coté val



Poteaux électriques sur le talus coté val vers le pont de l'A9



Clôtures sur le talus coté val proche de la passerelle de St Crescent



Escaliers taillés dans le talus coté val (PK 0+480)



Muret soutenant le talus coté val (PK 0+680)



Barrières aux PK 0+930 et PK 1+345



Figure 42: Corps étrangers

OUVRAGES ET BATIMENTS ENCASTRES

Lors du DIA il a été identifié :

- Trois culées de ponts ou passerelles ont été identifiées sur le tronçon n°2 :

- Culée du pont de la RN9 ;
 - Culée de la passerelle de St Crescent ;
 - Culée du pont de la route de Lunes ;
 - Culée du pont de la Cafforte ;
 - Culée du pont de l'A9.
- Un bâtiment encastré à l'aval du pont de la route de Lunes avec présence d'un soutènement palplanche dans le corps de digue.

D'une manière générale, la présence des culées de pont induit les problématiques suivantes :

- Elles entraînent une réduction de la section transversale de la digue et augmentent ainsi les gradients hydrauliques en cas de crue, mais elles sont souvent compensées par des rampes et des surépaisseurs de remblais ;
- Elles peuvent être considérées comme des facteurs aggravants vis-à-vis de l'érosion externe du talus côté Rec de Veyret en cas de crue.

D'une manière générale, la présence de bâtiments ou murs encastrés est problématique pour plusieurs raisons :

- Il entraîne une réduction de la section transversale de la digue et augmente ainsi les gradients hydrauliques en cas de crue ;
- Il constitue un écran étanche dans la digue qui, s'il n'est pas drainé, entraîne des risques de basculement ou glissement par suite des poussées hydrauliques non dissipées ;
- Il s'agit souvent d'ouvrages en béton ou maçonnerie dont la rupture peut être soudaine et peu prévisible, chaque dégradation même mineure est donc à traiter ;
- Il peut être considéré comme un facteur aggravant vis-à-vis de la surverse sur le talus côté val car il induit une chute importante et de fait un fort potentiel érosif du terrain naturel.

RENFORCEMENT DU PIED DE TALUS COTE VAL

Lors de la seconde visite au mois de mai, nous avons pu remarquer ponctuellement la présence de gabions en pied du talus côté val de la digue. Ces derniers semblent être d'anciens gabions boîtes car on aperçoit un grillage de protection qui les retient en place.

Cette structure de digue n'a pu être validée par des données historiques rappelant la construction de l'ouvrage. Cependant, elle permettrait d'expliquer la raideur du talus côté val entre la passerelle de St Crescent et la déchèterie. Cette caractéristique n'est pas observée sur l'ensemble du talus. Il est donc difficile de conclure sur la structure exacte de la digue.



Figure 43: Cages gabions en pied côté val du talus

3.2 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT DE L'OUVRAGE

3.2.1 Le Rec de Veyret

Le Rec de Veyret est la principale interface et facteur d'agression de la digue du même nom en rive gauche. Le cours d'eau est rectiligne sur le tronçon étudié entre le pont de la RN2009 et le pont de l'A9. Il présente des débits et des hauteurs d'eau faibles lors des périodes d'étiage.

L'interface entre le cours d'eau et la digue est directe, il s'agit d'un lit vif. Les vitesses pour un débit de plein bord au milieu du thalweg sont de l'ordre de 2 m/s.



Figure 44 : Lit mineur du Rec de Veyret - vue vers l'aval du pont de la RN2009 (Source BG)

3.2.2 La rive droite du Rec de Veyret

La digue du Rec de Veyret coté rive droite fait face à celle du Rec de Veyret rive gauche jusqu'à leur terminaison au niveau du remblai et du pont de l'autoroute A9.

Il apparaît que la digue en rive droite est calée à une altimétrie inférieure à la rive gauche. Les débordements se produisent donc d'abord en rive droite comme expliqué au chapitre 3.1.3.2.

La zone protégée de la rive droite se caractérise par une forme en « cuvette » d'une superficie de 50 Ha environ et pouvant stockée un volume d'eau débordé de l'ordre de 190 000 m³.

L'étude de cette zone ne fait pas partie de la présente étude. On peut néanmoins noter qu'à l'exception de quelques bâtiments isolés à la périphérie, la zone comporte des parcelles agricoles et un club de golf et ne semble donc pas présenter d'enjeux importants.

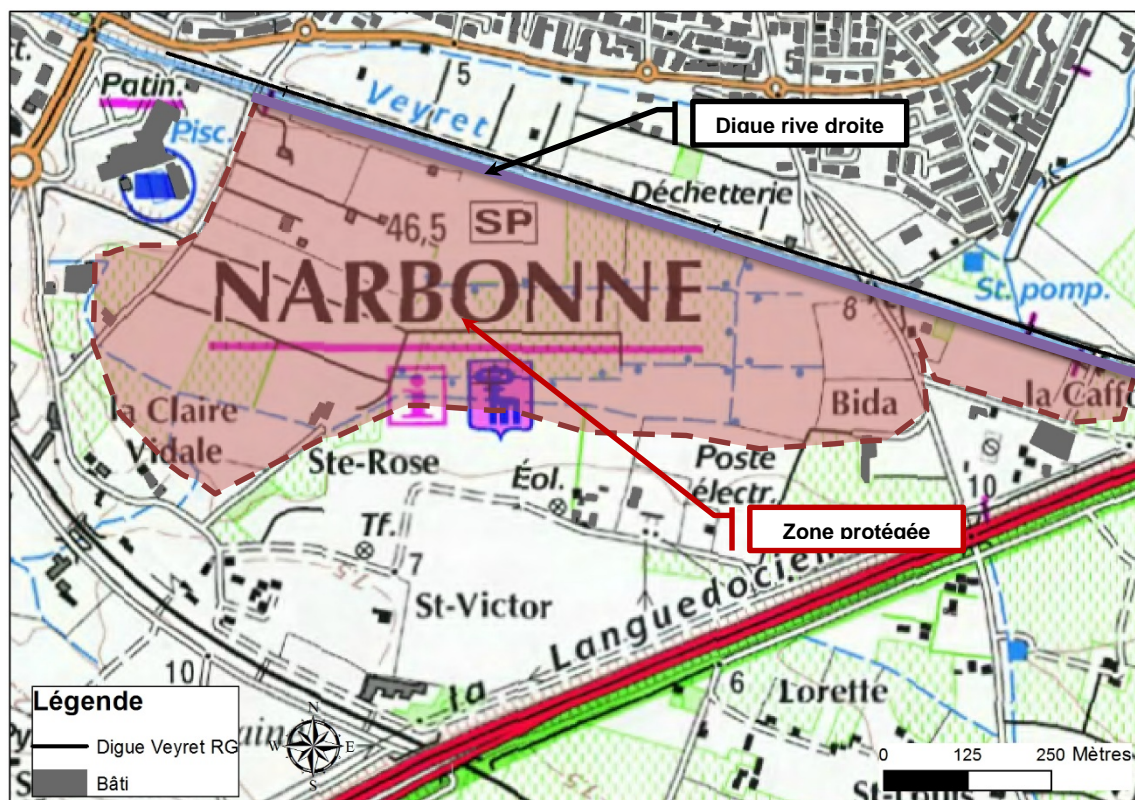


Figure 45 : Zone protégée de la digue rive droite

3.2.3 La zone protégée par le système d'endiguement

Par définition, la zone protégée est la zone pour laquelle le système d'endiguement a une incidence en termes de hauteur d'eau ou de vitesse d'écoulement.

Dans le cas du Rec de Veyret en rive gauche, cette zone a été délimitée par regroupement des zones inondables des différents scénarios de brèche testés sur le val.

La zone protégée ainsi délimitée est figurée ci-après. Elle représente une superficie de 115 ha.

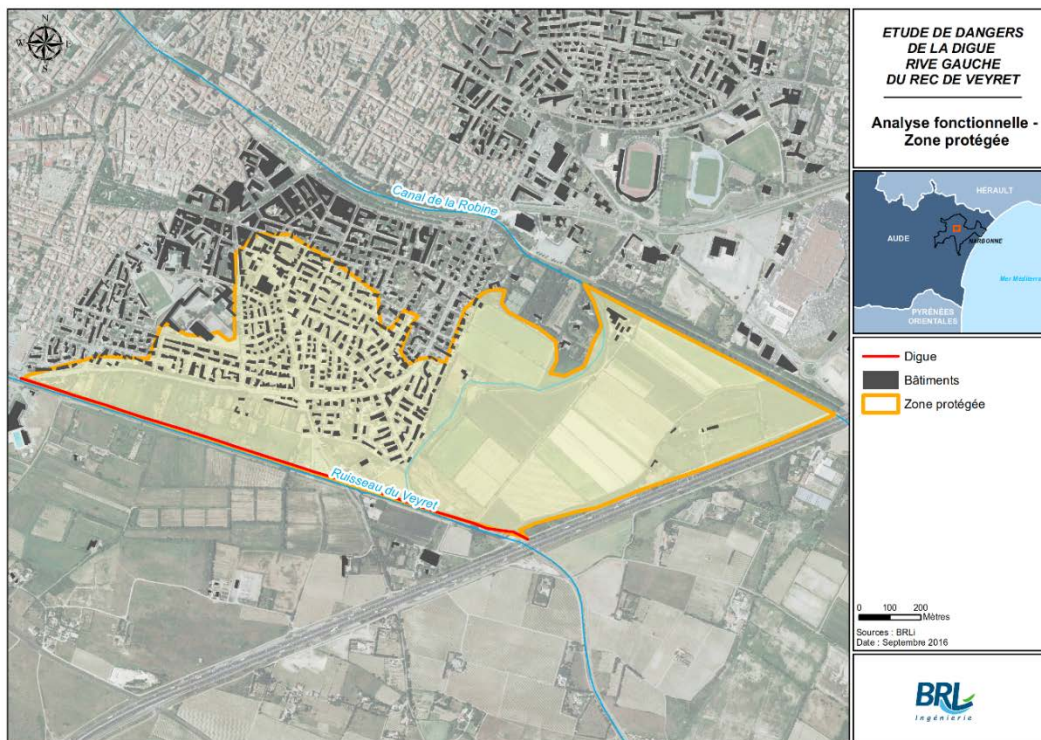


Figure 46 : Zone protégée par le système d'endiguement du Rec de Veyret en rive gauche

3.2.4 Affluents et fossés de drainage

Le Rec de Veyret ne reçoit aucun affluent dans le secteur étudié. Il est en connexion directe avec le canal de la Robine par deux canaux de liaison : l'un allant du chemin de Mayolle (vers la station de pompage) au domaine du Fleisch, et l'autre connectant les deux canaux en longeant le chemin Saint Charles, à proximité du remblai de l'autoroute. S'ajoute à ces deux connexions une multitude de canaux d'irrigation et/ou de drainage dans la zone agricole située à l'est de la zone urbaine.

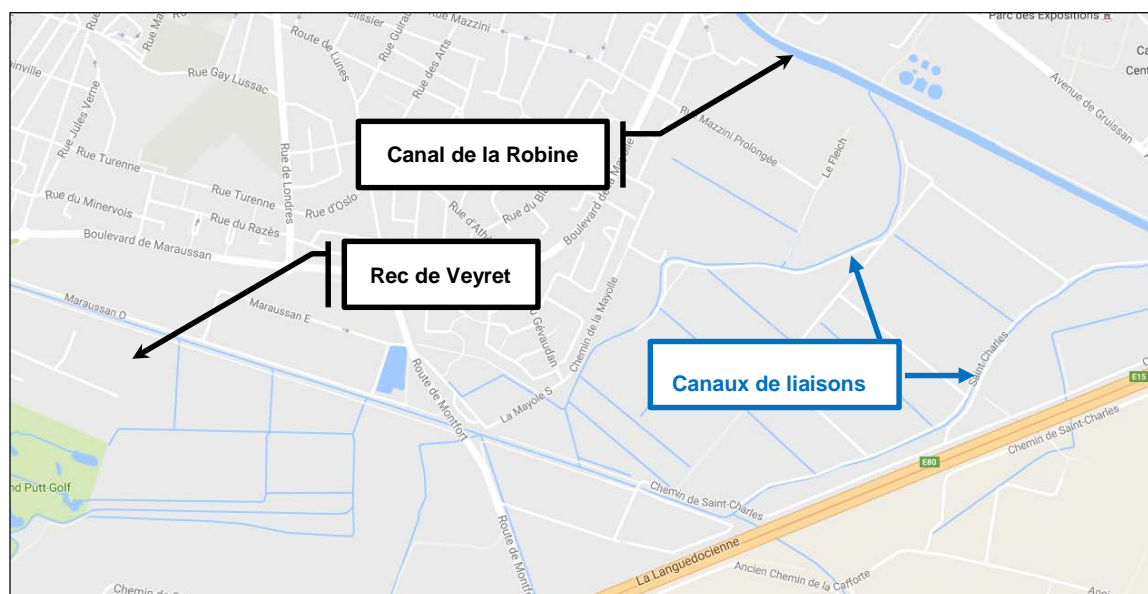


Figure 47 : Réseau de fossés dans la zone protégée (source : Google)

3.2.5 Remblais dans la zone protégée

La zone protégée ne comporte pas de remblai de grande importance. Il peut être néanmoins noté la présence de deux remblais pouvant avoir un impact sur les écoulements :

- Le remblai d'accès au pont de la route de Montfort qui peut avoir un impact sur les écoulements longeant le Rec dans le chenal entre la digue et la zone urbaine.

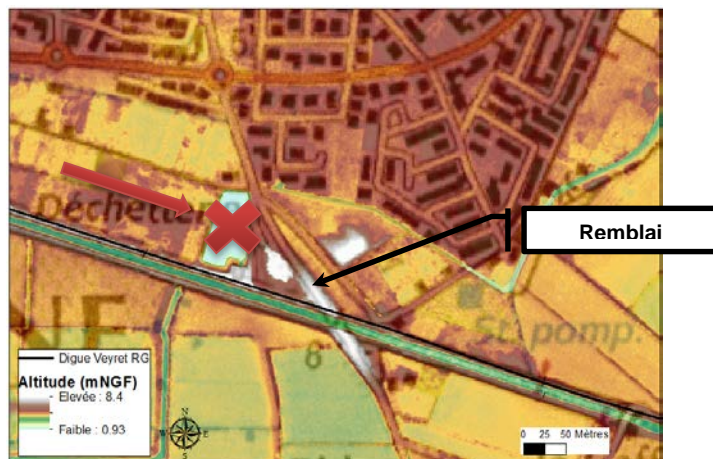


Figure 48 : Remblai de la voie d'accès au pont de la route de Montfort

- Le remblai du chemin du domaine du Fleisch qui coupe la zone protégée au Sud-est entre le Rec de Veyret et le canal de la Robine. Aucun ouvrage de décharge n'a été relevé. Sa hauteur est d'environ 1.4 m. Il peut avoir un impact en ralentissant les écoulements s'écoulant vers l'aval et en sur-inondant la zone urbaine par remous.



Figure 49 : Remblai de la voie d'accès au pont de la route de Montfort

3.2.6 Estimation des enjeux présents dans la zone protégée

Afin d'obtenir la meilleure précision possible dans l'estimation de la population protégée par les digues, trois données de référence ont été combinées :

- La grille de population INSEE de 200 m de côté ;
- La couche « bâti » de la BD Topo de l'IGN complétée par le cadastre ;
- L'étude de réduction de la vulnérabilité réalisée par le bureau BG en 2013.

Un filtrage des bâtiments de la BD Topo a permis de sélectionner les bâtiments de type habitats, en éliminant ceux présentant une autre vocation (garages, annexes, industrielle, commerciale, publics...).

La population des grilles INSEE a été affectée aux points d'habitats issus de l'étude BG de 2013 et figurant sur les cartes des figures ci-après. La zone protégée abrite environ 1590 personnes et 18 entreprises (71 employés).

Afin d'évaluer la gravité des conséquences des scénarios de rupture de digue dans le chapitre 8, le croisement entre aléa et enjeux se fera sur les bâtis surfaciques de la BD topo. Une jointure est ensuite faite sur la couche de bâtiments de l'étude de réduction de la vulnérabilité de BG en 2013.

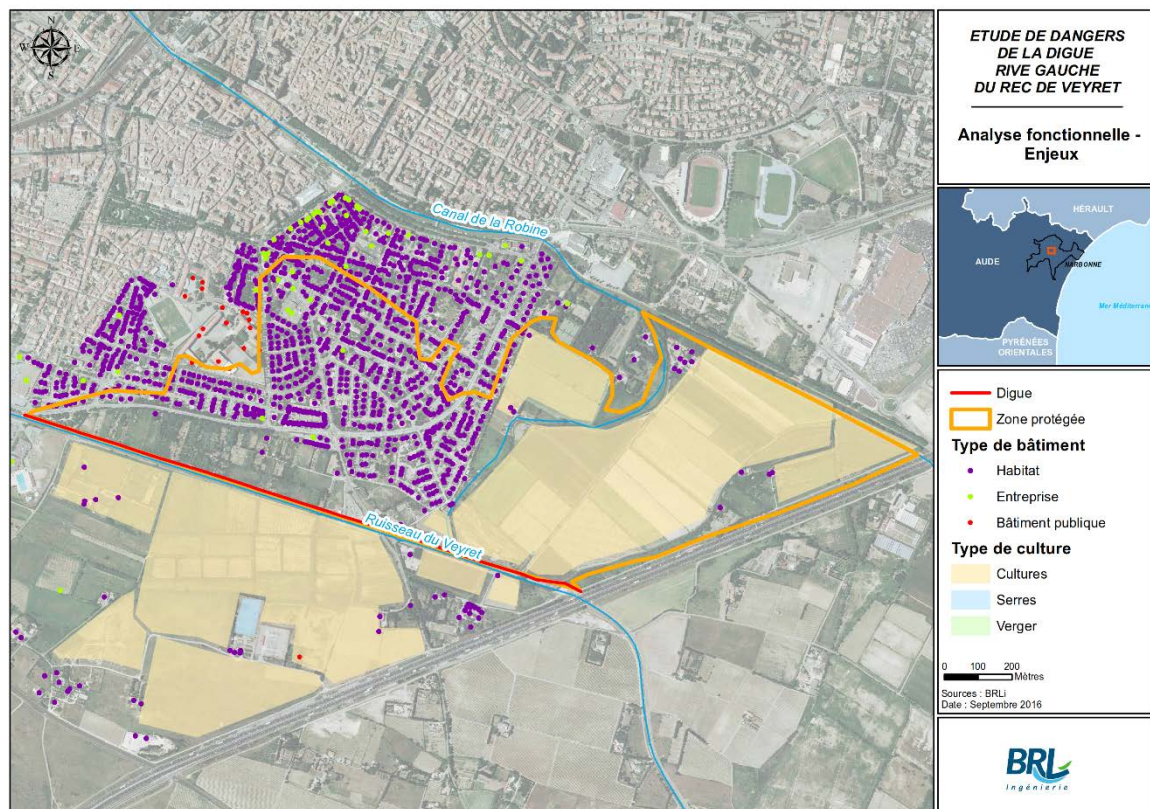


Figure 50 : Enjeux dans la zone protégée

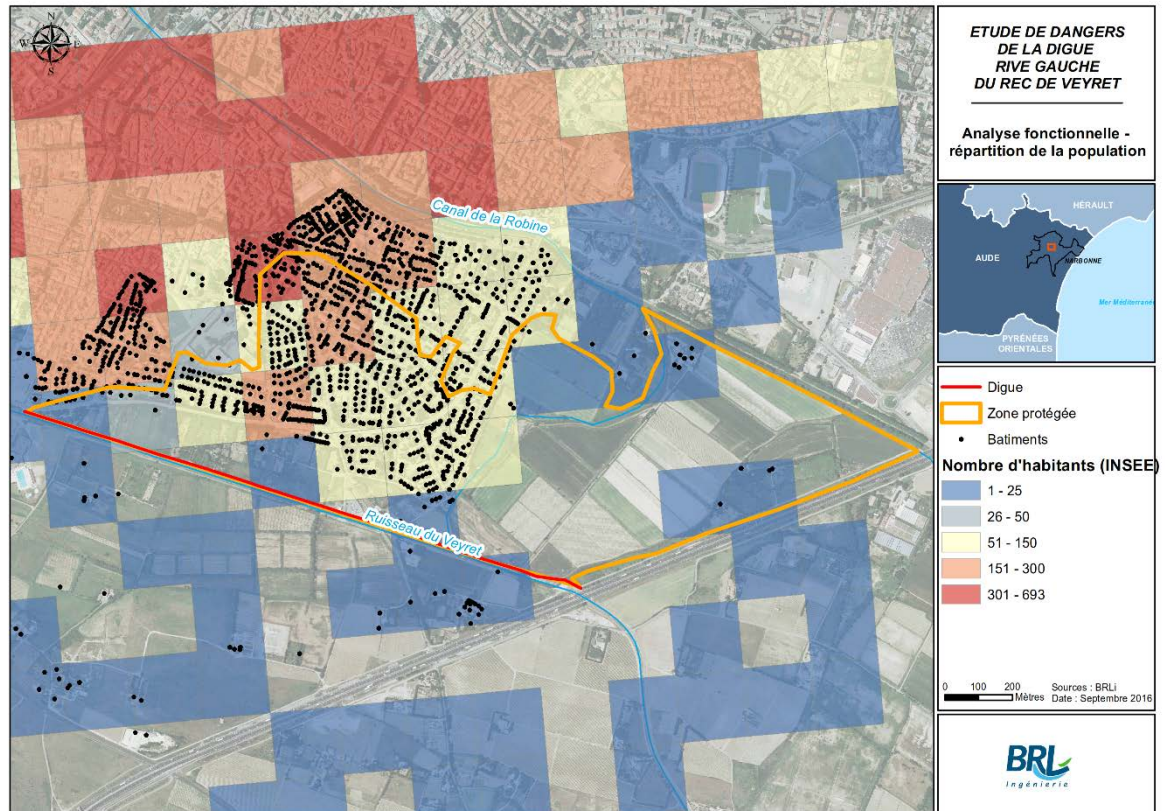


Figure 51 : Répartition de la population (INSEE 2012)

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

La commune de Narbonne, propriétaire de la digue rive gauche du Rec de Veyret est responsable de son ouvrage et des éventuels dommages pouvant être engendrés par une défaillance de l'ouvrage.

Dans ce contexte, une procédure relative à la surveillance et aux visites de contrôle des digues (consignes écrites) devra être mise en place par le SMDA gestionnaire de l'endiguement. Ce document présente les consignes de surveillance en période de crue, post-crue et en situation normale.

4.1 PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES

Les démarches et documents à produire par le gestionnaire de la digue sont synthétisés dans un tableau présenté ci-après.

Le contenu de ces démarches et documents à produire est précisé par :

- 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,
- l'arrêté du 29 juillet 2011 portant sur le classement de la digue rive gauche du Rec de Veyret,
- 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 à la nouvelle définition des classes de digues.

Classement de la digue	A	B	C
Examen du CPTBOH du projet ou de la modification	oui, obligatoire pour les avant-projets, projets, les modifications, l'étude de dangers et les révisions spéciales	A la demande du ministre pour les avant-projets, projets, les modifications, l'étude de dangers et les révisions spéciales	A la demande du ministre pour les avant-projets, projets, les modifications, l'étude de dangers et les révisions spéciales
Etude de Danger (EDD) par un organisme agréé	oui	oui	oui
Actualisation	10 ans	10 ans	10 ans
Revue de sûreté	oui	oui	non
Fréquence	5 ans après mise en eau 10 ans	5 ans après mise en eau 10 ans	
Dossier de l'ouvrage	oui	oui	oui
Registre de l'ouvrage	non	non	non
Surveillance et entretien	oui		
Rapport de surveillance	oui	oui	oui
Fréquence	1an	5ans	5ans
Auscultation	non	non	non
Visite technique approfondie (VTA) + transmission au préfet	oui	oui	oui
	1an	1an	2ans
Déclaration au Préfet de tout évènement pouvant mettre en cause la sécurité publique	oui	oui	oui
Diagnostic de sûreté dit révision spéciale	Possible	Possible	Possible
Soumis au CTPBOH	obligatoire	Possible	Possible

Tableau 3 : démarches et obligations à réaliser par les responsables de digues

4.2 POLITIQUE DE PREVENTION DES ACCIDENTS MAJEURS

La politique de prévention des accidents majeurs est définie par le responsable de l'ouvrage et devra être mise en cohérence avec les accidents envisagés dans l'étude de dangers et tout autre document existant concernant la prévention et la gestion du risque.

La politique de prévention des accidents majeurs se base sur la surveillance et l'entretien des ouvrages (en période normale et en période de crue), ainsi que sur la réalisation des travaux nécessaires à la sûreté de la digue.

Cette politique s'organise autour des composantes suivantes :

- Mise en place d'une équipe de surveillance et d'entretien,

- ▶ Réalisation de visites de terrain régulières et examen visuel des ouvrages (au moins une fois tous les ans pour les digues de classe B),
- ▶ Création d'un dossier de surveillance, lequel sera mis à jour et transmis au préfet au moins une fois tous les cinq ans,
- ▶ Planification des interventions nécessaires,
- ▶ Signalisation d'un danger de défaillance.

4.2.1 Plan de Prévention des Risque inondation (PPRi)

Le PPRi est un document réglementaire en vue de l'urbanisation future et du traitement de l'urbanisation existante à l'échelle communale. Il permet notamment de préserver des zones où les crues pourront s'étendre, évitant d'aggraver le risque sur les territoires situés en aval.

Elaboré généralement à l'échelle d'un sous bassin versant, le Plan de Prévention des Risques inondation tient compte des phénomènes d'inondation sur un territoire donné pour un évènement de crue de référence (en général il s'agit d'une crue centennale). Un zonage cartographique est produit identifiant spécifiquement le risque en fonction d'une hauteur d'eau, de la vitesse du courant, du phénomène d'inondation (rupture de digue, remontée de nappes,...)...

Le PPRi du bassin du Rec de Veyret a été approuvé par le préfet de l'Aude le 8 septembre 2008. La cartographie est disponible sur le site Internet de la Préfecture de l'Aude à partir du lien suivant : <http://www.aude.gouv.fr/rec-du-veyret>.

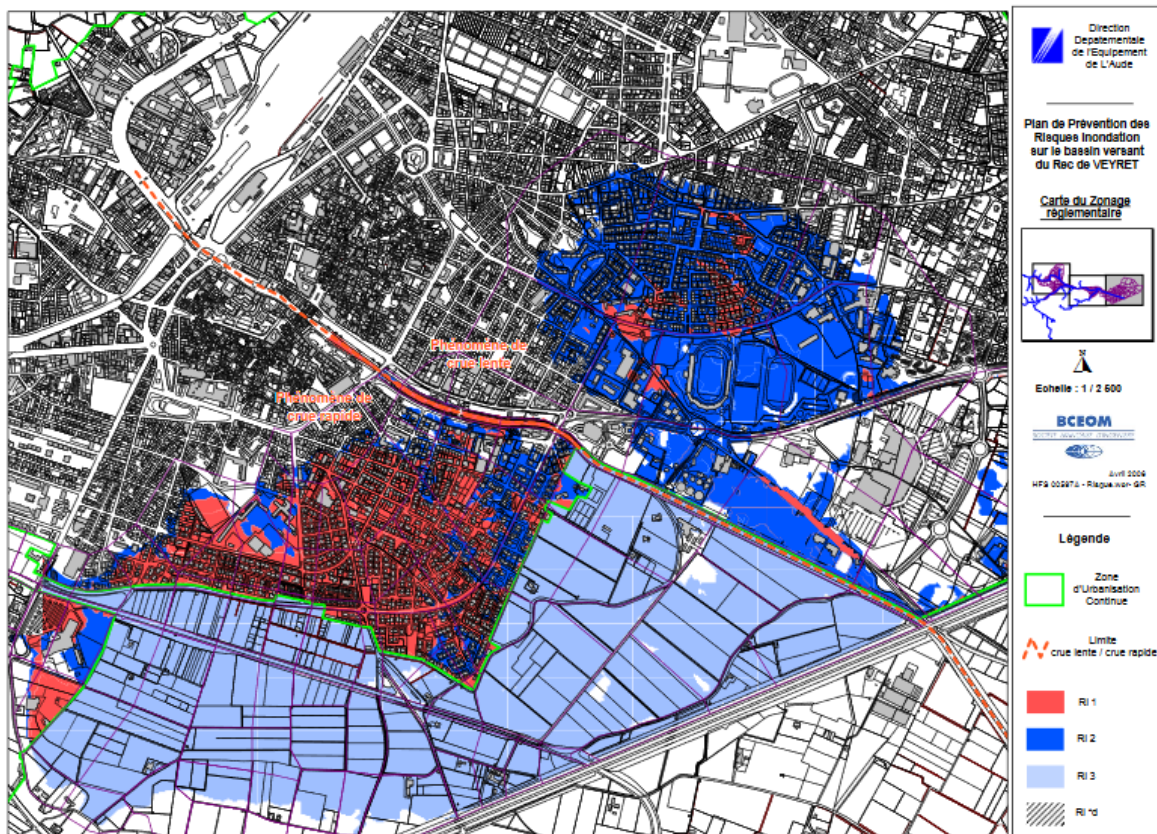


Figure 52 : extrait du PPRi du Rec de Veyret sur la commune de Narbonne (source Préfecture de l'Aude)

4.2.2 Information préventive

4.2.2.1A l'échelle départementale

Le **Dossier Départemental des Risques Majeurs** (DDRM) constitue une première étape dans l'information de la population. Elaboré par la Préfecture, ce document précise pour chacune des communes concernées du département, les risques naturels et/ou technologiques auxquels ses habitants peuvent un jour être exposés.

Il mentionne également 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 est transmis aux maires de chaque commune concernée.

Le DDRM de l'Aude précise que la commune de Narbonne située dans la zone d'étude est concernées par le risque majeur inondation (lien utile http://www.aude.gouv.fr/IMG/pdf/2DDRM_le_risque_inondation_cle111987.pdf).

4.2.2.2A l'échelle communale

DICRIM

A partir des éléments fournis transmis par la Préfecture à travers le DDRM, chaque commune impactée par un ou plusieurs risques doit élaborer un **Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs** (DICRIM). Il s'agit de la deuxième étape dans l'information de la population.

Ce document est élaboré par le Maire et peut être consulté par la population directement en Mairie. Conformément au guide du Ministère de l'Intérieur daté de janvier 2013, le DICRIM conçu pour chaque commune doit comprendre :

- Le recensement et la description des risques et de leurs conséquences prévisibles
- Les événements ou accidents significatifs survenus sur chaque commune,
- L'exposé des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde répondant aux risques susceptibles d'affecter la commune,
- Les consignes de sécurité par nature de risque (modalité d'alerte, centre d'hébergement, numéros utiles...).

Le DICRIM peut prendre la forme de plaquettes synthétiques distribuées à la population ou d'un dossier inséré dans un journal communal (mis en ligne ou distribué dans chaque boîte aux lettres). En complément, ce document peut s'accompagner de réunion d'informations publique concernant les risques et les consignes de sécurité, de campagnes d'affichage dans les lieux publics,...

Le guide des risques majeur de la commune de Narbonne fait état d'un risque d'inondation par le Rec de Veyret (http://www.narbonne.fr/sites/default/files/guide-des-risques-majeurs_0.pdf).

PCS

L'article 2212 du code général des collectivités territoriales indique que le Maire est chargé de l'organisation des secours sur sa commune en période de crise. La loi relative à la modernisation de la Sécurité Civile (13 août 2004) rend obligatoire la réalisation du **Plan Communal de Sauvegarde** (PCS) pour les communes qui sont dotées d'un Plan de Prévention des Risques Naturels approuvé. Le décret d'application de cette loi du 13 août, publié le 15 septembre 2005, précise le contenu des Plans Communaux de Sauvegarde, la périodicité de sa mise à jour.

La législation rend le Maire responsable, au titre de son pouvoir de police, de la sécurité de ses administrés et lui fait obligation de prendre toutes les mesures nécessaires à l'information et à la protection de la population.

Le PCS prend généralement la forme d'un outil opérationnel permettant à la Mairie de mettre en face d'un évènement prédéfini (inondation courante, rare, ou exceptionnelle,...) une organisation communale prévue à l'avance. Dans le but d'en réduire l'impact, le PCS permet d'anticiper la survenue d'une crise et de sauvegarder les biens et les personnes.

La ville de Narbonne dispose d'un PCS qui est actuellement en cours de refonte.

Une fois l'étude de dangers réalisée, il conviendra d'informer les populations protégées des risques encourus et de mettre à jour les documents de prévention ci-dessus.

La prévention passe aussi par l'identification des risques et la prescription de mesures spécifiques : le gestionnaires de la digue concernée par l'étude de dangers reprendra in extenso les conclusions du présent rapport en détaillant à la fois le type d'accidents pouvant conduire à des accidents majeurs (surverse, rupture par érosion interne,...) mais aussi leur évaluation chiffrée.

4.3 CONSIGNES ECRITES

Les consignes écrites de l'ouvrage décrivent l'ensemble des moyens mis en œuvre par le responsable de l'ouvrage pour répondre aux objectifs définis dans la politique de prévention des accidents majeurs.

Les conclusions de la présente étude de dangers serviront à améliorer le système de gestion de la sécurité relatif à l'ouvrage étudié.

Les consignes écrites du système d'endiguement du Rec de Veyret sont présentées en annexe.

Nous présentons ci-après les principaux éléments de cette procédure.

4.3.1 Surveillance et entretien de l'ouvrage

La surveillance de l'ouvrage est assurée par la Ville de Narbonne. Les consignes précisent les dispositions spécifiques à la surveillance et aux visites de contrôle des digues. Celle-ci s'organise suivant 3 points particuliers :

- Entretien de l'ouvrage,
- Visite périodique,
- Surveillance en crue et en post-crue.

4.3.1.1 Entretien de l'ouvrage

L'entretien de l'ouvrage est assuré par les services technique de la Ville de Narbonne au moyen de marchés à bons de commande. Il comprend particulièrement :

- Débroussaillage de la digue et ses abords
- Entretien de la crête de la digue et des talus
- Dégagement des accès aux ouvrages
- Curage régulier du Rec.

4.3.1.2 Visite périodique

Ces visites sont réalisées semestriellement ou systématiquement suite à chaque évènements pluvieux majeur provoquant des crues du Rec de Veyret.

Les visites couvrent l'ensemble du linéaire d'endiguement. Elles consistent à récolter l'ensemble des informations visibles sur les désordres ou présomptions de désordre affectant l'une ou l'autre composante de la digue.

Elles sont effectuées par des agents des services techniques de la ville de Narbonne , qui parcourent à pied l'ouvrage.

On s'attarde à observer :

- Le talus côté rivière : anse d'érosion, protection en pied de talus, ravines, présence d'embâcles, ...
- La crête de digue : irrégularités, affaissements ...
- Le talus côté val : ravines, végétation, terriers, indices de fuite, état de la voirie en pied de talus,...

Les désordres et informations répertoriées seront consignés sur une fiche de visite, et illustrés par un dossier photographique.

Les observations ainsi faites seront comparées avec les documents contenant les conclusions des précédentes visites afin d'analyser les évolutions de tel ou tel désordre.

Le rapport de visite est annexé au dossier de l'ouvrage.

Concernant les 3 vannes situées en rive droite, ces dernières sont inspectées mensuellement et font l'objet d'un rapport de visite.

4.3.1.3 Surveillance en crue

Lors d'une crue, la surveillance de l'ouvrage est effectuée par un agent des service technique de la ville de Narbonne, obligatoirement équipé notamment de gilets de sauvetage. Elle est réalisée depuis la crête, à pied ou en véhicule (circulation à vitesse réduite), à l'exclusion des secteurs de digue soumis à surverse, ou présentant un défaut majeur pouvant nuire à sa stabilité (renard hydraulique, fuites, évolution des fuites, affaissement d'un talus, érosion externe importante,...).

Les observations sont consignées dans un rapport et sur des fiches prévues à cet effet. Elles sont illustrées par des photographies et localisées sur un plan de l'ouvrage.

Ces visites se font jusqu'au niveau d'alerte 1 (pluie au-delà de 100mm en 6h et niveau d'eau à la cote de 18.4m NGF au bassin de Cap de Pla) ou la digue en rive gauche serait en surverse.

4.3.1.4 Surveillance en post-crue

Suite à la décrue, une nouvelle visite est réalisée dans des conditions similaires. Elle s'attache à identifier les éventuelles désordres et autres irrégularités apparues durant la crue (flash, érosions, affaissements de talus, renards hydrauliques,...).

D'une manière générale, des visites de surveillance ont lieu après tout évènement particulier (crues, séismes,...).

4.3.2 Visites Techniques Approfondies (VTA)

Conformément aux articles R214-122 et R214-123 du Code de l'Environnement, la ville de Narbonne, en tant que propriétaire des digues, est tenue de programmer des visites techniques approfondies (VTA) régulièrement et au moins une fois tous les ans pour les digues de classe B.

Ces visites sont à mener par un personnel compétent notamment en hydraulique, en géotechnique et en génie-civil.

Le compte-rendu de visite précise « les constatations, les éventuels désordres observés, leurs origines possibles et les suites à donner en matière de surveillance, d'exploitation, d'entretien, d'auscultation, de diagnostic ou de confortement ».

Le contenu des visites techniques approfondies est le suivant :

- examen visuel des parties non noyées de la digue,
- contrôle de l'état du terrain aux abords des fondations,
- recommandations éventuelles tant en matière de règles d'exploitation qu'en matière d'intervention et travaux visant à améliorer le comportement général de l'ouvrage et sa sécurité.

Le compte-rendu de la visite présente :

- Les constatations, décrites par tronçon,
- pour chaque tronçon, le type de désordre apparent est précisé, avec les quantitatifs (longueur, surface) et la position précise du désordre,
- des photos de chaque désordre ou type de désordre,
- les désordres reportés sur une vue plan à l'échelle adapté, par tronçon,
- pour chaque désordre constaté, les évolutions/dégradations attendues, ainsi que les échéances probables pour ces évolutions,
- pour chaque désordre constaté, les mesures à entreprendre, entretien, réparation, modifications, ainsi que les échéances pour chaque action, afin d'éviter une éventuelle dégradation de l'ouvrage, qui créerait une situation de fragilisation de l'ouvrage,
- des propositions d'investigations complémentaires (géophysiques, géotechniques, etc.) si nécessaires

5. Identification et caractérisation des potentiels de dangers

Sur le système d'endiguement en rive gauche du Rec de Veyret, les potentiels de dangers résultent principalement de l'entrée d'eau au sein du val. Une telle entrée d'eau peut résulter :

- D'un dysfonctionnement propre au système d'endiguement :
 - o Ouverture d'une brèche sur un tronçon de la digue
 - o Surverse sans brèche au-dessus de la crête d'un tronçon de digue
- De problématiques extérieures au système d'endiguement :
 - o Remontée de nappe dans le val en arrière des digues

Nota : les différents mécanismes de formation des brèches sont détaillés au niveau du chapitre 8.

5.1 OUVERTURE D'UNE BRECHE PARTIELLE OU TOTALE SUR UN TRONÇON DE LA LEVEE

Toutes choses égales par ailleurs, l'irruption d'eau dans le val à la suite d'une brèche sera d'autant plus puissante que la différence de hauteur d'eau entre le Rec de Veyret en crue et le val sera importante.

Potentiellement, une telle hauteur peut atteindre voire dépasser légèrement (en cas de surverse) la hauteur de digue, calculée comme étant la différence altimétrique entre la crête de digue et le terrain naturel du val en pied de digue.

Les vitesses d'écoulement conduiraient à une très forte mobilisation des matériaux constituant la digue ainsi qu'à la formation d'une fosse d'érosion en pied de digue et représenteraient, malgré cette dissipation d'énergie, un pouvoir de destruction important pour les enjeux situés à proximité.

5.2 SURVERSE SANS BRECHE AU-DESSUS DE LA CRETE D'UN TRONÇON DE LEVEE

L'irruption d'eau dans le val dans le cadre d'une surverse sans brèche représente un danger assez fort par rapport à la situation précédente.

Les débits susceptibles d'inonder le val peuvent être très supérieurs à la capacité actuelle de protection de la digue rive gauche du Rec de Veyret limité à 70m³/s. Au-delà d'une crue Q5, l'eau surverse en rive gauche juste après le pont de la RN9.

Néanmoins, les digues n'étant pas dimensionnées pour résister à la surverse, il est fort probable que cette situation conduise à la formation d'une brèche du fait de l'action érosive des écoulements sur le pied et le talus de digue côté val. En effet, sans dispositif de protection, on considère qu'au-delà de 20 cm de surverse, la ruine des digues du Rec de Veyret est quasi-certaine.

5.3 REMONTEE DE NAPPE DANS LE VAL EN ARRIERE DES LEVEES

Malgré le caractère transitoire des crues, la nappe d'accompagnement du Rec de Veyret subit les évolutions du niveau du cours d'eau et peut même remonter au-dessus de la surface du terrain naturel (TN).

Les phénomènes de remontée de nappe restent néanmoins relativement lents et ne sont à même que de générer des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement faibles sans commune mesure avec celles rencontrées dans le cas d'une brèche.

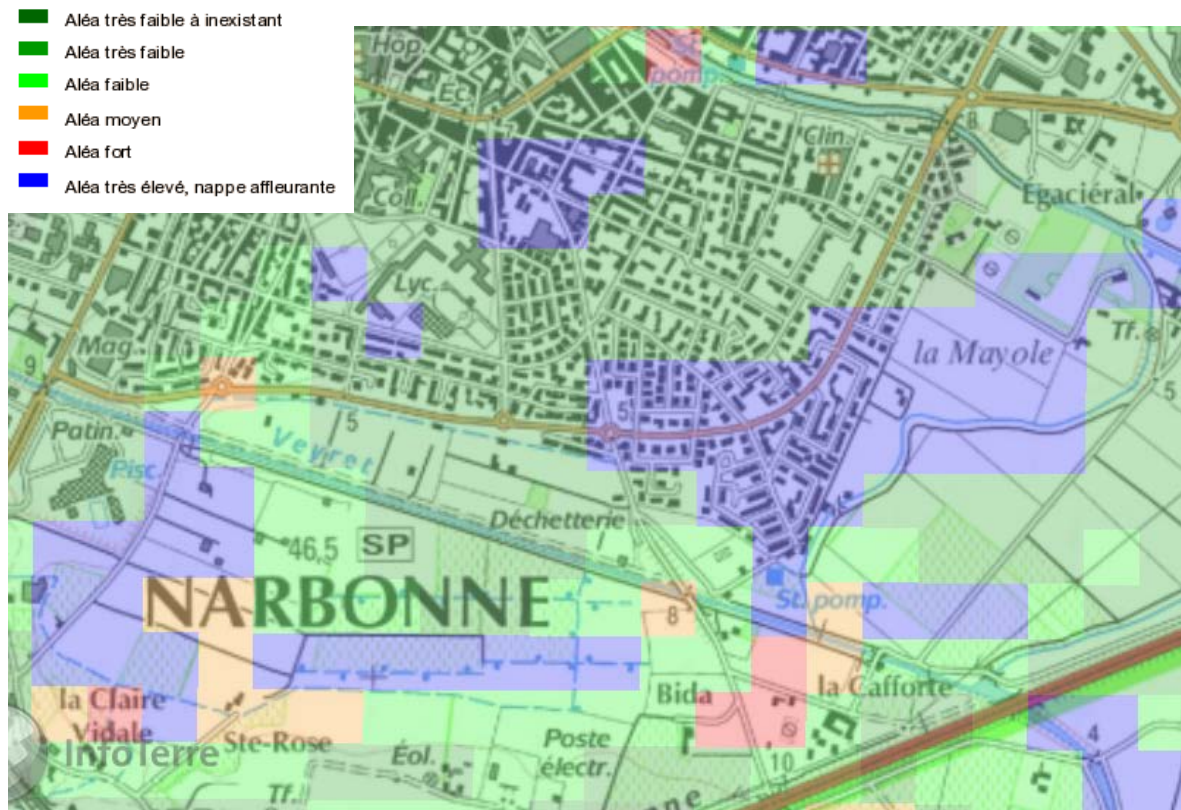


Figure 53 : Risque d'inondation par remontée de nappe (BRGM)

6. Caractérisation des aléas naturels

6.1 HYDROLOGIE : CRUE DU REC DE VEYRET

6.1.1 Présentation

L'hydrologie du rec de Veyret est complexe avec la présence de zones de laminage importantes en amont de la zone d'étude. La surface du bassin versant total à l'amont du tronçon est de 40.3 km². Le bassin versant se caractérise par une zone de relief peu marqué, occupé par une végétation de garrigue sans zone urbaine continue à l'exception de Montredon-des-Corbières.

Comme sur l'ensemble de l'arc méditerranéen, les évènements hydrologiques se caractérisent par de fortes intensités de pluie et une cinétique de crue rapide. A l'étiage le Rec de Veyret présente un débit faible, la section du cours d'eau étant très peu en eau.

6.1.2 Détermination des débits de pointe et des hydrogrammes

6.1.2.1 Données disponibles et méthodes mises en œuvre

BRLi a étudié le secteur en 2015 dans le cadre du projet de Ligne Nouvelle Montpellier Perpignan (LNMP) pour le compte de SNCF Réseau. Un extrait de l'étude hydrologique et hydraulique est consultable en Annexe 7.

A cette occasion, un modèle hydrologique a été mis en œuvre sur le bassin versant en amont de Montredon-des-Corbières et un modèle hydraulique a été construit au droit de la nouvelle ligne TGV projetée entre Montredon-des-Corbières et Cap de Pla. Le lieu-dit Cap de Pla correspondant à l'amont de la zone d'étude de la présente EdD (excepté l'apport provenant du ruisseau des Tines). La figure ci-après présente le contexte hydrologique.

6.1.2.2 Hydrogrammes de crue retenues

Comme expliqué précédemment, les hydrogrammes retenus proviennent de l'étude BRL de 2015 dans le cadre du projet LNMP. Les hydrogrammes du ruisseau des Tinos, zone non couverte par l'étude BRL, sont obtenus en utilisant le rapport des débits de pointe de l'étude BG. La figure suivante présente les hydrogrammes qui seront utilisés dans le cadre des scénarios de rupture de la présente EdD.

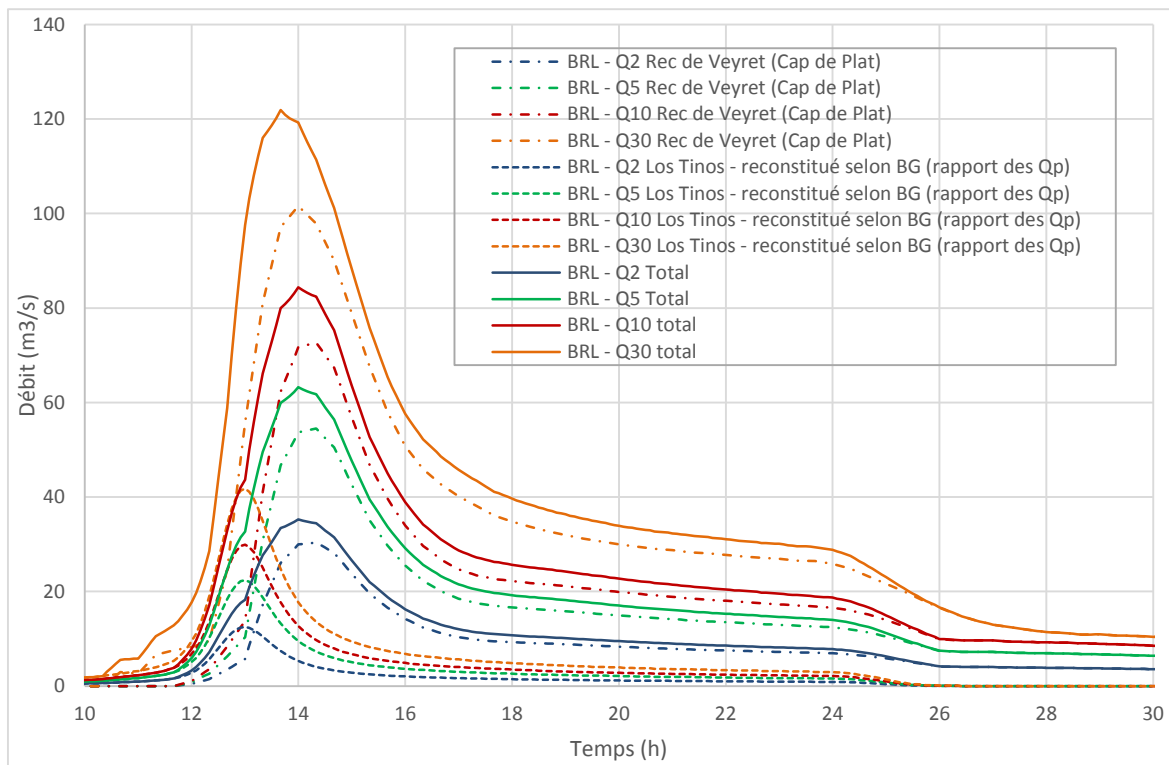


Figure 55 : Hydrogrammes retenus pour l'EDD du rec de Veyret

6.2 GEOLOGIE ET MORPHODYNAMIQUE

6.2.1 Contexte géologique

Le contexte géologique est détaillé au chapitre 3.1.4.2.1.

6.2.2 Evolutions morphologiques

Suite à un recalibrage et à un endiguement partiel du cours d'eau, notamment entre le pont de la RD.6009 et le pont de l'autoroute A.9, le lit du Rec de Veyret a été fixé de manière rectiligne. Depuis ces aménagements, il n'est pas noté de mouvement latéral du lit mineur.



*Photo aérienne de la zone d'étude prise en 2003
(source Google Earth)*



*Photo aérienne de la zone d'étude prise en 2015
(source Google Earth)*

Compte tenu du caractère rectiligne du tronçon de cours d'eau étudié, les seuls mouvements possibles sont dirigés verticalement à travers notamment les alluvions récentes (Fz). L'enfoncement localisé du lit mineur peut conduire à l'apparition de désordres consécutivement à la présence de talus plus raide. Toutefois ce mouvement vertical du lit mineur est limité par la présence d'un seuil bétonné en amont du pont de l'A.9.

Il est noté la présence d'une zone de désordres en aval du tronçon (glissements notamment). Ce secteur est situé à proximité de l'élargissement du lit endigué, à l'origine de fortes vitesses en cas de crue.

6.2.3 Conséquences et dangers à l'échelle du val

Il est montré que les mouvements du lit mineur sont limités depuis que le lit a été endigué et rendu rectiligne. Par ailleurs les mouvements d'enfoncement du lit sont contenus par la présence du seuil bétonné en aval.

Les évolutions morphologiques du cours d'eau sur ce tronçon sont donc considérés comme faibles à l'échelle du linéaire étudié.

6.3 ALEA SISMIQUE

Le système d'endiguement du Rec de Veyret est entièrement situé dans la commune de Narbonne, qui est classée en zone de sismicité faible (décrets N° 2010-1254 et N° 2010-1255 du 24 octobre 2010).

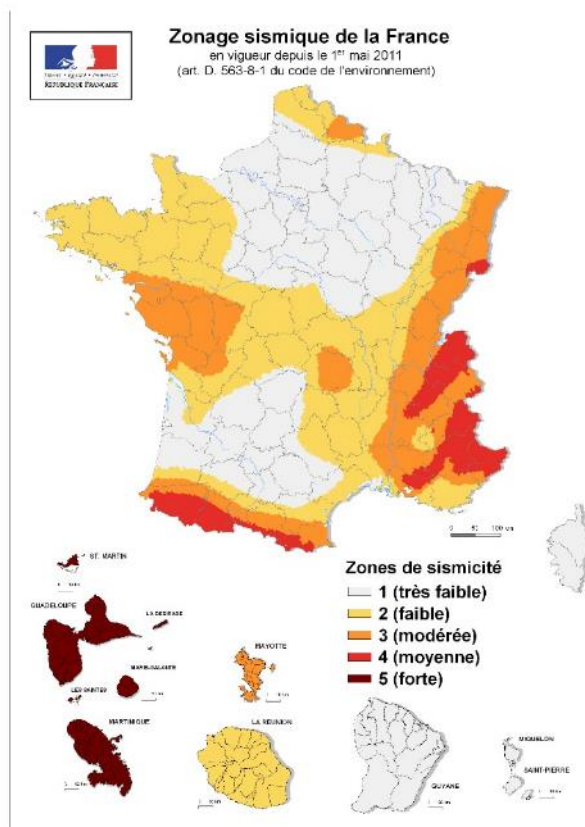


Figure 56 : carte de sismicité de la France

Un séisme peut avoir un effet important sur une digue. Deux situations sont à envisager :

1. la simultanéité d'un séisme et d'une crue ;
2. la survenue d'une crue après un séisme alors que les dégâts associés n'ont pas été réparés.

La première situation est la plus critique pour la digue. Les phénomènes à craindre sont dans ce cas :

- la liquéfaction du corps de la digue ou de sa fondation sous l'effet combiné de la saturation d'eau et de la secousse sismique ;
- la ruine de la digue par glissement des talus (circulaire ou autres) du fait des accélérations sismiques entraînant une augmentation du champ de la pesanteur et donc des contraintes (horizontales et/ou verticales).

Un séisme survenant pendant une crue rare cumulerait les effets de l'inondation et de la secousse sismique. Toutefois la survenue d'une telle situation, qui repose sur la concomitance des deux événements (en prenant un temps de retour de 475¹ ans pour le séisme), est très improbable, de l'ordre de 1 chance sur 100 millions par an.

¹ Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques – MEDDTL-DGPR – novembre 2010

La seconde situation est moins critique pour la digue mais plus probable. L'effet d'un séisme peut avoir des conséquences sur la structure de la digue, même en dehors d'une crue. Des tassements ou des modifications de la structure sont à craindre d'autant plus que celle-ci est ancienne et très hétérogène. La probabilité qu'une crue significative se produise dans le délai de 2 ans (délai de réparation des dégâts) après un séisme significatif est d'environ 1 chance sur 100 000 par an.

En cas de séisme de magnitude supérieure ou égale à 4 sur l'échelle de Richter, une inspection post-sismique devra être effectuée et, si nécessaire, une visite technique approfondie qui devra s'étendre à l'ensemble des berges et des ouvrages annexes. En cas de dégradations avérées, une réparation devra être entreprise.

6.4 SYNTHÈSE DE LA CARACTÉRISATION DES ALÉAS NATURELS

Aléa naturel / anthropique	Quantification du risque pour le système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche	Prise en compte dans l'étude dangers
Crues	Fort	Oui
Evolutions morphologiques	Faible	Non
Séisme	Faible	Non

Tableau 5 : synthèse de la caractérisation des aléas naturels auxquels est soumis le système d'endiguement du Rec de Veyret en rive gauche

7. Etude accidentologique et retour d'expérience

7.1 INCIDENTS RECENTS ET CRUES HISTORIQUES

Le plan de prévention des risques inondation (PPRI) du Rec de Veyret recense 4 crues majeures.

7.1.1 Les inondations de 1965

En 1965, de fortes précipitations se sont abattues sur le bassin du Rec de Veyret provoquant des débordements localisés du cours d'eau dans la plaine d'Aussière.

Surtout, d'importantes inondations ont eu lieu au droit de Narbonne, entre le barrage de Cap de Pla et l'autoroute A 9. Les deux rives ont été touchées.

Le ruisseau des Clottes a également débordé à Montredon des Corbières, inondant les champs de vignes situés face à la Cave Coopérative et plus en aval, les prés accolés à la voie ferrée.

Le débit de cette crue a été estimé lors d'une étude SOGREAH de 1966, à 112 m³/s. La période de retour associée à cet événement a été évaluée entre 25 et 30 ans.

7.1.2 Les inondations de 1992

En septembre 1992, des débordements ont été observés sur le Rec de Veyret à Narbonne et sur les Clottes dans le secteur du Bras à Montredon. Toutefois, il ne semble pas qu'ils aient entraîné de dégâts majeurs.

7.1.3 Les inondations de 1994

En octobre 1994, des débordements, provoqués par la formation d'embâcles, ont été observés dès la plaine d'Aussière.

Plus en aval, le pont de Saint Pierre situé à l'entrée de la plaine de Montredon a été submergé par le Rec de Veyret.

Des débordements des ruisseaux des Clottes et de la Maire ont également été observés dans la plaine de Montredon des Corbières. Les champs situés en face de la Cave Coopérative, ceux se trouvant en rive gauche et rive droite près de la station d'épuration et les pâturages au sud de la Grange Basse, à l'est de la voie ferrée, ont été inondés.

A la confluence du Rec de Veyret et du ruisseau de la Maire, la voie de chemin de fer a été partiellement inondée.

C'est surtout la rupture du câble de la vanne mobile de la retenue de Cap de Pla qui a provoqué les débordements les plus importants en inondant les quartiers de Maraussan - La Mayolle et le secteur de Sainte Rose.

C'est probablement l'effet de vague occasionné par cette rupture brutale qui est à l'origine des dégâts importants observés.

La période de retour de la crue, en terme de débit de pointe, semble limitée.

En effet, le débit de pointe du Rec de Veyret a été estimé légèrement inférieur à 100 m³/s à partir de laisses de crue repérées au droit du déversoir du barrage de Cap de Pla.

7.1.4 Les inondations de 1999

Le département de l'Aude a été très fortement touché par l'événement pluviométrique des 12 et 13 Novembre 1999.

Cependant, le bassin versant du Rec de Veyret n'a pas été directement affecté par cet événement pluviométrique. Ainsi, aucun débordement majeur n'a été signalé. Seul le ruisseau de Champ Auriol semble avoir partiellement inondé la D 69 menant à Montredon des Corbières.

7.2 ETUDE DES BRECHES HISTORIQUES

Au regard des descriptions des phénomènes de crue du Rec de Veyret ayant conduit à une inondation de la zone protégée, seuls des phénomènes de surverse sont relatés. Il n'est pas précisé de rupture de digue.

7.3 RETOUR D'EXPERIENCE SUR D'AUTRES SYSTEMES D'ENDIGUEMENT

7.3.1 Dignes de l'Aude

Les digues de l'Aude ont fait à ce jour l'objet d'un certain nombre d'accidents, dont on peut dresser ici un aperçu.

DIGUES DU CANAL DE GAILHOUSTY

Rupture à la surverse

Le canal de Gailhousty est actuellement endigué sur tout son linéaire. Lors des différentes crues de l'Aude, de nombreuses ruptures de ses digues se sont produites :

- Pour les dernières crues débordantes de l'Aude (novembre 1999, décembre 2005 – janvier 2006), les digues situées au niveau du passage en siphon du Rec Audié ont cédé. En effet, ce secteur constitue naturellement, de par la topographie de la plaine en rive gauche du canal, le point le plus bas et l'axe préférentiel d'écoulement ; il est le premier secteur soumis aux débordements.
- Pour la crue de novembre 1999, de nombreuses autres brèches dans les digues ont été observées, la crue ayant été largement débordante sur toute la longueur du canal.

Les raisons de la rupture de ces digues sont essentiellement la surverse.

Il est à noter que ces digues, qui ne sont pas de la responsabilité du S.M.D.A., sont reconstruites « à l'identique » sans mesure de protection particulière après chaque crue débordante, et sont en partie détruites à la crue suivante.

Rupture par renard

Lors de la crue de mars 2011 une brèche s'est formée dans la digue du canal de Gailhousty, sur le secteur où elle est commune à la digue de l'Aude, 125 m en amont de la jonction avec la digue de l'Aude. A priori, la cause de rupture de cette digue a été un renard hydraulique, très certainement dû à la présence de terriers et au rabotage du pied de digue (cf. ci-dessous) qui a fragilisé la digue.



Terrier apparent au niveau des talus de la brèche



Vue de la brèche

Figure 57 : Brèche de 2011 des digues du Gailhousty

Rabotage du pied de digue

Sur l'amont de la digue, sur des secteurs où la digue longe des parcelles agricoles, on note que le pied de digue a été « raboté » afin d'agrandir la superficie cultivable ou élargir la piste de circulation. Cette « destruction » partielle de l'ouvrage tend à le fragiliser.



Figure 58 : Rabotage du pied de digue du Gailhousty

DIGUES EN RIVE GAUCHE DE L'AUDE

Rupture à la surverse

Lors des dernières crues débordantes de l'Aude (novembre 1999, décembre 2005 – janvier 2006), des ruptures se sont produites sur les digues de la rive gauche de l'Aude :

- En novembre 1999, une brèche de 50 m de large s'est formée face au lieu dit de la Bourgade. De plus, la digue de l'Aude a rompu en trois endroits (largeur 120 m, 30 m et 150 m) entre les déversoirs Horto de Blazy et 1952.
- En décembre 2005, une brèche de 100 m de large environ s'est formée en aval d'Horto de Blazy. Alors que des travaux d'urgence étaient en cours pour réparer cette brèche, la crue de janvier 2006 est arrivée et a de nouveau détruit la digue en cet endroit.

Là encore, la principale cause de rupture de ces ouvrages a été la surverse. Compte tenu des durées de déversements (plusieurs heures), les digues en terre submergées rompent jusqu'au terrain naturel. Il est à noter les fortes largeurs observées de brèches, qui résultent de ces longues périodes de déversement.

Le S.M.D.A. qui s'est chargé de la maîtrise d'ouvrage pour la reconstruction de ces digues, a tenu compte de cette problématique de surverse. Ainsi, les digues reconstruites suites à la crue de 2005-2006 sont désormais résistantes à la submersion (matelas ENKAMAT sur le parement aval).



Brèche dans la digue de l'Aude après la crue de novembre 2005



Digue en reconstruction, après pose de l'Enkamat

Figure 59 : Brèche de 2005 - digues de l'Aude

Rupture par renard hydraulique

Lors de la crue de novembre 2014 une brèche s'est formée sur la digue en aval de Cuxac d'Aude à proximité de la station d'épuration. A priori, la cause de rupture de cette digue a été un renard hydraulique, très certainement dû à la présence de terriers (cf. ci-dessous) qui a fragilisé la digue.



Terrier observé lors de la visite du DIA en octobre 2014



Brèche dans la digue

Figure 60 : Brèche de novembre 2014 - digues de l'Aude

7.3.2 Dignes du Vidourle

Les crues violentes du Vidourle sont connues depuis très longtemps sous le nom de « Vidourlades ». Elles se produisent en automne lors d'épisodes pluvieux de type « cévenols ». La crue de septembre 2002 fut sans précédent à l'échelle du bassin versant et a fortement marqué les esprits.

Le cours du Vidourle est endigué sur la totalité de son linéaire en aval de l'A9. Au-delà d'un seuil de débit, compris entre 900 et 1000 m³/s et dont la période de retour est voisine de 10 ans, quel que soit le débit arrivant de l'amont du bassin, le surplus est écrêté par déversement en rive gauche entre l'A9 et Lunel et la dynamique des crues est quasi indépendante de la période de retour : le débit entrant est sensiblement constant, et seule la durée de l'écoulement à plein bord varie. Pour ces débits, en aval de l'A9, le niveau d'eau est très proche de la ligne de crête des ouvrages ce qui induit une sollicitation quasi-maximale.

Les digues de protection contre les inondations des basses plaines du Vidourle sont des digues en remblais homogène, construite en matériaux limoneux extraits in-situ. Du fait de leur conception originelle sans déversoir, ces digues sont vulnérables aux risques de rupture par érosion interne et par surverse.

Lors de la crue de septembre 2002, avec un débit de pointe de 2400 m³/s, près de 35 brèches ont pu être dénombrées, dont une majeure partie a pour origine la rupture par érosion externe liée à la surverse et l'autre partie a pour origine des phénomènes d'érosion interne. Suite à ces brèches, BRLi a été mandaté par le syndicat du Vidourle pour piloter les travaux de confortement d'urgence, réaliser une synthèse des causes et réfléchir aux méthodologies à mettre en œuvre pour limiter les risques à l'avenir.

C'est dans ce cadre, afin de réduire le risque de rupture, et sans pour autant augmenter la cote de protection, qu'il a été décidé par le maître d'ouvrage :

- d'une part, de conforter les zones « historiquement » déversantes et de créer de nouveaux déversoirs permettant de « soulager » l'ensemble des digues situées à l'aval ;
- et d'autre part, dans le cadre des travaux d'entretien de supprimer la végétation sur l'ouvrage et à proximité immédiate (sur une bande de 3 m) dans le cadre des travaux de confortement projetés, de mettre en œuvre, de façon systématique, des systèmes de protection contre les animaux fouisseurs.

A ce jour, non seulement les études de conception sont largement engagées, mais il a d'ores et déjà été réalisé un nouveau déversoir et le confortement à la surverse de 3 km de digue.

Les techniques étudiées, retenues et mises en œuvre combinent l'analyse des enjeux et le niveau de sollicitations hydrauliques associés aux contraintes géotechniques, environnementales et foncières. L'intégration des résultats de l'analyse de la vulnérabilité des ouvrages existants a ainsi permis de proposer un panel de solutions techniques : la réhabilitation de seuils déversant en maçonnerie mais aussi la protection des digues déversantes par enrochements percolés, matelas grillagés, géonappe bitumineuse, etc. associé à des dispositifs singuliers tels que la poutre sommitale en béton armée de calage altimétrique.

7.3.3 Dignes de l'Agly

En mars 2013 une crue de l'Agly (Pyrénées Orientales) a provoqué deux brèches dans la digue rive droite (digue de classe A). Un retour d'expérience a été réalisé et apporte un éclairage intéressant pour la présente étude de dangers. Il met en évidence :

- l'impact de la végétation dans le lit du cours d'eau sur la ligne d'eau en crue et donc sur les surverse ;
- l'importance de l'érosion interne au niveau de la fondation par l'apparition de « sand boils² » dans le val en arrière de la digue, et des effondrements localisés dans la digue qui sont vraisemblablement la cause initiale de la deuxième brèche (brèche de Pia) ;
- la création d'une fosse d'érosion importante en profondeur (>5 m) et en étendue (environ 100 m) ;
- que les écoulements dans la brèche lors de sa formation sont capables de transporter des blocs d'enrochement, initialement implantés à la base de la digue côté fleuve, à plus de 200 m de distance et au-delà de la fosse d'érosion. Cela confirme l'importance de la dissipation d'énergie en arrière d'une brèche.



Figure 61 : brèche de Pia sur l'Agly - crue du 6 mars 2013 - (photo : protection civile des Pyrénées-Orientales)

² Sand Boil : cratère de sable créé par la résurgence des eaux chargées



Figure 62 : Coupe d'un sand Boil derrière les digues de l'Agly - crue du 6 mars 2013 - (photo : DDT des Pyrénées-Orientales)

7.3.4 Autres retours d'expérience

D'autres enseignements peuvent également être tirés de retours d'expériences complémentaires. Ces différents enseignements sont synthétisés dans le tableau ci-après.

Accident	Nombre victimes	Année	Enseignement pour l'Étude de dangers
Tempête en mer du Nord et rupture de digues en Hollande	1 800	1953	L'évacuation du val est indispensable à partir d'un certain niveau d'eau
Crues du Rhône et rupture des digues de la Camargue		1993-1994	Formation de brèches au niveau des canalisations d'irrigation
Crue de l'Oder en Pologne et en Allemagne		1997	-Trace d'un réseau de trous laissés par les racines d'un ancien boisement à la périphérie d'une brèche - Techniques de réparations d'urgence
Crue de l'Agly et rupture de la digue	35	1999	Rupture suite à surverse au niveau de la station d'épuration de Saint-Laurent-de-la-Salanque
Crue du Gard et rupture de digues	8	2002	Danger à proximité de la rupture
Crue du Rhône et rupture d'un cordon de digue près d'Arles au niveau d'une trémie sous la voie ferrée		2003	- Protection d'urgence pour éviter le passage de l'eau sur la trémie conduisant à la surverse de la digue. - Relogement d'une centaine de personnes pendant 1 an

Accident	Nombre victimes	Année	Enseignement pour l'Étude de dangers
Cyclone Katrina et rupture des digues du Mississippi à La Nouvelle-Orléans	1 500	2005	Nombreuses victimes derrière des brèches malgré la décision d'évacuer
Tempête Xynthia et surverse des digues par la mer	50	2010	- Pas de brèche mais une surverse d'un mètre sur la digue de La Faute-sur-Mer ; formation d'un renard hydraulique lors du retour de l'eau à la mer - Certaines brèches liées à des canalisations
Crues de la Vistule en Pologne et rupture des digues sur un très long linéaire		2010	- 2 crues centennales consécutives (1 mois d'intervalle) - Phénomène déjà observé sur l'Ill (trois pics de crue) en 1856 - Nombreuses brèches liées à la présence de terriers d'animaux fouisseurs

Tableau 6 : principaux enseignements issus de retours d'expérience issus d'autres systèmes d'endiguement (source DREAL Centre)

8. Identification et caractérisation des risques

8.1 DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE EMPLOYEE POUR L'ANALYSE DES RISQUES

8.1.1 Démarche générale

La démarche d'analyse de risques, telle qu'appliquée aux études de dangers des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ou aux barrages, comprend classiquement les quatre étapes suivantes:

- l'analyse fonctionnelle de l'ouvrage, telle que traitée dans le chapitre 3 ;
- l'analyse de ses modes de défaillance, pouvant être effectuée sur la base d'une méthode de type AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets) ;
- la modélisation de la sûreté de fonctionnement du système et des scénarios de défaillance ; Ces scénarios peuvent être construits à partir d'une des méthodes de modélisation des scénarios de défaillance : la méthode de l'arbre des causes, la méthode de l'arbre des événements ou méthode du nœud papillon.
- l'analyse quantitative des scénarios de défaillance (probabilités d'occurrence et conséquences).

Dans le cas présent, l'analyse de risques du système d'endiguement comprend :

- la caractérisation du potentiel de rupture des tronçons qui composent le système de digues à travers le diagnostic de sûreté ;
- l'estimation du risque d'inondation par défaillance du système d'endiguement.

Ces deux éléments ont permis de définir les scénarios de brèche étudiés dans l'étude de danger (cf. chapitre 8.3.1).

8.1.2 Méthodologie employée pour la caractérisation du potentiel de rupture des tronçons de digue

La démarche de caractérisation du potentiel de rupture des tronçons de digue repose sur les résultats de l'analyse fonctionnelle géotechnique du système d'endiguement (chapitre 3).

Elle est conduite en deux étapes successives.

1. Identification des scénarios de rupture envisageables.
2. Estimation de la probabilité de rupture des tronçons de digues.

8.1.2.1 Identification des scénarios de rupture envisageables

Dans la présente étude de dangers, il a été fait le choix de rester centré sur la méthode de diagnostic « classique » considérant les cinq « modes de rupture » de digues habituels, c'est-à-dire les 5 mécanismes de détérioration de la digue non résistante à la surverse classiquement reconnus : surverse, érosion interne, glissement de talus, érosion externe, soulèvement hydraulique.

Ces modes de rupture peuvent se décrire en termes de scénarios de défaillance des digues. 7 types différents, définis par leurs mécanismes élémentaires de détérioration prépondérants, ont été retenus :

- rupture par surverse entraînant une érosion externe régressive du talus côté zone protégée ;
- rupture par érosion interne ;
- rupture par glissement de talus côté zone protégée puis érosion interne ;
- rupture par glissement de talus côté cours d'eau puis érosion interne ;
- rupture par affouillement de la fondation, glissement du talus côté III puis érosion interne ;
- rupture par érosion externe suivi d'un glissement de talus côté cours d'eau puis érosion interne ;
- rupture par soulèvement hydraulique (claquage) puis érosion interne.

Ces différents scénarios de rupture peuvent être classés en quatre groupes en fonction du mécanisme de détérioration initial :

- rupture par défaut de stabilité de la digue ou de sa fondation, dans lequel on retrouve les modes de rupture suivants : rupture par déstabilisation d'ensemble (non retenu) ; par glissement côté zone protégée ; par glissement côté III ; par soulèvement hydraulique de la fondation côté zone protégée ;
- rupture par érosion interne ;
- rupture par surverse ;
- rupture par érosion externe du pied et du talus côté cours d'eau de la digue.

Ces scénarios sont détaillés sous la forme d'arbres de défaillance simplifiés et traduits en termes de fonction et composants prépondérants pour chaque profil en travers fonctionnel type du système d'endiguement (cf. annexes 5 et 6).

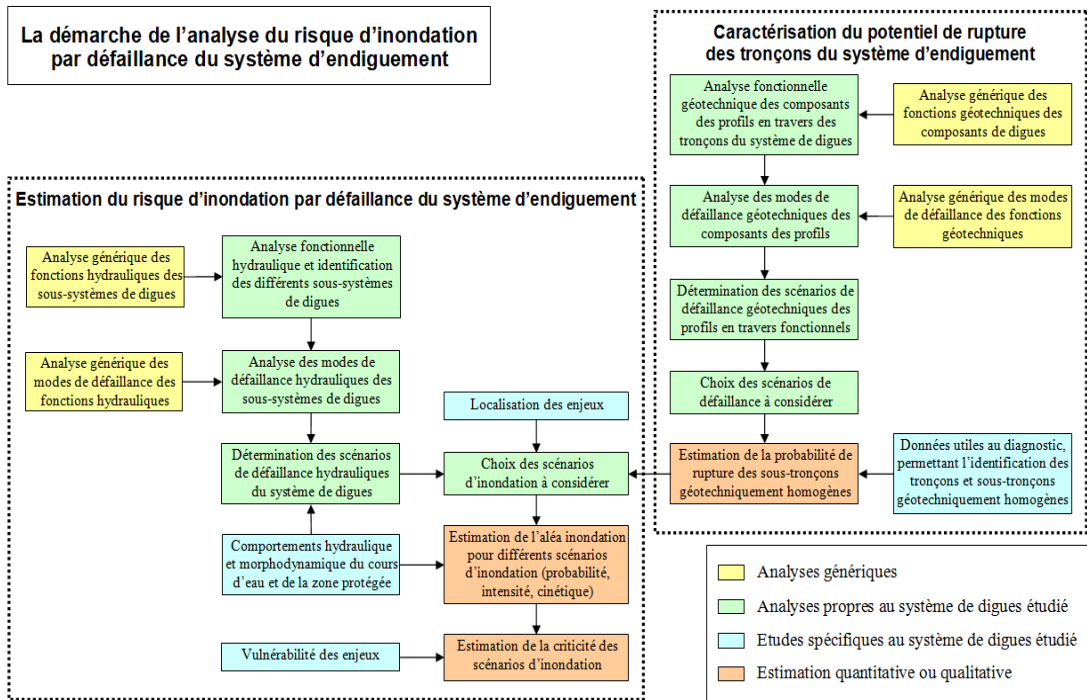


Figure 63 : Démarche de l'analyse du risque d'inondation par défaillance du système d'endiguement (source IRSTEA/unité OHAX)

Lors du diagnostic initial de sureté, une analyse a été menée avec une crue de référence Q30 pour tous les risques de rupture. C'est notamment à cette occurrence de crue que le Rec de Veyret a un débit de plein bord pouvant initier des mécanismes de rupture par érosion interne. Ce débit de plein bord maximise également le risque d'érosion externe, de rupture par glissement du talus aval et amont en fonction de la vitesse de décrue. Ce scénario de crue présente un risque de surverse sur la première moitié du Rec compte tenue d'une revanche faible sur ces tronçons.

Le risque de surverse a également été analysé pour Q100. Pour cette crue, la quasi-totalité du linéaire est en surverse.

La hiérarchisation suivante a été obtenue en fonction de l'évaluation des différent facteur de risque :

Tronçon	PK Début (m)	PK Fin (m)	L (m)	Surverse Q100	Surverse Q30	Erosion externe	Erosion interne Q30	Rupture d'ensemble		Global Q30
								amont décrue	aval Q30	
T1	0	145	145.00	0.21	0.04	0.00	0.00	0.05	0.04	0.03
T2	145	230	85.00	1.98	0.08	0.00	0.02	0.01	0.04	0.06
T3	230	315	85.00	1.58	0.07	0.00	0.03	0.02	0.04	0.06
T4	315	370	55.00	2.75	0.09	0.00	0.08	0.01	0.05	0.08
T5	370	435	65.00	1.27	0.04	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03
T6	435	510	75.00	1.45	0.05	0.00	0.03	0.02	0.04	0.04
T7	510	570	60.00	3.99	0.12	0.00	0.09	0.02	0.07	0.10
T8	570	630	60.00	1.69	0.05	0.00	0.03	0.05	0.02	0.04
T9	630	700	70.00	1.51	0.05	0.00	0.03	0.02	0.03	0.04
T10	700	780	80.00	2.79	0.08	0.00	0.04	0.02	0.06	0.07
T11	780	870	90.00	1.72	0.05	0.00	0.02	0.01	0.03	0.04
T12	870	990	120.00	0.38	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00
T13	990	1080	90.00	29.76	0.09	0.01	0.13	0.08	0.08	0.09
T14	1080	1180	100.00	0.52	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.00
T15	1180	1320	140.00	0.52	0.02	0.00	0.01	0.04	0.02	0.01
T16	1320	1430	110.00	0.81	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.00
T17	1430	1530	100.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
T18	1530	1650	120.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.16	0.02	0.00
T19	1650	1722	72.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00

Tableau 7 : Hiérarchisation des tronçons de digue en fonction des aléas de rupture

Le lecteur est invité à se rapporter au rapport de diagnostic initial de sureté où la méthodologie et les résultats suivant sont explicités en détail.

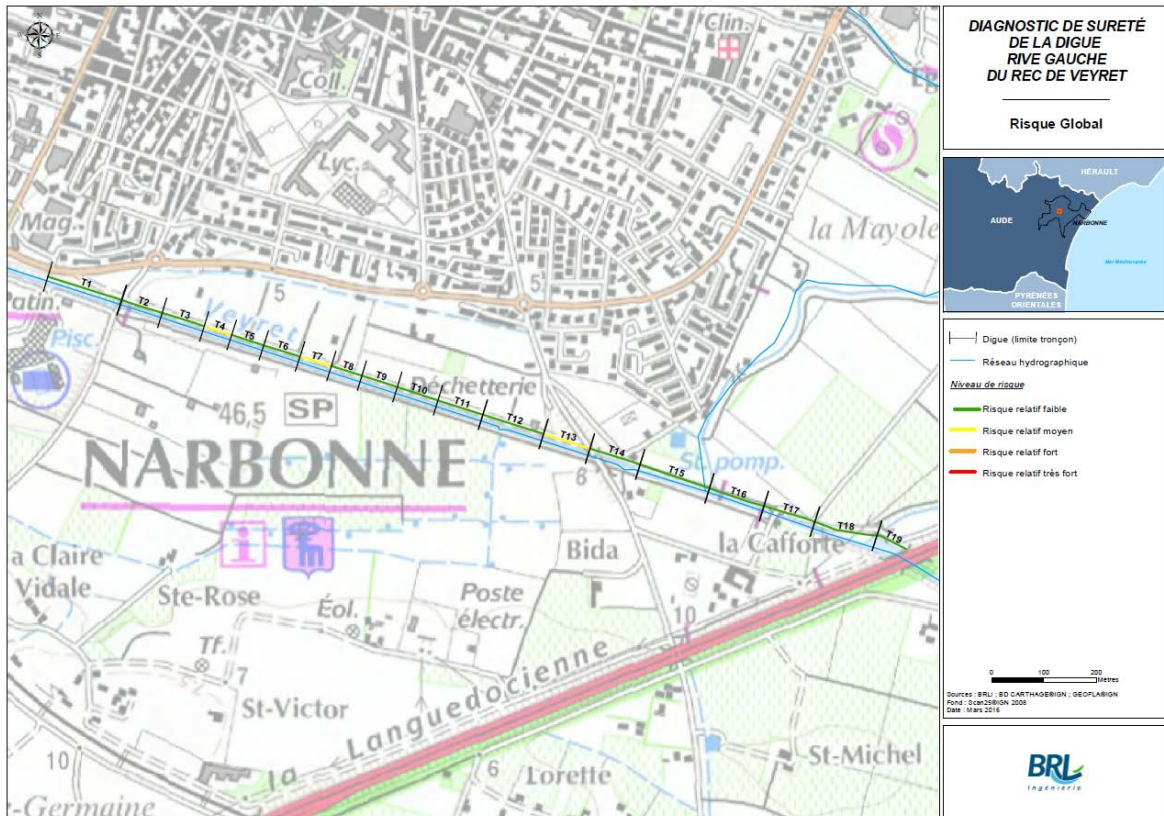


Figure 64 : Niveau de risque des tronçons de digue, tous mécanismes confondus

8.1.2.2 Outil mis en œuvre pour l'estimation de la probabilité de rupture de la digue

L'estimation du potentiel de rupture du système d'endiguement consiste à évaluer les probabilités des scénarios de défaillance, tels qu'envisagés au paragraphe précédent, pour les tronçons faisant l'objet d'un scénario de brèche.

Cette estimation a donc été conduite sur les tronçons T2, T11 et T16 qui font l'objet de scénario de brèche dont le choix est argumenté au chapitre 8.3.1.

Ce diagnostic de fiabilité est réalisé en utilisant, au droit des 3 profils en travers type retenus, le modèle de l'aléa de rupture (CARDigue) développé par le LRPC de Blois, la DREAL Centre et IRSTEA dont un descriptif détaillé (hypothèses, limites, etc.) est disponible en annexes 5 et 6.

Le modèle CARDigue exploite l'ensemble des données disponibles à chaque tronçon étudié :

- les données topographiques et géométriques (profil en long, pente des talus, largeur en pied de digue, etc.) ;
- le profil géotechnique type et ses différents composants
- les données hydrauliques (lignes d'eau en III pour différentes occurrences de crue) ;
- le recensement des anomalies (végétation, canalisations, bâtiments encastrés, terriers d'animaux, etc.) ;
- les données géotechniques (de la digue et de sa fondation) ;

- les données relatives à la gestion de la digue en période de crue (capacité à identifier un mécanisme de détérioration en cours et à mettre en œuvre des mesures d'urgence adaptées).

Ces données quantitatives sont complétées par la prise en compte des éléments relatifs :

- à la morphodynamique du lit du Rec de Veyret ;
- aux brèches historiques ;
- aux autres actions externes et facteurs aggravants.

Le modèle d'aléa de rupture fournit en sortie les probabilités de brèche de chacun des profils étudiés, et ce :

- pour chaque mode de rupture et pour chaque crue ;
- pour un mode de rupture et pour l'ensemble des crues considérées ;
- pour une crue et pour tous les modes considérés.

Il permet également de combiner les probabilités pour obtenir la probabilité de rupture pour un ou plusieurs modes jusqu'à la crue déterminant le niveau de protection apparent du système d'endiguement (ici au-delà de Q10).

Compte tenu des modes de calcul et des expertises, le modèle présente une certaine marge d'erreur (les différentes limites inhérentes au modèle de rupture CARDigue sont rappelées en annexes 5 et 6). De fait, il est nécessaire de prendre les résultats disponibles avec prudence, les valeurs de probabilités devant avant tout être appréciées de manière relative.

Dans le cas du système d'endiguement de du Rec de Veyret RG, le calcul de la fiabilité de l'ouvrage est mené pour différentes crues ayant les probabilités 1/2, 1/5 et 1/10 de dépassement par an, dont le débit de pointe et l'hydrogramme sont tels que définis au § 6.1. Cet ensemble de crues théoriques a été choisi de sorte à couvrir une gamme de débits relativement large, depuis les premières actions sur les pieds de digues jusqu'au-delà du niveau de protection apparent.

Les résultats fournis par le modèle CARDigue pour les 3 tronçons étudiés sont présentés en annexe 4.

8.1.3 Méthodologie employée pour l'estimation du risque d'inondation par défaillance du système d'endiguement

Cette seconde partie de l'analyse de risque se déroule en plusieurs étapes successives :

1. identification et choix de scénarios d'inondation caractérisés en termes de probabilité d'occurrence ;
2. caractérisation des scénarios d'inondation en termes d'intensité et de cinétique des écoulements dans la zone protégée ;
3. estimation de la vulnérabilité des enjeux et de la gravité des scénarios d'inondation ;
4. évaluation de la criticité des scénarios d'inondation.

8.1.3.1 Identification et choix des scénarios d'inondation caractérisés en termes de probabilité d'occurrence

Un système d'endiguement est conçu pour avoir un certain mode de fonctionnement hydraulique garantissant la réalisation de l'objectif de protection recherché. L'analyse fonctionnelle (chapitre 3) a permis d'identifier les éléments qui composent l'aménagement hydraulique et de caractériser leurs fonctions au sein du système. Ces connaissances permettent alors de déterminer de quelle manière le système d'endiguement peut être amené à ne plus remplir sa fonction. On comprend ainsi comment le système de digues est supposé fonctionner, permettant de vérifier si cela est toujours possible, d'où une caractérisation des dysfonctionnements hydrauliques éventuels (par exemple, la modification relative des niveaux de crête des différents tronçons de digue du système).

Les conditions d'inondation de la zone protégée résultent de différents phénomènes provoquant l'entrée ou la rétention d'eau dans le val. Elles peuvent être le résultat du fonctionnement hydraulique normal du système de digues au-delà d'un certain niveau de crue (déversement dans le val sans rupture, remontée d'eau par remous à l'aval de l'endiguement) ou la conséquence de la défaillance d'une fonction hydraulique d'un certain sous-système de digue.

Pour mémoire (cf. chapitre 5), les principaux potentiels de dangers du système d'endiguement sont :

- les surverses sans ruptures de digue ;
- les brèches sans ou après surverse (entrées d'eau brutales et importantes).

A partir des résultats de l'analyse fonctionnelle et de l'analyse de la défaillance du système de digues, une multitude de scénarios d'inondation peuvent être envisagés, se différenciant tant par leurs causes et leur localisation, que par leur intensité et leur cinétique. Pour cette raison, l'étude de dangers n'a pris en considération qu'un nombre limité de scénarios (les plus représentatifs de la diversité des situations à étudier) permettant d'apprécier l'ensemble des inondations possibles dans la zone protégée.

Les scénarios d'inondation retenus regroupent les cas les plus pénalisants en termes de gravité des conséquences, les cas les plus probables ou encore les situations permettant d'évaluer la variabilité de l'intensité de l'inondation dans la zone protégée.

Dans le cadre de l'étude de dangers du système d'endiguement du Rec de Veyret, la détermination et le choix des scénarios d'inondation à étudier a reposé sur l'expertise :

- des résultats de l'analyse fonctionnelle hydraulique du système d'endiguement ;
- des résultats du diagnostic de terrain des digues ;
- de la localisation des enjeux ;

- de la connaissance des écoulements des eaux d'inondation dans la zone protégée (mis en évidence par les premiers résultats de la modélisation hydraulique) ;
- du résultat de la modélisation de l'aléa de rupture.

Deux valeurs de probabilités de rupture de digue sont utilisées dans la suite du document :

- les probabilités événementielles, décrivant la probabilité de rupture au cours d'une crue (événement) d'intensité (et donc d'occurrence) donnée ; ces probabilités événementielles permettent de déterminer les niveaux de sûreté du système de protection contre les inondations ;
- les probabilités annuelles, qui permettent, à partir des probabilité événementielles et des occurrences de crue qui s'y rattachent, de qualifier la probabilité annuelle de réalisation d'un scénario de rupture ; ces probabilités annuelles sont utilisées dans l'analyse de criticité des scénarios d'inondation.

Probabilité événementielle :

Lorsqu'on évoque la probabilité de rupture pour un événement donné (i.e. une crue avec sa probabilité propre), les niveaux de probabilité sont classés selon la grille suivante :

Probabilité	probabilité événementielle en %
quasi certaine	supérieure à 85%
très forte	entre 50% et 85%
forte	entre 15% et 50%
moyenne	entre 1% et 15%
négligeable	<1%
quasi nulle	proche de 0%

Tableau 8 : Qualification des probabilités événementielles utilisées pour caractériser la probabilité de défaillance pour un événement de crue donné

On fixe le niveau de sûreté de la digue comme le niveau pour lequel la probabilité de rupture ne peut plus être considérée comme négligeable. Ce seuil entre probabilité négligeable et probabilité moyenne est fixé à 1%.

Probabilité annuelle :

La probabilité annuelle correspond en toute rigueur à l'intégrale des probabilités événementielles dans l'espace de probabilité des événements. En pratique, l'espace de probabilité des événements est discrétisé en un nombre limité de crues. La probabilité annuelle est ainsi approchée en sommant l'ensemble des produits probabilité événementielle x intervalle de probabilité rattaché à chaque événement :

$$P_{annuelle} = \int_0^1 P_{\text{événementielle}}(P_{\text{non dépassement}}) dP_{\text{non dépassement}}$$

$$P_{annuelle} \approx \sum_{i=1}^n P_{\text{événementielle}}(Q_i) \times \Delta P(Q_i)$$

Avec n = nombre de crues discrétisant l'espace des événements et $\Delta P(Q_i)$ = intervalle de probabilité rattaché à l'événement de débit de pointe Q_i .

Le graphique suivant illustre l'exemple d'un tel calcul sur cas d'une digue ayant une probabilité événementielle de rupture nulle pour les crues inférieures à Q20, de 1% pour Q20, 10% pour Q50, de 20% pour Q70, 50% pour Q100, 80% pour Q170 et 100% au-delà de Q200.

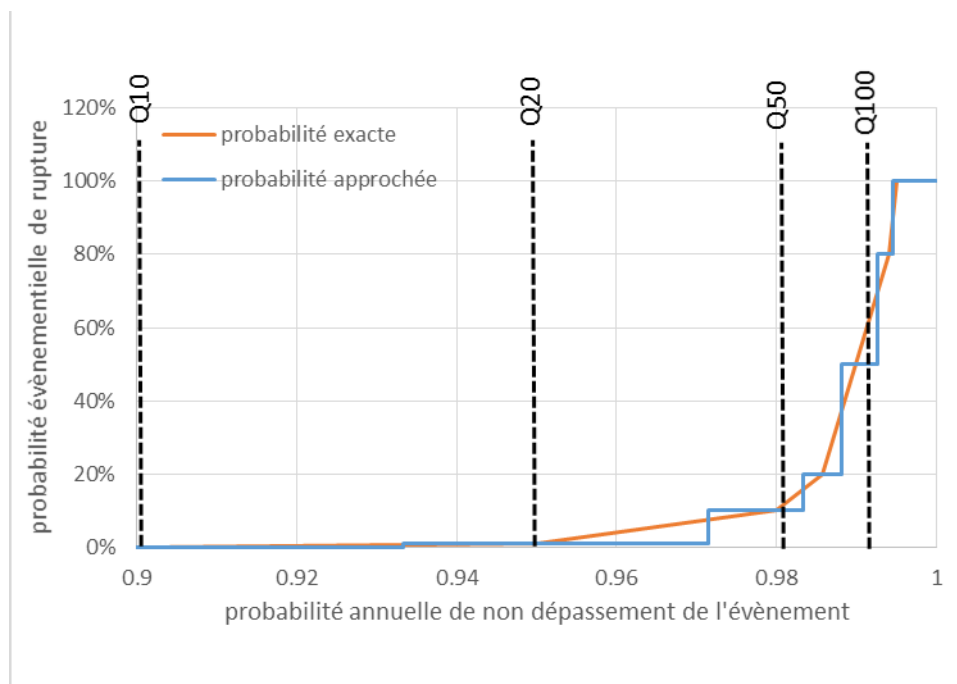


Figure 65 : Exemple de discrétisation de l'espace des évènements et du calcul de la probabilité annuelle d'un scénario de brèche

Qualification de la probabilité de rupture annuelle	Probabilité par année	
	en %	temps de retour
très probable	> 10%	<10 ans
probable	Entre 1% et 10%	10 - 100 ans
moyennement probable	entre 0,5% et 1%	100 - 200 ans
peu probable	entre 0,2% et 0,5%	200 - 500 ans
très peu probable	entre 0,1% et 0,2%	500 - 1 000 ans
improbable	entre 0,01% et 0,1%	1 000 - 10 000 ans
très improbable	< 0,01%	> 10 000 ans

Tableau 9 : Qualification des probabilités annuelles utilisées pour caractériser les scénarios de défaillance

Probabilité d'un scénario d'inondation

La probabilité d'un scénario d'inondation est égale au produit de la probabilité événementielle de défaillance pour la crue déclenchant la rupture de l'ouvrage par la probabilité du scénario hydrologique simulé.

Des informations complémentaires sur le calcul des probabilités sont également fournies dans les annexes C et D.

À noter que dans le cas d'un scénario proche d'un pont susceptible de poser problème en cas d'embâcles (cf. chapitre 3.1.3.3), une majoration de 50% de sa probabilité d'inondation sera appliquée.

8.1.3.2 Choix des paramètres des scénarios de brèches

DIMENSIONS DES BRECHES

Une largeur de brèche de 30 m a été retenue par défaut pour tous les scénarios. Compte tenu de l'absence de données historiques sur le secteur, la valeur a été déterminée « à dire d'expert » en fonction des conditions hydrodynamiques locales, de la géométrie de la digue et des niveaux de charge hydraulique au moment de la rupture. Il s'agit d'une valeur sécuritaire.

La hauteur de brèche a quant à elle été systématiquement prise égale à la hauteur locale de la digue (hypothèse de rupture totale jusqu'au TN).

VITESSE DE FORMATION DES BRECHES

La vitesse de formation des brèches intervient directement dans la cinétique du phénomène d'inondation. Cette vitesse a été estimée « à dire d'expert » à partir des retours d'expérience disponibles, du niveau de charge hydraulique et de la courantologie locale dans le lit endigué. Il a été retenu une ouverture totale en 1 heure pour l'ensemble de scénarii.

HYDROLOGIE SIMULEE

Le choix de la crue simulée impacte directement sur l'intensité de l'inondation résultant de l'ouverture de la brèche mais également sur la probabilité du scénario de défaillance correspondant.

Ce choix a été effectué selon l'un des trois principes suivants :

- Maximisation de la gravité du scénario : dans ce cas (le plus fréquent), la crue simulée correspond à celle la plus proche du niveau de protection apparent
- Maximisation de la probabilité du scénario : cela a été parfois le cas lorsqu'une importante probabilité de rupture prématurée de la digue a été identifiée et qu'il était pertinent d'analyser la gravité du scénario d'inondation résultant
- Maximisation de la criticité du scénario, en estimant a priori la crue conduisant à la combinaison probabilité / gravité la plus pénalisante

8.1.3.3 Caractérisation des scénarios d'inondation en termes d'intensité et de cinétique des écoulements dans le val

L'aléa et la vulnérabilité des enjeux sont les deux composantes du risque. Un aléa est défini à la fois par sa probabilité de réalisation et par l'intensité des phénomènes dangereux qui lui sont associés. Ainsi, la caractérisation de l'aléa d'un scénario d'inondation de probabilité connue correspond à l'estimation zonale de la cinétique et de l'intensité des phénomènes dangereux qui accompagnent cette inondation. Dans le cas d'une étude de dangers de digues, ce travail doit être réalisé pour chacun des scénarios d'inondation considérés.

8.1.3.3.1 Outils mis en œuvre

La modélisation hydraulique du lit mineur et de la zone d'expansion des crues du Rec de Veyret ont été mises en œuvre avec le logiciel de modélisation bidimensionnelle TELEMAC 2D développé par EDF.

Le logiciel TELEMAC 2D est utilisé pour simuler des écoulements à surface libre dans les deux dimensions horizontales de l'espace en régime fluvial ou torrentiel. Il résout les équations de Barré de Saint Venant en suivant la méthode des éléments finis. Le programme calcule la hauteur d'eau et les deux composantes de la vitesse en chaque point du maillage.

Ce logiciel trouve une application dans de nombreux domaines. Il est particulièrement adapté au régime transitoire en prenant en compte les effets non linéaires, notamment la modélisation de propagation d'onde suite à une rupture de barrage ou de digue.

Nota : les cartes reproduites dans ce paragraphe sont consultables dans leur format originale au Chapitre 10 de l'EDD.

DESCRIPTION DU MODELE

Le modèle mis en œuvre dans le cadre de la présente étude couvre un linéaire allant de l'aval du pont SNCF jusqu'à la proximité du lieu-dit de Lunes dans la plaine.

Le modèle intègre le lit mineur du Rec de Veyret sur un linéaire de 3,9 km, le lit mineur du canal de la Robine sur un linéaire de 2,4 km, ainsi que la zone d'expansion des crues et les secteurs protégés par les systèmes d'endiguements. L'emprise du modèle est prise de façon à ce que l'ensemble de la zone inondable soit couverte pour toutes les occurrences de crue et pour tous les scénarios de rupture de digue. La frontière du modèle est rejetée loin à l'aval pour éviter d'influencer les lignes d'eau sur le tronçon étudié. La superficie du modèle est de 7,9 km².

Le modèle est structuré de telle manière à prendre en compte les singularités topographiques tels que les remblais en lit majeur, les routes et les axes de drainage principaux. Pour les digues objet de l'étude et les remblais majeurs, un ensemble de 4 lignes de structure est systématiquement utilisé pour traduire au mieux la géométrie (cf. figure ci-après).

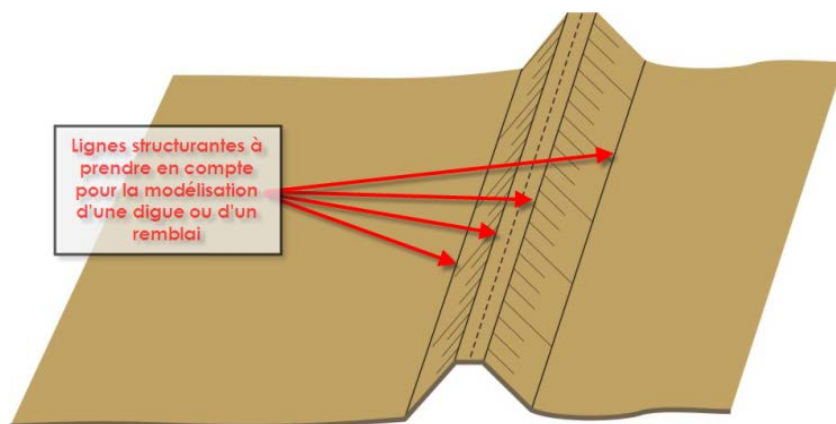


Figure 66 : Méthode de structuration des digues et remblais du modèle hydraulique

L'ensemble des bâtiments sont intégrés à la structure du maillage afin de bien reproduire les écoulements, en particulier dans les zones urbaines denses. La figure suivante présente l'emprise et la structure globale du modèle.

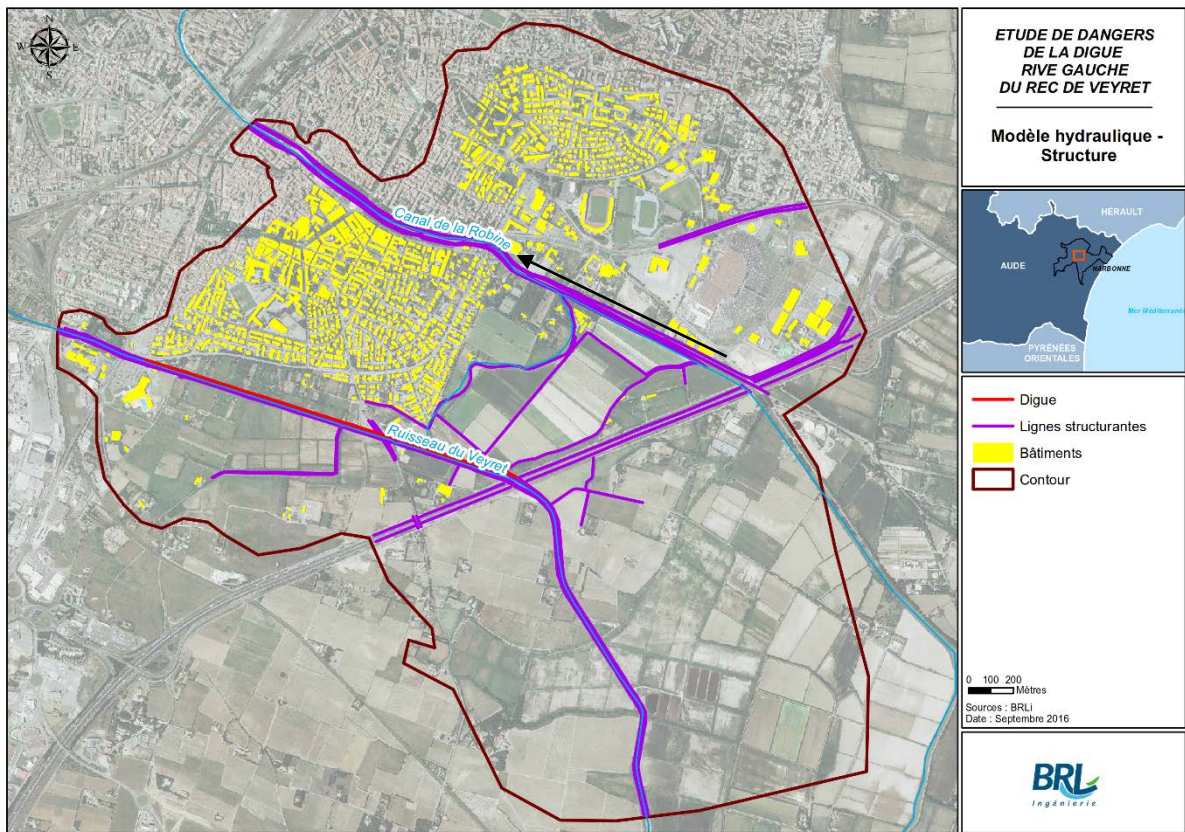


Figure 67 : Structure globale du modèle

MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN

Le modèle numérique de terrain est construit à partir d'un levé LiDAR issu de la base de donnée RGE ALTI V2 de l'IGN. La source principale du RGE ALTI V2 est le litto3D. Des corrections ont été apportées au Lidar brut sur les points suivants :

- Sur le linéaire de digues, des corrections manuelles sont apportées tout le long en confrontant la cote donnée par le LiDAR aux mesures réalisées lors des campagnes de terrain du diagnostic. Les nombreux points levés (GPS différentiel) lors de ces campagnes permettent de réajuster la cote de la digue sur certains secteurs.
- Au niveau du lit mineur, le fond est réajusté en supprimant les zones bruitées et en le recalant sur le profil en long utilisé dans l'étude BG de 2009. En outre, les culées des ponts ont été intégrées au sein du MNT afin de modéliser la restriction de section correspondante.
- Au droit des remblais, les ouvrages de franchissements majeurs sont intégrés au modèle par l'intermédiaire d'échancrures dans le MNT.

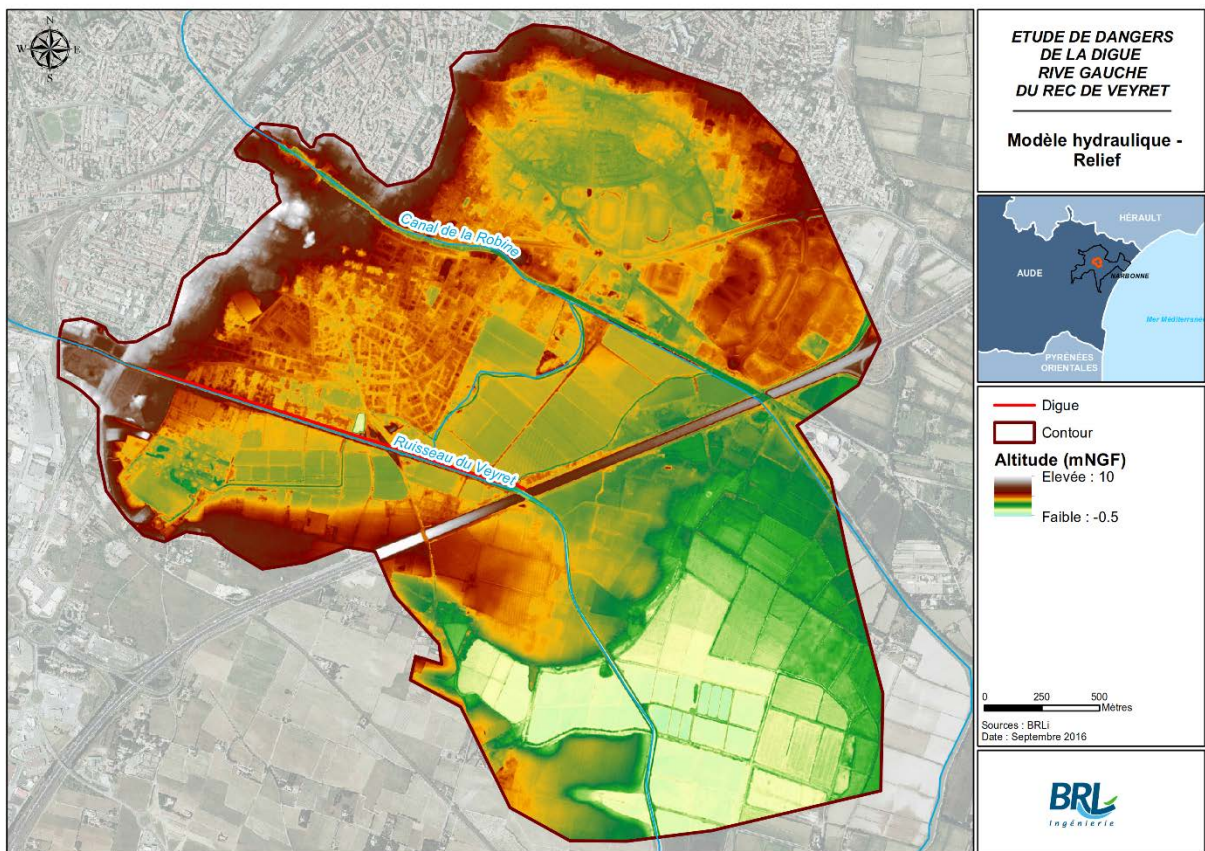


Figure 68 : Modèle numérique de terrain utilisé dans la construction du modèle hydraulique

CONSTRUCTION DU MAILLAGE

TELEMAC utilise un maillage triangulaire irrégulier qui lui permet de s'adapter aux éléments structurants. En outre, il permet de régler la taille des mailles selon l'importance de chaque zone dans les écoulements et les objectifs recherchés par la modélisation. Ainsi, la taille de maille est plus faible au droit des remblais, des ouvrages, des zones urbaines et des axes de drainage. Les digues concernées par l'étude de dangers sont décrites de manière fine avec un critère de maille (taille maximale) fixé à 4 m.

Les caractéristiques du maillage sont les suivantes :

- Nombre de mailles : 178 044
- Nombre de nœuds : 101 005
- Taille de la maille la plus petite : 1 m
- Taille de la maille la plus grande : 35 m

La figure suivante illustre le maillage du modèle.

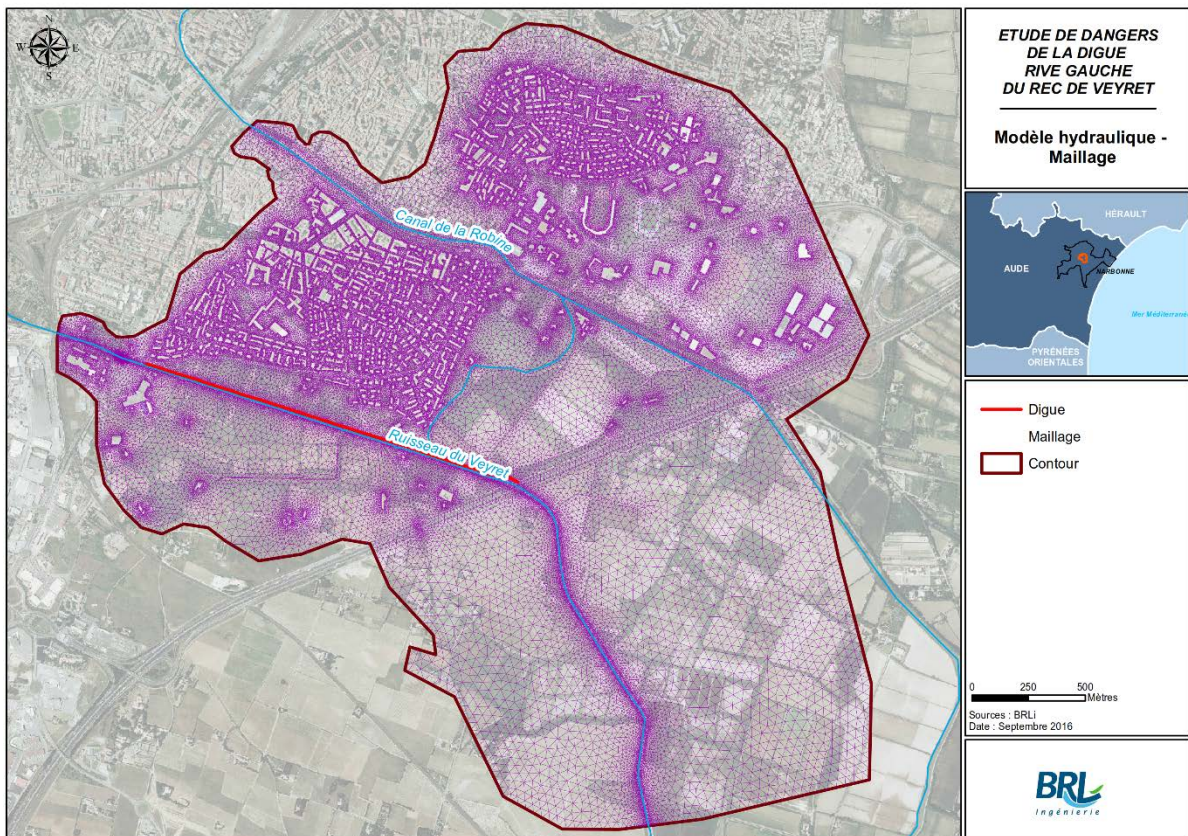


Figure 69 : Aperçu du maillage du modèle hydraulique

Le lit mineur et la zone urbaine sont maillés de manière plus fine pour représenter au mieux les écoulements. La figure ci-après présente un extrait du maillage au droit de la digue.

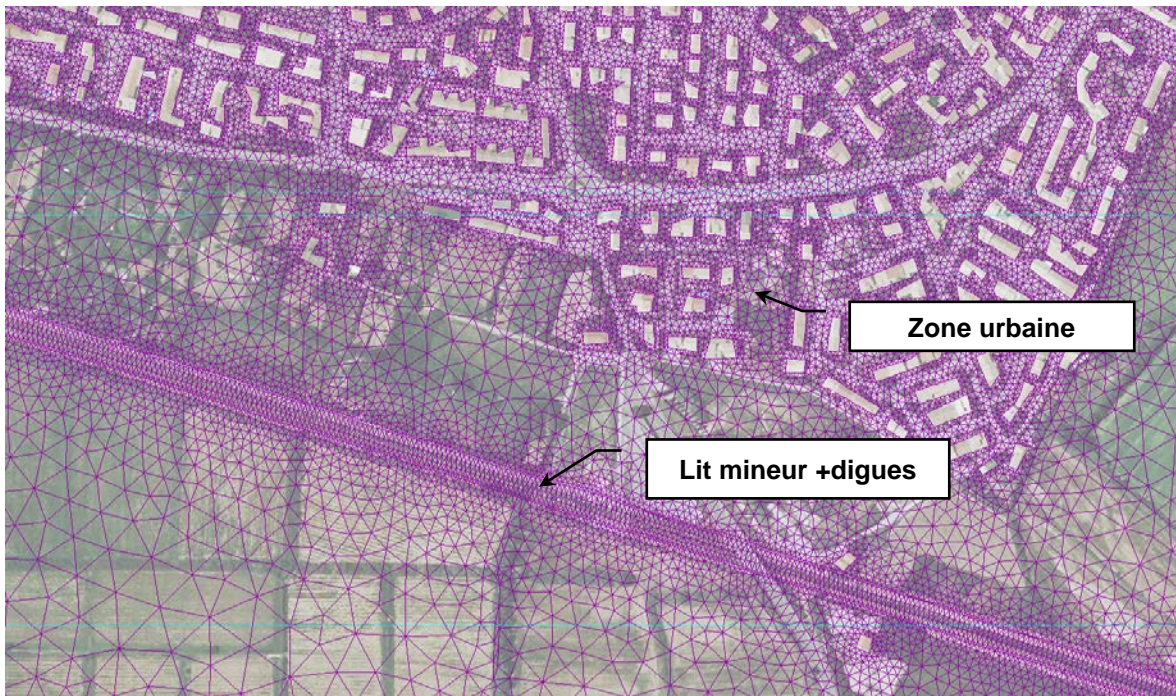


Figure 70 : Détail du maillage au niveau du lit mineur

COEFFICIENT DE FROTTEMENT

Les coefficients de frottement ne sont pas calés par rapport à des évènements historiques. Aucun laisse de crue résultant d'une rupture de digue n'est disponible dans les zones protégées. En ce qui concerne le lit mineur, un calage est fait sur les modèles hydraulique existants : le modèle HEC RAS du PPRi et le modèle Flo-1D/2D réalisé par le bureau d'études BG en 2007. Le coefficient de frottement retenu pour le lit mineur correspond à un Strickler de 45.

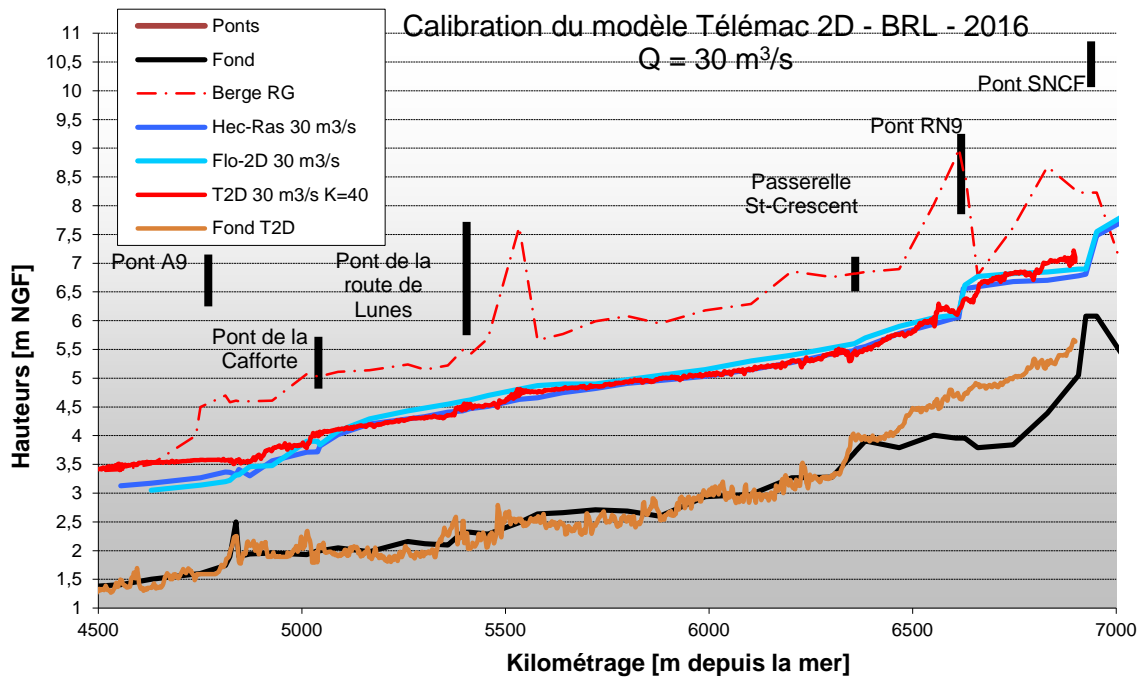


Figure 71 : Calage du modèle hydraulique - profil en long du lit mineur pour Q=30 m3/s

Les bâtiments sont extrudés du maillage. La rugosité des routes et des zones imperméables est fixée à $K=50$. Pour le reste de la zone qui se caractérise globalement par une végétation rase, le Strickler est choisi égal à 20. La localisation des différentes zones correspondantes est fournie par la carte ci-après.

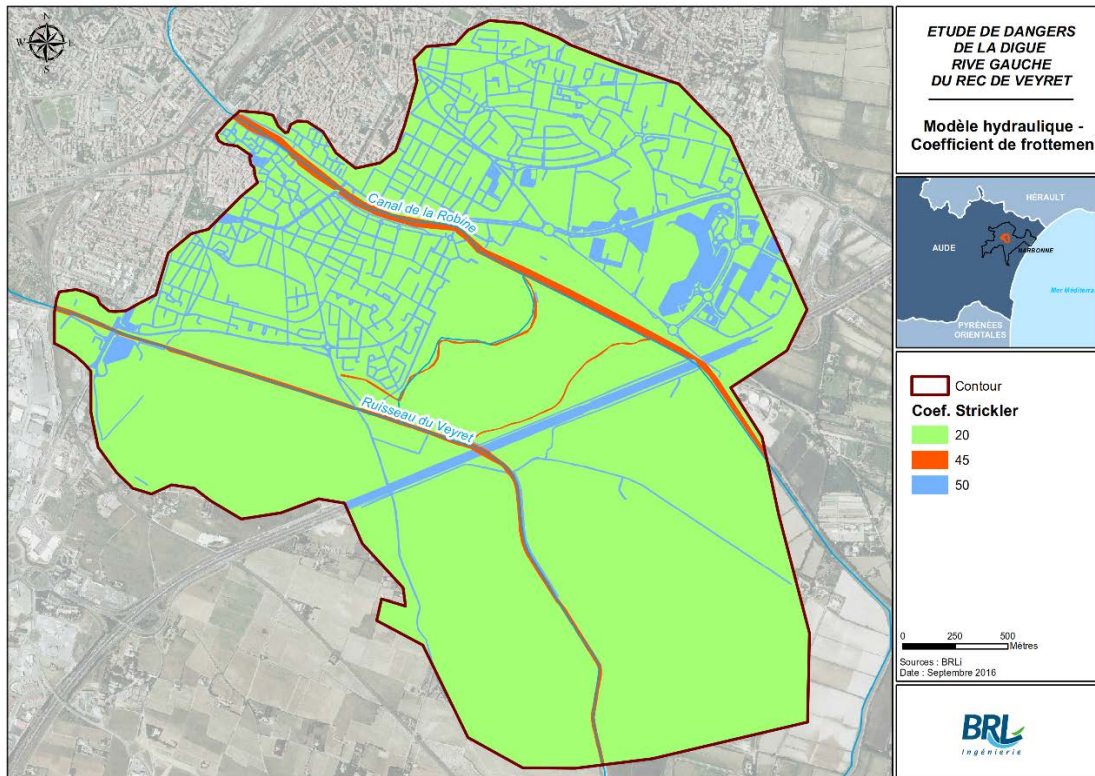


Figure 72 : Coefficients de frottement utilisés dans le modèle hydraulique

CONDITIONS AUX LIMITES

Les conditions aux limites se composent d' :

1. Une injection dans le Rec de Veyret (cf. hydrogrammes au chapitre 6). Aucun débit n'est injecté dans le canal de la Robine ;
2. Une condition de hauteur normale à l'aval.

SIMULATION DE BRECHES

- ▶ Les simulations de brèches pour les différents scénarios retenus ont été réalisées à l'aide d'un module spécifique de TELEMAC 2D permettant de simuler la formation d'une brèche par modification de la topographie locale à partir d'un instant t de déclenchement de la brèche, avec des hypothèses de largeur d'ouverture et de durée de formation renseignées par l'utilisateur.
- ▶ La modélisation 2D mise en œuvre dans le cadre de la présente étude intègre aussi bien le lit mineur endigué (ou non) que les zones protégées en arrières des digues. Aussi, il n'est pas nécessaire de faire d'hypothèse particulière quant à l'hydrogramme de brèche résultant, dans la mesure où les influences hydrauliques mutuelles (abaissement des niveaux d'eau dans le lit mineur et montée du niveau d'eau dans la zone protégée) sont automatiquement prises en compte par le modèle.

8.1.3.3 Critères d'aléa retenus

La modélisation 2D permet de définir une grille d'aléa croisant hauteur d'eau et vitesse d'écoulement. La grille d'aléa retenue dans le cadre de la présente étude est issue du guide de lecture des études de dangers des barrages et figurée ci-après.

Hauteur d'eau	Supérieure à 1 m	3. Fort		
	Entre 50 cm et 1 m			
	Entre 0 et 50 cm	1. Faible	Entre 0,2 et 0,5 m/s	Supérieure à 0,5 m/s
		Vitesse d'écoulement		

Tableau 10 : Grille de qualification de l'aléa en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses de propagation

Dans le cas présent, cet aléa a été évalué de manière synchrone, le croisement hauteur x vitesse étant réalisé à chaque pas de temps, ce qui permet d'éviter les biais liés à un croisement asynchrone hauteur max x vitesse max.

Les résultats obtenus ont été cartographiés sous la forme de couches SIG destinées à estimer le risque associé à chacun des scénarios d'inondation par croisement avec la vulnérabilité des enjeux présents dans la zone protégée.

8.1.3.4 Estimation de la vulnérabilité des enjeux et de la gravité des scénarios d'inondation : critères de gravité retenus

Par définition, la vulnérabilité d'un enjeu donné correspond au niveau de conséquences prévisibles en fonction de l'aléa. Ainsi, la vulnérabilité d'une zone protégée par un système d'endiguement traduit la nature et l'importance des dommages auxquels les enjeux qui composent ce territoire se voient potentiellement exposés pour les différentes intensités d'événements d'inondation susceptibles de se réaliser. Ces dommages sont de nature variée et la plupart du temps difficilement comparables.

Dans le cadre de l'étude de dangers du système de protection de Rec de Veyret rive gauche, il a été décidé d'apprécier la gravité des scénarios étudiés à travers la vulnérabilité de la population présente dans la zone protégée (vies humaines).

L'estimation de la gravité d'un scénario repose ainsi sur le dénombrement de cette population dans chacune des 3 classes d'aléa précédemment définies. Ce dénombrement est réalisé par croisement sous SIG des données de population affectée à chaque bâtiment (issues de l'étude d'enjeux présentée au chapitre 3) avec les données d'aléa de chaque scénario.

Un indicateur synthétique de « population en danger » est ensuite calculé selon la grille ci-après. Cet indicateur est plus pertinent que le seul nombre total de personnes situées dans la zone inondée puisqu'il intègre une pondération d'autant plus importante que le niveau d'aléa est fort.

Aléa d'inondation	% de la population en danger dans la classe d'aléa considérée
3. Fort	100%
2. Moyen	50%
1. Faible	0%

Tableau 11 : Table de correspondance entre aléa et vulnérabilité de la population en danger

Même si les ratios déterminant la vulnérabilité de la population donnent des résultats cohérents avec la dangerosité réelle des phénomènes et les capacités de mise en sécurité de la population, ils n'ont pas pour objectif de refléter fidèlement la réalité de dangerosité. Ils permettent avant tout la comparaison et le classement des différents scénarios d'inondation retenus dans le cadre de l'étude de dangers.

Le nombre de personnes en danger détermine ainsi la gravité d'un scénario selon la grille ci-après.

Gravité du scénario d'inondation	Nombre de personnes en danger en moins de 60 minutes	Nombre de personnes en danger sur la durée totale du scénario
5. Désastreux	Supérieur à 1 000	Supérieur à 10 000
4. Catastrophique	Entre 100 et 1 000	Entre 1 000 et 10 000
3. Important	Entre 10 et 100	Entre 100 et 1 000
2. Sérieux	Inférieur à 10 personnes	Entre 10 et 100
1. Modéré		Inférieur à 10 personnes

Tableau 12 : Classes de gravité des scénarios d'inondation

Les enjeux stratégiques et sensibles ont également été repérés (cf. §3.2.6). Leur localisation dans une des classes d'intensité d'aléa d'inondation a permis de pondérer la gravité des conséquences humaines du scénario considéré et éventuellement de surclasser le scénario.

8.1.3.5 Evaluation de la criticité des scénarios d'inondation

L'évaluation de la criticité des scénarios d'inondation repose sur l'utilisation d'une grille de criticité croisant la probabilité de réalisation du scénario et la gravité des conséquences du scénario. Elle a pour vocation de hiérarchiser les scénarios et de mettre en évidence les situations les plus préoccupantes en termes d'acceptabilité du risque.

Les données d'entrée de la grille de criticité sont :

- la probabilité de réalisation du scénario d'inondation ;
- la gravité des conséquences de ce scénario.

Les classes d'acceptabilité sont :

- risque acceptable ;
- risque préoccupant ;
- risque intolérable.

		Probabilité du scénario						
		0.01%	0.1%	0.2%	0.5%	1%	10%	
		très improbable	improbable	très peu probable	peu probable	moyennement probable	probable	très probable
Gravité du scénario d'inondation	5. désastreux	risque acceptable			risque intolérable			
	4. catastrophique	risque acceptable			risque intolérable			
	3. important	risque acceptable			risque préoccupant		risque intolérable	
	2. sérieux	risque acceptable			risque intolérable			
	1. modéré	risque acceptable			risque intolérable			

Tableau 13 : Grille de criticité des scénarios d'inondation

8.2 ESTIMATION DE LA DEFAILLANCE DU SYSTEME DE PROTECTION

Les probabilités de rupture ont été calculées à l'aide de CARDigue pour chaque crue modélisée, pour chaque scénario de défaillance et pour chacun des 3 profils en travers du système de protection faisant l'objet d'une simulation de brèche.

8.2.1 Mode ou circonstances de défaillance

Les résultats de chaque profil en travers ayant fait l'objet d'une analyse par le modèle d'aléas de rupture sont synthétisés dans une fiche spécifique (cf. annexe 4).

8.2.1.1 Rupture par surverse

La surverse intervient lorsque le niveau des eaux dépasse le niveau du sommet de la digue. L'eau qui passe alors par-dessus coule dans le val et, en se déversant, érode le talus en entraînant les matériaux constitutifs de la digue. L'érosion s'accélère rapidement avec l'augmentation de la pente du talus érodé et se développe de façon régressive jusqu'à aboutir à une rupture totale de la digue. L'initiation de ce phénomène est freiné par la qualité de l'enherbement du talus et par sa faible pente. Elle est en revanche facilitée par la concentration ou la perturbation des écoulements sur le talus.

La comparaison des lignes d'eau pour les différentes crues et du profil en long de la crête des digues permet d'identifier les zones de surverses.

Comme décrit dans les notes de principe et d'application jointes en annexes 5 et 6, dans le modèle d'estimation de l'aléa de rupture (modèle CARDigue), la probabilité d'apparition de la surverse est influencée par différents paramètres dont la présence d'une rehausse côté rive (considérée fusible, comme c'est le cas pour les banquettes en terre simple, ou non) Elle intègre également une incertitude sur les lignes d'eau et la topographie de la digue (probabilité non nulle si la revanche est inférieure à 50 cm). Aussi, une probabilité de rupture par surverse peut ne pas être nulle alors même que le niveau de protection apparent n'est pas atteint. Il est rappelé que le système de protection du Rec de Veyret ne comporte pas de rehausse de type banquette.

La **digue du Rec de Veyret (rive gauche)** fait apparaître des revanches (différence entre le niveau d'eau dans le lit endigué du Rec de Veyret et la cote de la crête de digue) vis-à-vis de la surverse inférieures à 50 cm pour la crue Q2 et des premières surverses pour la crue Q5.

Le tableau suivant présente pour l'ensemble des profils en travers élémentaires les revanches ou surverses existant pour chacune des occurrences de crues considérées. Les codes couleurs sont les suivants :

- Pour des revanches supérieures à 50cm, la hauteur est sur fond blanc ;
- Entre -0,5 m et 0 m, la hauteur de revanche est sur fond orange foncé ;
- Entre 0 et +0,2 m, la hauteur de surverse est sur fond orange clair ;
- Pour des hauteurs de surverse supérieures à 20 cm (rupture très probable), le fond est rouge.

Profil	Abscisse sur le tronçon	Calculs des hauteurs de surverse Hs (=ZQ _T - Z4)		
		Q2	Q5	Q10
1	B1_B2_T2	-1.02	-0.12	-0.02
2	B3_T11	-0.70	-0.10	-0.10
3	B4_T16	-0.65	-0.20	-0.10

Tableau 14 : Hauteur de surverse (+) ou de revanche (-) au droit de la digue (m)

Probabilité de rupture :

Le risque de rupture par surverse est probable sur les tronçons faisant l'objet d'une simulation de brèche.

Identification du Profil		Surverse			Surverse
N° du Profil utilisé	PK Digue (m/ OrigineVal)	Aléas de rupture : P _{AT} x Pr _{AT}			Aléa Annuel
		Q2	Q5	Q10	Σ
1	B1_B2_T2	0.0%	8.3%	9.4%	2.92%
2	B3_T11	0.0%	10.4%	10.4%	3.47%
3	B4_T16	0.0%	4.0%	6.4%	1.68%

Tableau 15 : Probabilité de rupture des profils en travers soumis à la surverse

8.2.1.2 Rupture par érosion interne

L'érosion interne est un phénomène lié à la qualité des matériaux constitutifs de la digue. Elle se produit lorsque deux conditions sont réunies :

- quand l'eau est capable de traverser la digue lorsque celle-ci est en charge ;
- quand les matériaux constitutifs de l'ouvrage sont entraînés par l'eau circulant dans la digue vers l'extérieur. Les particules les plus fines sont capables de traverser le squelette constitué par les éléments les plus gros, puis des éléments de plus en plus gros sont mobilisés et entraînés à l'extérieur de la digue. Le phénomène s'accélère avec la perméabilité du matériau qui augmente avec le départ des éléments les plus fins, pouvant ainsi engendrer une brèche.

L'érosion interne peut prendre plusieurs formes, de l'érosion généralisée, ou suffusion, à l'érosion localisée (de contact, de conduit ou régressive). L'érosion généralisée se produit lorsque la digue est saturée d'eau et lorsque les matériaux sont sensibles à l'érosion interne. L'érosion localisée se produit à partir d'une irrégularité dans la perméabilité du corps de la digue. Ce phénomène est couramment appelé renard hydraulique. Il est souvent lié à des facteurs externes tels que :

- les terriers d'animaux fouisseurs ;
- les racines d'arbres ;
- les ouvrages traversant ou inclus, tels que les canalisations.

L'érosion interne est un phénomène capable de provoquer à lui seul la rupture d'une digue. Il peut néanmoins être également associé à d'autres mécanismes de rupture, l'érosion interne restant le mécanisme final de la rupture.

Sur la base de l'arbre de défaillance retenu (cf. annexes 5 et 6), la probabilité de rupture par érosion interne correspond au produit de la probabilité d'apparition d'érosion interne et de la probabilité de rupture une fois l'érosion interne établie.

Le critère utilisé pour quantifier la probabilité d'apparition d'érosion interne au sein de l'ouvrage est le critère de Bligh défini comme le rapport de la largeur de l'ouvrage par la charge hydraulique, éventuellement corrigé de l'incidence des différentes anomalies présentes sur la digue. La correspondance entre la valeur du critère de Bligh et la probabilité d'apparition d'érosion est fournie par l'échelle ci-après.

Probabilités d'apparition en fonction des valeurs du critère de Bligh $c=L/\Delta H$				
Intervalles du critère de Bligh				Proba
l'eau n'atteint pas la cote du pied de digue coté Val				0
0	< Bligh <	2	→	1
2	< Bligh <	3	→	0.99
3	< Bligh <	3.5	→	0.95
3.5	< Bligh <	4	→	0.8
4	< Bligh <	4.5	→	0.5
4.5	< Bligh <	5	→	0.2
5	< Bligh <	5.5	→	0.1
5.5	< Bligh <	6	→	0.02
6	< Bligh <	7	→	0.01
7	< Bligh <	8	→	0.001
8	< Bligh		→	0.0001

Tableau 16 : correspondance entre valeur du critère de Bligh (modifié) et probabilité d'apparition d'érosion interne

La probabilité de rupture une fois l'érosion interne établie est par défaut égale à 100% mais peut-être réduite par la prise en compte des barrières de sécurité que constituent la surveillance et la présence d'un massif drainant et filtrant (cf. annexes 5 et 6).

Probabilité de rupture :

La rupture annuelle par érosion interne a été calculée par le modèle et donne des valeurs probables sur les tronçons faisant l'objet d'une simulation de brèche.

Identification du Profil		Erosion Interne			Erosion interne
N° du Profil utilisé	PK Digue (m/ OrigineVal)	Aléas de rupture : $P_{AT} \times Pr_{AT}$			Aléa Annuel
		Q2	Q5	Q10	Σ
1	B1_B2_T2	0.0%	1.0%	1.0%	0.34%
2	B3_T11	0.0%	1.0%	1.0%	0.34%
3	B4_T16	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%

Tableau 17 : Probabilité de rupture des profils en travers soumis à l'érosion interne

8.2.1.3 Rupture par défaut de stabilité de la digue ou de sa fondation

Le défaut de stabilité d'une digue ou de sa fondation peut prendre plusieurs formes qui relèvent soit :

- d'une déstabilisation d'ensemble, lorsque la digue n'est pas capable de résister mécaniquement à la charge de l'eau, ce qui peut se traduire par un glissement sur sa fondation ou un basculement de l'ouvrage, situation qui se rencontre souvent au niveau des ouvrages de rehausse telles que les parapets construits en crête de digue pour en relever le niveau de protection ;
- d'une déstabilisation de talus par glissement, qui est favorisée par la saturation des matériaux de la digue ;

Elle peut se produire côté zone protégée quand le corps de digue est saturé, ou côté cours d'eau à la décrue.

- d'une déstabilisation de la fondation, qui peut se produire si celle-ci est très perméable et si elle est surmontée d'une couche imperméable.

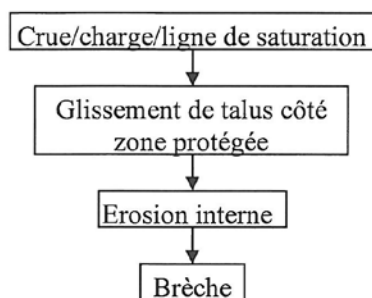
Si la pression hydrostatique de l'eau dans la fondation perméable est susceptible de soulever la couche imperméable, il peut y avoir claquage de cette couche : un phénomène appelé « soulèvement hydraulique côté zone protégée ».

Seule la déstabilisation d'ensemble est susceptible de provoquer directement la rupture de la digue, les autres défauts de stabilité n'en sont généralement pas capables.

Cette rupture peut être initiée par ce type de défaillance, puis accentuée par d'autres phénomènes, le plus souvent par érosion interne. L'arbre de défaillance simplifié considère que la digue, une fois affectée par un glissement, voit sa géométrie amputée et sa résistance à l'érosion interne diminuée au point d'en occasionner la rupture. Il convient de noter que ce scénario de défaillance induit une forte corrélation entre la probabilité de rupture par défaut de stabilité et par érosion interne.

Nota : le profil de digue retenu pour la digue du Rec de Veyret rive gauche est le **profil de type 1** (voir détail des différents profils au §3.1.7).

3.a - Rupture par glissement de talus côté zone protégée



Pour le profil 3 :

Fonctions	Composants
Drainage	Drain côté val
Stabilité	Tous
Résistance à l'érosion interne	Tous

Pour le profil 2 :

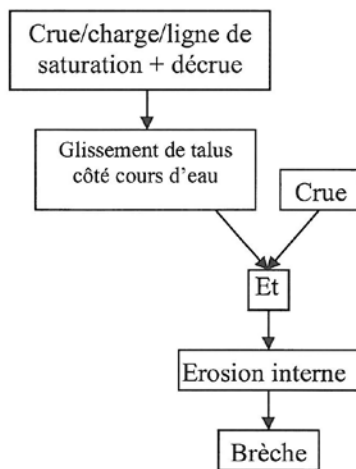
Fonctions	Composants
Étanchéité	Renforcement amont
Stabilité	Tous
Résistance à l'érosion interne	Tous

Pour le profil 1 :

Fonctions	Composants
Stabilité	Tous
Résistance à l'érosion interne	Tous

Figure 73 : arbres de défaillance du scénario de rupture par glissement de talus côté val

3.b - Rupture par glissement de talus côté cours d'eau



Pour le profil 3 :

Fonctions	Composants
Stabilité	Tous
Résistance à l'érosion interne	Tous

Pour le profil 2 :

Fonctions	Composants
Stabilité	Tous
Résistance à l'érosion interne	Tous

Pour le profil 1 :

Fonctions	Composants
Stabilité	Tous
Résistance à l'érosion interne	Tous

Figure 74 : arbres de défaillance du scénario de rupture par glissement de talus côté rivière

Probabilité de rupture

Sur les tronçons faisant l'objet de simulation de brèches, la probabilité de glissement annuelle est improbable.

Identification du Profil		Glissement			Glissement
N° du Profil utilisé	PK Digue (m/ OrigineVal)	Aléas de rupture : $P_{AT} \times Pr_{AT}$			Aléa Annuel
		Q2	Q5	Q10	Σ
1	B1_B2_T2	0.0%	0.0%	0.1%	0.02%
2	B3_T11	0.0%	0.1%	0.1%	0.04%
3	B4_T16	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%

Tableau 18 : Probabilités de rupture des profils en travers soumis au glissement côté val

8.2.1.4 Rupture par soulèvement hydraulique

La sensibilité au **soulèvement hydraulique** est très peu probable sur l'ensemble des tronçons.

8.2.1.5 Rupture par érosion externe

L'érosion externe est un phénomène qui se produit quand un courant d'eau à l'extérieur de la digue est capable d'entraîner ses matériaux constitutifs ou ceux de sa fondation.

On rencontre 3 types principaux d'érosion externe :

- en contact avec la rivière, la fondation peut être affouillée en pied de digue ;
- en crue, le talus côté cours d'eau peut être érodé par le courant ;
- en cas de surverse, le talus côté zone protégée peut être érodé par les écoulements.

À l'exception du cas des surverses où l'érosion externe du talus côté zone protégée est la cause directe de la rupture, l'érosion externe côté rive est rarement capable d'en produire une. Elle est, en revanche, initiatrice d'un glissement qui, associé à une érosion interne, provoque la rupture de la digue.

L'érosion externe au niveau des pieds de digue doit être traitée car elle n'intervient pas uniquement lorsque le cours d'eau est en crue et peut donc endommager la digue à tout moment.

Le risque de rupture par érosion externe est improbable sur les tronçon faisant l'objet d'une simulation de brèche.

Identification du Profil		Erosion Externe			Erosion externe
N° du Profil utilisé	PK Digue (m/ OrigineVal)	Aléas de rupture : $P_{AT} \times Pr_{AT}$			Aléa Annuel
		Q2	Q5	Q10	Σ
1	B1_B2_T2	0.0%	0.0%	0.1%	0.02%
2	B3_T11	0.0%	0.1%	0.1%	0.04%
3	B4_T16	0.0%	0.0%	0.0%	0.00%

Tableau 19 : Probabilités de rupture des profils en travers soumis au à l'érosion interne

8.2.2 Rupture de la digue du Rec de Veyret RG tous modes confondus

Les probabilités de rupture tous modes de défaillance confondus pour les trois tronçons faisant l'objet d'une simulation de brèche, pour chaque crue sont présentées page suivante.

Ces résultats mettent en évidence que le niveau de sûreté de la digue du Rec de Veyret RG est inférieur à celui atteint par une crue quinquennale.

Rappel : compte tenu des incertitudes du modèle d'aléa de rupture, le seuil de probabilité de rupture retenu pour la définition du niveau de sûreté est de 1 % : au -dessus de ce seuil, la probabilité de rupture ne peut plus être considérée comme négligeable.

Identification du Profil		Surverse	Erosion interne	Glissement	Erosion externe	Soulèvement hydraulique	Aléa global : Probabilité de Rupture tous modes			Probabilité annuelle
N° du Profil utilisé	PK Digue (m/ OrigineVal)	Aléa Annuel	Aléa Annuel	Aléa Annuel	Aléa Annuel	Aléa Annuel	Q2	Q5	Q10	Σ
		Σ	Σ	Σ	Σ	Σ				
1	B1_B2_T2	2.92%	0.34%	0.02%	0.02%	0.00%	0.0%	9.3%	10.5%	3.27%
2	B3_T11	3.47%	0.34%	0.04%	0.04%	0.00%	0.0%	11.5%	11.5%	3.83%
3	B4_T16	1.68%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	4.0%	6.4%	1.68%

Tableau 20 : Probabilités de rupture des profils par tous les modes confondus

8.3 ESTIMATION DU RISQUE D'INONDATION PAR DEFAILLANCE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT DU REC DE VEYRET RIVE GAUCHE

Cette estimation repose sur la sélection d'un certain nombre de scénarios de défaillance et sur l'évaluation de la criticité des scénarios d'inondation associés.

Les paragraphes suivants synthétisent les principaux résultats des différents scénarios de brèches simulés.

Nota : les cartes reproduites dans ce paragraphe sont consultables dans leur format original au Chapitre 10 de l'EDD.

8.3.1 Identification et choix des scénarios d'inondation caractérisés en termes de probabilité d'occurrence

La sélection des scénarios de défaillance répond à des objectifs de représentativité et de diversité des situations pouvant être rencontrées, que ce soit en termes de probabilité d'occurrence, de mode de défaillance ou de conséquences (localisation et gravité). Elle s'appuie de ce fait sur :

- l'exploitation des résultats issus du diagnostic initial de sureté permettant d'identifier les secteurs de défaillance les plus probables
- la localisation des enjeux permettant de définir les scénarios a priori les plus graves
- les recommandations formulées dans la circulaire du 16/04/2010
- les discussions avec le gestionnaire des ouvrages

Les scénarios retenus sont récapitulés dans le tableau et figurés sur la carte ci-après.

n°	Intitulé du scénario	Probabilité du scénario	Localisation (PK début)	Longueur de la brèche (m)	Scénario hydrologique simulé	Durée de formation de la brèche
B1	Brèche amont (surverse)	2.92%	170	30	Q5	1 h
B2	Brèche amont (érosion interne)	0.34%	170	30	Q2	1 h
B3	Brèche en amont du bassin de rétention	3.47%	850	30	Q5	1 h
B4	Brèche en aval de la station de pompage	1.68%	1350	30	Q5	1 h

Tableau 21 : Tableau de synthèse des scénarios retenus

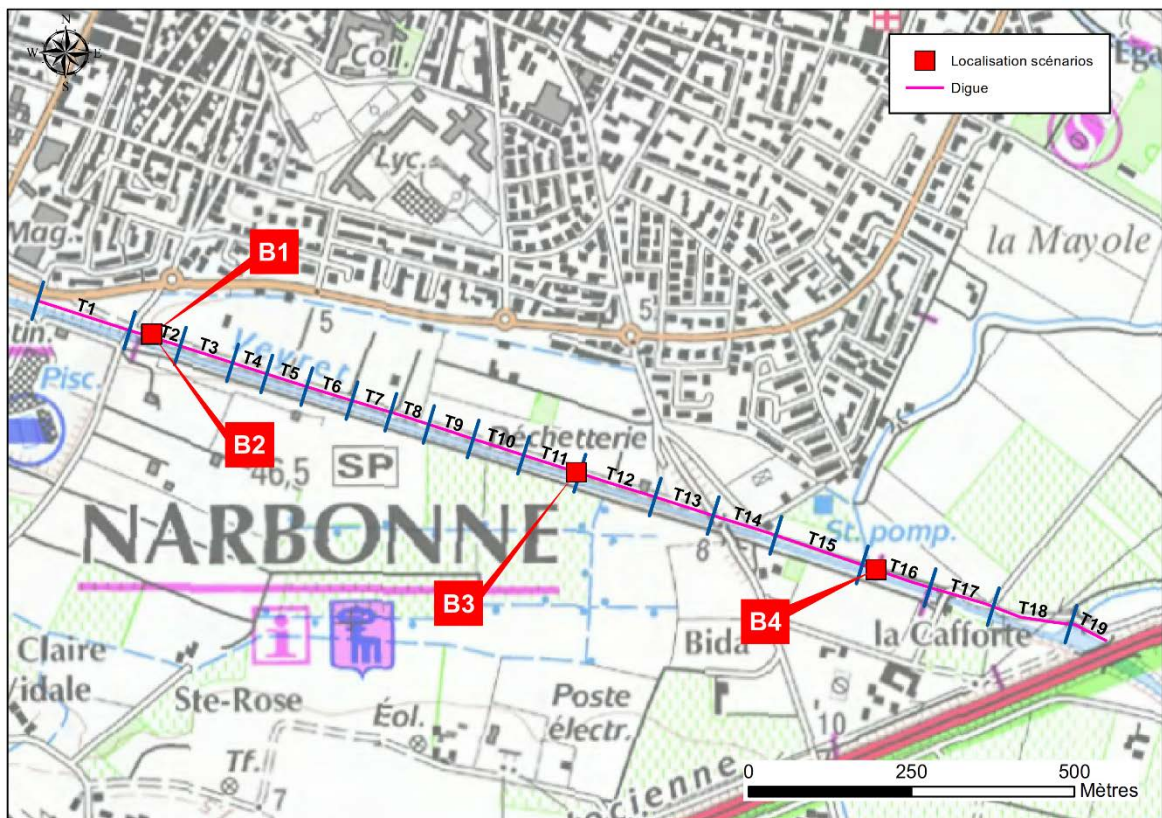


Figure 75 : Localisation des scénarios retenus

8.3.1.1 Scénario B1 : brèche amont (crue Q5)

Ce scénario peut être qualifié de « probable ».

Ce scénario se situe en amont du linéaire étudié. Le lieu de brèche correspond au début de la « véritable » digue, à la différence du tronçon T1 qui présente un terrain naturel élevé côté val. Le choix se porte sur cette localisation pour deux raisons principales: la revanche est faible pour l'évènement hydrologique considéré ce qui favorise la surverse et sa localisation à l'amont laisse supposer un impact fort sur les enjeux de la zone urbaine.

8.3.1.2 Scénario B2 : brèche amont (crue Q2)

Ce scénario peut être qualifié de « peu probable ».

Le lieu de brèche de ce scénario est identique à celui du scénario B1. La crue considérée, et donc le mécanisme de rupture, différent. La charge hydraulique pour la crue Q2 est plus faible (inférieure à la mi-hauteur) et le mécanisme est une rupture par érosion interne (ou glissement). L'objectif de ce scénario est d'évaluer l'impact d'un évènement plus probable en terme hydrologique mais de moindre ampleur.

8.3.1.3 Scénario B3 : Brèche en amont du bassin de rétention (crue Q5)

Ce scénario peut être qualifié de « probable ».

Il a été retenu car il ressortait de l'analyse de stabilité comme l'un des secteurs les plus fragiles du système d'endiguement du fait de la géométrie de la digue. De plus, pour la crue Q5, la revanche est faible par rapport à la crête de digue, ce qui génère un risque de surverse.

8.3.1.4 Scénario B4 : Brèche en aval de la station de pompage (crue Q5)

Ce scénario peut être qualifié de « probable ».

La localisation de ce scénario est motivée par la volonté d'évaluer la criticité d'une brèche sur la partie aval du linéaire étudié. La brèche se trouve alors à l'aval de la zone urbaine et l'inondation se fait par remous. Le mécanisme de rupture peut être la surverse ou l'érosion interne.

8.3.2 Intensité et cinétique des scénarios

Comme indiqué précédemment, l'intensité et la cinétique des scénarios sont appréciées au moyen du modèle hydraulique 2D développé à l'aide du logiciel TELEMAC.

8.3.2.1 Scénario B1 : brèche amont (crue Q5)

8.3.2.1.1 Hypothèses

La simulation correspond à une rupture en amont du système d'endiguement. La largeur de la brèche est de 30 m. La brèche est supposée s'initier à compter de l'atteinte de Q5. La charge hydraulique au moment de la rupture est de 1,73 m.

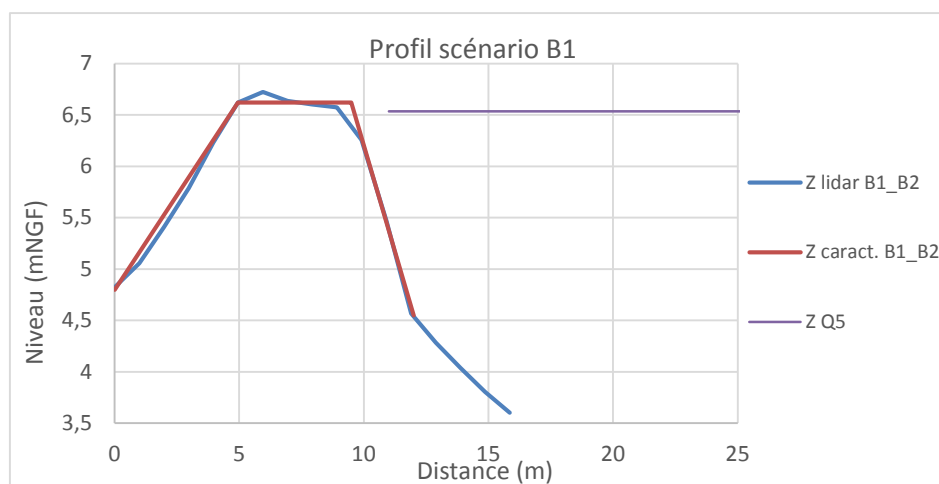


Figure 76 : Profil en travers au niveau de la brèche du scénario B1

Comme le montre la figure ci-après, le débit maximal entrant dans le val est de 25,2 m³/s et l'écoulement à travers la brèche dure environ 8 heures. Le volume déversé dans le val est de 143 200 m³. L'hydrogramme du Rec de Veyret correspond à une crue quinquennale.

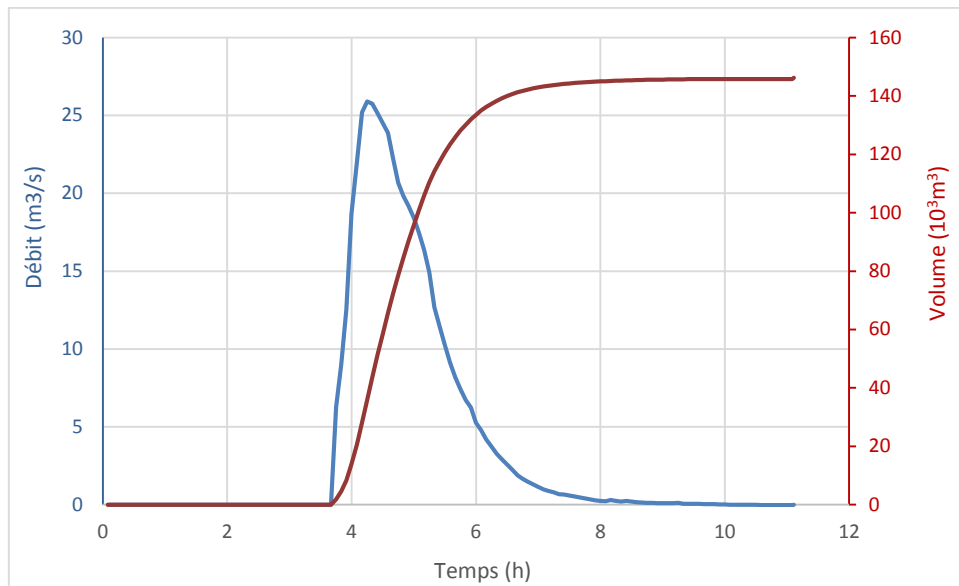


Figure 77 : Hydrogramme de brèche et volume transitant par la brèche - Scénario B1

8.3.2.1.2 Résultats

Comme le montrent les trois figures ci-après, l'emprise de la zone inondée s'étend du Boulevard de Maraussan jusqu'au croisement de la route de Lunes et de la rue de Londres au nord de la zone urbaine. Le secteur sud-est de la zone urbaine est également impacté.

Intensité - Hauteurs d'eau et vitesses maximales :

Les hauteurs d'eau les plus importantes se trouvent dans le secteur non urbanisé entre le Rec de Veyret et le boulevard de Maraussan avec des valeurs entre 0,5 et 1m. En ce qui concerne la zone urbaine, les secteurs les plus touchés sont la rue du Razés au sud du lycée Lacroix et la route de Lune avec une lame d'eau de 0,5 m environ. Les plus fortes vitesses sont observées dans les mêmes secteurs avec, par endroit, des valeurs supérieures à 0,5 m/s.

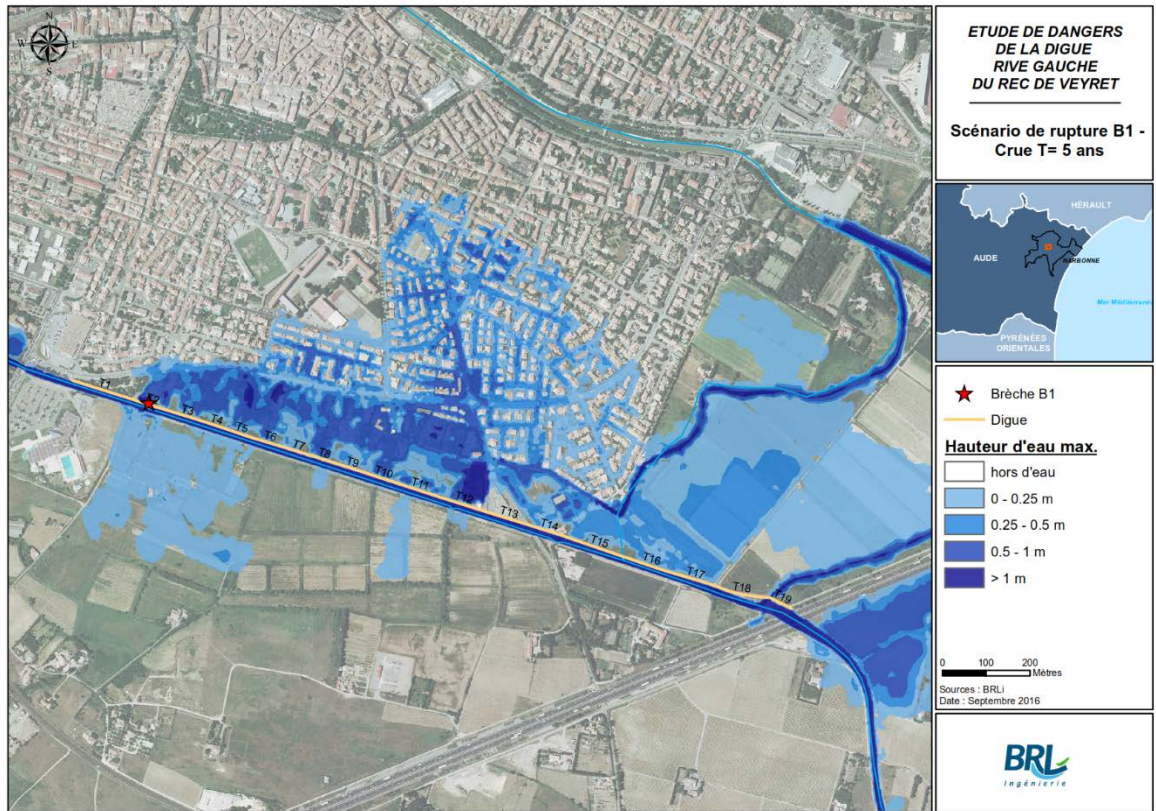


Figure 78 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario B1

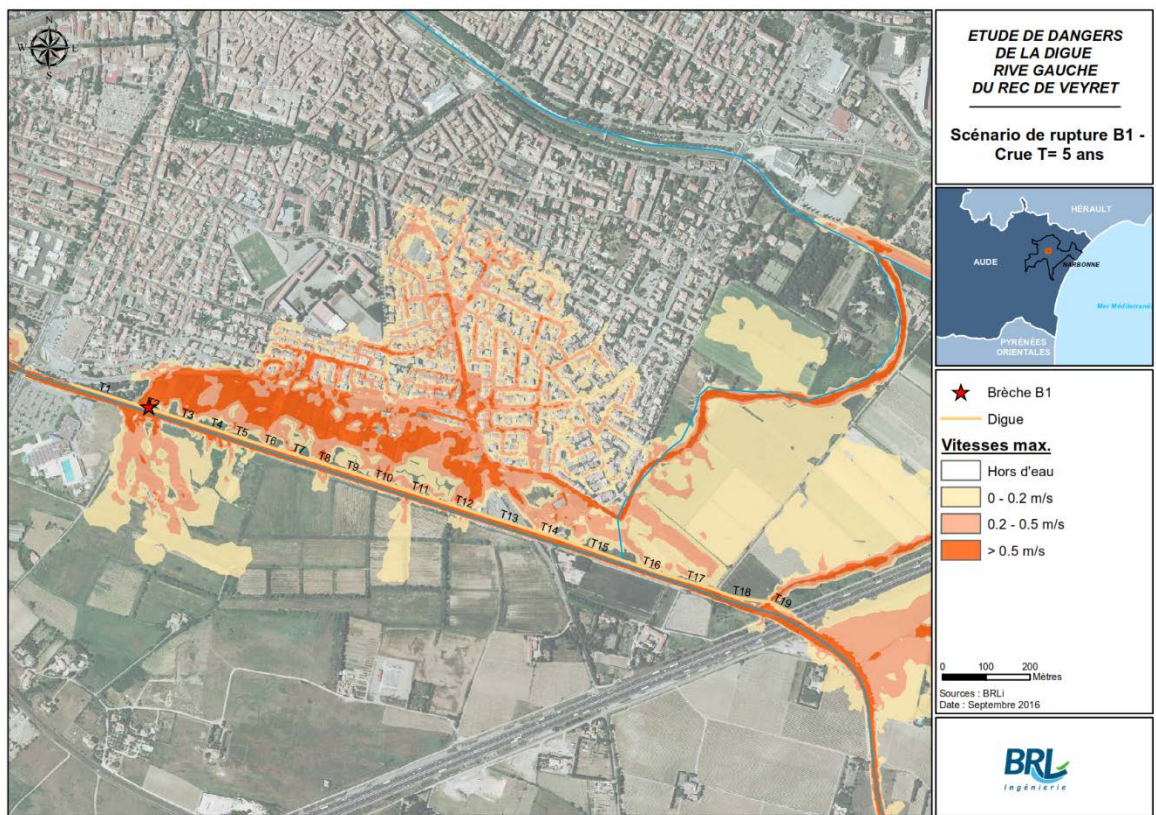


Figure 79 : Carte des vitesses d'écoulement maximales - Scénario B1

Cinétique :

La cinétique de propagation de l'onde rupture dans la zone protégée est présentée dans la figure suivante.

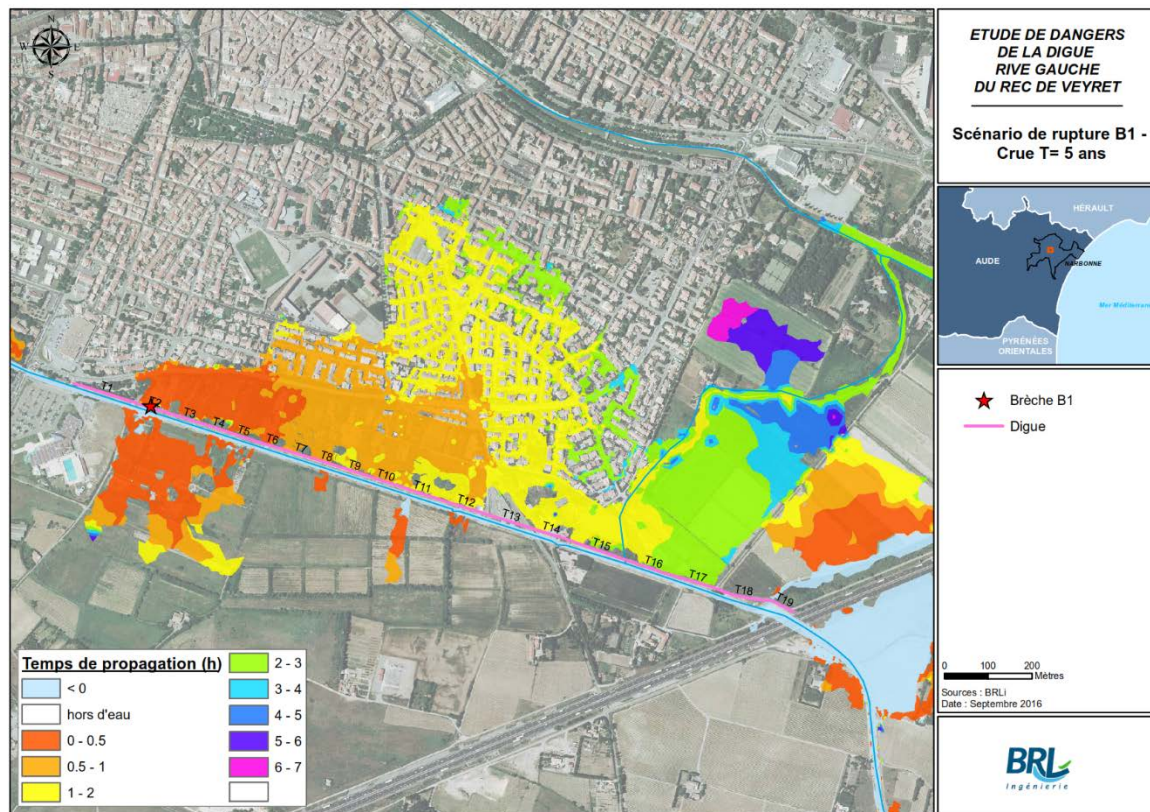


Figure 80 : Carte des temps de propagation - Scénario B1

Du fait du positionnement de la brèche, la zone urbaine est touchée environ une demi-heure après le début de la rupture. Le secteurs sud est inondé d'abord. L'onde de rupture arrive sur le boulevard de Maraussan et la rue de Razès en un temps compris entre 0,5 et 1 heure. Le reste de la zone urbaine, notamment la route de Lunes est inondée en 1 à 2 heures.

8.3.2.2 Scénario ° B2 : brèche amont (crue Q2)

8.3.2.2.1 Hypothèses

La simulation correspond à une rupture en amont du système d'endiguement. La largeur de la brèche est de 30 m. La brèche est supposée s'initier à compter de l'atteinte de Q2 par érosion interne. La charge hydraulique au moment de la rupture est de 0,8 m.

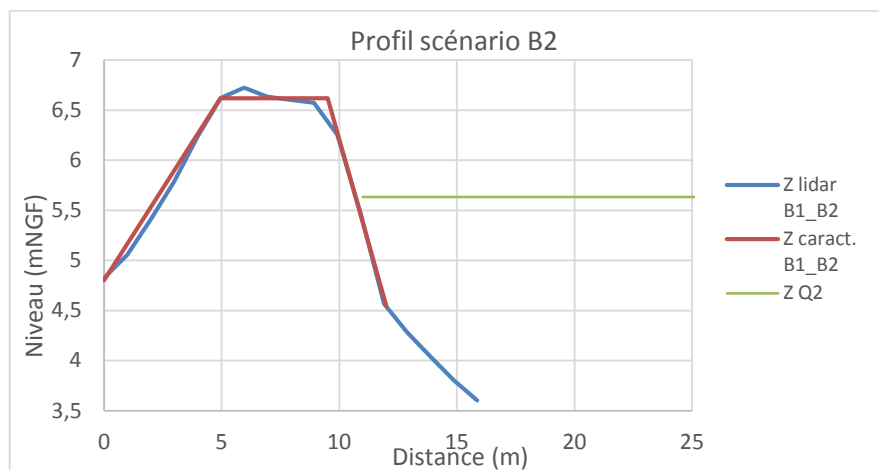


Figure 81 : Profil en travers au niveau de la brèche du scénario B2

Comme le montre la figure ci-après, le débit maximal entrant dans le val est de $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$ et l'écoulement à travers la brèche dure environ 2,2 heures. Le volume déversé dans le val est de $36\,370 \text{ m}^3$. L'hydrogramme du Rec de Veyret correspond à une crue biennale.

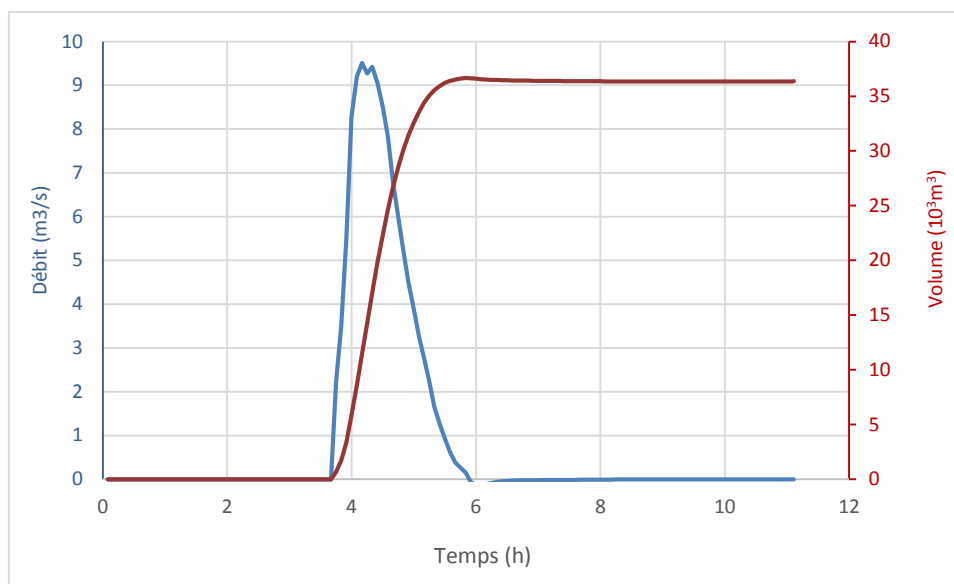


Figure 82 : Hydrogramme de brèche et volume transitant par la brèche - Scénario B2

8.3.2.2 Résultats

Comme le montrent les trois figures ci-après, l'emprise de la zone inondée est bien moindre que le scénario B1. Outre l'inondation de la zone non urbanisée le long du Rec de Veyret, les secteurs de la rue de Razès et de la route de Lunes sont impactés.

Intensité - Hauteurs d'eau et vitesses maximales :

Les hauteurs d'eau sont globalement faibles avec des valeurs souvent inférieures à $0,25 \text{ m}$. Le secteur le plus impacté est à proximité du rond-point du croisement du boulevard Maraussan et de la route de Lunes avec des valeurs pouvant atteindre $0,5 \text{ m}$. Les plus fortes vitesses sont observées dans les mêmes secteurs avec, par endroit, des valeurs supérieures à $0,5 \text{ m/s}$.

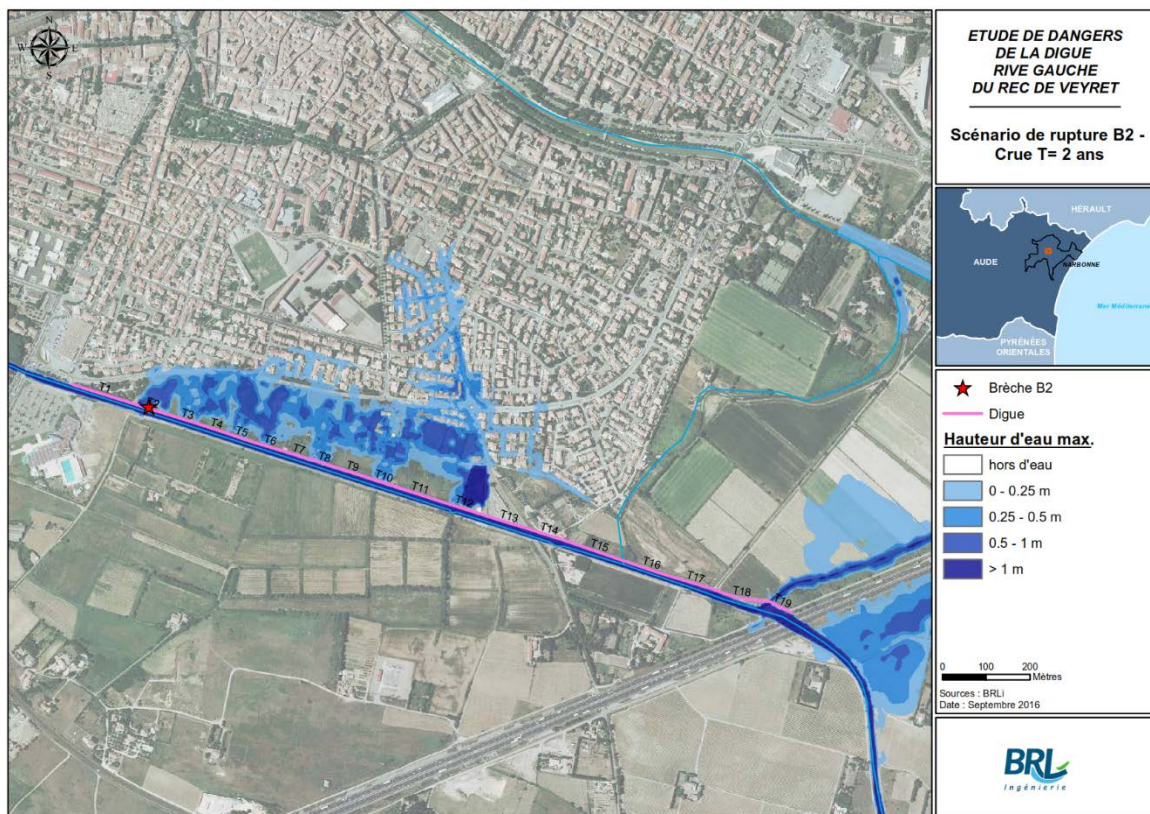


Figure 83 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario B2

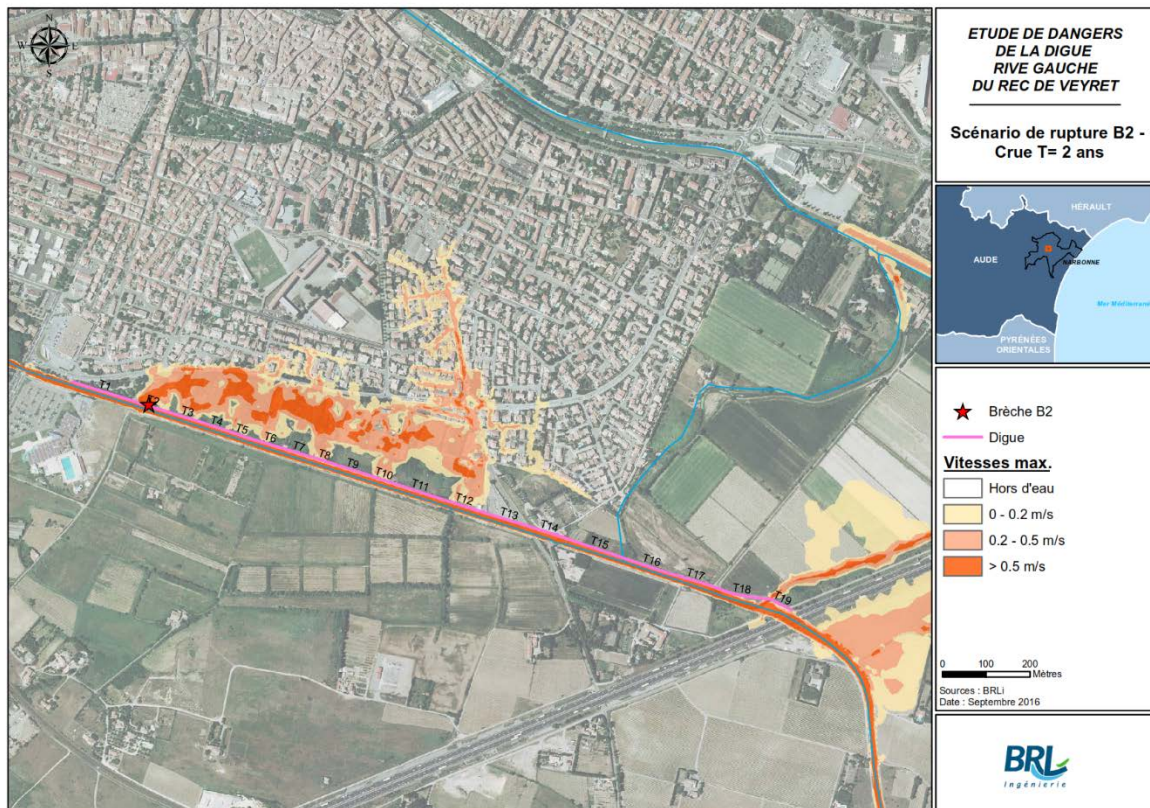


Figure 84 : Carte des vitesses d'écoulement maximales - Scénario B2

Cinétique :

La cinétique de propagation de l'onde rupture dans la zone protégée est présentée dans la figure suivante.

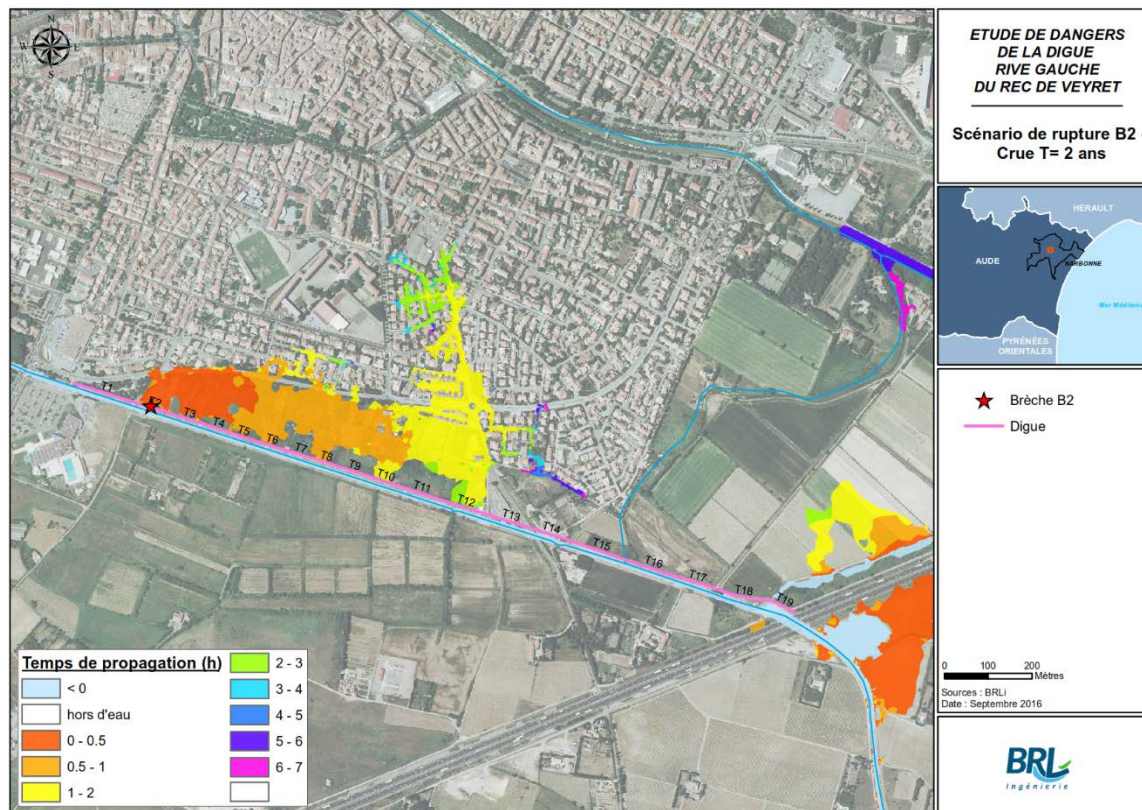


Figure 85 : Carte des temps de propagation - Scénario B2

A l'exception de l'est du boulevard Maraussan qui est inondé en moins de 1 heure, le reste de la zone urbaine impactée voit l'onde de rupture arriver entre 1 et 2 heures après le déclenchement de la brèche.

8.3.2.3 Scénario ° B3 : brèche en amont du bassin de rétention (crue Q5)

8.3.2.3.1 Hypothèses

La simulation correspond à une rupture en amont du bassin de rétention. La largeur de la brèche est de 30 m. La brèche est supposée s'initier à compter de l'atteinte de Q5 par surverse. La charge hydraulique au moment de la rupture est de 1,5 m.

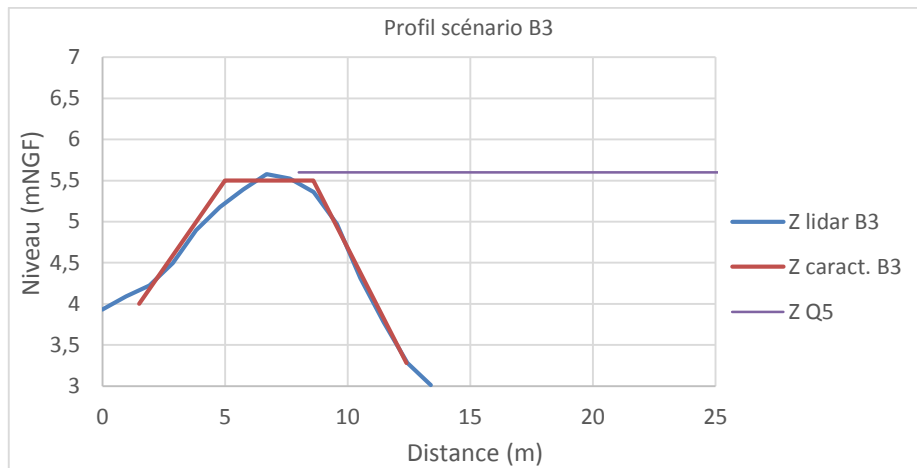


Figure 86 : Profil en travers au niveau de la brèche du scénario B3

Comme le montre la figure ci-après, le débit maximal entrant dans le val est de 24,1 m³/s et l'écoulement à travers la brèche dure environ 7,5 heures. Le volume déversé dans le val est de 166 370 m³. L'hydrogramme du Rec de Veyret correspond à une crue quinquennale.

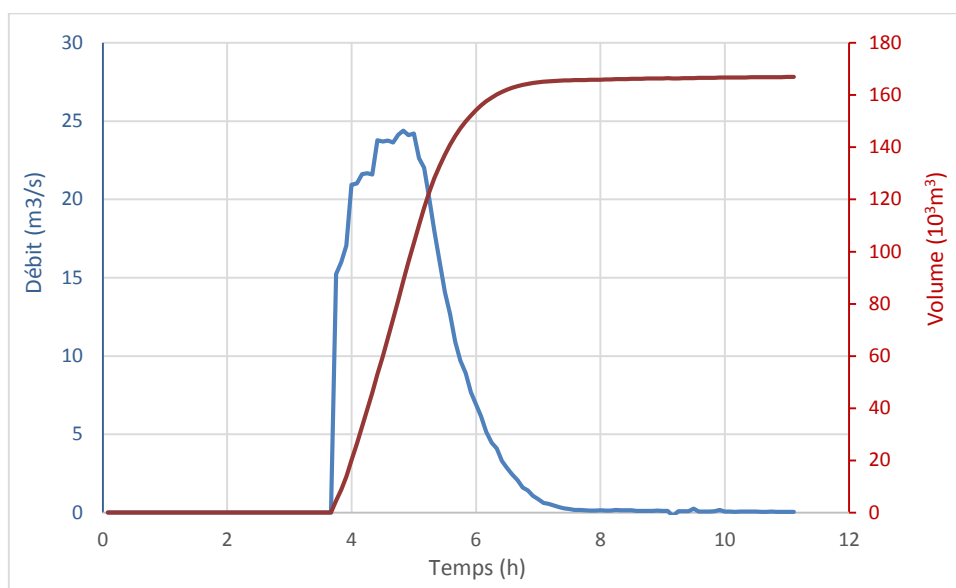


Figure 87 : Hydrogramme de brèche et volume transitant par la brèche - Scénario B3

8.3.2.3.2 Résultats

Comme le montrent les trois figures ci-après, l'emprise de la zone inondée est proche du scénario B1 à l'exception de la zone amont qui est logiquement hors d'eau. La propagation se fait vers la zone urbaine, vers l'amont et vers l'aval.

Intensité - Hauteurs d'eau et vitesses maximales :

Les hauteurs d'eau sont semblables à celles du scénario B1, notamment dans le secteur de la route de Lunes et du boulevard de Mayolle. Les valeurs sont généralement supérieures à 0,5 m, pouvant atteindre localement 1 m. A l'inverse, le secteur du boulevard de Maraussan et de la rue de Razès est moins impacté que dans le scénario B1, la lame d'eau étant inférieure à 0,25 m. Les observations sont du même ordre pour les vitesses.

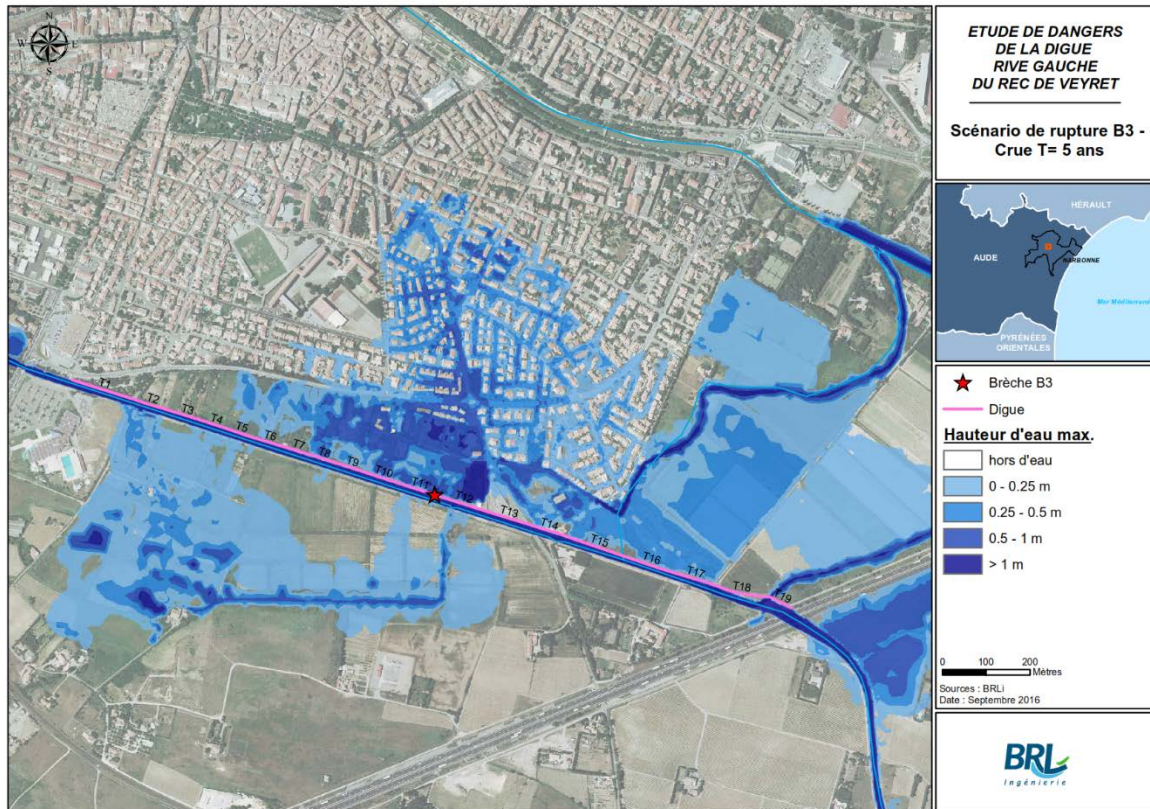


Figure 88 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario B3

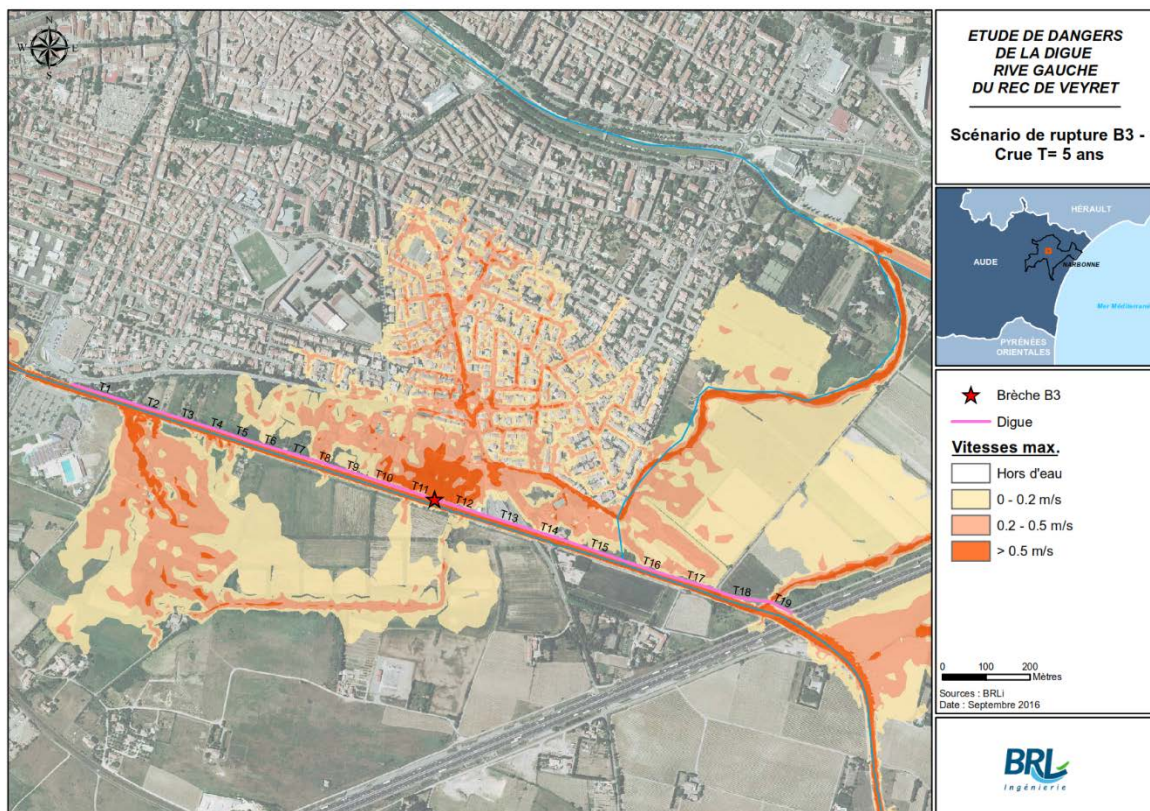


Figure 89 : Carte des vitesses d'écoulement maximales - Scénario B3

Cinétique :

La cinétique de propagation de l'onde de rupture dans la zone protégée est présentée dans la figure suivante.

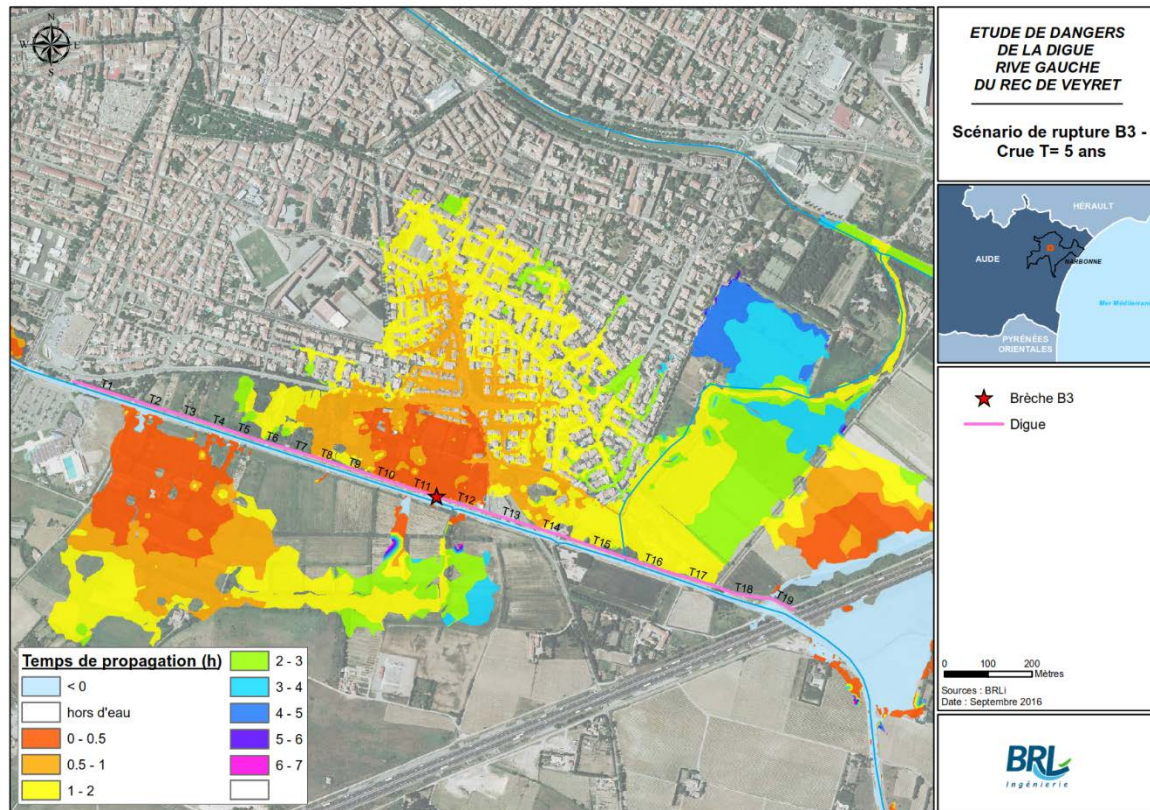


Figure 90 : Carte des temps de propagation - Scénario B3

La carte précédente permet de bien observer la propagation radiale de l'onde de rupture autour du lieu de brèche. Quelques enjeux sont impactés en moins de 0,5 heure. Les boulevards de Maraussan et de Mayolle, ainsi que la route de Lunes, sont submergés en moins de 1 heure. Le reste de la zone urbaine est touché entre 1 et 2 heure après le déclenchement.

8.3.2.4 Scénario °B4 : en aval de la station de pompage (crue Q5)

8.3.2.4.1 Hypothèses

La simulation correspond à une rupture en aval de la station de pompage. La largeur de la brèche est de 30 m. La brèche est supposée s'initier à compter de l'atteinte de Q5 par surverse ou érosion interne. La charge hydraulique au moment de la rupture est de 0,8 m.

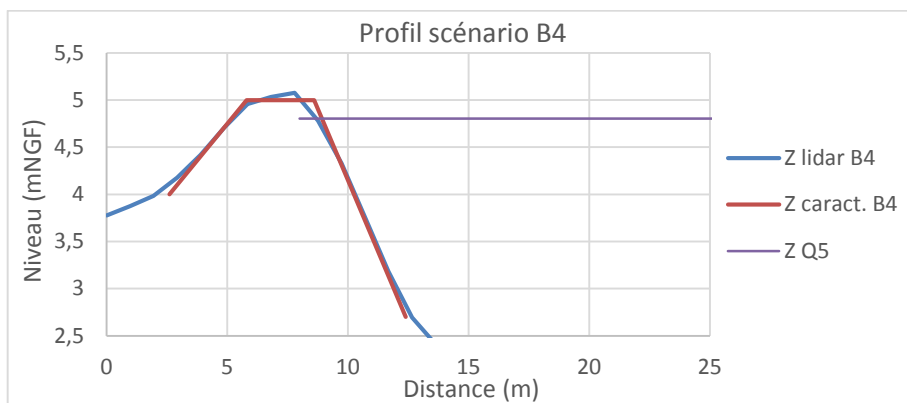


Figure 91 : Profil en travers au niveau de la brèche du scénario B4

Comme le montre la figure ci-après, le débit maximal entrant dans le val est de 17,9 m³/s et l'écoulement à travers la brèche dure environ 3,7 heures. Le volume déversé dans le val est de 116 000 m³. L'hydrogramme du Rec de Veyret correspond à une crue quinquennale.

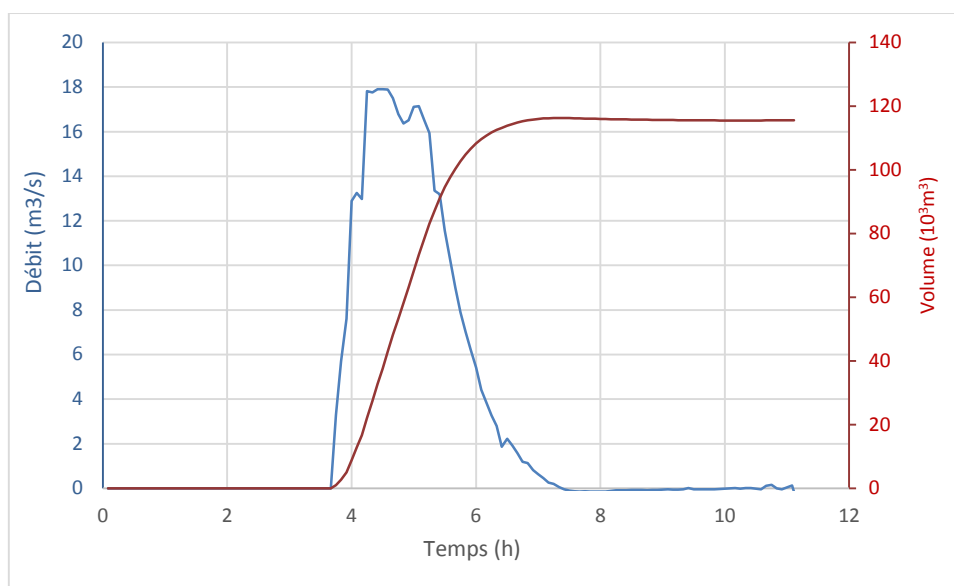


Figure 92 : Hydrogramme de brèche et volume transitant par la brèche - Scénario B4

8.3.2.4.2 Résultats

Comme le montrent les trois figures ci-après, l'emprise de la zone inondée correspond principalement à la zone non urbanisée se trouvant à l'est du quartier de Mayolle. Le sud-est de la zone urbaine, soit le boulevard de Mayolle et la route de Lunes sont faiblement impactés

Intensité - Hauteurs d'eau et vitesses maximales :

Les hauteurs d'eau dans la zone naturelle à l'est sont de 0,25 à 0,5 m, pouvant localement être supérieures. La zone urbaine est faiblement impactée : l'inondation concerne le sud-est. Les hauteurs d'eau sont partout inférieures à 0,25 m. En termes de vitesse, les valeurs dans les rues sont inférieures à 0,5 m/s

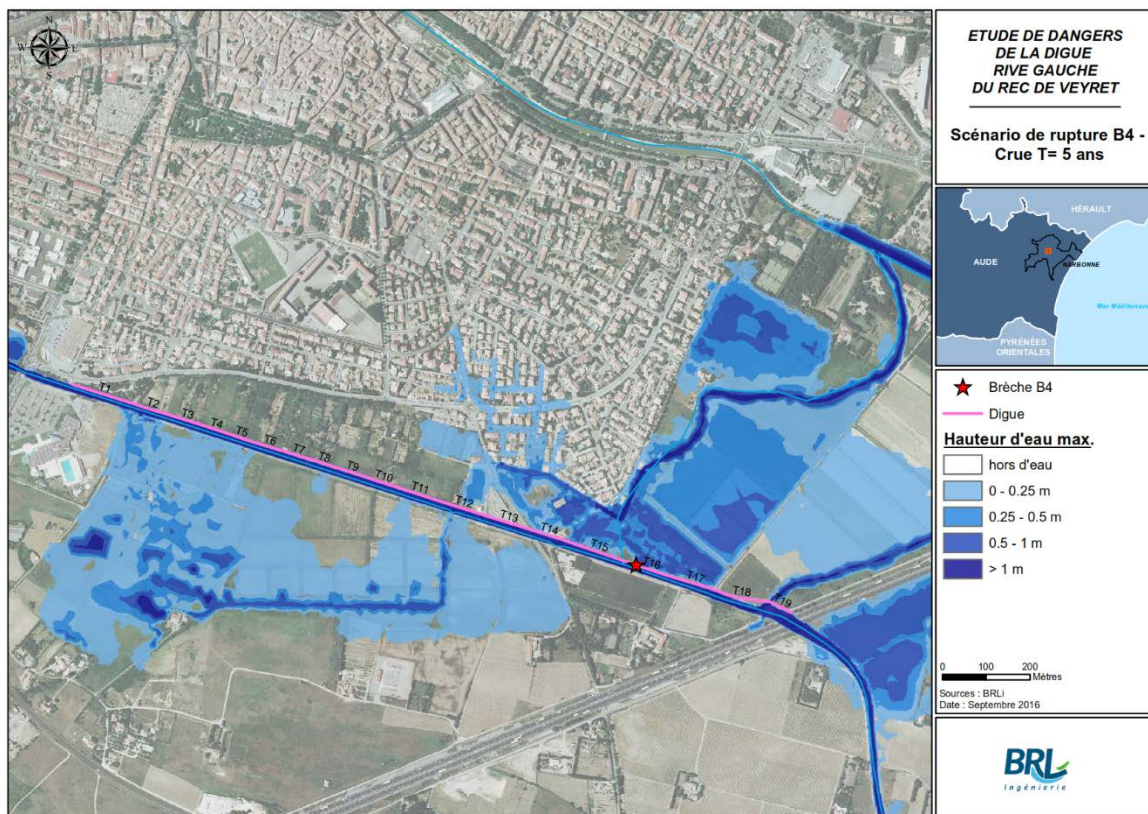


Figure 93 : Carte des hauteurs d'eau maximales - Scénario B4

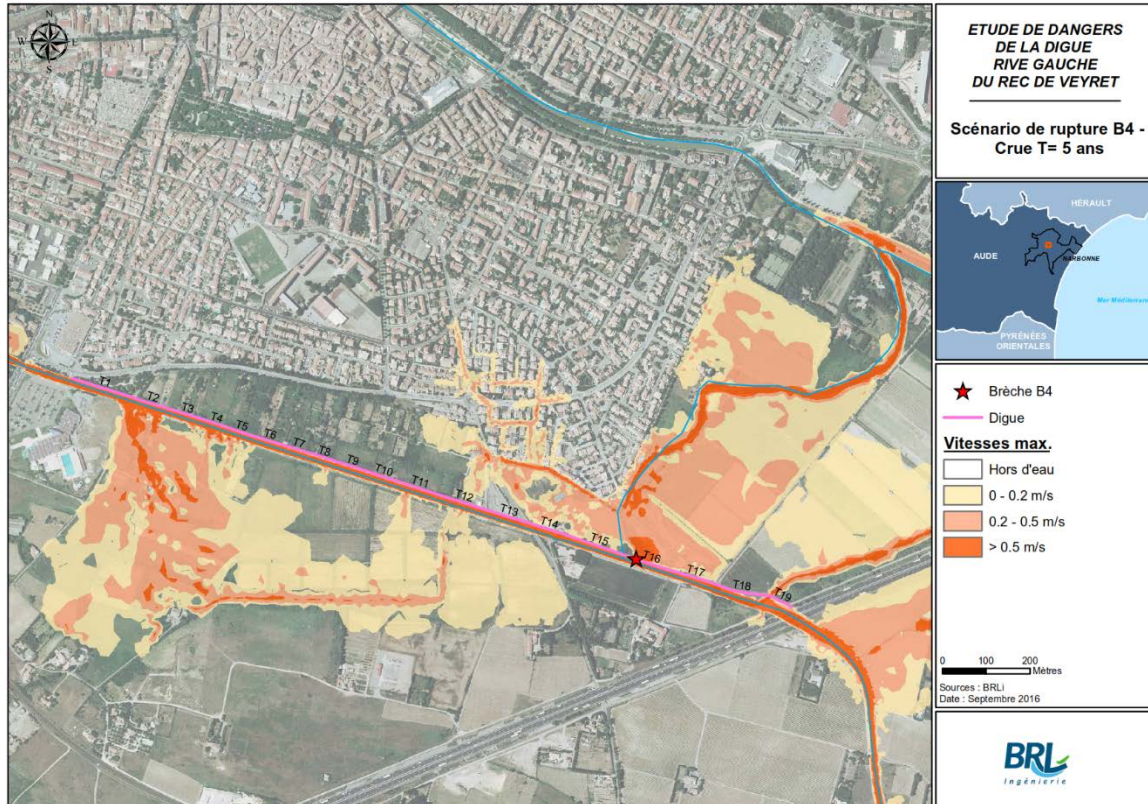


Figure 94 : Carte des vitesses d'écoulement maximales - Scénario B4

Cinétique :

La cinétique de propagation de l'onde de rupture dans la zone protégée est présentée dans la figure suivante.

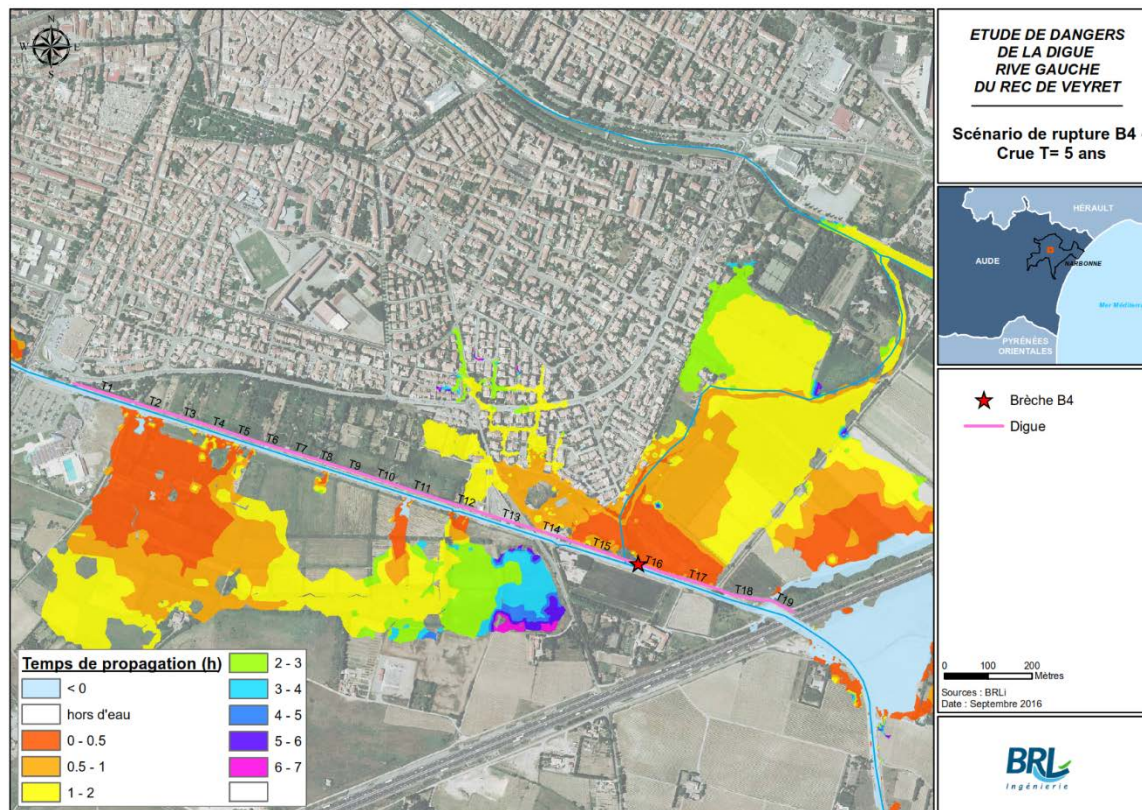


Figure 95 : Carte des temps de propagation - Scénario B4

La carte précédente permet de bien observer la propagation radiale de l'onde de rupture autour du lieu de brèche. L'inondation remonte par remous vers l'amont. Elle inonde dans un premiers temps la zone naturelle au sud-est. La zone urbaine du quartier de Mayolle est impactée 1 heure après le déclenchement de la brèche.

8.3.3 Gravité des scénarios

La caractérisation de l'aléa d'inondation se base sur un croisement des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement maximales. Ces variables sont obtenues directement par exploitation des résultats du modèle bidimensionnel.

Hauteur d'eau	Supérieure à 1 m	3. Fort		
	Entre 50 cm et 1 m			
	Entre 0 et 50 cm	1. Faible		
		Entre 0 et 0,2 m/s	Entre 0,2 et 0,5 m/s	Supérieure à 0,5 m/s
		Vitesse d'écoulement		

Tableau 22 : Rappel - Grille de qualification de l'aléa en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses de propagation

La mise en application – de manière synchrone, c'est-à-dire en croisant les hauteurs et vitesses aux mêmes instants – de cette grille de classes d'aléa permet d'obtenir les cartes d'aléa pour les différents scénarios d'inondation étudiés.

Comme indiqué précédemment, la gravité des scénarios est évaluée au travers du dénombrement des personnes exposées et de celles considérées comme étant « en danger » du fait des hauteurs d'eau et vitesses d'écoulement auxquelles elles seraient exposées.

Gravité du scénario d'inondation	Nombre de personnes en danger en moins de 60 minutes	Nombre de personnes en danger sur la durée totale de submersion
5. Désastreux	Supérieur à 1 000	Supérieur à 10 000
4. Catastrophique	Entre 100 et 1 000	Entre 1 000 et 10 000
3. Important	Entre 10 et 100	Entre 100 et 1 000
2. Sérieux	Inférieur à 10 personnes	Entre 10 et 100
1. Modéré		Inférieur à 10 personnes

Tableau 23 : Rappel - Classes de gravité des scénarios d'inondation

8.3.3.1 Scénario B1 : brèche amont (cruée Q5)

- Débit maximal de la brèche : 25,2 m³/s
- Volume déversé par la brèche : 143 200 m³

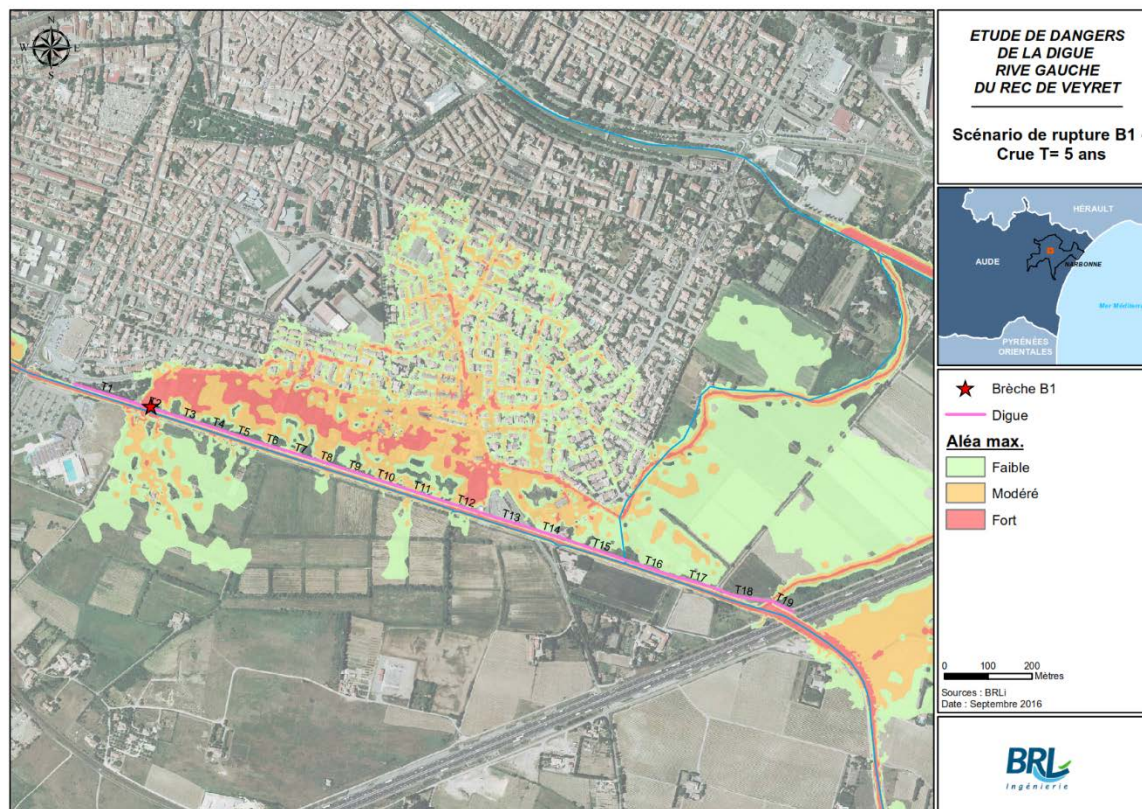


Figure 96 : Carte des aléas - Scénario B1

La zone inondable est principalement en aléa « modéré », mais de nombreux bâtiments sont également concernés par une aléa « fort » à la frontière sud de la zone urbaine..

Sur la base du recensement présenté au chapitre 3.2.6 des populations présentes dans la zone protégée, il est possible d'estimer pour chaque niveau d'aléa, la population soumise au risque de défaillance et la classe de gravité du scénario correspondante. Deux types de gravité sont distingués : les enjeux touchés en moins de 60 minutes seront concernés par une cinétique dite « rapide », alors que ceux touchés pour plus de 60 minutes seront concernés par une cinétique dite « lente ».

Le tableau suivant présente les résultats.

Intensité de l'aléa d'inondation	GRAVITÉ CINÉTIQUE RAPIDE		GRAVITÉ CINÉTIQUE LENTE	
	Population touchée	Population en danger	Population touchée	Population en danger
1. Faible	42	0	527	0
2. Moyen	177	88	592	296
3. Fort	92	92	119	119
Total tous aléas	310	180	1238	415
Classe de gravité	catastrophique		important	

Tableau 24 : Nombre d'habitants impactés et « en danger » - Scénario B1

Étant donné le nombre de personnes en danger, ce scénario de rupture peut être qualifié de « catastrophique » pour une cinétique rapide, et d' « important » pour une cinétique lente.

La gravité retenue pour le scénario B1 correspond à la classe maximale entre cinétique lente et cinétique rapide. Compte tenu de ces éléments, ce scénario de rupture peut être qualifié de « catastrophique ».

Le tableau ci-après identifie les différents enjeux sensibles impactés par ce scénario de rupture.

Intensité de l'aléa d'inondation	Enjeux sensibles		
	Entreprises		Etablissements publics
	Nombre	Nombre employés	
1. Faible	2	4	0
2. Moyen	5	18	0
3. Fort	9	44	0
Total	16	66	0

Tableau 25 : Enjeux sensibles impactés - Scénario B1

Aucun bâtiment public n'est inondé. En revanche, 9 entreprises sont concernées par un aléa fort, soit 42 salariés.

8.3.3.2 Scénario B2 : brèche amont (cruée Q2)

- Débit maximal de la brèche : 9,2 m³/s
- Volume déversé par la brèche : 36 370 m³

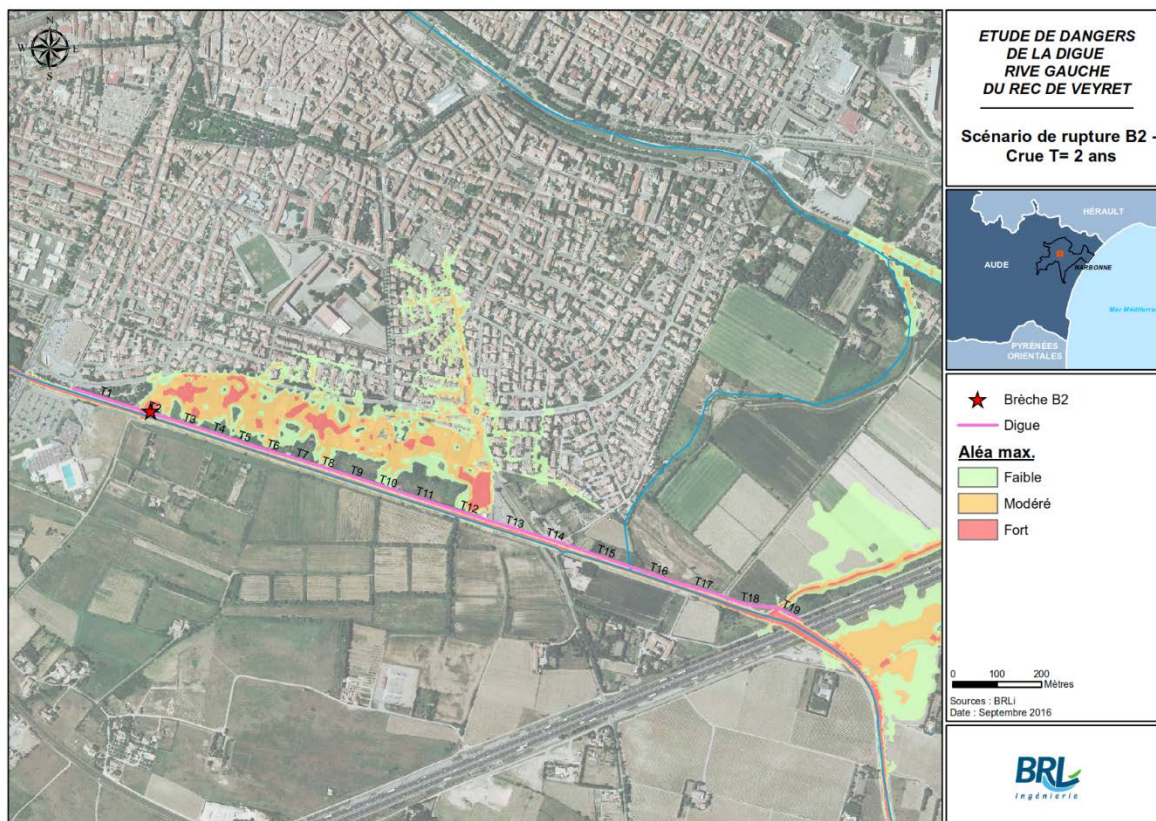


Figure 97 : Carte des aléas - Scénario B2

La zone inondable est principalement en aléa « faible » ou « moyen ».

Sur la base du recensement présenté au chapitre 3.2.6 des populations présentes dans la zone protégée, il est possible d'estimer pour chaque niveau d'aléa, la population soumise au risque de défaillance et la classe de gravité du scénario correspondante. Deux types de gravité sont distingués : les enjeux touchés en moins de 60 minutes seront concernés par une cinétique dite « rapide », alors que ceux touchés pour plus de 60 minutes seront concernés par une cinétique dite « lente ».

Le tableau suivant présente les résultats.

Intensité de l'aléa d'inondation	GRAVITÉ CINÉTIQUE RAPIDE		GRAVITÉ CINÉTIQUE LENTE	
	Population touchée	Population en danger	Population touchée	Population en danger
1. Faible	12	0	227	0
2. Moyen	13	6	92	46
3. Fort	0	0	31	31
Total tous aléas	25	6	351	77
Classe de gravité	sérieux		sérieux	

Tableau 26 : Nombre d'habitants impactés et « en danger » - Scénario B2

Étant donné le nombre de personnes en danger, ce scénario de rupture peut être qualifié de « Sérieux » autant pour une cinétique rapide que pour une cinétique lente.

La gravité retenue pour le scénario B2 correspond à la classe maximale entre cinétique lente et cinétique rapide. Compte tenu de ces éléments, ce scénario de rupture peut être qualifié de « Sérieux ».

Le tableau ci-après identifie les différents enjeux sensibles impactés par ce scénario de rupture.

Intensité de l'aléa d'inondation	Enjeux sensibles		
	Entreprises		Etablissements publics
	Nombre	Nombre employés	
1. Faible	2	13	0
2. Moyen	7	31	0
3. Fort	0	0	0
Total	9	44	0

Tableau 27 : Enjeux sensibles impactés - Scénario B2

Aucun bâtiment public n'est inondé. En revanche, 7 entreprises sont concernées par un aléa moyen, soit 31 salariés. Aucune entreprise ne se trouve dans un zone d'aléa fort.

8.3.3.3 Scénario B3 : Brèche en amont du bassin de rétention (cruel Q5)

- Débit maximal de la brèche : 24,1 m³/s
- Volume déversé par la brèche : 166 370 m³

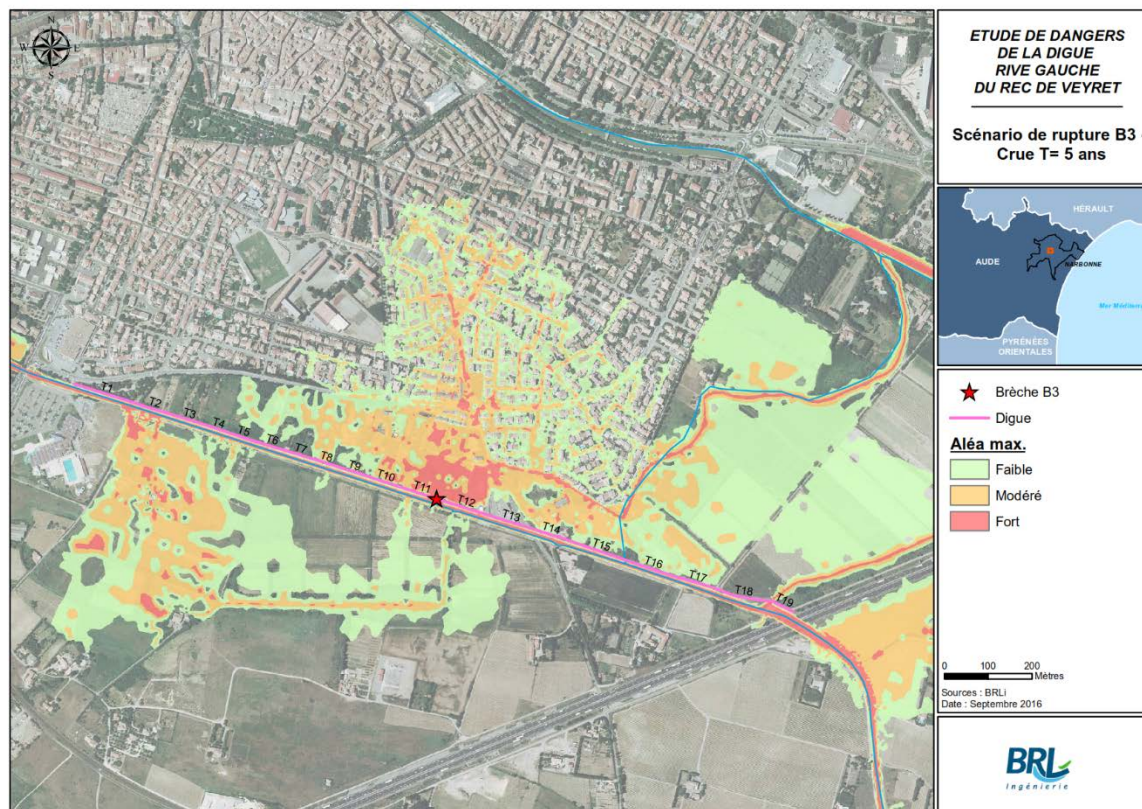


Figure 98 : Carte des aléas - Scénario B3

La zone inondable est principalement en aléa « modéré », mais de nombreux bâtiments sont également concernés par une aléa « fort » à la frontière sud de la zone urbaine.

Sur la base du recensement présenté au chapitre 3.2.6 des populations présentes dans la zone protégée, il est possible d'estimer pour chaque niveau d'aléa, la population soumise au risque de défaillance et la classe de gravité du scénario correspondante. Deux types de gravité sont distingués : les enjeux touchés en moins de 60 minutes seront concernés par une cinétique dite « rapide », alors que ceux touchés pour plus de 60 minutes seront concernés par une cinétique dite « lente ».

Le tableau suivant présente les résultats.

Intensité de l'aléa d'inondation	GRAVITÉ CINÉTIQUE RAPIDE		GRAVITÉ CINÉTIQUE LENTE	
	Population touchée	Population en danger	Population touchée	Population en danger
1. Faible	128	0	597	0
2. Moyen	158	79	506	253
3. Fort	61	61	133	133
Total tous aléas	347	140	1237	387
Classe de gravité	catastrophique		important	

Tableau 28 : Nombre d'habitants impactés et « en danger » - Scénario B3

Étant donné le nombre de personnes en danger, ce scénario de rupture peut être qualifié de « catastrophique » pour une cinétique rapide, et d' « important » pour une cinétique lente.

La gravité retenue pour le scénario B3 correspond à la classe maximale entre cinétique lente et cinétique rapide. Compte tenu de ces éléments, ce scénario de rupture peut être qualifié de « Catastrophique ».

Le tableau ci-après identifie les différents enjeux sensibles impactés par ce scénario de rupture.

Intensité de l'aléa d'inondation	Enjeux sensibles		
	Entreprises		Etablissements publics
	Nombre	Nombre employés	
1. Faible	4	8	0
2. Moyen	12	56	0
3. Fort	0	0	0
Total	16	64	0

Tableau 29 : Enjeux sensibles impactés - Scénario B3

Aucun bâtiment public n'est inondé. Si aucune entreprise n'est concerné par un aléa fort, 12 entreprises le sont par un aléa moyen, soit 56 salariés.

8.3.3.4 Scénario °B4 : Brèche en aval de la station de pompage (crue Q5)

- Débit maximal de la brèche : 17,9 m³/s
- Volume déversé par la brèche : 116 000 m³

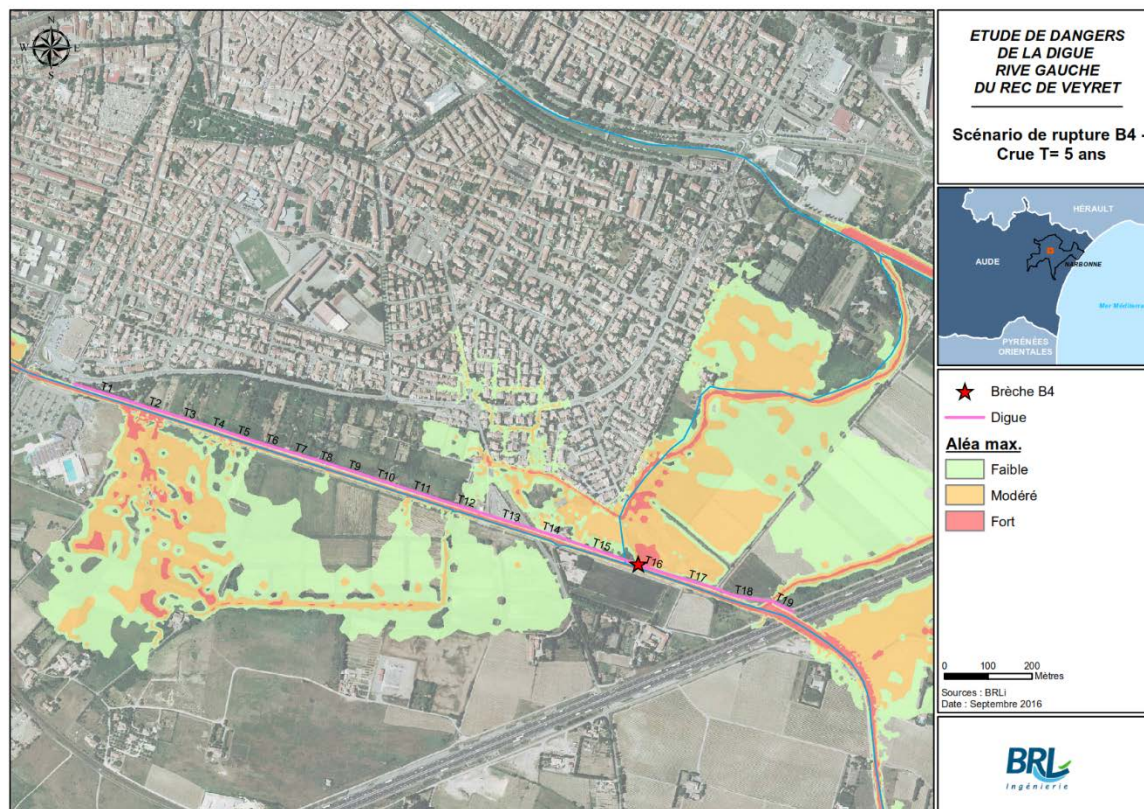


Figure 99 : Carte des aléas - Scénario B4

La zone urbaine est peu impactée. L'aléa est globalement faible.

Sur la base du recensement présenté au chapitre 3.2.6 des populations présentes dans la zone protégée, il est possible d'estimer pour chaque niveau d'aléa, la population soumise au risque de défaillance et la classe de gravité du scénario correspondante. Deux types de gravité sont distingués : les enjeux touchés en moins de 60 minutes seront concernés par une cinétique dite « rapide », alors que ceux touchés pour plus de 60 minutes seront concernés par une cinétique dite « lente ».

Le tableau suivant présente les résultats.

Intensité de l'aléa d'inondation	GRAVITÉ CINÉTIQUE RAPIDE		GRAVITÉ CINÉTIQUE LENTE	
	Population touchée	Population en danger	Population touchée	Population en danger
1. Faible	31	0	108	0
2. Moyen	7	4	27	13
3. Fort	1	1	4	4
Total tous aléas	40	5	138	17
Classe de gravité	sérieux		sérieux	

Tableau 30 : Nombre d'habitants impactés et « en danger » - Scénario B4

Étant donné le nombre de personnes en danger, ce scénario de rupture peut être qualifié de « sérieux » autant pour une cinétique rapide que pour une cinétique lente.

La gravité retenue pour le scénario B4 correspond à la classe maximale entre cinétique lente et cinétique rapide. Compte tenu de ces éléments, ce scénario de rupture peut être qualifié de « Sérieux ».

Aucun bâtiment public ni entreprise n'est inondé.

8.3.3.6 Synthèse des niveaux de gravité

n°	Intitulé du scénario	Population exposée	Population en danger	Enjeux sensibles exposés	Enjeux sensibles en danger	Niveau de gravité
B1	brèche amont (crue Q5)	1238	415	0	0	4. Catastrophique
B2	brèche amont (crue Q2)	351	77	0	0	4. Catastrophique
B3	Brèche en amont du bassin de rétention (crue Q5)	1237	387	0	0	2. Sérieux
B4	Brèche en aval de la station de pompage (crue Q5)	138	17	0	0	2. Sérieux

Tableau 31 : Synthèse des niveaux de gravité des différents scénarios

8.3.4 Criticité des scénarios

Le croisement de la probabilité et de la gravité de chaque scénario d'inondation permet de lui affecter un niveau de criticité. Le tableau ci-après fournit la synthèse de ce croisement.

		Probabilité du scénario						
		0.01%	0.1%	0.2%	0.5%	1%	10%	
		très improbable	improbable	très peu probable	peu probable	moyennement probable	probable	très probable
Gravité du scénario d'inondation	5. désastreux	Risque préoccupant					Risque intolérable	
	4. catastrophique						Risque préoccupant	
	3. important	Risque acceptable		B3 ; B4		Risque intolérable		
	2. sérieux			B3 ; B4				
	1. modéré	Risque acceptable		B3 ; B4		Risque intolérable		

Tableau 32 : Synthèse des indices de criticité des différents scénarios

Le tableau ci-après synthétise l'ensemble des résultats :

n°	Intitulé du scénario	Probabilité du scénario		Gravité du scénario					Criticité du scénario
				Population exposée	Population en danger	Enjeux sensibles exposés	Enjeux sensibles en danger	Indicateur de gravité	
B1	Brèche amont (surverse)	3%	Probable	1238	415	0	0	4. Catastrophique	Risque intolérable
B2	Brèche amont (érosion interne)	0.3%	Peu probable	351	77	0	0	4. Catastrophique	Risque préoccupant
B3	Brèche en amont du bassin de rétention (surverse)	3.5%	Probable	1237	387	0	0	2. Sérieux	Risque préoccupant
B4	Brèche en aval de la station de pompage (surverse)	1.7%	Probable	138	17	0	0	2. Sérieux	Risque préoccupant

Tableau 33 : Synthèse globale des résultats

9. Etude de réduction des risques

9.1 BILAN DU FONCTIONNEMENT ACTUEL DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

La présente étude de dangers a montré que :

- Le niveau de protection apparent du système de protection correspond à celui atteint par une crue de période de retour Q2 à Q5. Ce niveau de protection n'est qu'apparent dans la mesure où le système de protection est susceptible de rompre avant ce niveau
- La modélisation effectuée avec CARDigue montre que le niveau de sûreté (niveau d'eau maximum pour lequel la probabilité de rupture de la digue reste négligeable) du sous-système d'endiguement se situe autour de la crue Q5.
- En cas de défaillance du système d'endiguement, près de 1 200 personnes résidant dans le val pourraient être inondées

L'étude de dangers a mis en évidence un scénario de défaillance de criticité intolérable et plusieurs scénarios de défaillance avec un niveau de risque préoccupant.

Ces scénarios méritent ainsi de prendre certaines mesures adaptées au contexte et au risque.

La réduction des risques peut prendre la forme d'une réduction de la gravité d'une défaillance (évacuation des zones protégées par exemple) ou bien d'une réduction de la probabilité (renforcement des ouvrages).

9.2 REDUCTION DU RISQUE PAR DES MESURES DE GESTION

9.2.1 Mesures relevant du gestionnaire

Compte tenu des résultats de l'étude de dangers du système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche, il convient de mettre au point une stratégie destinée à limiter les dangers potentiellement encourus.

La réduction des risques sera effective grâce à la mise en place des points suivants :

9.2.1.1 Surveillance de l'ouvrage (Hors et en période de crue)

Celle-ci a été mise en place et a été exposée à travers les consignes écrites de l'ouvrage et le PCS.

9.2.1.2 Entretien de l'ouvrage

Cette action comprend :

- le traitement de la végétation herbacée et la suppression de toute végétation ligneuse,
- l'entretien des chemins de service,
- Le curage régulier du Rec de Veyret.

L'entretien des digues doit bien évidemment être maintenu, mais aussi s'ajuster aux besoins identifiés par la présente étude et par les différents rapports de surveillance.

9.2.1.3 Recours à une maîtrise d'œuvre agréée

Pour tous les travaux sur les digues qui pourraient être envisagés par un tiers (passage de canalisation, rampe d'accès, etc.) et qui sont jugés inévitables par le gestionnaire, le recours à une maîtrise d'œuvre agréée au sens du décret du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques est exigée, tant en phase d'étude qu'en phase de réalisation.

9.2.1.4 Sensibilisation du public

Compte tenu du relativement faible niveau de protection apparent de la digue rive gauche du Rec de Veyret, il paraît nécessaire de renforcer la sensibilisation du public vis-à-vis de la vocation de protection des ouvrages constitutifs du système d'endiguement, dont le rôle a parfois été oublié du fait de l'absence de crue majeure récente et de ses autres usages.

Une telle campagne de sensibilisation pourrait, par exemple, prendre la forme de panneaux d'information disposés en des points stratégiques (bonne visibilité, lieu de passage, etc.) et ayant pour objectif de rappeler l'importance du maintien de l'intégrité de ces ouvrages.

9.2.1.5 Gestion du dossier d'ouvrage

Il est important de mettre à jour régulièrement les informations contenues dans le dossier d'ouvrage. Il est donc essentiel que toute nouvelle information concernant la digue soit convenablement enregistrée dans la base de données.

9.2.1.6 Exercices

Compte tenu de la faible fréquence des phénomènes susceptibles d'occasionner le déclenchement des différents plans et procédures de gestion des risques, il est indispensable de réaliser des exercices pour les évaluer régulièrement et les faire évoluer en tant que de besoin.

9.2.2 Mesures à mettre en œuvre sur le territoire

9.2.2.1 Mise en sécurité des populations du val

Au-delà du niveau de sûreté du système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche, la probabilité de rupture de la digue ne peut plus être considérée comme négligeable (Q2). Une mise en sécurité préventive de la population potentiellement exposée au danger est à envisager, par exemple sous la forme d'une évacuation comme prévu au PCS.

9.2.2.2 Plans communaux de sauvegarde

Comme évoqué au chapitre 4.2 et conformément à la loi du 13 août 2004 relative à l'organisation de la sécurité civile, les communes exposées au risque inondation ont mis en œuvre un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) à l'échelle de leur territoire. À ce titre, elles doivent intégrer dans leur PCS toutes les dispositions existantes relatives à la sécurité des personnes face au risque de rupture de digues.

Les informations contenues dans la présente étude de dangers seront ainsi portées à la connaissance des Maires concernés pour une prise en compte dans leur PCS, notamment les résultats présentés aux chapitres 3 et 8. Il s'agira en l'occurrence d'informer les communes sur :

- l'étendue de la zone protégée,
- le niveau de protection apparent,
- le niveau de sûreté.

9.2.2.3 Plan de prévention du risque d'inondation

La présente étude de dangers a permis de définir le niveau de sûreté du système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche et de délimiter les zones de dangers et la zone de dissipation d'énergie liée aux brèches potentielles.

Ces résultats seront portés à la connaissance du Préfet et des élus en vue de la révision du PPRi actuellement approuvé et en vigueur sur le Rec de Veyret rive gauche, afin que soit mieux pris en compte le risque d'inondation lié à la présence du système d'endiguement.

9.2.2.4 Prévision des crues

Pour le Rec de Veyret, la prévision des crues se fait par alerte météorologique ou par la mesure du Niveau d'eau atteint au bassin du Cap de Pla.

9.3 REDUCTION DU RISQUE PAR DES MESURES SUR LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT

On distingue les mesures structurelles qui portent sur l'intégrité physique de la digue et visent à modifier le niveau de sûreté, des mesures fonctionnelles qui se rapportent à l'objectif de protection du système d'endiguement.

9.3.1 Mesures structurelles

L'étude de dangers a montré qu'il convenait d'apporter un certain nombre d'améliorations pour relever le niveau de sûreté actuel et ainsi rendre le système de digues fiable jusqu'aux premières surverses.

Dans ce but, les actions envisageables sont les suivantes :

- Traiter les zones affectées par la végétation ligneuse ancienne ou existante

La coupe au ras du sol de la végétation ligneuse n'est pas suffisante en soi, les racines restent en effet présentes dans le corps de la digue longtemps après la coupe de l'arbre. Au cours de la décomposition, elles laissent en effet place à un conduit. Il est nécessaire en conséquence :

- de restaurer l'étanchéité des tronçons de digue qui ont été affectés par de la végétation ligneuse, soit par colmatage des anciennes galeries des systèmes racinaires par coulis de bentonite introduit dans les galeries au moyen de tubes plongeurs, ou soit par mise en œuvre d'un écran étanche, soit en reconstruisant totalement le ou les talus concernés,

et/ou

- de se prémunir contre le risque d'érosion interne en mettant en œuvre au droit du talus côté val, une recharge en massif filtrant ;

- Renforcement du talus coté Rec en amont du seuil de l'autoroute qui présente un certain nombre d'indices de glissements.
- Reprofilage des talus côté val au droit des tronçons T4, T7, T2 et T12 avec comme objectif d'adoucir les pentes de talus à 2H/1V.
- Remettre en état le tronçon qui a fait l'objet de travaux non autorisés au droit de la déchèterie. Ces travaux doivent faire l'objet d'études spécifiques et doivent être réalisés dans les règles de l'art par une entreprise spécialisée dans ce type de travaux.

9.3.2 Mesures fonctionnelles

La digue rive gauche du Rec de Veyret protège des quartiers habités de Narbonne. Cette digue n'est pas prévue pour fonctionner et résister au déversement d'une crue centennale.

Préalablement à la définition de toute mesure fonctionnelle, il sera nécessaire de fixer le niveau de protection à atteindre pour l'ouvrage. Une étude spécifique sur ce sujet est recommandée.

Compte tenu du diagnostic de la digue et des études hydrauliques des différents scénarii de rupture, quel que soit le niveau de protection souhaité, la première mesure fonctionnelle consiste en l'aménagement d'une zone déversante en rive gauche sur la partie amont du Rec de Veyret. Cette zone déversante sera « résistante » à la surverse et sera calée à la cote de protection apparente à définir. Une zone déversante en vis-à-vis en rive droite pourrait également être nécessaire afin de maîtriser l'inondation du val en rive droite qui une fois plein a un impact sur les inondations en rive gauche.

La seconde mesure fonctionnelle pourra consister au confortement de la totalité de l'ouvrage pour le rendre résistant à la surverse.

Ces deux principes de confortement sont à mettre en relation avec les études antérieures réalisées par le bureau d'étude BG qui ont permis de définir un ensemble de mesures pour abaisser la ligne d'eau à Q100 :

- Création d'aménagements en amont pour laminer le débit sur les retenus suivantes :
 - Etangs de Montredon
 - Optimisation de Cap de Pla
 - Retenue de Bagatelle
 - Retenue d'Aussières
- Création d'aménagements hydrauliques du tronçon RN9 – A9 :
 - a) Supprimer le seuil en amont de l'autoroute A9
 - b) Porter la largeur du lit majeur sur le tronçon RN9-A9 à 25 m (b1) ou 28 m (b2)
 - c) Approfondir le lit sur le tronçon RN9-A9
 - d) Déverser en rive gauche à l'aval de l'autoroute A9
 - e) Accroître la capacité du pont de la Cafforte (e1) ou le supprimer (e2)
 - f) Recalibrer le pont de la route de Lunes (f1) et ajouter un ponceau (f2)
 - g) Supprimer la passerelle St-Crescent
 - h) Recalibrer le pont RN9 (h1) ou ajouter un ponceau (h2)
 - i) Nivelier par le haut la digue en rive gauche

Seule la prise en compte de tous ces aménagements permet d'abaisser suffisamment la ligne d'eau afin de protéger les quartiers au Nord du Rec de Veyret à la Q100. On notera parmi ces aménagements le nivellement par le haut de la digue en rive gauche qui va modifier légèrement la géométrie de la digue actuelle.

9.4 REDUCTION DU RISQUE EN AMELIORANT LES CONNAISSANCES ET LES METHODES

Malgré l'important volume de données traitées et la mise au point de méthodologies spécifiques pour la réalisation de l'étude de dangers du Rec de Veyret rive gauche, certains phénomènes physiques associés aux digues et certaines caractéristiques des ouvrages demeurent mal connus et restent donc une source d'incertitude vis-à-vis des résultats produits.

Un travail visant à apporter des réponses à ces interrogations doit donc être conduit. Un tel travail dépasse cependant le cadre de cette étude et doit s'inscrire dans une réflexion plus globale.

Il peut concerner les points suivants :

- Amélioration de la connaissance des phénomènes :
 - Connaissance de l'hydrologie du Rec de Veyret,
 - Connaissance des phénomènes induits par le changement climatique,
 - Connaissance de la formation des brèches,
 - Connaissance du phénomène d'érosion interne dans les digues,
 - Connaissances et méthodes d'analyse de risques ;
- Amélioration de la connaissance des ouvrages :
 - Connaissance historique des digues,
 - Connaissance du système d'endiguement,
 - Connaissance précise de la topographie des digues,
 - Connaissance géotechnique des digues,
 - Connaissance des ouvrages traversant la digue,
 - Connaissance des formations sous-jacentes (notamment les horizons de fondation).

9.5 CONCLUSIONS SUR L'ETUDE DE REDUCTION DU RISQUE

Au regard des résultats de l'évaluation du système de digues et de l'analyse de risques, il apparaît indispensable de maintenir et de renforcer les actions d'entretien, de gestion, de surveillance et de confortement du système de protection afin de réduire le risque d'inondation par défaillance hydraulique ou structurelle.

Parmi les mesures listées ci-dessus, il est identifié certaines qui sont jugées comme prioritaires afin de réduire les risques au niveau de :

- la vulnérabilité, par des interventions liées à la prévention et à la gestion du risque,
- l'aléa, par l'amélioration structurelle et/ou fonctionnelle du système de protection.

Concernant le système d'endiguement du Rec de Veyret rive gauche, les principales préconisations de la présente étude de dangers sont :

- l'intégration et la prise en compte des résultats de l'étude de dangers, et notamment des scénarios de défaillance établis, dans le PCS. Il s'agira notamment d'établir une mise en sécurité des personnes, si possible de manière préventive, afin de réduire la gravité des scénarios,
- la réalisation de travaux en vue de réduire la probabilité de rupture par érosion interne en continuant l'entretien de la digue par un débroussaillage régulier et en créant des recharges drainantes coté val pour les tronçons les plus exposés.
- la réalisation de travaux en vue de réduire la probabilité de rupture par glissement en renforçant les talus coté rive par enrochement en amont du seuil de l'A9.

- la création d'une zone déversante résistante à la surverse en amont du Rec de Veyret à la fois sur la digue rive gauche et la digue rive droite. Cette zone déversante sera calée au niveau de protection apparent.
- La réalisation de travaux permettant de rendre résistant à la surverse l'ensemble de la digue rive gauche.

Ces mesures permettent de réduire à la fois la gravité et la probabilité de chaque scénario, et ainsi de réduire leur criticité : risque préoccupant ou intolérable -> risque acceptable.

ANNEXES