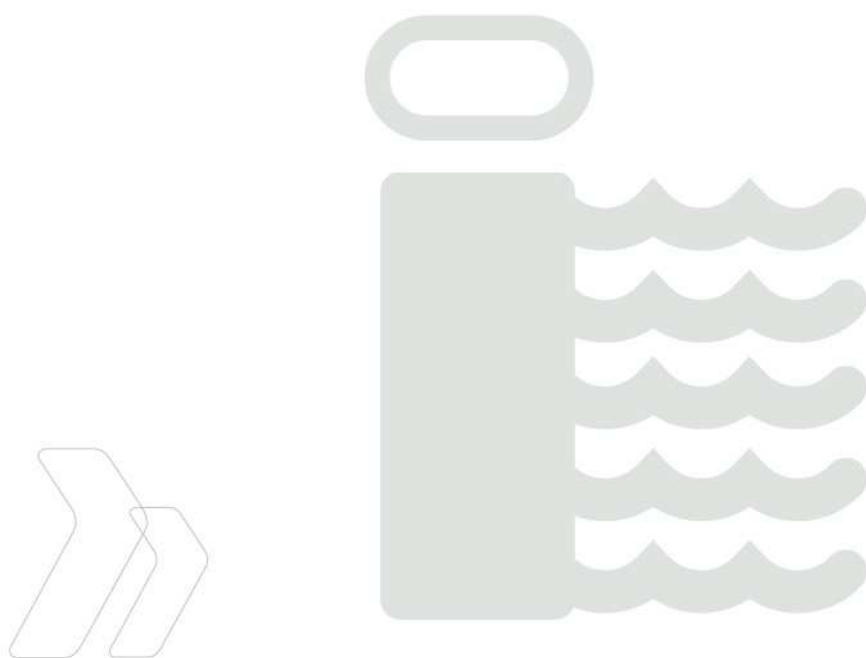


Infrastructures
Aménagements
hydrauliques



**Syndicat Mixte de Lutte
Contre les Inondations**

SYNDICAT MIXTE DE
LUTTE CONTRE LES
INONDATIONS

SYSTEMES D'ENDIGUEMENT DANS L'AGGLOMERATION
CAENNAISE

Rapport d'étude de dangers

CAEN-PRAIRIE

Rapport n° : 20F-201-RP-3

Révision n° : A

Date : 10/12/2021

Votre contact :
Olivier BARBET
barbet@isl.fr

Rapport

ISL Ingénierie SAS - PARIS
75 boulevard Mac Donald
75019 - Paris
FRANCE
Tel. : +33.1.55.26.99.99
Fax : +33.1.40.34.63.36

www.isl.fr

ISL
Ingénierie

Visa

Document actualisé le 10/12/2021.

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	10/12/2021	OBA	OBA	OBA	Version pour dépôt du dossier au 31 décembre 2021

OBA : BARBET Olivier

Rapport ISL
20F-201-RP-3
Revision A

<http://www.isl.fr/r.php?c=197090>



SOMMAIRE

0	CHAPITRE 0 : RESUME NON TECHNIQUE	3
0.1	CONTEXTE DE LA DEMANDE	3
0.2	LE DEMANDEUR	3
0.3	LA DEMANDE DE DECLARATION DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	3
0.3.1	SYSTEMES D'ENDIGUEMENTS SUR LE TERRITOIRE DE LA CU CAEN LA MER	3
0.3.2	SYSTEME D'ENDIGUEMENT CAEN-PRAIRIE	3
0.4	LE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE PROTECTION	5
0.4.1	FONCTIONNEMENT « NORMAL » - NIVEAU DE PROTECTION	5
0.4.2	SCENARIOS DE DEFAILLANCE	5
0.4.2.1	Défaillance fonctionnelle	5
0.4.2.2	Défaillance structurelle	6
1	CHAPITRE 1 : RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS	10
1.1	IDENTIFICATION DU GESTIONNAIRE	10
1.1.1	SYSTEME D'ENDIGUEMENT DE CAEN PRAIRIE	10
1.1.2	GESTIONNAIRE IDENTIFIE	10
1.2	IDENTIFICATION DE L'ORGANISME AGREE	10
1.3	RAPPEL DES AUTORISATIONS EXISTANTES	11
1.4	DATE DE REMISE OFFICIELLE DE L'EDD AU PREFET	12
1.5	AUTRES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES (ARTICLE R 562-18)	12
2	OBJET DE L'ETUDE	13
2.1	CADRE DANS LEQUEL L'EDD EST REALISEE	13
2.2	LISTE DES COMMUNES CONCERNEES PAR LA ZONE PROTEGEE ET SES EVENTUELLES SOUS-PARTIES	14
2.3	LOCALISATION EN PLAN DES LIMITES DE LA ZONE PROTEGEE ET DE SES EVENTUELLES SOUS PARTIES	14
2.4	LOCALISATION EN PLAN ET LA DESCRIPTION SOMMAIRE DES OUVRAGES CONCERNES	15
2.4.1	LOCALISATION	15
2.4.2	DESCRIPTION SOMMAIRE DES OUVRAGES	16
2.4.2.1	Boulevard Y. Guillou	16
2.4.2.2	Boulevard A. Briand	16

2.4.2.3	Cours de Gaulle	16
---------	-----------------	----

3 DESCRIPTION PRECISE DE LA ZONE PROTEGEE, DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT, DE SON ENVIRONNEMENT ET DE SES FONCTIONS DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS ET LES SUBMERSIONS

3.1	ZONE PROTEGEE	17
3.1.1	CARTOGRAPHIES	17
3.1.2	COMMUNES DE LA ZONE PROTEGEE	18
3.1.3	COMMUNES RELEVANT DE L'AUTORITE COMPETENTE POUR LA PREVENTION DES INONDATIONS	18
3.1.4	DEFINITION DE LA ZONE PROTEGEE	19
3.1.4.1	Estimation de la population protégée	19
3.1.4.2	Estimation du nombre de salariés dans la zone protégée	20
3.1.4.3	Estimation du nombre de personnes dans les établissements recevant du public (ERP)	21
3.1.4.4	Synthèse – population protégée totale	22
3.2	DESCRIPTION DES CONDITIONS NATURELLES POUVANT CONDUIRE A DES CRUES OU DES TEMPETES ET DES CONDITIONS DE FONDATION DES OUVRAGES ET DES SOLlicitATIONS S'EXERÇANT SUR CES FONDATIONS	22
3.2.1	SYNTHESE DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE	22
3.2.1	SYNTHESE DE L'ETUDE GEOLOGIQUE	23
3.3	DESCRIPTION DES ELEMENTS COMPOSANT LE SYSTEME DE PROTECTION ET LEURS FONCTIONS HYDRAULIQUES	23
3.3.1	CELLULE HYDRO-SEDIMENTAIRE CONCERNEE	23
3.3.2	ELEMENTS CONSTITUANT LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT	23
3.3.2.1	Boulevard Y. Guillo	24
3.3.2.2	Boulevard A. Briand	42
3.3.2.3	Cours de Gaulle	48
3.4	ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT, ANALYSE DES RISQUES DE RUPTURE, NIVEAU DE PROTECTION, ANALYSE DE L'ORGANISATION DU GESTIONNAIRE ET GESTION EN SITUATION DE CRUE OU DE TEMPETE	71
3.4.1	DONNEES HISTORIQUES	71
3.4.2	ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	71
3.4.2.1	Boulevard Yves Guillo	72
3.4.2.2	Boulevard Aristide Briand	73
3.4.2.3	Cours de Gaulle	74

3.4.3	ANALYSE DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES COMPLEMENTAIRES	74
3.4.4	NIVEAU DE PROTECTION DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	75
3.4.5	ANALYSE DES SITUATIONS DEPASSANT LE NIVEAU DE PROTECTION	75
3.4.6	ANALYSE DE L'ORGANISATION DU GESTIONNAIRE	75
4	CHAPITRE 4 : CARACTERISATION DES ALEAS	78
4.1	HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE ET MORPHODYNAMIQUE GLOBALE DU COURS D'EAU OU DU SECTEUR HYDROSEDIMENTAIRE MARITIME	78
4.1.1	HYDRODYNAMIQUE GENERALE EN BAIE DE SEINE	78
4.1.2	MORPHODYNAMIQUE GENERALE EN BAIE DE SEINE	79
4.2	HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE ET MORPHODYNAMIQUE LOCALE	81
4.2.1	HYDROLOGIE – LES CRUES DE L'ORNE	81
4.2.1.1	Ajustement statistique des débits de crues à la station de May-sur-Orne	81
4.2.1.2	Estimation des fréquences rares – méthode du Gradex	83
4.2.1.3	Application au bassin versant à Caen	83
4.2.2	MORPHODYNAMIQUE LOCALE	85
4.3	EMBACLES ET LEURS EFFETS POTENTIELS	85
4.4	TRANSPORTS SEDIMENTAIRES	85
4.5	SEISMES ET AUTRES PHENOMENES GEOLOGIQUES	86
4.5.1	CONTEXTE GEOLOGIQUE	86
4.5.2	SEISMES	86
4.5.3	TSUNAMI	88
5	CHAPITRE 5 : DESCRIPTION DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	90
5.1	OUVRAGES EXISTANTS	90
5.1.1	BOULEVARD Y. GUILLOU	91
5.1.2	BOULEVARD A. BRIAND	109
5.1.3	COURS DE GAULLE	115
5.2	OUVRAGES A CONSTRUIRE OU A MODIFIER	138
5.2.1	BATARDEAUX	138
5.2.2	MERLONS DE TERRE	138
5.2.3	SYNTHESE	139
5.3	DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	143
5.3.1	BOULEVARD YVES GUILLOU	143
5.3.2	BOULEVARD ARISTIDE BRIAND	146

5.3.3	COURS DE GAULLE	148
6	CHAPITRE 6 : RETOUR D'EXPERIENCE CONCERNANT LA ZONE PROTEGEE ET LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT	153
6.1	INCIDENTS ET ACCIDENTS CONNUS SUR LES OUVRAGES COMPOSANT LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT	153
6.1.1	CRUE DE DECEMBRE 1925	153
6.1.2	CRUES DE JANVIER 1995 ET DE JANVIER 2001	154
6.1.3	CRUES APRES LES TRAVAUX DE PROTECTION MENES PAR LE SMLI DE LA VALLEE DE L'ORNE	154
6.1.4	CARACTERISTIQUES DES CRUES HISTORIQUES SIGNIFICATIVES	155
6.2	ACCIDENTOLOGIE GENERALE DES DIGUES EN REMBLAI	155
6.2.1.1	Rupture par surverse	156
6.2.1.2	Rupture par érosion externe	156
6.2.1.3	Rupture par érosion interne	157
6.2.1.4	Rupture par instabilité	160
7	CHAPITRE 7 : DIAGNOSTIC APPROFONDI DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT ET TENUE DES OUVRAGES	162
7.1	STRUCTURE ET CARACTERISTIQUE DES OUVRAGES	162
7.1.1	BOULEVARD Y. GUILLOU	162
7.1.1.1	Aperçu général	162
7.1.1.2	Géométrie et structure	164
7.1.2	BOULEVARD A. BRIAND	179
7.1.2.1	Aperçu général	179
7.1.2.2	Géométrie et structure	181
7.1.3	COURS DE GAULLE	186
7.1.3.1	Aperçu général	186
7.1.3.2	Géométrie et structure	188
7.1.3.3	Caractéristiques géotechniques	192
7.1.3.4	Etat	194
7.1.4	OUVRAGES TRAVERSANTS	197
7.1.4.1	Boulevard Yves Guillou	197
7.1.4.2	Boulevard Aristide Briand	197
7.1.4.3	Cour de Gaulle	198
7.2	STRUCTURE ET CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS NATURELS	200

7.3	PERFORMANCES DES ELEMENTS DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT – METHODOLOGIE	201
7.3.1	GENERALITES	201
7.3.2	CARACTERISATION DES SCENARIOS ETUDIES	202
7.3.2.1	Rupture par surverse	202
7.3.2.2	Rupture par érosion interne	204
7.3.2.3	Rupture par glissement	206
7.3.2.4	Rupture par érosion externe côté Orne	207
7.3.2.5	Rupture de mur béton	207
7.4	PERFORMANCES DES ELEMENTS DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	209
7.4.1	DEFINITION DES SCENARIOS DE DEFAILLANCE	209
7.4.2	DEFINITION DES SOLLICITATIONS	209
7.4.3	ANALYSE DE LA PERFORMANCE PAR SCENARIO DE RUPTURE	210
7.4.3.1	CP1 – rupture par surverse	210
7.4.3.2	Co2 – rupture par érosion interne	212
7.4.3.3	CP3 – rupture par glissement de talus côté terre	213
7.4.3.4	CP4 – rupture par glissement de talus côté Orne	213
7.4.3.5	CP5 – rupture des murettes (GBA) et jardinières	214
7.4.3.6	Synthèse – niveau de sûreté et niveau de danger	217
7.5	PERFORMANCES DES ELEMENTS NATURELS – MASSIF DUNAIRE	218
7.6	DEFINITION DES NIVEAUX DE PROTECTION	218
8	CHAPITRE 8 : ETUDE DES RISQUES DE VENUES D'EAU DANS ET EN DEHORS DE LA ZONE PROTEGEE	219
8.1	PREAMBULE	219
8.2	SCENARIO 1 : FONCTIONNEMENT NOMINAL DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	219
8.3	SCENARIO 2 : DEFAILLANCE FONCTIONNELLE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	220
8.3.1	SCENARIO 2-F-A	221
8.3.2	SCENARIO 2-F-B	222
8.3.2.1	Scénario 2-F-c	224
8.3.3	SCENARIO 3 : DEFAILLANCE STRUCTURELLE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT	225
8.3.3.1	Scénario 3-F-d - GUI	225
8.3.3.2	Scénario 3-F-d - BRI	226

9	PRESENTATION ET ANALYSE DE L'ORGANISATION MISE EN PLACE PAR LE GESTIONNAIRE POUR L'EXERCICE DE SES MISSIONS	227
9.1	DESCRIPTION DES MOYENS MIS EN PLACE POUR LA SURVEILLANCE ET L'ENTRETIEN COURANT AVEC L'OBJECTIF DE PROTECTION GARANTI	227
9.2	RECOMMANDATIONS DE L'ORGANISME AGREE QUI REALISE L'ETUDE DE DANGERS	227
9.2.1	RECOMMANDATIONS POUR LA SURVEILLANCE ET L'ENTRETIEN	227
9.2.1.1	Dispositions relatives à la surveillance de l'ouvrage en période d'exploitation normale	228
9.2.1.2	Dispositions relatives à la surveillance de l'ouvrage en période de crue/tempête	228
9.2.2	RAPPEL DES RECOMMANDATIONS DE LA VISITE TECHNIQUE APPROFONDIE	228
10	CHAPITRE 10 : CARTOGRAPHIE	229
10.1	CARTES ADMINISTRATIVES	229
10.2	CARTES DES VENUES D'EAU	229
11	BIBLIOGRAPHIE	230

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 ARRETES PREFECTORAUX DE CLASSEMENT ET DE RECONNAISSANCE D'EXISTENCE

ANNEXE 2 ETUDE HYDRAULIQUE

TABLE DES FIGURES

Figure 0-1 : carte des ouvrages du système de protection et de la zone protégée.	4
Figure 0-2 : carte des venues d'eau possibles jusqu'au niveau de protection et avec défaillances des ouvrages annexes.	6
Figure 0-3 : carte des venues d'eau possibles au-delà du niveau de protection et avec rupture des ouvrages.	7
Figure 2-1 : délimitation de la zone protégée – Caen-Prairie.	14
Figure 2-2 : carte de situation générale des ouvrages constituant le système d'endiguement.	15
Figure 2-3 : carte de localisation des ouvrages constituant le système d'endiguement.	16
Figure 3-1 : limites administratives de la Communauté urbaine Caen la mer et situation de la zone protégée au sein du territoire de Caen la mer.	17

Figure 3-2 : délimitation de la zone protégée.	18
Figure 3-3 : enjeux habitats et populations dans la zone protégée.	20
Figure 4-1 : bassin versant de l'Orne.	81
Figure 4-2 : ajustement à une loi de Gumbel des débits de crues à la station de May-sur-Orne.	82
Figure 4-3 : débits de pointe des crues fréquentes à la station de May-sur-Orne.	82
Figure 4-4 : débits de pointe de l'Orne à May-sur-Orne.	83
Figure 4-5 : débits de pointe de l'Orne à Caen.	84
Figure 4-6 : hydrogrammes de crues de l'Orne à Caen.	84
Figure 4-7 : contexte géologique (extrait de la carte géologique de France au 1/50 000 ^{ème} , feuille de Caen éditée par le BRGM (source : Infoterre)).	86
Figure 5-1 : synoptique de montage des batardeaux – Caen-Prairie.	141
Figure 5-2 : localisation des brèches du système d'endiguement Caen-Prairie.	142
Figure 6-1 : extrait des cartographies établies dans le cadre du TRI (cf. (DREAL Basse-Normandie, septembre 2014)).	154
Figure 6-2 : maxima annuels de débits enregistrés aux stations de Thury-Harcourt et May-sur-Orne sur l'Orne.	155
Figure 6-3 : Mécanisme de rupture par surverse.	156
Figure 6-4 : Rupture de digue par surverse du Vidourle à Marsillargues lors de la crue de septembre 2002 (source : mairie de Marsillargues).	156
Figure 6-5 : Mécanisme de rupture par érosion externe.	156
Figure 6-6 : Mobilité fluviale du Var ayant "emporté" un linéaire de la digue de Guillaumes (source : ONF Alpes Maritimes)	157
Figure 6-7 : Illustration d'un chablis sur la digue de l'Agly Maritime (ISL, 2019)	157
Figure 6-8 : Illustration de la suffusion	158
Figure 6-9 : Illustration de l'érosion régressive	158
Figure 6-10 : Illustration de l'érosion de conduit	158
Figure 6-11 : Illustration de l'érosion de contact	158
Figure 6-12 : Mécanisme de rupture par érosion interne Erreur ! Source du renvoi introuvable.	159
Figure 6-13 : Dignes de l'Agly – Erosion de talus et débouché du fontis (source : ISL)	159
Figure 6-14 : Renard le long d'une conduite sur la digue de Cuxac-d'Aude lors de la crue de novembre 1999 (source : IRSTEA), ayant occasionné un écoulement de plusieurs centaines de litres secondes à travers la digue - brèche en cours de formation	159
Figure 6-15 : Fontis dans la digue de la station INRA de Saint Pée sur Nivelle (source : ISL)	160
Figure 6-16 : Glissement superficiel affectant un corps de digue en terre.	160
Figure 6-17 : Glissement rotationnel profond affectant un corps de digue en terre et sa fondation.	161
Figure 6-18 : Illustration des différents modes de rupture associés à un mur posé sur une digue en remblai.	161
Figure 7-1 : profils du tronçon GUI_01.	164

Figure 7-2 : altimétrie le long du tronçon GUI_01 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	165
Figure 7-3 : altimétrie le long du tronçon GUI_02 et GUI_03 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	166
Figure 7-4 : profils du tronçon GUI_04.	167
Figure 7-5 : altimétrie le long du tronçon GUI_04 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	167
Figure 7-6 : profils du tronçon GUI_05.	168
Figure 7-7 : vue d'ensemble de la murette et mur de soutènement au débouché du canal.	168
Figure 7-8 : illustration des fissurations observées.	169
Figure 7-9 : profil-type des murettes.	169
Figure 7-10 : altimétrie le long du tronçon GUI_05 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	170
Figure 7-11 : profils du tronçon GUI_06.	171
Figure 7-12 : illustration des fissurations observées.	171
Figure 7-13 : photo du montage de la protection amovible lors de l'essai de juillet 2005.	171
Figure 7-14 : altimétrie le long du tronçon GUI_06 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	172
Figure 7-15 : profils du tronçon GUI_07.	173
Figure 7-16 : illustration des fissurations observées.	173
Figure 7-17 : profil-type des murettes.	174
Figure 7-18 : altimétrie le long du tronçon GUI_07 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	175
Figure 7-19 : profils du tronçon GUI_08.	176
Figure 7-20 : vues d'ensemble.	176
Figure 7-21 : photo du montage de la protection amovible lors de l'essai de juillet 2005.	176
Figure 7-22 : altimétrie le long du tronçon GUI_08 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	177
Figure 7-23 : profils du tronçon GUI_09.	177
Figure 7-24 : vues d'ensemble de la murette.	178
Figure 7-25 : profil-type des murettes.	178
Figure 7-26 : altimétrie le long du tronçon GUI_09 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	179
Figure 7-27 : profil en long – boulevard A. Briand.	180
Figure 7-28 : profils du tronçon BRI_01.	181
Figure 7-29 : altimétrie le long du tronçon BRI_01 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).	182
Figure 7-30 : profils du tronçon BRI_02.	182
Figure 7-31 : vue d'ensemble de la murette et mur de soutènement du talus côté hippodrome.	183

Figure 7-32 : avaloir en pied de murette. _____	183
Figure 7-33 : profil-type des murettes. _____	184
Figure 7-34 : altimétrie le long du tronçon BRI_02 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection). _____	184
Figure 7-35 : profils du tronçon BRI_03. _____	185
Figure 7-36 : altimétrie le long du tronçon BRI_03 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection). _____	185
Figure 7-37 : profil en long – cours de Gaulle. _____	187
Figure 7-38 : profils-type cours de Gaulle. _____	188
Figure 7-39 : coupe-type des jardinières. _____	189
Figure 7-40 : vues des protections. _____	190
Figure 7-41 : montage des protections amovibles lors de l'essai de juillet 2005. _____	191
Figure 7-42 : altimétrie le long du cours de Gaulle (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection). _____	192
Figure 7-43 : localisation des sondages de la base sous-sol. _____	193
Figure 7-44 : Localisation de l'ouvrage traversant – Boulevard Y. Guillou _____	197
Figure 7-45 : Ouvrages traversants relevés sur le Boulevard Y. Guillou _____	197
Figure 7-46 : Localisation de l'ouvrage traversant – Boulevard A. Briand _____	198
Figure 7-47 : Ouvrage traversant relevé sur le Boulevard A. Briand _____	198
Figure 7-48 : Localisation des ouvrages traversants – Cours De Gaulle _____	199
Figure 7-49 : Ouvrages traversants relevés sur le Cours De Gaulle _____	199
Figure 7-50 : mur de soutènement du talus le long du tronçon BRI_02, la murette est visible en arrière-plan. _____	213
Figure 8-1: définition des venues d'eau pour la représentation cartographique. _____	219
Figure 8-2 : carte des venues d'eau – scénario 1. _____	220
Figure 8-3 : carte des venues d'eau – scénario 2. _____	221
Figure 8-4 : carte des venues d'eau – scénario 2. _____	222
Figure 8-5 : carte des venues d'eau – scénario 2. _____	224
Figure 8-6 : carte des venues d'eau – scénario 3 – brèche boulevard Guillou. _____	225
Figure 8-7 : carte des venues d'eau – scénario 3 – brèche boulevard Briand. _____	226

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 0-1 : proposition de niveau de protection – Caen-Prairie.	5
Tableau 1-1 : éléments constituant le système d'endiguement – Caen.	10
Tableau 1-2 : renseignements administratifs – ouvrages de Caen Prairie.	11

Tableau 2-1 : cadre de l'étude de dangers.....	13
Tableau 2-2 : liste des communes concernées par la zone protégée.....	14
Tableau 3-1 : liste des communes de la Communauté Urbaine Caen la mer.....	19
Tableau 3-2 : principaux établissements employeurs dans la zone protégée.....	21
Tableau 3-3 : principaux établissements employeurs dans la zone protégée.....	22
Tableau 3-4 : débits de pointe de l'Orne à Caen.....	22
Tableau 3-5 : hauteurs d'eau de différentes périodes de retour à l'échelle d'annonce des crues de Thury-Harcourt.....	23
Tableau 3-6 : Analyse fonctionnelle générale – boulevard Yves Guillou.....	72
Tableau 3-7 : Analyse fonctionnelle générale – boulevard Aristide Briand.....	73
Tableau 3-8 : Analyse fonctionnelle générale – cours de Gaulle.....	74
Tableau 3-9 : proposition de niveau de protection – Caen-Prairie.....	75
Tableau 4-1 : courant pendant un cycle de marée en Manche (GEOMER – MIMEL / DREAL de basse-Normandie, 2010).....	78
Tableau 4-2 : transit sédimentaire le long des côtes normandes (EDF R&D - LCHF, 1986).....	80
Tableau 4-3 : zonage sismique de la France.....	87
Tableau 4-4 : épicerie des séismes observés entre 1962 et 2009 à proximité de la zone d'étude. La couleur des points figure la magnitude du séisme (source : www.franceseisme.fr).....	88
Tableau 4-5 : liste des tsunamis observés sur les côtes de Normandie.....	88
Tableau 4-6 : tsunamis constatés sur les côtes de France.....	88
Tableau 4-7 : liste de faux tsunamis sur les côtes de Normandie.....	89
Tableau 5-1 : synthèse des ouvrages provisoires à mettre en place lors de l'alerte.....	140
Tableau 5-2 : Analyse fonctionnelle générale – boulevard Yves Guillou.....	143
Tableau 5-3 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST1.....	144
Tableau 5-4 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST2.....	144
Tableau 5-5 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST3.....	144
Tableau 5-6 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST4.....	144
Tableau 5-7 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST5.....	145
Tableau 5-8 : Analyse fonctionnelle générale – boulevard Aristide Briand.....	146
Tableau 5-9 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd A. Briand – ST1.....	147
Tableau 5-10 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd A. Briand – ST2.....	147
Tableau 5-11 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd A. Briand – ST3.....	147
Tableau 5-12 : Analyse fonctionnelle générale – cours de Gaulle.....	148
Tableau 5-13 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST1.....	148
Tableau 5-14 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST2.....	149
Tableau 5-15 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST3.....	149
Tableau 5-16 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST4.....	149

Tableau 5-17 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST5.....	150
Tableau 5-18 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST6.....	150
Tableau 5-19 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST7.....	150
Tableau 5-20 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST8.....	151
Tableau 5-21 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST9.....	151
Tableau 5-22 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST10.....	151
Tableau 5-23 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST11.....	152
Tableau 6-1 : caractéristiques des principales crues historiques.....	155
Tableau 7-1 : typologie des tronçons du boulevard Y. Guillou.....	162
Tableau 7-2 : localisation des tronçons le long du boulevard Y. Guillou.....	163
Tableau 7-3 : profil en long – boulevard Y. Guillou.....	163
Tableau 7-4 : typologie des tronçons du boulevard A. Briand.....	179
Tableau 7-5 : localisation des tronçons le long du boulevard A. Briand.....	180
Tableau 7-6 : typologie des tronçons du cours de Gaulle.....	186
Tableau 7-7 : localisation des tronçons le long du cours de Gaulle.....	187
Tableau 7-8 : caractéristiques géologiques des sondages de la base sous-sol.....	193
Tableau 7-9 : synthèse des désordres – bvd Y. Guillou.....	194
Tableau 7-10 : synthèse des désordres – bvd A. Briand.....	195
Tableau 7-11 : synthèse des désordres – cours de Gaulle.....	196
Tableau 7-12 : présentation de la méthode multi-scénario (<i>P</i> désigne la probabilité de rupture).....	201
Tableau 7-13 : rappel des différents niveaux caractéristiques à définir.....	201
Tableau 7-14 : approche à dire d'expert basée sur le retour d'expérience.....	202
Tableau 7-15 : mécanisme de rupture par érosion externe côté terre.....	202
Tableau 7-16 : grille de résistance à la surverse en fonction de la nature des ouvrages.....	203
Tableau 7-17 : mécanisme de rupture par érosion interne.....	204
Tableau 7-18 : gradients critiques d'érosion selon Bligh (1927) et Lane (1935).....	205
Tableau 7-19 : appréciation du gradient moyen (<i>H</i> en m et <i>L</i> en m).....	205
Tableau 7-20 : grille de résistance à l'érosion interne.....	206
Tableau 7-21 : mécanisme de rupture par glissement.....	206
Tableau 7-22 : mécanisme de rupture par érosion externe côté fleuve ou côté mer.....	207
Tableau 7-23 : scénarios de rupture et d'inondation – Caen-Prairie.....	209
Tableau 7-24 : définitions des sollicitations – Caen-Prairie.....	210
Tableau 7-25 : probabilité de rupture par surverse.....	211
Tableau 7-26 : facteurs correctifs appliqués.....	212
Tableau 7-27 : probabilité de rupture par érosion interne.....	213
Tableau 7-28 : probabilité de rupture du mur en béton.....	214

Tableau 7-29 : probabilité de rupture des murettes et jardinières - traction.	215
Tableau 7-30 : probabilité de rupture du mur en béton.....	216
Tableau 7-31 : probabilité de rupture des murettes et jardinières - cisaillement.	216
Tableau 7-32 : définition des niveaux de sûreté et de danger pour le système d'endiguement de Caen-Prairie.....	217
Tableau 7-33 : proposition de niveau de protection – Caen-Prairie.	218

|

RESUME NON TECHNIQUE

0 CHAPITRE 0 : RESUME NON TECHNIQUE

0.1 CONTEXTE DE LA DEMANDE

L'objet de cette note est de présenter les documents de l'autorisation unique environnementale de déclaration du système d'endiguement dit de Caen-Prairie contre les inondations de l'Orne.

Cette autorisation a pour objet de déclarer le système d'endiguement pour la protection contre les inondations de l'Orne.

Cette autorisation répond à l'article R562-13 du Code de l'Environnement.

0.2 LE DEMANDEUR

La loi du 27 janvier 2014 de Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles (MAPTAM) délègue la compétence GEMAPI aux intercommunalités.

La Communauté Urbaine Caen la mer (CUCLM) a pris en charge la compétence Gemapi pour la prévention des inondations et la gestion du trait de côte au 1^{er} janvier 2018.

Par convention relative à l'exercice de la compétence GEMAPI en date du 21 février 2020, le Département du Calvados et la CU Caen la mer, tous deux membres du SMLCI, ont formalisé le transfert de compétence GEMAPI au SMLCI pour les ouvrages dont le SMLCI est propriétaire et/ou le gestionnaire « historique ».

Le Syndicat Mixte de Lutte Contre Les Inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant (SMLCI) est donc le demandeur de la présente autorisation.

0.3 LA DEMANDE DE DECLARATION DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

0.3.1 SYSTEMES D'ENDIGUEMENTS SUR LE TERRITOIRE DE LA CU CAEN LA MER

La CUCLM a identifié sur son territoire plusieurs ouvrages de protection contre les inondations de l'Orne et contre les submersions marines devant être classés en systèmes d'endiguement. Ces ouvrages peuvent être regroupés en systèmes d'endiguement (ou sous-systèmes) :

- Colombelles ;
- Canal-littoral ;
- Montalivet ;
- Caffarelli ;
- Caen-Prairie ;
- Fleury-sur-Orne ;
- Louvigny.

La présente demande concerne l'autorisation du système d'endiguement dit « Caen-Prairie » contre les inondations de l'Orne.

La demande d'autorisation est portée par le **Syndicat Mixte de Lutte Contre les Inondations (SMLCI)**.

0.3.2 SYSTEME D'ENDIGUEMENT CAEN-PRAIRIE

Les murettes (GBA) des boulevards Y. Guillou et A. Briand, ainsi que les jardinières du cours de Gaulle, ont été classées au titre de la sécurité des ouvrages hydrauliques en classe D (décret de 2007).

Le dispositif, présentant des ouvertures (appelées « brèches ») pour la circulation des véhicules et des personnes, est complété par des dispositifs amovibles, de types batardeaux ou de types merlons en terre.

Pour protéger le territoire contre les inondations de l'Orne, le système de protection est défini suivant trois secteurs : boulevard Yves Guillou, boulevard Aristide Briand et cours de Gaulle (d'amont en aval). Pour les besoins de l'étude, chacun de ces secteurs a été décomposé en tronçons homogènes : au total, 24 tronçons ont été délimités.

Des ouvrages contributifs sont présents pour assurer le bon fonctionnement du système. L'ouvrage principal est la vanne Guillou situé sur l'Odon et qui permet de réguler le débit dans le canal de l'Odon. Les autres ouvrages sont des émissaires pluviaux.

Ce système d'endiguement a pour vocation de protéger un territoire contre les inondations de l'Orne ; ce territoire est appelé « **zone protégée** ».

La zone protégée définie s'étend sur 92,8 ha sur la commune de Caen. Elle correspond aux terrains qui pourraient être inondés si l'on considérait l'absence des digues.

La population exposée est estimée à **46 535 personnes [31 218 ; 61 064]** dans cette zone.

La carte suivante présente cette zone protégée et les ouvrages du système de protection.

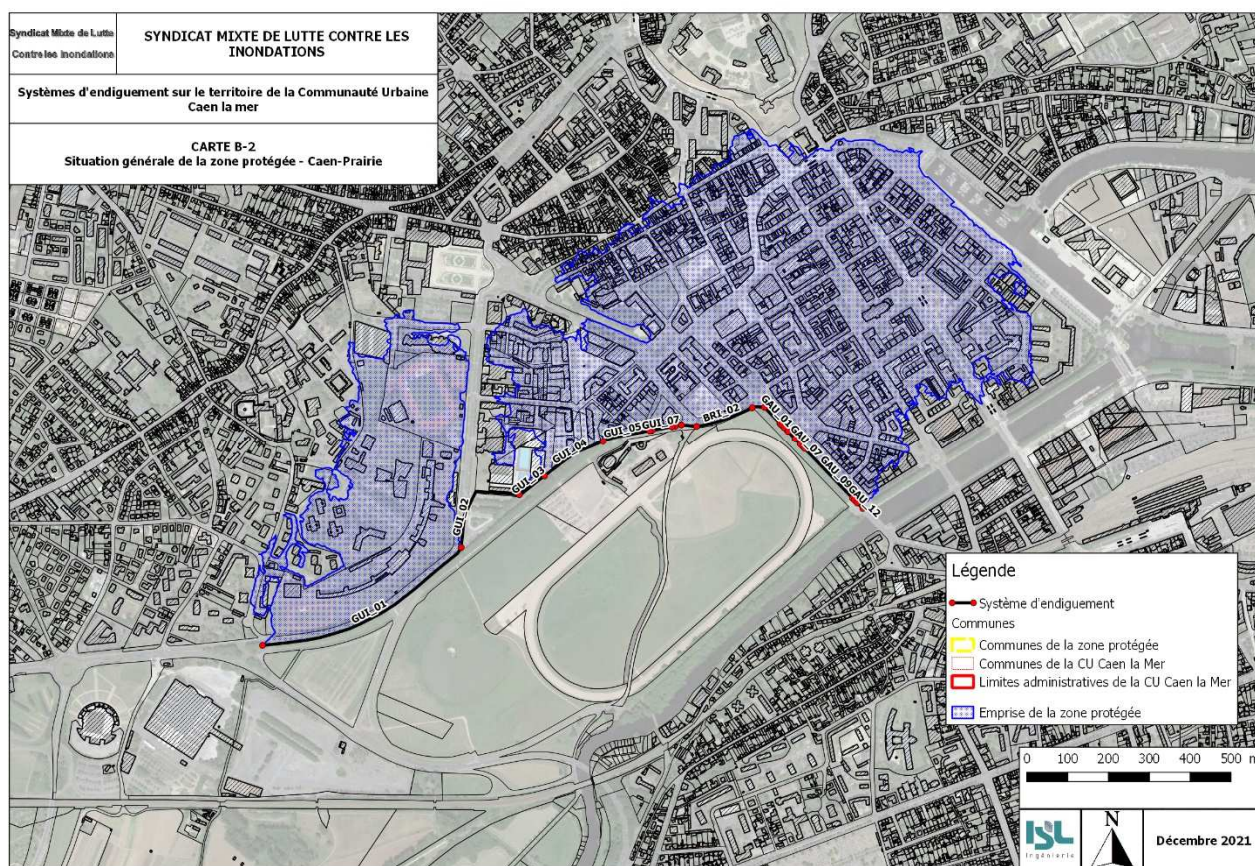


Figure 0-1 : carte des ouvrages du système de protection et de la zone protégée.

Le gestionnaire du système d'endiguement, le SMLCI, s'engage à assurer la surveillance et l'entretien des ouvrages intégrant le système. Il est propriétaire des ouvrages, ou bien a reçu la délégation pour assurer ses missions.

Le SMLCI s'appuie sur la commune de Caen pour assurer la surveillance des ouvrages. Les différents protocoles sont définis dans des consignes de surveillance.

Avec la déclaration en système d'endiguement, le gestionnaire s'engage sur un niveau de protection. C'est-à-dire qu'il définit d'eau de l'Orne en crue jusqu'auquel les digues sont en mesure d'empêcher toute inondation dans la zone protégée. Si ce niveau est dépassé, cela veut dire que les eaux de l'Orne peuvent passer sur les digues et inonder la zone protégée, ou qu'il y a un risque de rupture d'une digue.

Dans ce cas, le gestionnaire informe les mairies qui assurent l'alerte des personnes selon les mesures définies dans le Plan Communal de Sauvegarde (PCS).

0.4 LE FONCTIONNEMENT DU SYSTEME DE PROTECTION

0.4.1 FONCTIONNEMENT « NORMAL » - NIVEAU DE PROTECTION

Le niveau de protection retenue par le gestionnaire est défini par un niveau d'eau de l'Orne mesurable au niveau de la station d'annonce de crue du pont de Vaucelles à Caen.

Ce niveau est défini à 5,8 mNGF, qui correspond au niveau atteint pour la crue de référence du PPRI de la basse vallée de l'Orne.

Le tableau suivant précise la définition de ce niveau de protection :

Caen-Prairie	
Lieu de mesure	Echelle de crue du pont de Vaucelles
Niveau correspondant au point de mesure	5,7 m lu à l'échelle ~5,8 mNGF
Niveau de protection au droit des ouvrages	6,5 mNGF
Qui correspond à un évènement type	Crue de l'Orne de période de retour environ 100 ans, équivalent à l'évènement de référence du PPRI basse vallée de l'Orne
Incertitude prise en compte	20 cm

Tableau 0-1 : proposition de niveau de protection – Caen-Prairie.

Pour des niveaux d'eau inférieurs à ce niveau de protection, aucune venue d'eau n'est observée dans la zone protégée.

0.4.2 SCENARIOS DE DEFAILLANCE

0.4.2.1 Défaillance fonctionnelle

Le système d'endiguement intègre de nombreux ouvrages amovibles.

Les scénarios de défaillance simulent les conséquences d'un défaut de mise en place de ces ouvrages amovibles.

Dans ce cas, des venues d'eau sont possibles. L'ensemble de la zone protégée peut être inondée par des venues d'eau qualifiées pouvant être qualifiées de dangereuses compte tenu des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulements (à proximité des digues).

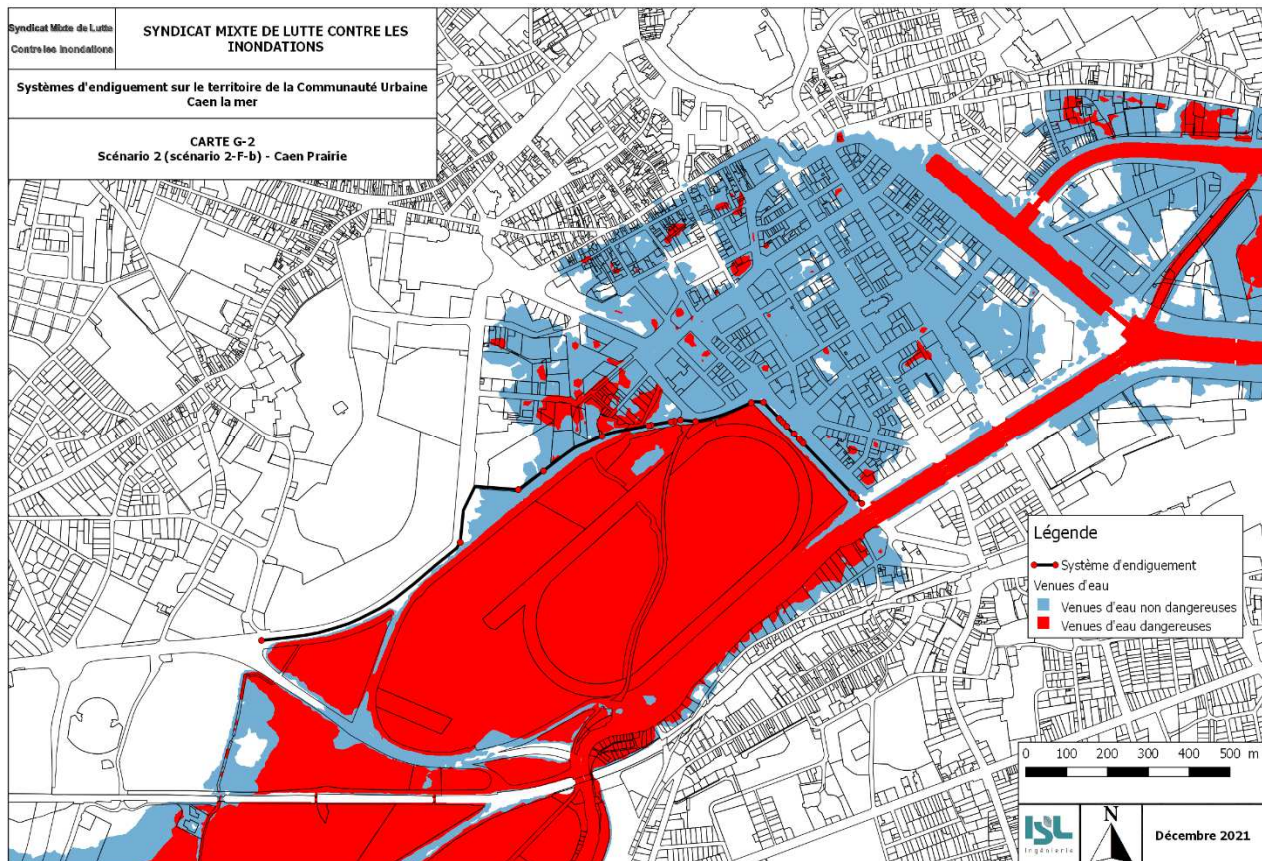


Figure 0-2 : carte des venues d'eau possibles jusqu'au niveau de protection et avec défaillances des ouvrages annexes.

0.4.2.2 Défaillance structurelle

Pour un évènement supérieur au niveau de protection, la résistance des ouvrages n'est plus assurée. Il a été modélisé une rupture au niveau d'un tronçon de GBA du boulevard Guillou.

La rupture est considérée comme instantanée. La rupture d'un des éléments de GBA implique la rupture totale et immédiate des dispositifs amovibles contigus.

Les venues d'eau concernent l'ensemble de la zone protégée et même au-delà.

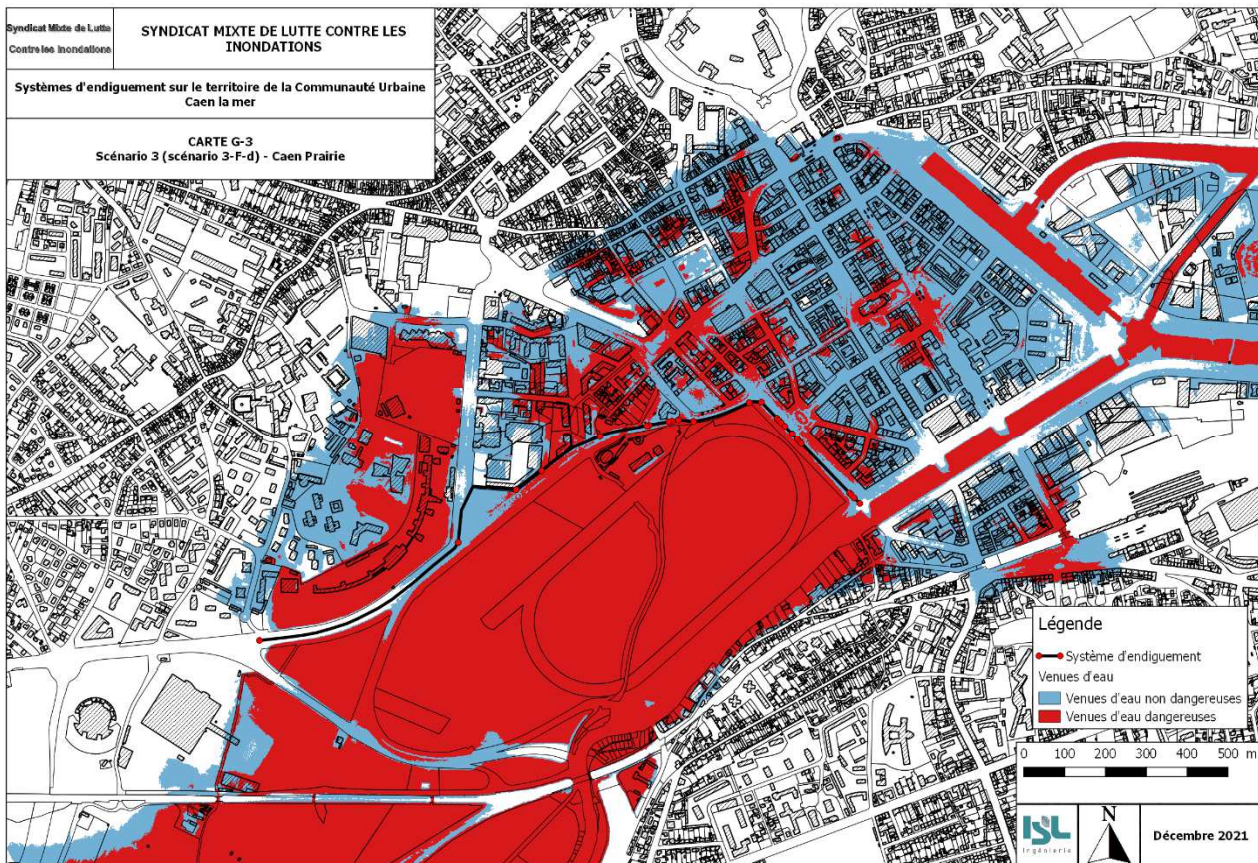


Figure 0-3 : carte des venues d'eau possibles au-delà du niveau de protection et avec rupture des ouvrages.

Le gestionnaire de l'ouvrage, le SMLCI, assure la surveillance et la gestion du système en période normale et en période de tempête.

Dans la mesure où le niveau d'eau dépasse le niveau de protection, le SMLCI alerte la mairie de Caen afin de déclencher le plan communal de sauvegarde (PCS).

DOCUMENT A : PRESENTATION GENERALE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

1 CHAPITRE 1 : RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

1.1 IDENTIFICATION DU GESTIONNAIRE

1.1.1 SYSTEME D'ENDIGUEMENT DE CAEN PRAIRIE

Le système d'endiguement de Caen Prairie est constitué des ouvrages répertoriés dans le Tableau 1-1 :

Désignation	Type	Propriétaire / gestionnaire
Boulevard Y. Guillou	Remblai Batardeaux amovibles GBA	Commune / SMLCI
Boulevard A. Briand	GBA Merlons provisoires	Commune / SMLCI
Cours de Gaulle	Jardinières Batardeaux amovibles	Commune / SMLCI

Tableau 1-1 : éléments constituant le système d'endiguement – Caen.

La classe associée à ce système d'endiguement est la **classe A**.

1.1.2 GESTIONNAIRE IDENTIFIE

Le gestionnaire identifié pour ce système d'endiguement :

Syndicat Mixte de Lutte Contre les Inondations de la vallée de l'Orne et son
bassin versant
16, rue Rosa Parks
14000 CAEN

1.2 IDENTIFICATION DE L'ORGANISME AGREE

L'étude de dangers pour l'ensemble des ouvrages ci-dessus nommés a été réalisée par :

ISL Ingénierie, établissement de Paris
75, boulevard Mac Donald
75 019 PARIS
Tél : 01 55 26 99 99 – Fax : 01 40 34 63 36

Arrêté d'agrément du bureau d'études :

« Arrêté du 15 février 2018 portant agrément d'organismes intervenant pour la sécurité des ouvrages hydrauliques ».

1.3 RAPPEL DES AUTORISATIONS EXISTANTES

Les ouvrages de protection de Caen Prairie sont classés au titre du décret 2007-1735 du 11 décembre 2007 sur la sécurité des ouvrages hydrauliques :

Identification de l'ouvrage	GBA et jardinières de Caen-Prairie
Gestionnaire de l'ouvrage	SMLCI
Communes	Caen
Longueur	740 ml
Arrêté de Classement	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 04 août 2009
Décision de classement	Classe D

Tableau 1-2 : renseignements administratifs – ouvrages de Caen Prairie.

L'arrêté préfectoral de classement de la digue de Caen Prairie est présenté en ANNEXE 1.

1.4 DATE DE REMISE OFFICIELLE DE L'EDD AU PREFET

1.5 AUTRES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES (ARTICLE R 562-18)

Sans objet

2 OBJET DE L'ETUDE

La présente étude de dangers traite du système d'endiguement de Louvigny, géré par le Syndicat Mixte de Lutte Contre les Inondations (SMLCI).

2.1 CADRE DANS LEQUEL L'EDD EST REALISEE

Le cadre de l'étude de dangers est identique pour les deux systèmes d'endiguement soumis à autorisation :

<i>Cocher la case, en rappelant, pour les cas 2,4, et 5, la référence et la date de l'étude de dangers précédente. Dans le cas 4, préciser en outre la nature de la modification à l'origine de la mise à jour de l'étude de dangers.</i>	
☒ cas 1	Autorisation initiale du système d'endiguement, sans travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui constitue la pièce n°5 mentionnée à l'article R.214-6-VI, est conforme aux dispositions de l'article 2 de l'arrêté du 7 avril 2017.
☐ cas 2	Modification d'un système d'endiguement, avec travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 3 de l'arrêté du 7 avril 2017.
☐ cas 3	Autorisation initiale du système d'endiguement, avec travaux. Le contenu de l'étude de dangers, qui fait partie du dossier de demande d'autorisation, est conforme aux dispositions de l'article 4 de l'arrêté du 7 avril 2017.
☐ cas 4	Mise à jour de l'étude de dangers du système d'endiguement exigée par arrêté préfectoral de prescription complémentaire en application de l'article R. 214-117-III en raison d'une modification du système d'endiguement. La mise à jour de l'étude de dangers est conforme aux dispositions de l'article 5 de l'arrêté du 7 avril 2017.
☐ cas 5	Actualisation d'une étude de dangers en application du II de l'article R. 214-117. Cette actualisation est réalisée conformément aux dispositions de l'article 6 de l'arrêté du 7 avril 2017.

Tableau 2-1 : cadre de l'étude de dangers.

2.2 LISTE DES COMMUNES CONCERNEES PAR LA ZONE PROTEGEE ET SES EVENTUELLES SOUS-PARTIES

La zone protégée s'étend sur les territoires des communes suivantes :

Commune	Code INSEE	Superficie protégée par le système d'endiguement
Caen	14 118	928 000 m ² (92,8 ha)

Tableau 2-2 : liste des communes concernées par la zone protégée.

La commune de Caen est située dans le département du Calvados, région Normandie.

2.3 LOCALISATION EN PLAN DES LIMITES DE LA ZONE PROTEGEE ET DE SES EVENTUELLES SOUS PARTIES

La zone protégée s'étend en totalité sur la commune de Caen. Elle est délimitée sur la Figure 2-1 :

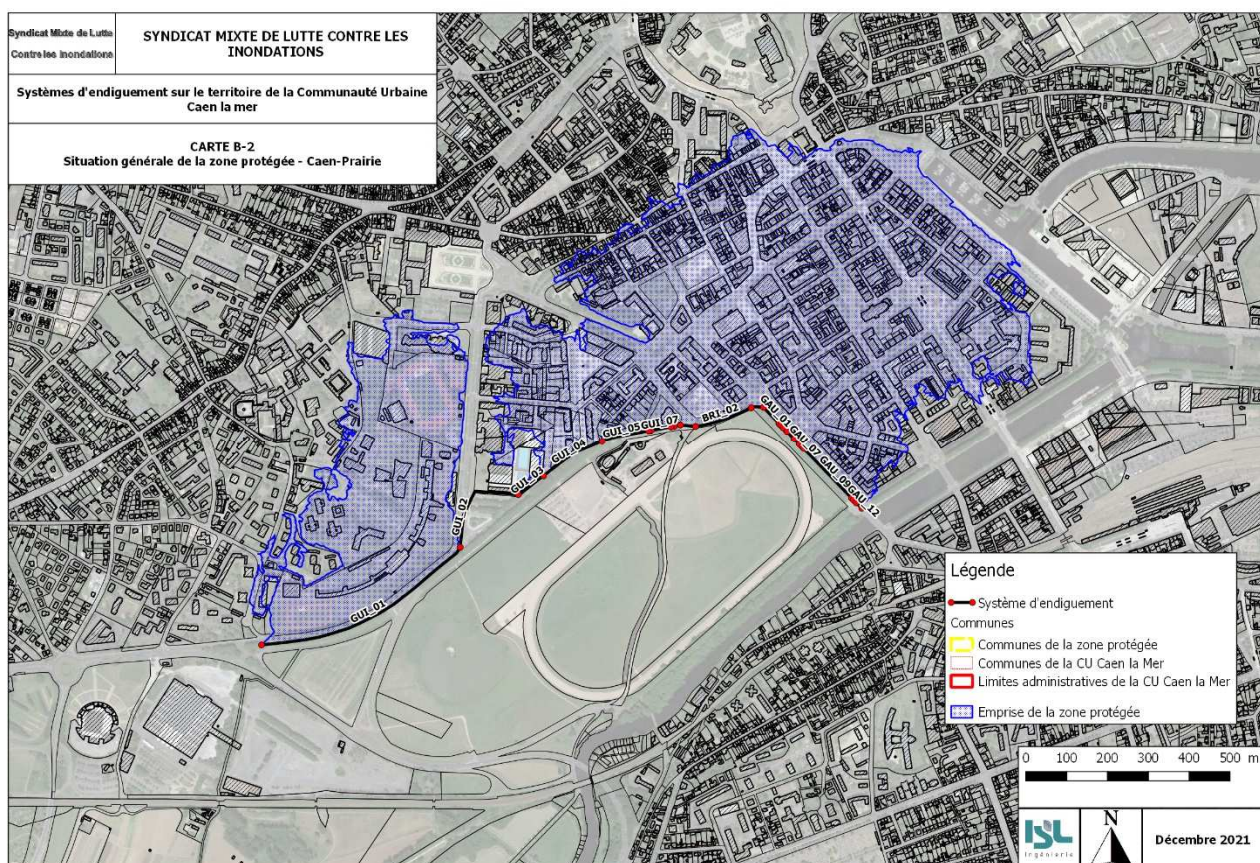


Figure 2-1 : délimitation de la zone protégée – Caen-Prairie.

2.4 LOCALISATION EN PLAN ET LA DESCRIPTION SOMMAIRE DES OUVRAGES CONCERNES

2.4.1 LOCALISATION

Les ouvrages constituant le système d'endiguement de Caen sont localisés sur la Figure 2-2 et la Figure 2-3 :

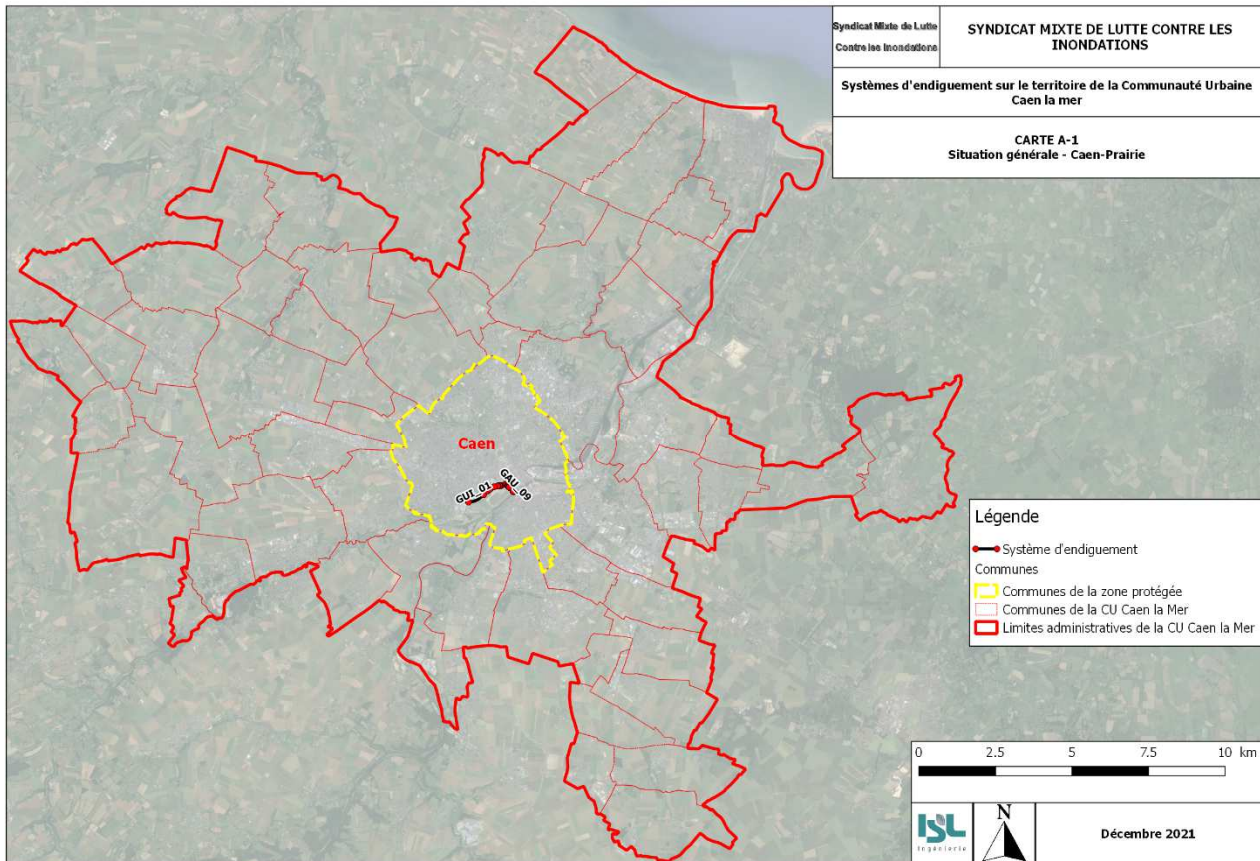


Figure 2-2 : carte de situation générale des ouvrages constituant le système d'endiguement.

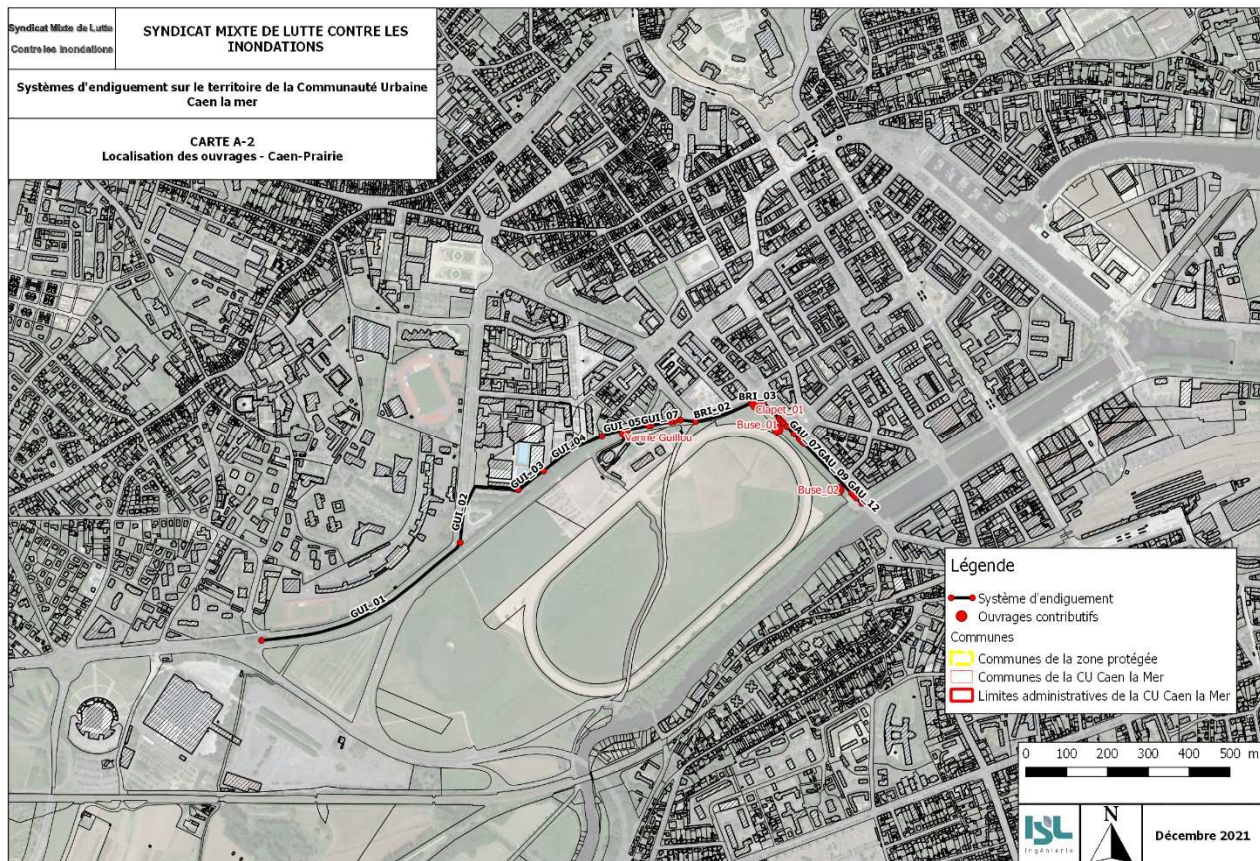


Figure 2-3 : carte de localisation des ouvrages constituant le système d'endiguement.

2.4.2 DESCRIPTION SOMMAIRE DES OUVRAGES

2.4.2.1 Boulevard Y. Guillou

Le système de protection comporte une partie en remblai le long du lycée Malherbes.

En aval de la piscine, il est constitué d'une alternance de batardeaux amovibles et de murettes (GBA).

Un ouvrage vanné assure le passage du canal des Odon sous le boulevard.

2.4.2.2 Boulevard A. Briand

Le système de protection est constitué d'un tronçon de murette (GBA) et de deux tronçons fermés par des merlons provisoires.

2.4.2.3 Cours de Gaulle

Le système de protection est constitué d'une alternance de jardinières en béton et de dispositifs amovibles de type batardeaux.

3 DESCRIPTION PRECISE DE LA ZONE PROTEGEE, DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT, DE SON ENVIRONNEMENT ET DE SES FONCTIONS DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS ET LES SUBMERSIONS

3.1 ZONE PROTEGEE

3.1.1 CARTOGRAPHIES

La Figure 3-1 et la Figure 3-2 resituent la zone protégée au sein du territoire de la Communauté Urbaine Caen la mer.

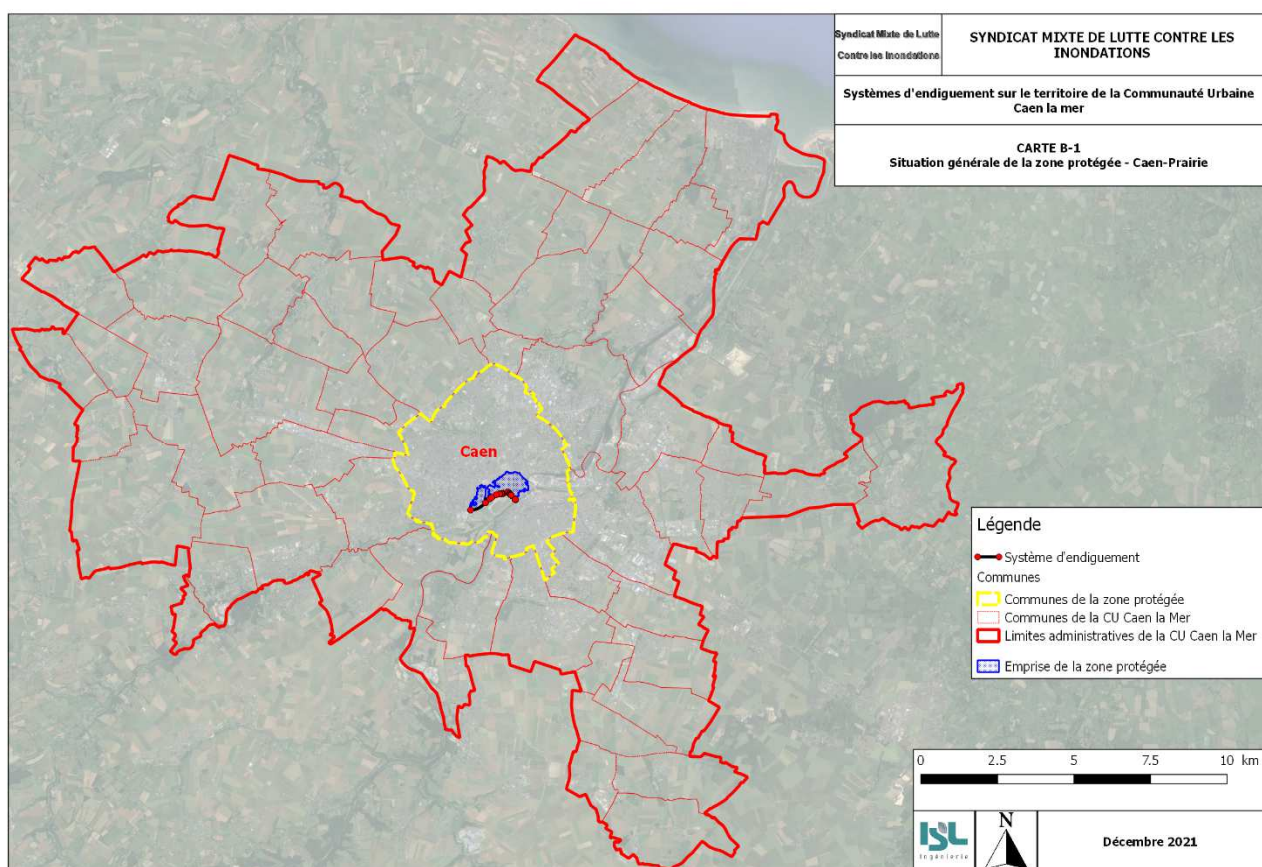


Figure 3-1 : limites administratives de la Communauté urbaine Caen la mer et situation de la zone protégée au sein du territoire de Caen la mer.

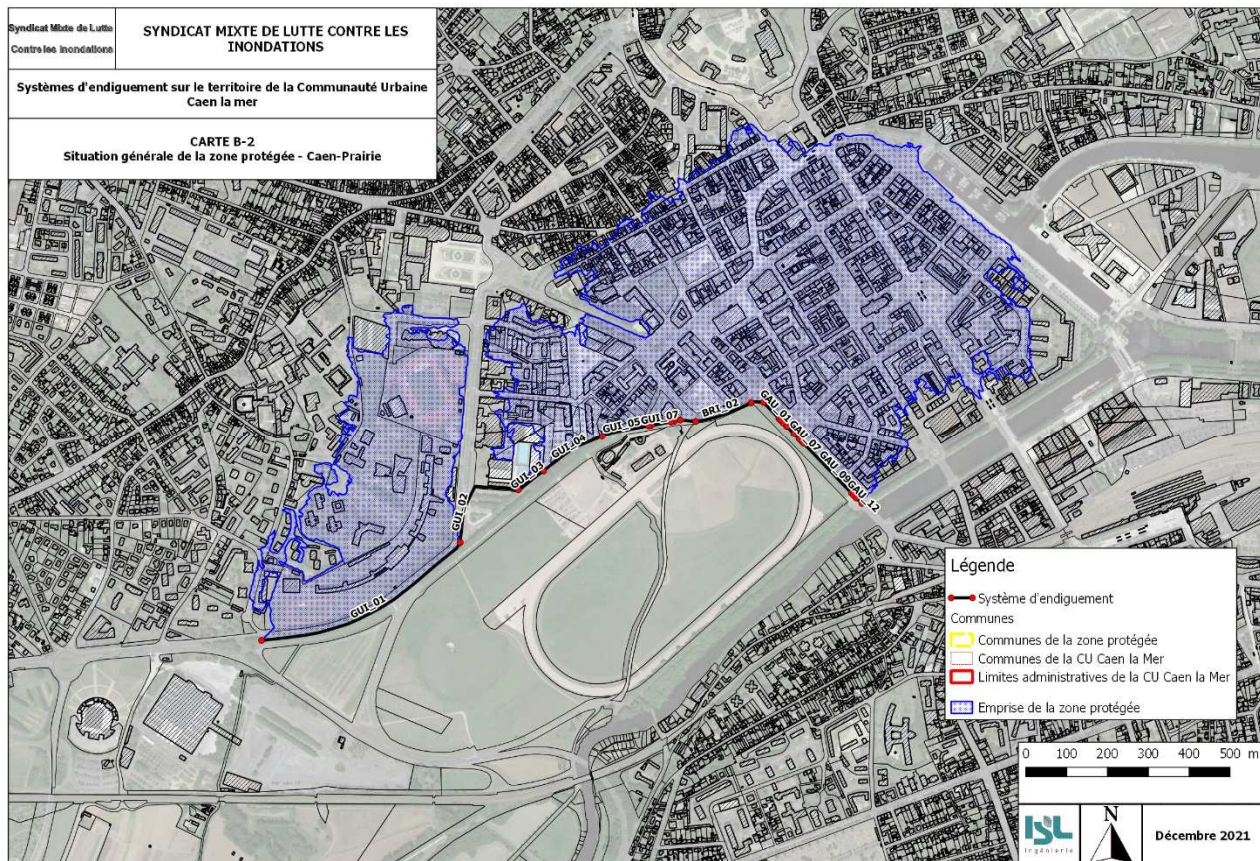


Figure 3-2 : délimitation de la zone protégée.

3.1.2 COMMUNES DE LA ZONE PROTEGEE

La zone protégée s'étend entièrement sur la commune de Caen.

3.1.3 COMMUNES RELEVANT DE L'AUTORITE COMPETENTE POUR LA PREVENTION DES INONDATIONS

Par convention relative à l'exercice de la compétence GEMAPI en date du 21 février 2020, le Département du Calvados et la CU Caen la mer, tous deux membres du SMLCI, ont formalisé le transfert de compétence GEMAPI au SMLCI pour les ouvrages dont le SMLCI est propriétaire et/ou le gestionnaire « historique ».

Au moment de la rédaction de la présente étude de dangers, la Communauté Urbaine Caen la mer compte 50 communes listées au Tableau 3-1 :

Commune	INSEE	Commune	INSEE	Commune	INSEE
Authie	14030	Éterville	14254	Rocquancourt	14538
Bénouville	14060	Fleury-sur-Orne	14271	Rosel	14542
Biéville-Beuville	14068	Le Fresne-Camilly	14288	Rots	14543
Blainville-sur-Orne	14076	Garcelles-Secqueville	14294	Saint-Aignan-de-Cramesnil	14554
Bourguébus	14092	Giberville	14301	Saint-André-sur-Orne	14556
Thue-et-Mue	14098	Grentheville	14319	Saint-Aubin-d'Arquenay	14558
Bretteville-sur-Odon	14101	Hermanville-sur-Mer	14325	Saint-Contest	14566
Caen	14118	Hérouville-saint-Clair	14327	Saint-Germain-la-Blanche-Herbe	14587
Cairon	14123	Hubert-Folie	14339	Saint-Manvieu-Norrey	14610
Cambes-en-plaine	14125	Iffs	14341	Soliers	14675
Carpiquet	14137	Lion-sur-Mer	14365	Thaon	14685
Colleville-Montgomery	14166	Louvigny	14383	Tilly-la-Campagne	14691
Colombelles	14167	Mathieu	14407	Tourville-sur-Odon	14707
Cormelles-le-Royal	14181	Mondeville	14437	Saline	14712
Cuverville	14215	Mouen	14454	Verson	14738
Démouville	14221	Ouistreham	14488	Villons-les-Buissons	14758
Épron	14242	Périers-sur-le-Dan	14495		

Tableau 3-1 : liste des communes de la Communauté Urbaine Caen la mer.

3.1.4 DEFINITION DE LA ZONE PROTEGEE

La zone protégée est délimitée par modélisation hydrodynamique : la crue correspondant au niveau de protection retenu est simulée en enlevant les ouvrages de protection. La zone inondée sans les ouvrages de protection définit la zone protégée par le système d'endiguement.

La dynamique particulière des écoulements dans le centre-ville de Caen justifie de recourir à la modélisation pour délimiter la zone protégée.

3.1.4.1 Estimation de la population protégée

L'estimation de la population résidente dans la zone protégée est basée sur le carroyage INSEE.

Plusieurs carreaux sont entièrement inclus dans la zone protégée. La population totale de chaque carreau est prise en compte, soit 4 654 personnes.

Sept carreaux interceptent la zone protégée sans être entièrement inclus dans celle-ci. La population totale de ces sept carreaux est de 2 630 personnes. Pour ces carreaux, un pourcentage de la population est pris en compte selon le nombre de bâtiments inclus dans la zone protégée. Les pourcentages pris en compte varient de 25 % à 90 %. La population ainsi estimée est de 1 582 personnes.

Au final, la population résidente dans la zone protégée est estimée à 6 236 personnes [4 654 ; 7 284].

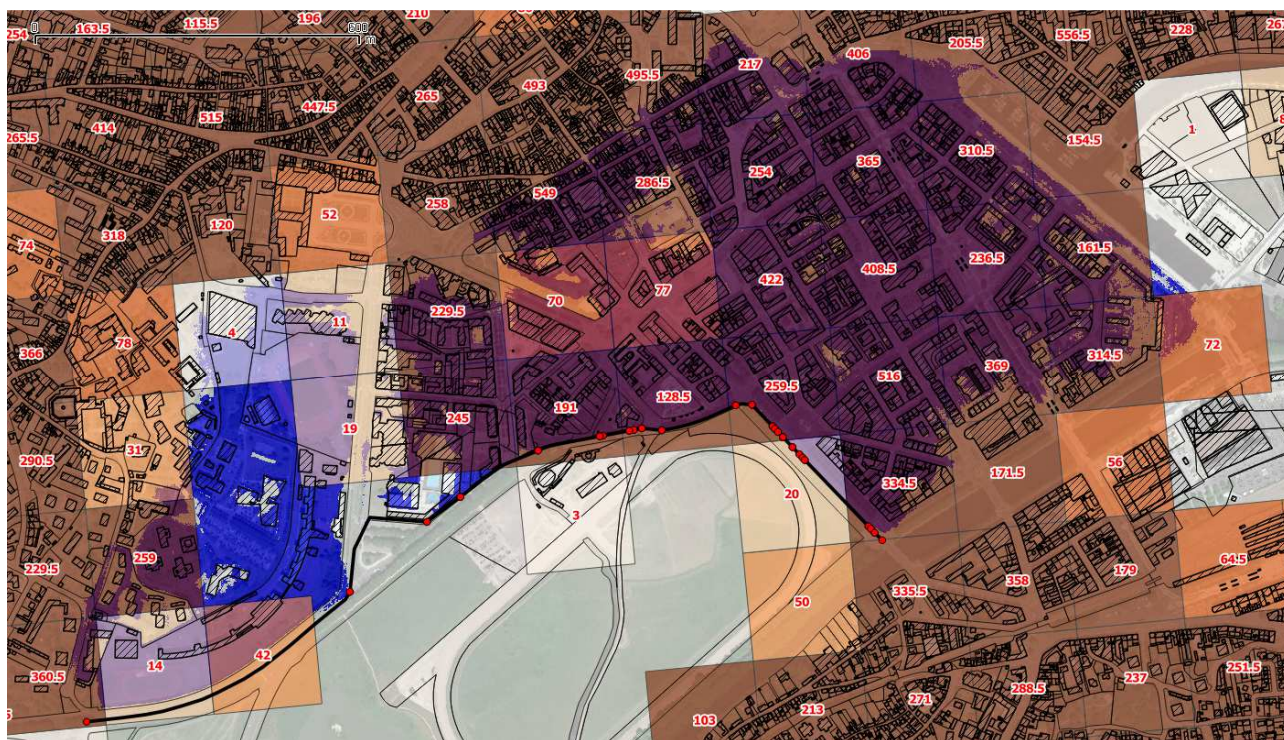


Figure 3-3 : enjeux habitats et populations dans la zone protégée.

3.1.4.2 Estimation du nombre de salariés dans la zone protégée

Le nombre de salariés des entreprises situées dans la zone protégée est estimé à partir de la base de données SIRENE de l'INSEE.

Au total, 4 432 établissements sont répertoriés dans la zone protégée. Parmi ces établissements figurent de nombreuses entreprises « non employeuses », c'est-à-dire sans employé (auto-entrepreneurs par exemple).

Pour les autres établissements, la base de données SIRENE propose des fourchettes du nombre d'employés, qui est ainsi estimé entre 7 850 et 15 145 personnes.

Les principaux établissements employeurs situés dans la zone protégée sont donnés dans le tableau suivant :

Etablissement	Effectif minimum	Effectif maximum
Conseil Département du Calvados	2 000	3 997
Préfecture du Calvados	250	499
Caisse d'allocation familiale du Calvados	250	499
DDFP 14	250	499
Lycée Malherbe	200	249
Cour d'appel de Caen	100	199
ACSEA	100	199
Harmonie Mutuelle	100	199
ORANGE	100	199
SNCF Réseau	100	199
France Télévisions	100	199
ENEDIS	100	199

Tableau 3-2 : principaux établissements employeurs dans la zone protégée.

Ces 12 établissements de plus de 100 salariés représentent environ la moitié des salariés recensés dans la zone protégée (3 650 à 7 136).

3.1.4.3 Estimation du nombre de personnes dans les établissements recevant du public (ERP)

Le nombre de personnes accueillies par les ERP dans la zone protégée est estimé à partir des données du SDIS 14. Les ERP sont classés par catégories, pour lesquelles une fourchette estimative est proposée.

Il est à noter que le lycée Malherbe n'apparaît pas dans la base fournie : l'estimation du nombre d'élèves accueillis se base sur la présentation du lycée sur son site internet, soit environ 2 100 personnes.

Le nombre de personnes ainsi estimé varie de 18 714 à 38 635.

Les principaux ERP situés dans la zone protégée sont donnés dans le tableau suivant :

Etablissement	Effectif minimum	Effectif maximum	Données recueillies
Lycée Malherbe			2 100
Théâtre municipal	701	1 500	1 078
Restaurant inter-administratif AGESEO	701	1 500	1 000
Bar billard l'Orient Express	701	1 500	
Lycée et restaurant Sainte Ursule	701	1 500	
Eglise Saint-Pierre	701	1 500	
Halle des Granges – club house ovalie caennaise	701	1 500	
Patinoire	701	1 500	1 500

Tableau 3-3 : principaux établissements employeurs dans la zone protégée.

En prenant en compte une valeur moyenne des effectifs et les données recueillies par ailleurs, la population comprise dans les ERP est estimée à 28 801 personnes.

A noter que plusieurs parking souterrains publics sont situés dans la zone protégée : la capacité d'accueil de ces parkings n'est pas comptabilisée, considérant que les personnes accédant aux parkings sont (en grande partie au moins) comptabilisés les autres catégories.

3.1.4.4 Synthèse – population protégée totale

En sommant l'ensemble des personnes, la population protégée totale est estimée à 46 535 personnes [31 218 ; 61 064].

3.2 DESCRIPTION DES CONDITIONS NATURELLES POUVANT CONDUIRE A DES CRUES OU DES TEMPETES ET DES CONDITIONS DE FONDATION DES OUVRAGES ET DES SOLlicitATIONS S'EXERÇANT SUR CES FONDATIONS

3.2.1 SYNTHÈSE DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

L'analyse hydrologique porte sur l'estimation des débits de crues de l'Orne dans l'agglomération caennaise, dont les résultats sont donnés dans le Tableau 3-4 :

Agglomération de Caen	Période de retour					
	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	500 ans	1 000 ans
Débit de pointe en m ³ /s	400	460	550	665	925	1 040

Tableau 3-4 : débits de pointe de l'Orne à Caen.

La station de référence pour l'annonce des crues sur l'agglomération caennaise est l'échelle de Thury-Harcourt exploitée par la DREAL Normandie.

Pour les besoins de l'étude de dangers, les débits de crues de l'Orne à Caen sont transposés en hauteurs mesurées à l'échelle de Thury-Harcourt, en faisant l'hypothèse que la période de retour de la crue à Thury-Harcourt est la même à Caen. Les hauteurs à l'échelle de Thury-Harcourt sont données dans le Tableau 3-5 :

Echelle de crue de Thury-Harcourt	Période de retour					
	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	500 ans	1 000 ans
Hauteur en m	4,05	4,25	4,70	5,05	5,85	6,15

Tableau 3-5 : hauteurs d'eau de différentes périodes de retour à l'échelle d'annonce des crues de Thury-Harcourt.

Les valeurs données dans le Tableau 3-5 doivent être vues avec précaution, notamment pour les périodes de retour fortes (supérieures à 100 ans) : rappelons que la valeur maximale observée à ce jour est de 4,48 m en janvier 2001.

L'incertitude sur les hauteurs est estimée à ± 15 cm pour les périodes de retour inférieures à 100 ans. Pour des périodes de retour plus importantes, l'incertitude est plus forte et reste difficile à évaluer.

3.2.1 SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE

L'étude géologique montre que les terrains d'assises sont constitués de remblais construits sur les alluvions modernes de la vallée de l'Orne.

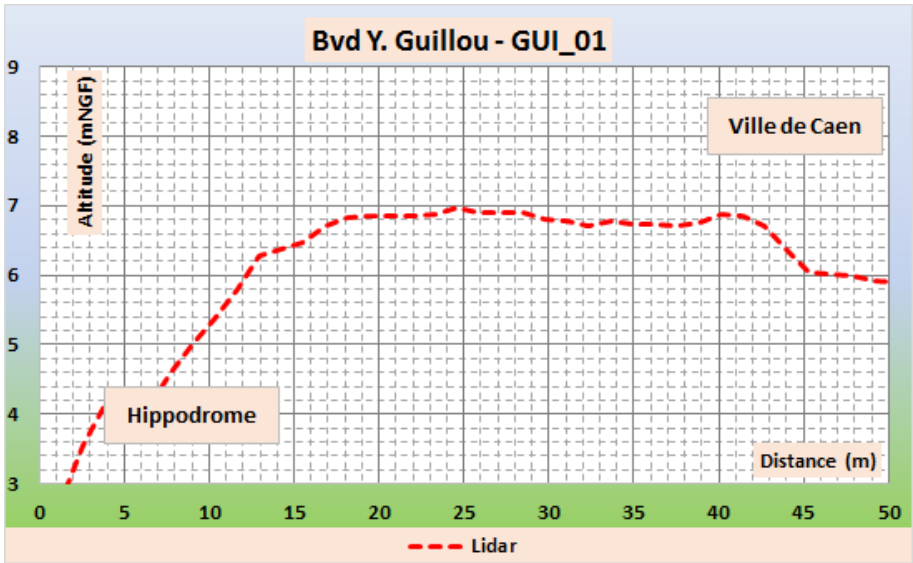
3.3 DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS COMPOSANT LE SYSTÈME DE PROTECTION ET LEURS FONCTIONS HYDRAULIQUES

3.3.1 CELLULE HYDRO-SEDIMENTAIRE CONCERNÉE

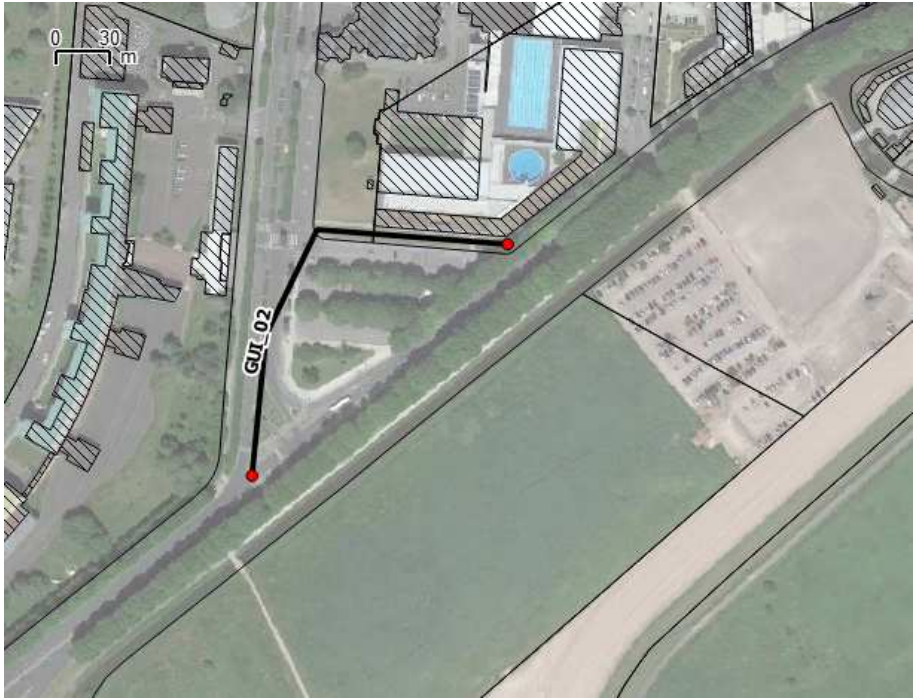
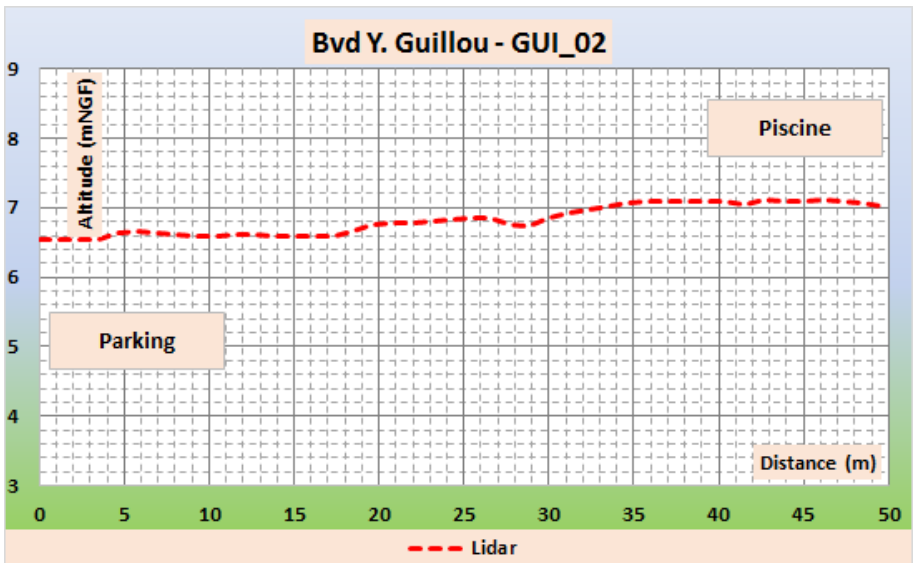
La zone d'étude s'étend sur la cellule hydro-sédimentaire baie de Seine, dans la sous-cellule de Lion-sur-Mer.

3.3.2 ÉLÉMENTS CONSTITUANT LE SYSTÈME D'ENDIGUEMENT

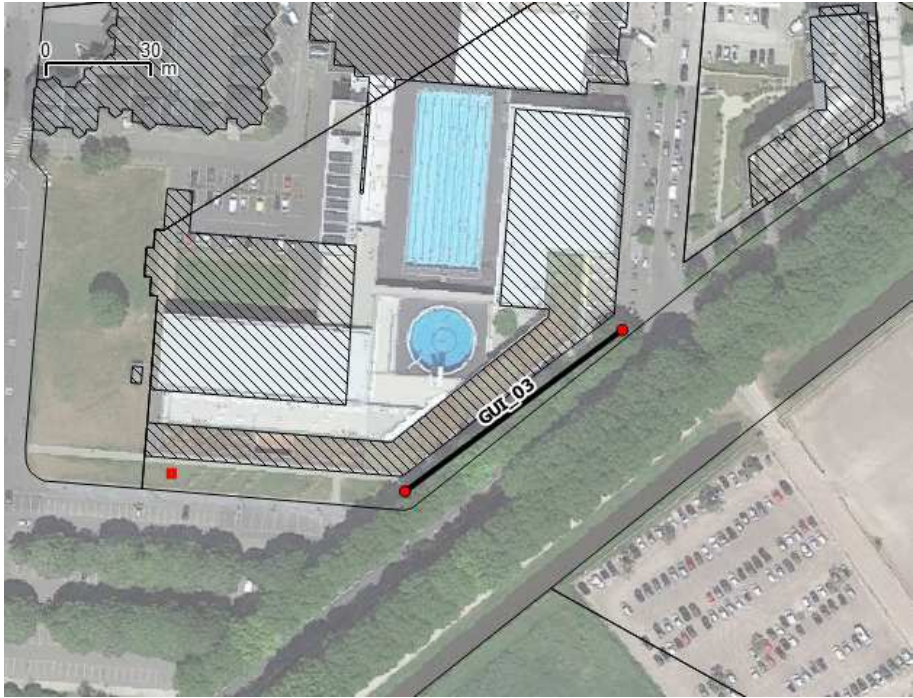
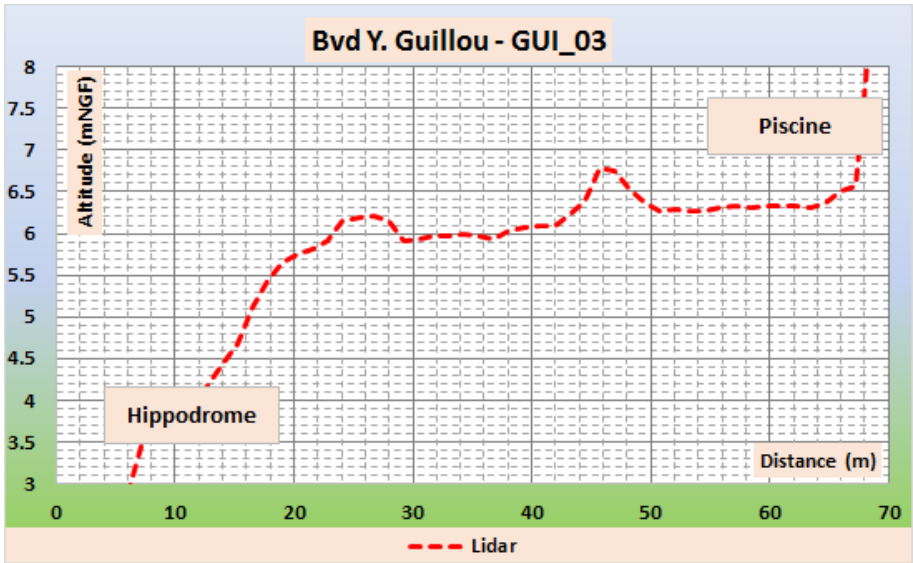
3.3.2.1 Boulevard Y. Guillou

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 1	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	560 ml Extrémité 1 : X = 453 741 m – Y = 6 902 258 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 228 m – Y = 6 902 497 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied de talus, ▪ Un talus de pente 3H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillou de largeur 20 à 25 m (2 x 2 voies), ▪ Un talus enherbé de pente 3,5H/1V.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 à 5,0 mNGF, Cote de la route : 6,9 mNGF, Cote zone protégée : 6,0 mNGF.
Ouvrages annexes	Aucun ouvrage traversant recensé.
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Bon état général (VTA, ISL 2021)

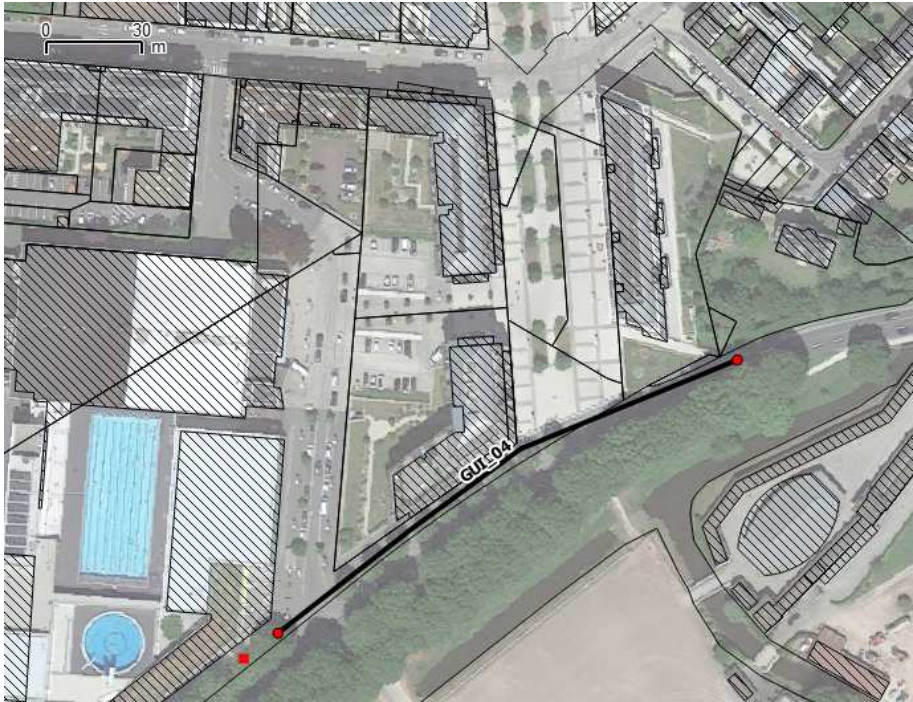
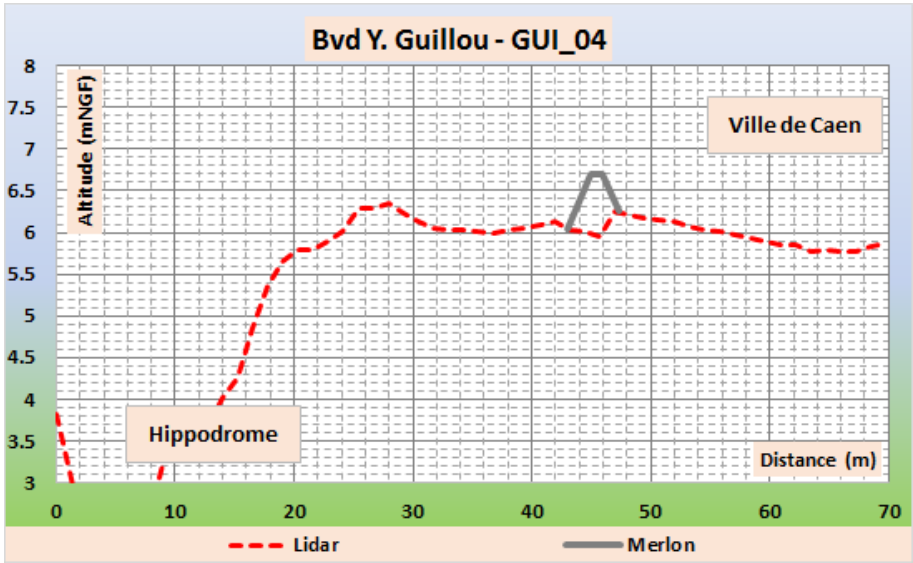
Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 2	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	250 ml Extrémité 1 : X = 454 228 m – Y = 6 902 497 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 371 m – Y = 6 902 626 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

	Ce tronçon ne constitue par un tronçon d'ouvrage à proprement parler. Il s'agit de terrains permettant la fermeture du système d'endiguement.
Cote (mNGF)	Cote de la route : 6,8 mNGF, Cote zone protégée : >7,0 mNGF.
Ouvrages annexes	Aucun ouvrage traversant recensé.
Propriété et parcelles cadastrales	Domaine public.
Gestion	
Etat général	

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 3	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	80 ml Extrémité 1 : X = 454 371 m – Y = 6 902 626 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 433 m – Y = 6 902 672 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

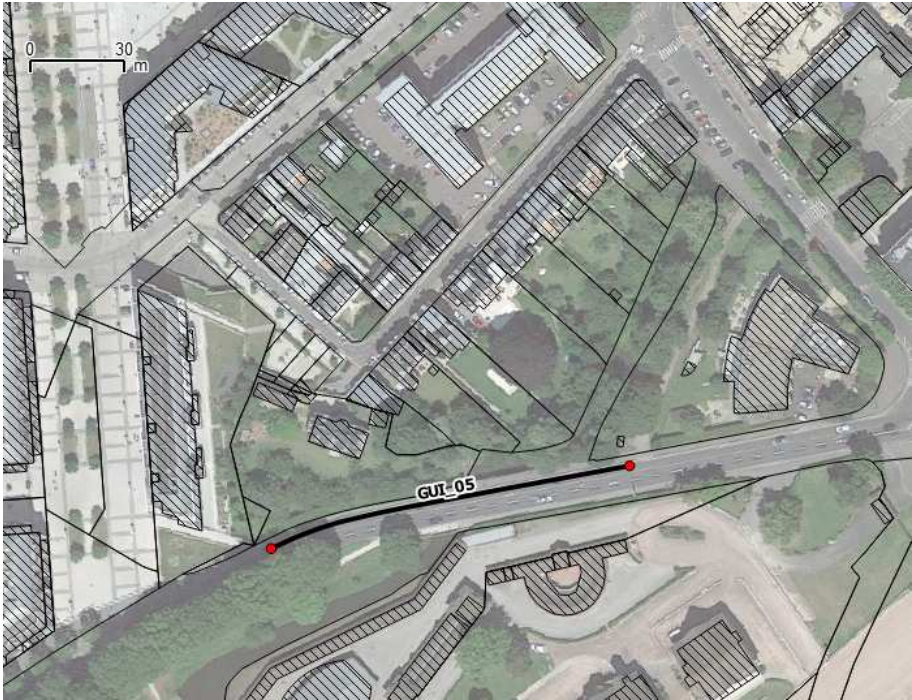
	Ce tronçon ne constitue par un tronçon d'ouvrage à proprement parler. Il s'agit de terrains permettant la fermeture du système d'endiguement.
Cote (mNGF)	Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote zone protégée : >7,0 mNGF.
Ouvrages annexes	Aucun ouvrage traversant recensé.
Propriété et parcelles cadastrales	Domaine public.
Gestion	
Etat général	

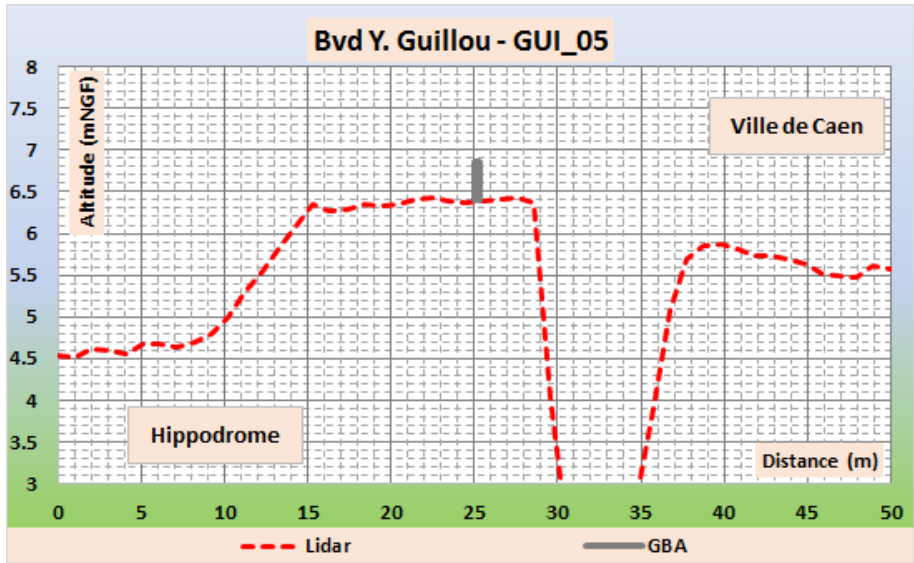
Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 4

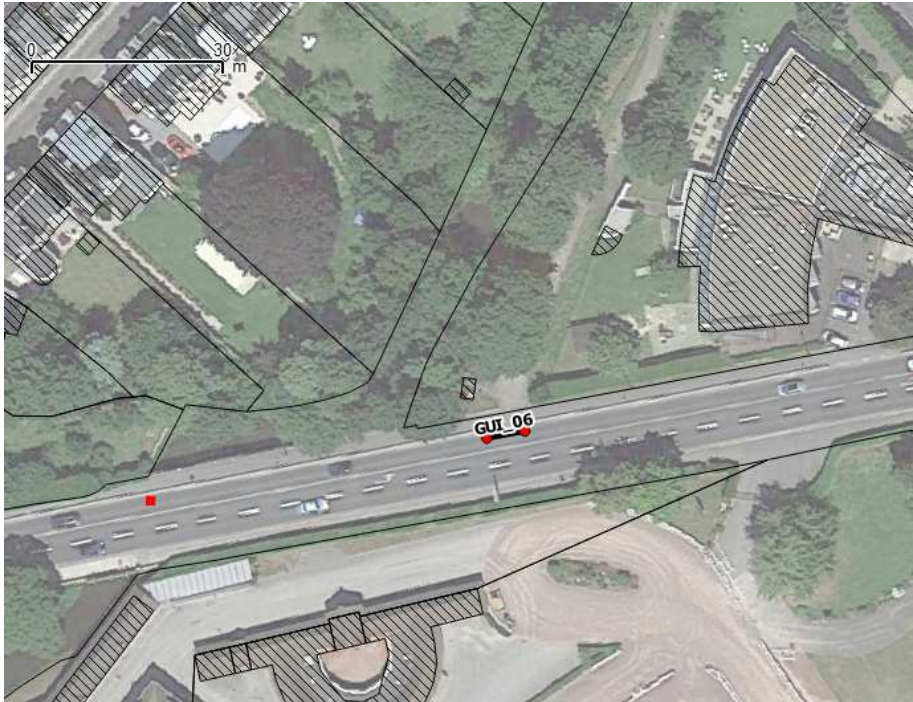
Localisation	
Photo	
Longueur utile	170 ml Extrémité 1 : X = 454 433 m – Y = 6 902 672 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 576 m – Y = 6 902 757 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

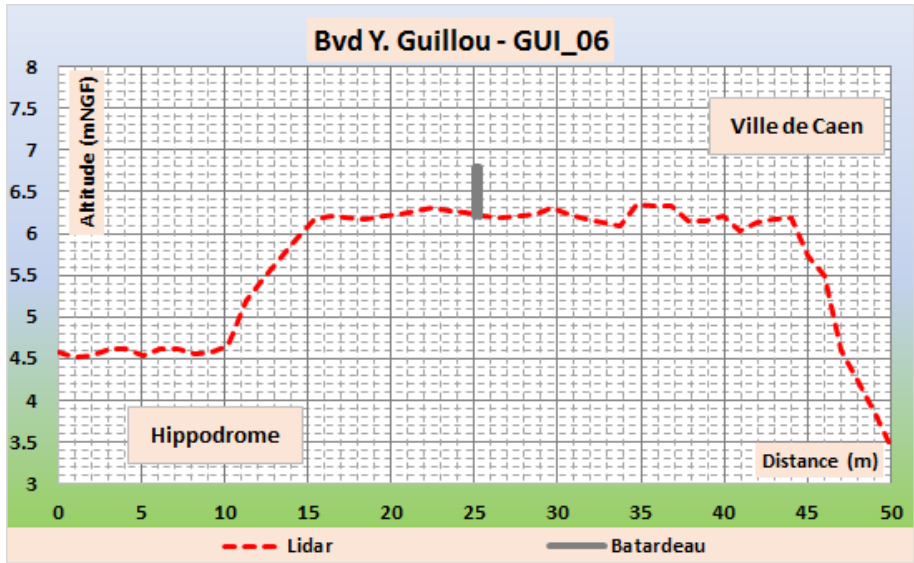
	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied de talus, ▪ Un talus de pente 2,5H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Un talus enherbé en pente très douce.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 5,8 mNGF.
Ouvrages annexes	Aucun ouvrage traversant recensé.
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Ouvrage amovible non observé

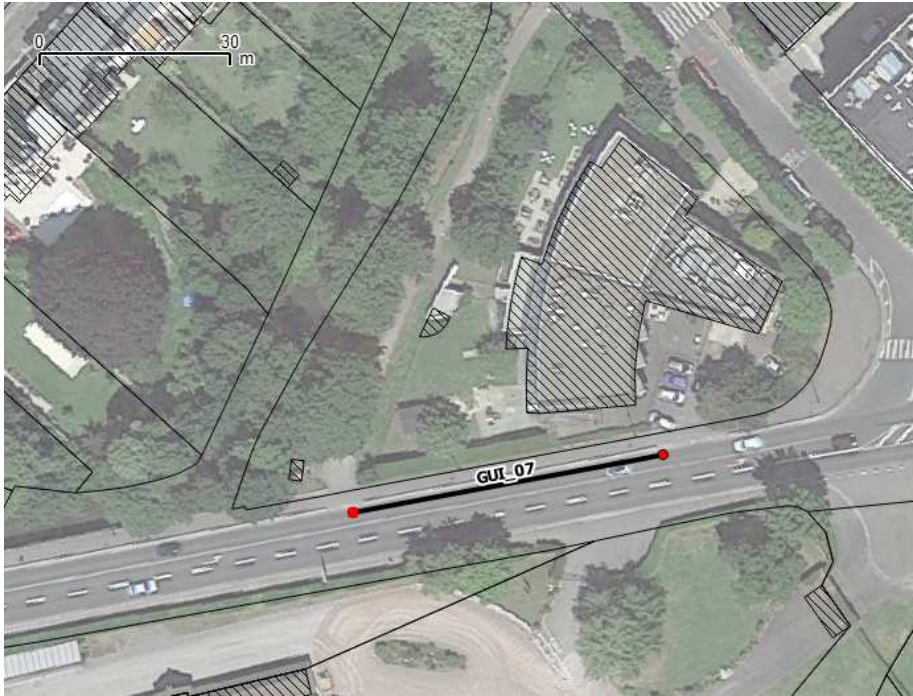
Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 5

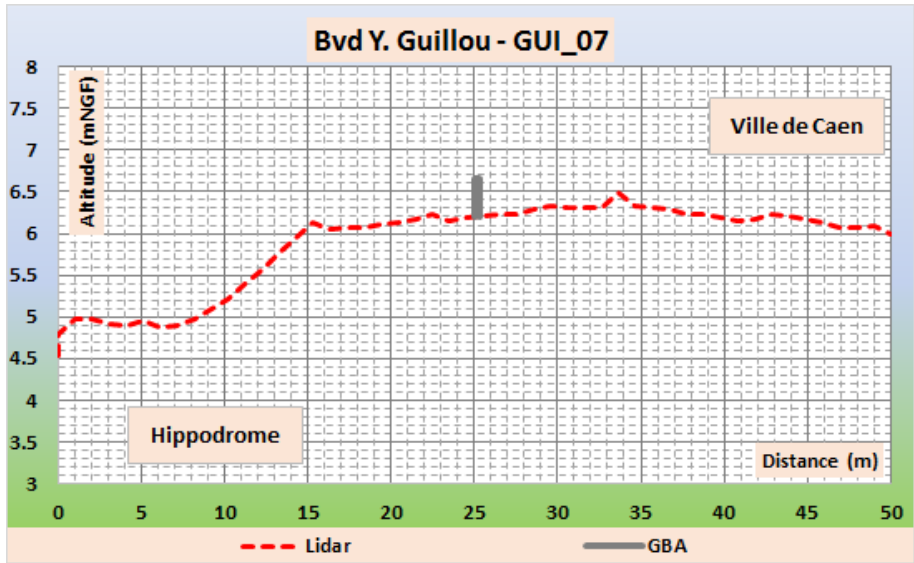
Localisation	
Photo	
Longueur utile	120 ml Extrémité 1 : X = 454 576 m – Y = 6 902 757 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 690 m – Y = 6 902 787 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	Bvd Y. Guillaou - GUI_05  La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied de talus, ▪ Un talus de pente 4H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Un mur de soutènement en béton armé le long du canal ▪ Canal.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,5 mNGF, Cote de la route : 6,3 mNGF, Cote de la protection : 6,7 à 6,9 mNGF, Cote zone protégée : 5,5 mNGF.
Ouvrages annexes	Ouvrage vanné traversant : canal d'alimentation traversant Caen jusqu'au bassin Saint-Pierre.
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

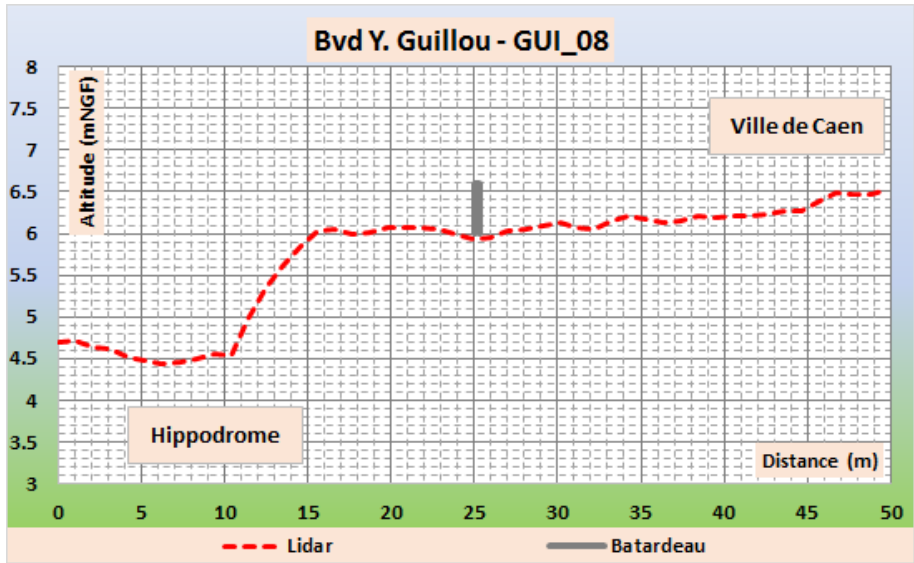
Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 6	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	6 ml Extrémité 1 : X = 454 690 m – Y = 6 902 787 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 696 m – Y = 6 902 785 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente 2,5H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Terrain, ▪ Un talus de pente 3H/1V, ▪ Canal.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,6 mNGF, Cote de la route : 6,3 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,3 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

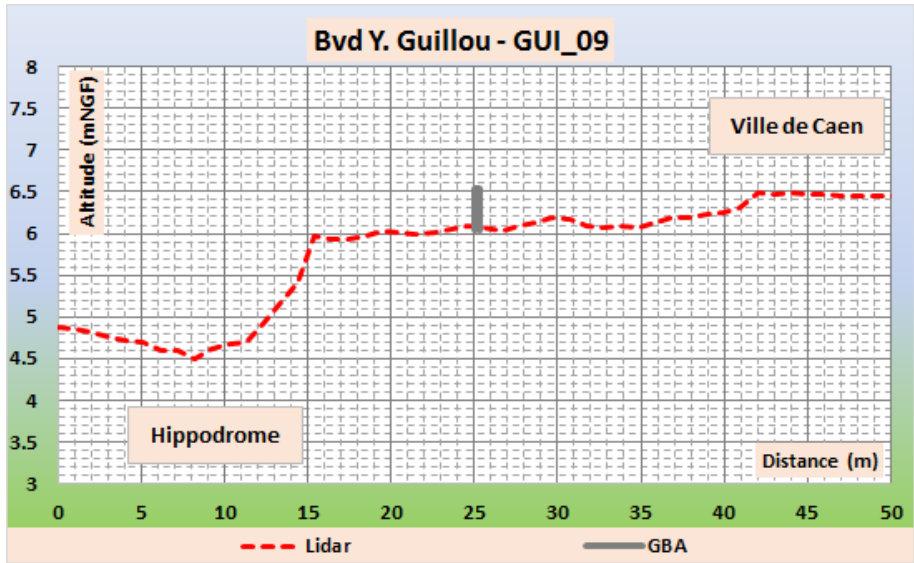
Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 7	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	50 ml Extrémité 1 : X = 454 696 m – Y = 6 902 785 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 745 m – Y = 6 902 794 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente 5H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Terrain du restaurant d'entreprise.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,9 mNGF, Cote de la route : 6,1 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,0 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 8	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	9 ml Extrémité 1 : X = 454 745 m – Y = 6 902 794 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 753 m – Y = 6 902 795 m (Lambert 93)

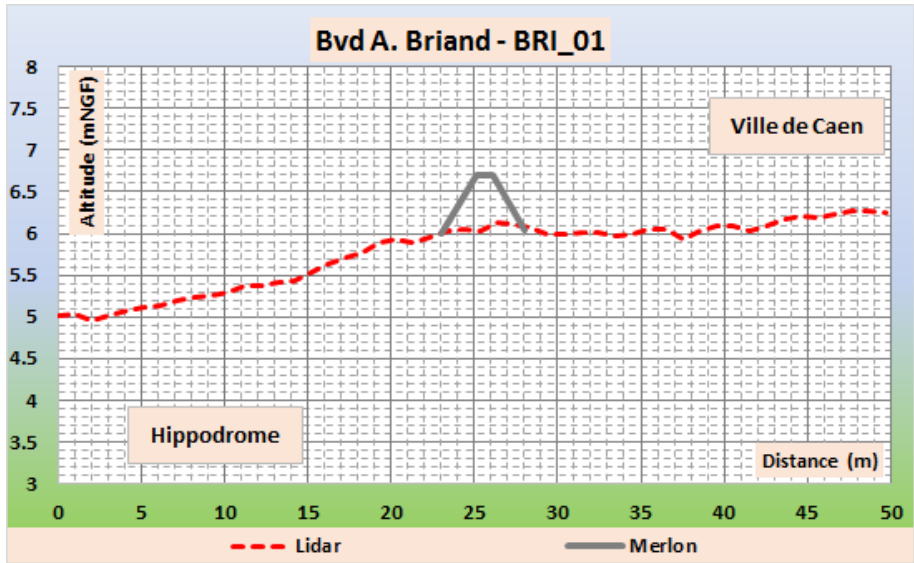
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente 3H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Terrain du restaurant d'entreprise.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,5 mNGF, Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,2 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 9	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	15 ml Extrémité 1 : X = 454 753 m – Y = 6 902 795 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 768 m – Y = 6 902 798 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente 3H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Terrain du restaurant d'entreprise.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,5 mNGF, Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote de la protection : 6,6 mNGF, Cote zone protégée : 6,2 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

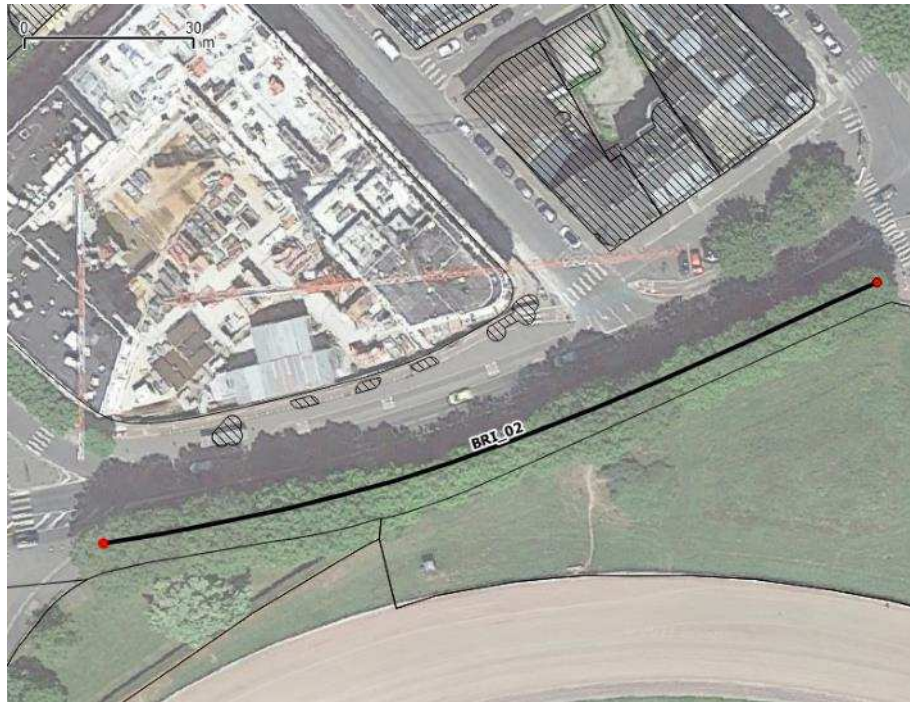
3.3.2.2 Boulevard A. Briand

Boulevard A. Briand – sous-tronçon 1	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	37 ml Extrémité 1 : X = 454 768 m – Y = 6 902 798 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 805 m – Y = 6 902 795 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente très douce (chemin d'accès à l'hippodrome), ▪ Le boulevard A. Briand de largeur 10 m (3 voies), ▪ Carrefour.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 5,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,0 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Boulevard A. Briand – sous-tronçon 2

Localisation



Photo

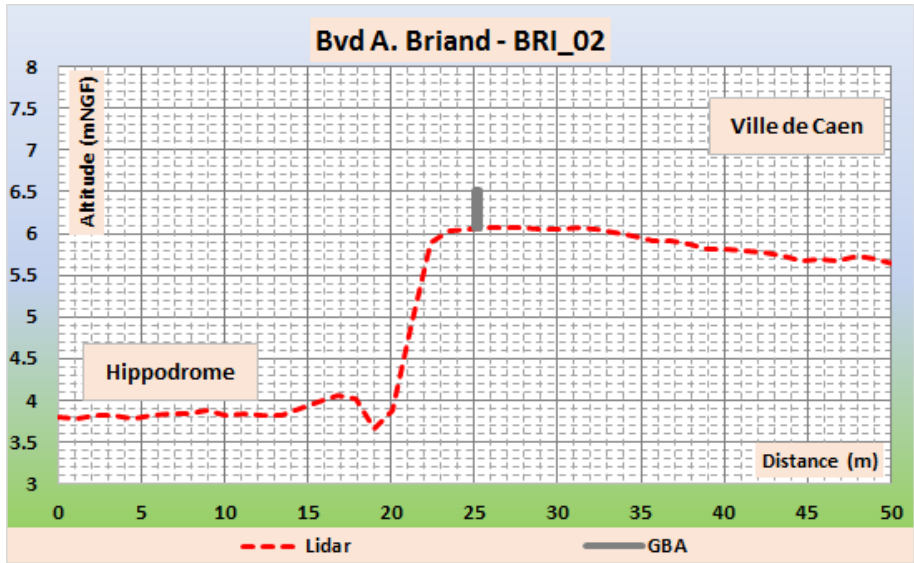


Longueur utile

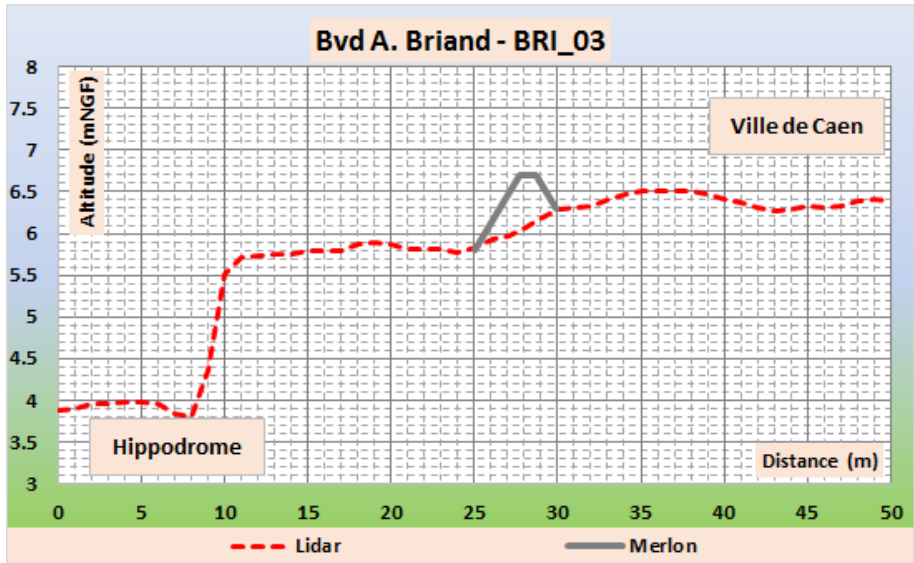
145 ml

Extrémité 1 : X = 454 805 m – Y = 6 902 795 m (Lambert 93)

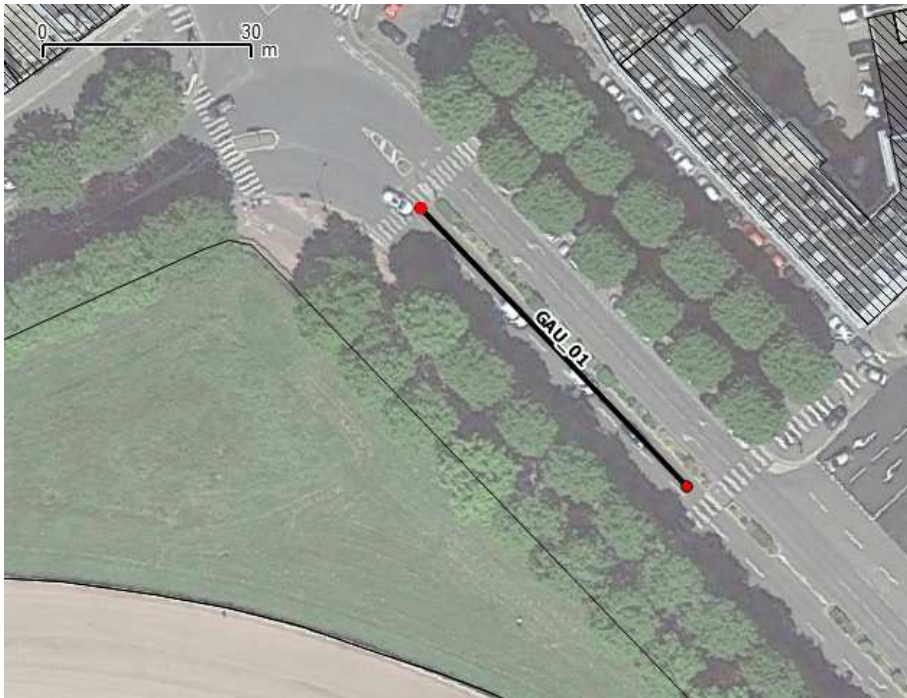
Extrémité 2 : X = 454 942 m – Y = 6 902 841 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le boulevard A. Briand de largeur 10 m (3 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 3,8 mNGF, Cote de la route : 6,1 mNGF, Cote de la protection : 6,55 mNGF, Cote zone protégée : 5,6 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

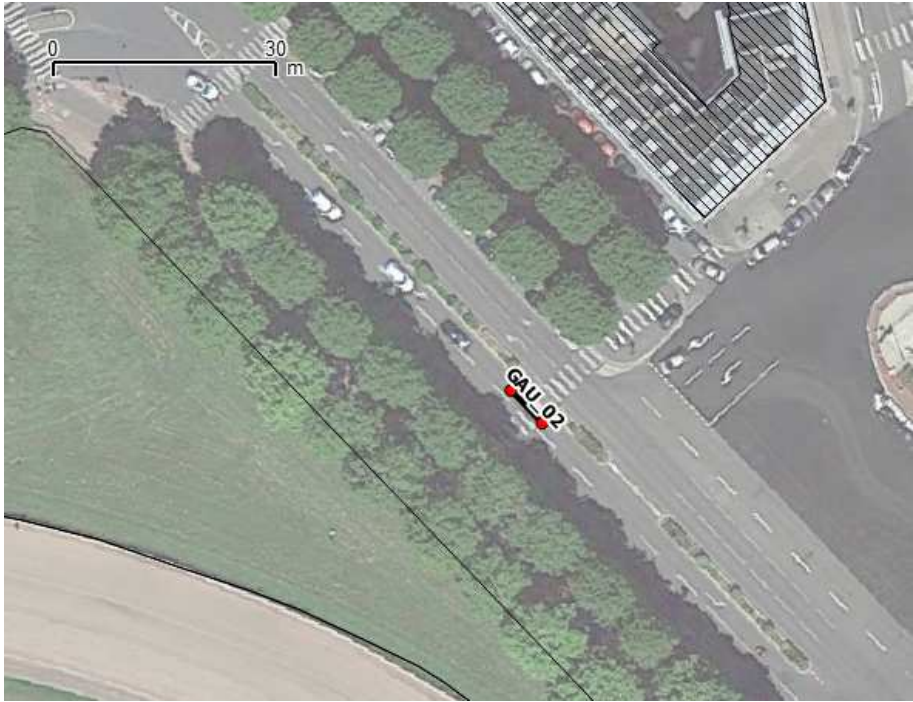
Boulevard A. Briand – sous-tronçon 3	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	30 ml Extrémité 1 : X = 454 942 m – Y = 6 902 841 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 971 m – Y = 6 902 842 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le carrefour du boulevard A. Briand avec le cours de Gaulle
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,3 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

3.3.2.3 Cours de Gaulle

Cours de Gaulle – sous-tronçon 1	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	55 ml Extrémité 1 : X = 454 971 m – Y = 6 902 842 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 010 m – Y = 6 902 802 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,0 mNGF, Cote zone protégée : 5,6 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 2	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	6 ml Extrémité 1 : X = 455 010 m – Y = 6 902 802 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 014 m – Y = 6 902 798 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,10 mNGF, Cote zone protégée : 5,9 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 3

Localisation



Photo



Longueur utile

8 ml

Extrémité 1 : X = 455 014 m – Y = 6 902 798 m (Lambert 93)

Extrémité 2 : X = 455 020 m – Y = 6 902 792 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 6,90 mNGF, Cote zone protégée : 5,9 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

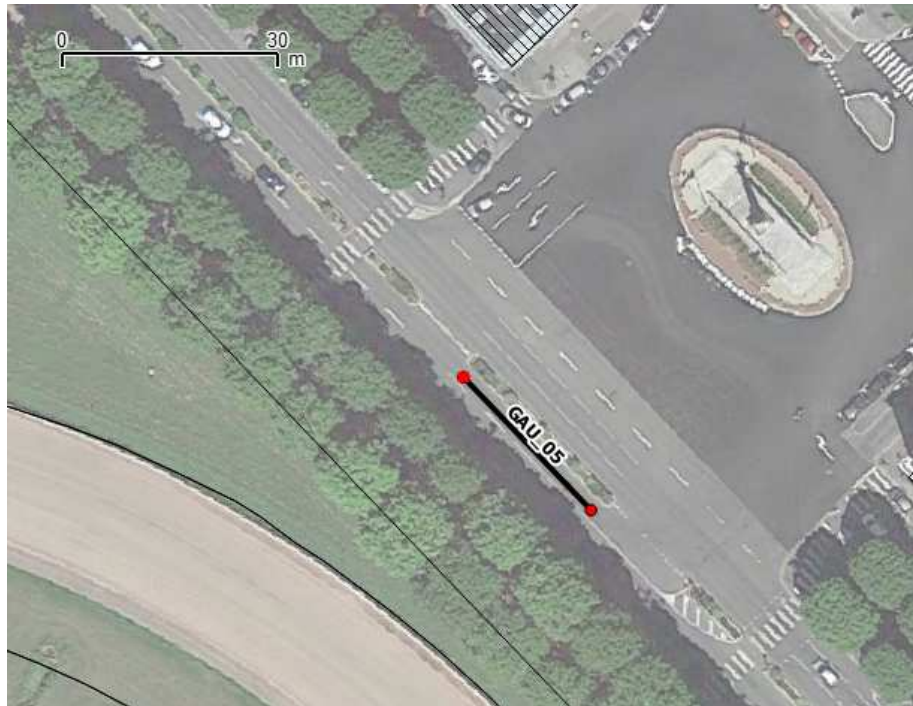
Cours de Gaulle – sous-tronçon 4

Localisation	
Photo	
Longueur utile	13 ml Extrémité 1 : X = 455 020 m – Y = 6 902 792 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 029 m – Y = 6 902 782 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,1 mNGF, Cote zone protégée : 6,2 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 5

Localisation



Photo

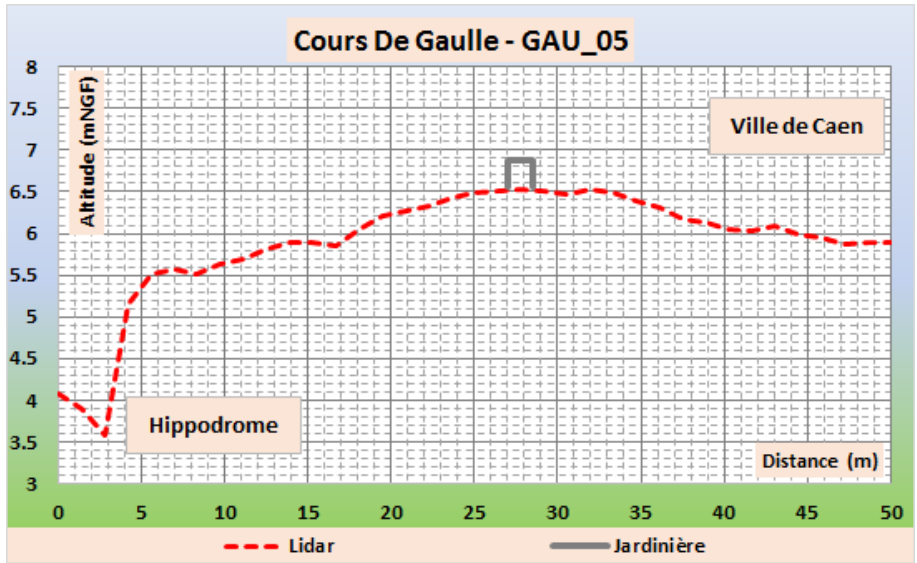


Longueur utile

25 ml

Extrémité 1 : X = 455 029 m – Y = 6 902 782 m (Lambert 93)

Extrémité 2 : X = 455 046 m – Y = 6 902 764 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 6,9 mNGF, Cote zone protégée : 5,9 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 6

Localisation



Photo

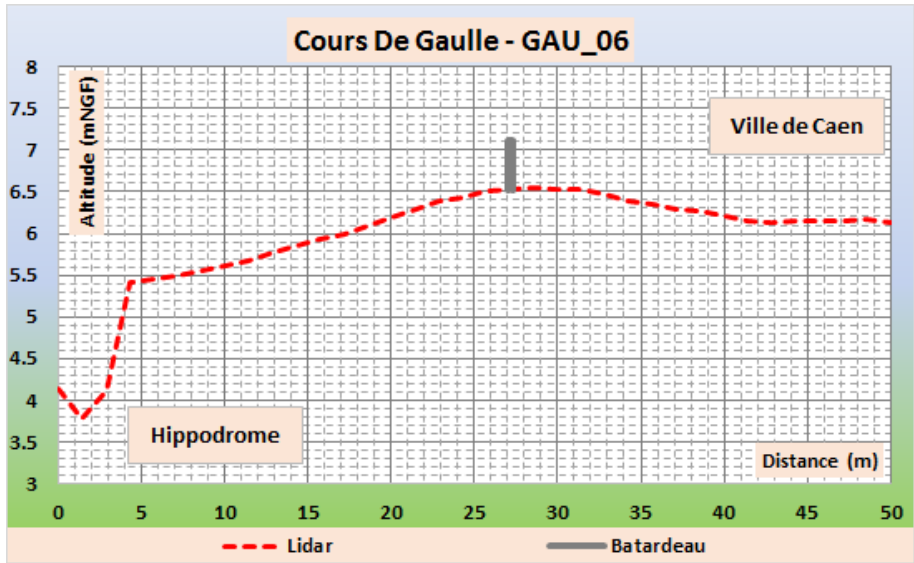


Longueur utile

18 ml

Extrémité 1 : X = 455 046 m – Y = 6 902 764 m (Lambert 93)

Extrémité 2 : X = 455 059 m – Y = 6 902 750 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,1 mNGF, Cote zone protégée : 6,1 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 7

Localisation	
Photo	
Longueur utile	8 ml Extrémité 1 : X = 455 059 m – Y = 6 902 750 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 065 m – Y = 6 902 744 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 6,8 mNGF, Cote zone protégée : 5,5 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 8

Localisation



Photo

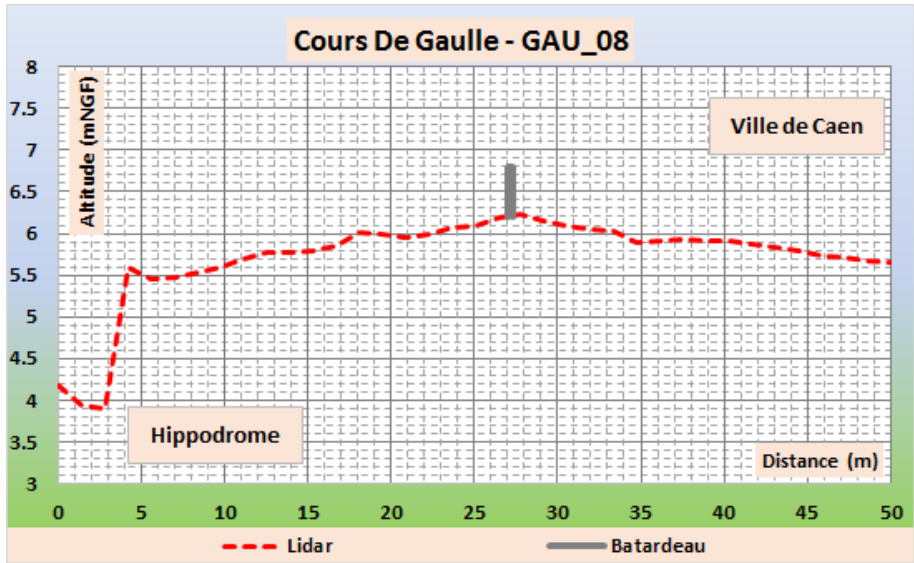


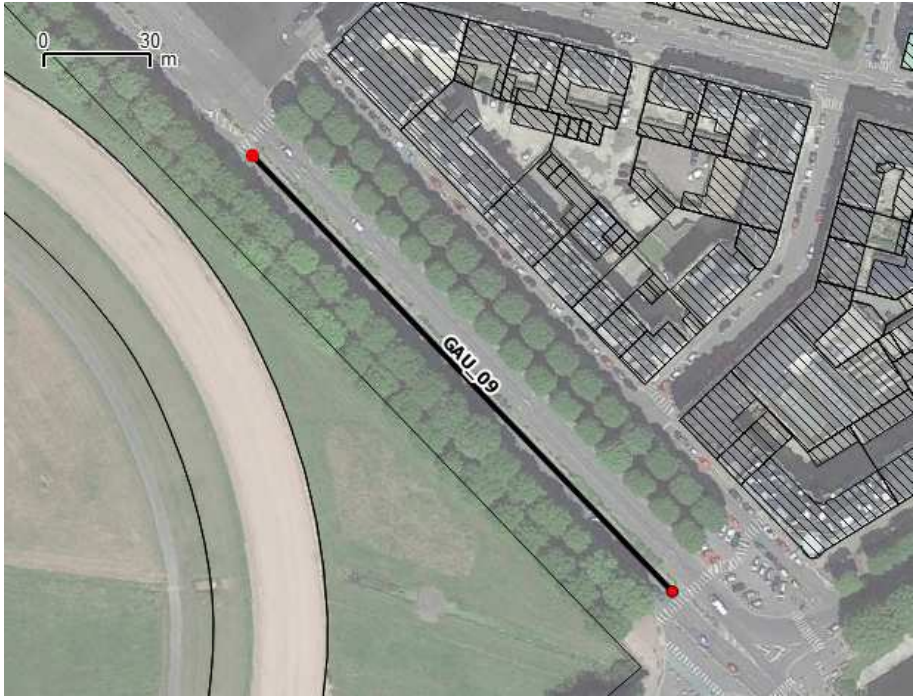
Longueur utile

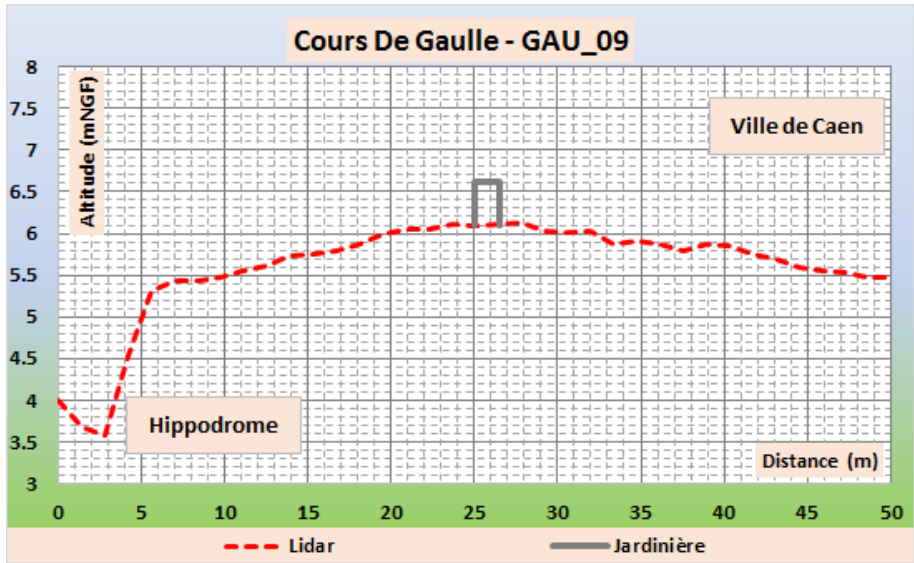
6 ml

Extrémité 1 : X = 455 065 m – Y = 6 902 744 m (Lambert 93)

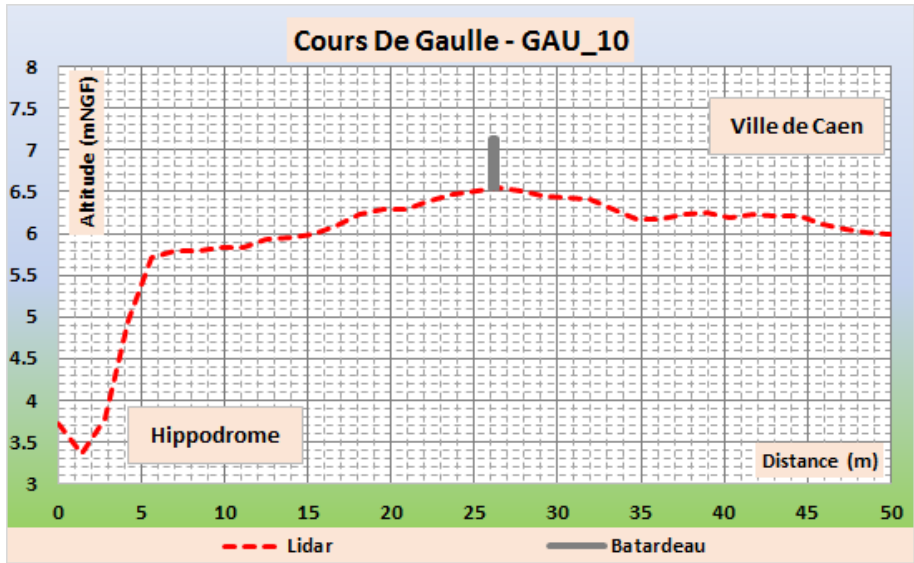
Extrémité 2 : X = 455 069 m – Y = 6 902 744 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,3 mNGF, Cote de la protection : 6,8 mNGF, Cote zone protégée : 5,7 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

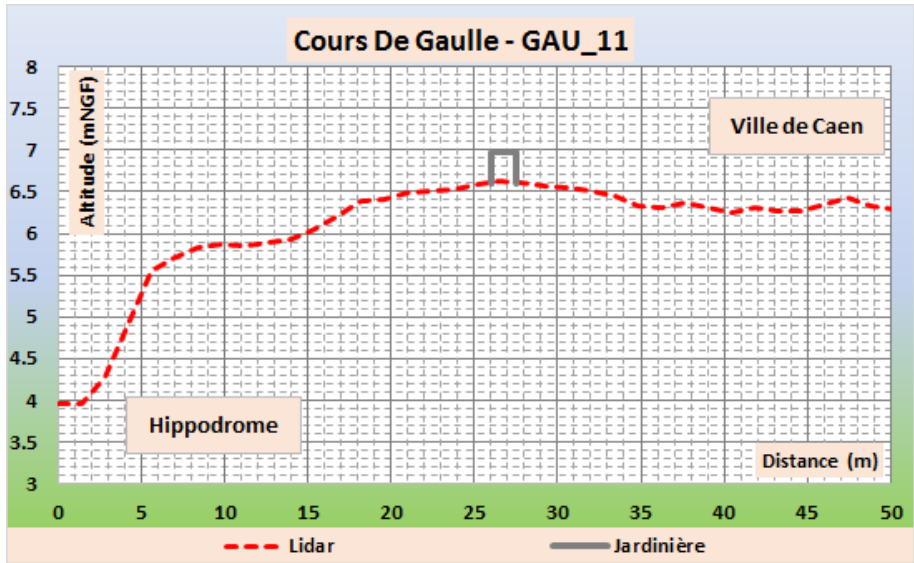
Cours de Gaulle – sous-tronçon 9	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	170 ml Extrémité 1 : X = 455 069 m – Y = 6 902 744 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 187 m – Y = 6 902 618 m (Lambert 93)

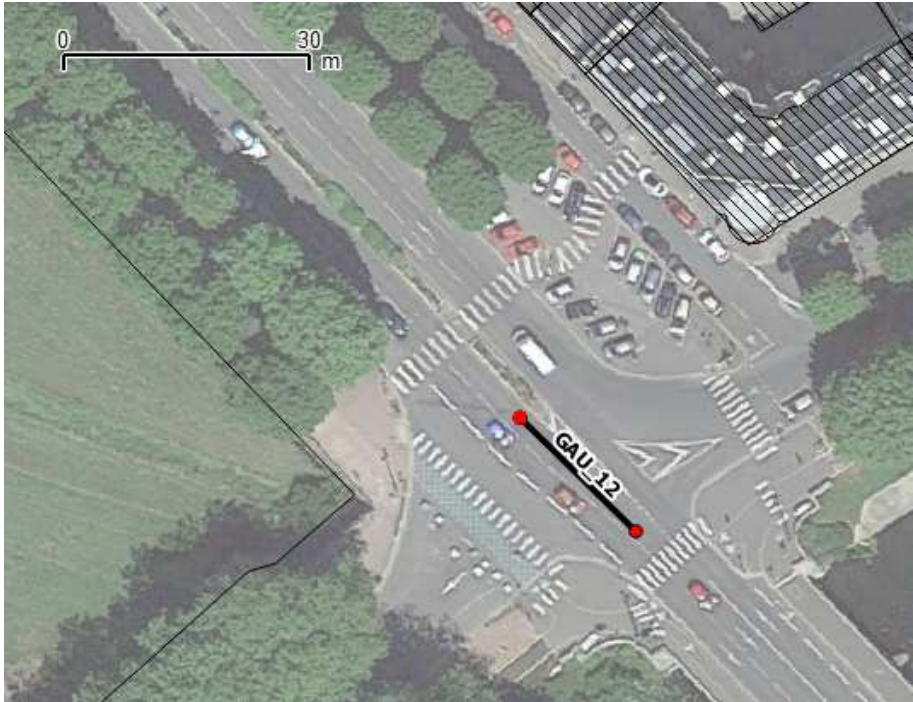
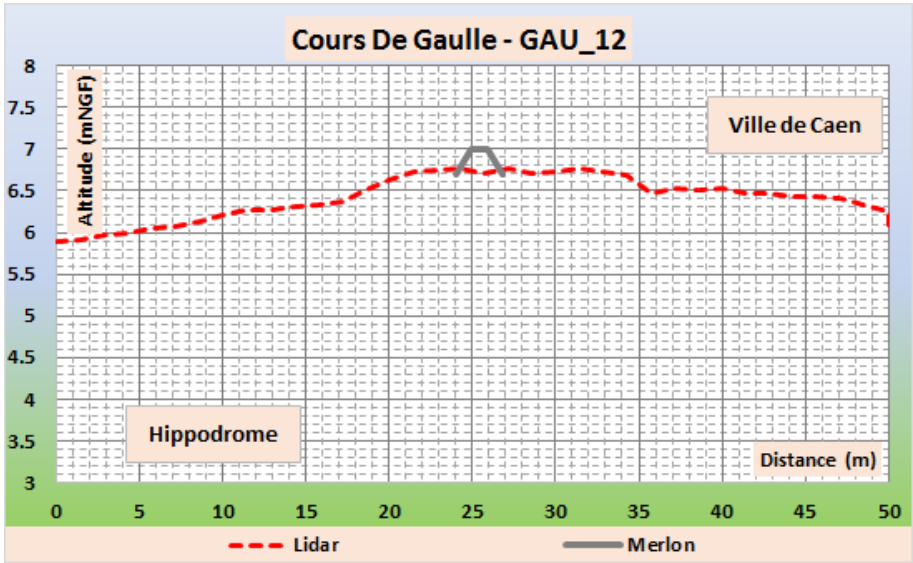
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,7 à 6,1 mNGF, Cote de la protection : 6,6 mNGF, Cote zone protégée : 5,5 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 10	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	6 ml Extrémité 1 : X = 455 187 m – Y = 6 902 618 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 191 m – Y = 6 902 614 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,8 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,1 mNGF, Cote zone protégée : 6,0 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 11	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	10 ml Extrémité 1 : X = 455 191 m – Y = 6 902 614 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 198 m – Y = 6 902 606 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,2 à 6,6 mNGF, Cote de la protection : 7,0 mNGF, Cote zone protégée : 6,3 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 12	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	20 ml Extrémité 1 : X = 455 198 m – Y = 6 902 606 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 213 m – Y = 6 902 592 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

	La structure de l'ouvrage comprend un merlon provisoire en argile mis en place au carrefour entre le cours de Gaulle et la promenade Sévigné.
Cote (mNGF)	Cote de la route : 6,0 à 6,8 mNGF, Cote de la protection : 7,0 mNGF, Cote zone protégée : 6,3 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

3.4 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT, ANALYSE DES RISQUES DE RUPTURE, NIVEAU DE PROTECTION, ANALYSE DE L'ORGANISATION DU GESTIONNAIRE ET GESTION EN SITUATION DE CRUE OU DE TEMPETE

3.4.1 DONNEES HISTORIQUES

Les aménagements ont été construits en 2004-2005. Depuis sa construction, le dispositif de protection n'a jamais été sollicité.

3.4.2 ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

3.4.2.1 Boulevard Yves Guillou

Fonction de rang 0	Fonction de rang 1	Ouvrages associés aux fonctions de rang 1	Fonctions de rang 2	Ouvrages associés aux fonctions de rang 2
Protéger les terres des inondations	Empêcher le passage continu des eaux de l'Orne vers les terres	Remblai	Assurer la stabilité du remblai en fonctionnement normal et exceptionnel	Corps de remblai
				Enrochements
				Talus
				Route en enrobé
				Fondation
			Assurer l'étanchéité du remblai	Fondation
				Mur en béton
				Corps de remblai
			Assurer le maintien du remblai	Corps de remblai
				Végétation
				Mur en béton
				Route en enrobé
			Permettre l'accès pour entretien	Route en crête
	Evacuer les eaux terrestres	Ouvrage traversant	Transférer l'eau	Canalisations
			Empêcher les eaux de passer en zone protégée	Clapets / Vannes
		Ouvrage de collecte	Transférer l'eau	Ruisseau La Noé
Franchir le ruisseau La Noé	Permettre le passage des véhicules et des personnes	Pont	Permettre l'accès	Pont franchissant La Noé
Protéger les personnes des chutes	Soutenir les personnes	Barrières en acier	Retenir les laisses de crues	Barrières en acier

Tableau 3-6 : Analyse fonctionnelle générale – boulevard Yves Guillou.

3.4.2.2 Boulevard Aristide Briand

Fonction de rang 0	Fonction de rang 1	Ouvrages associés aux fonctions de rang 1	Fonctions de rang 2	Ouvrages associés aux fonctions de rang 2
Protéger les terres des inondations	Empêcher le passage continu des eaux de l'Orne vers les terres	Mur en béton et remblai	Assurer la stabilité du remblai en fonctionnement normal et exceptionnel	Corps de remblai
				Mur en béton
				Route en enrobé
				Fondation
			Assurer l'étanchéité du remblai	Fondation
				Mur en béton
				Corps de remblai
			Assurer le maintien du remblai	Corps de remblai
				Mur en béton
				Route en enrobé
			Permettre l'accès pour entretien	Route en crête
				Chemin piétonnier
	Evacuer les eaux terrestres	Ouvrage traversant	Transférer l'eau	Canalisations
			Empêcher les eaux de passer en zone protégée	Clapets
		Ouvrage de collecte	Transférer l'eau	Fossé
Protéger les personnes des chutes	Soutenir les personnes	Barrières en béton	Retenir les laisses de crues	Barrières en béton

Tableau 3-7 : Analyse fonctionnelle générale – boulevard Aristide Briand.

3.4.2.3 Cours de Gaulle

Fonction de rang 0	Fonction de rang 1	Ouvrages associés aux fonctions de rang 1	Fonctions de rang 2	Ouvrages associés aux fonctions de rang 2
Protéger les terres des inondations	Empêcher le passage continu des eaux de l'Orne vers les terres	Remblai	Assurer la stabilité du remblai en fonctionnement normal et exceptionnel	Fondation
				Corps de remblai
				Mur en béton
			Assurer l'étanchéité du remblai	Fondation
				Corps de remblai
				Mur en béton
			Assurer le maintien du remblai	Corps de remblai
	Mur en béton			
	Permettre l'accès pour entretien	Route en crête		
Evacuer les eaux terrestres		Ouvrage traversant	Transférer l'eau	Canalisations
		Ouvrage de collecte	Transférer l'eau	Fossé
Protéger les personnes des chutes	Soutenir les personnes	Barrières en béton	Retenir les laisses de crues	Barrières en béton

Tableau 3-8 : Analyse fonctionnelle générale – cours de Gaulle.

3.4.3 ANALYSE DES AMENAGEMENTS HYDRAULIQUES COMPLEMENTAIRES

Sans objet

3.4.4 NIVEAU DE PROTECTION DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

Le niveau de protection proposé pour le système d'endiguement de Caen-Prairie est présenté dans le Tableau 3-9 :

Caen-Prairie	
Lieu de mesure	Echelle de crue du pont de Vaucelles
Niveau correspondant au point de mesure	5,7 m lu à l'échelle ~5,8 mNGF
Niveau de protection au droit des ouvrages	6,5 mNGF
Qui correspond à un évènement type	Crue de l'Orne de période de retour environ 100 ans, équivalent à l'évènement de référence du PPRI basse vallée de l'Orne
Incertitude prise en compte	20 cm

Tableau 3-9 : proposition de niveau de protection – Caen-Prairie.

3.4.5 ANALYSE DES SITUATIONS DEPASSANT LE NIVEAU DE PROTECTION

En cas de dépassement du niveau de protection, des surverses sont possibles sur les GBA du boulevard A. Briand où se situe le point bas.

Pour des hauteurs de surverses importantes, une érosion de la fondation des murettes est possible, entraînant le basculement et la rupture du dispositif de protection.

Un remplissage brusque et rapide de la zone protégée serait la conséquence d'une telle défaillance.

3.4.6 ANALYSE DE L'ORGANISATION DU GESTIONNAIRE

La surveillance réalisée sur l'ouvrage est formalisée par le document des consignes de surveillance et d'exploitation établi le 09 avril 2009 par le SMLCI.

Un suivi topographique du niveau de crête des murettes et jardinières est assuré annuellement.

DOCUMENT B : ANALYSE DES RISQUES ET JUSTIFICATION DES PERFORMANCES

4 CHAPITRE 4 : CARACTERISATION DES ALEAS

4.1 HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE ET MORPHODYNAMIQUE GLOBALE DU COURS D'EAU OU DU SECTEUR HYDROSEDIMENTAIRE MARITIME

La zone d'étude s'étend le long de l'Orne fluviale dans la traversée de Caen. Les régimes d'écoulements y sont très complexes et dépendent des débits de l'Orne et de l'influence maritime.

Néanmoins, lors des grandes crues de l'Orne, l'influence maritime sur les niveaux d'eau est très modérée, voire négligeable : l'influence de la marée haute est par exemple de quelques centimètres (< 5 cm) au moment du pic de crue pour une crue de l'ordre de la crue centennale.

Les niveaux d'eau sur la zone d'étude sont fortement influencés par les manœuvres des différents ouvrages de gestion des niveaux de l'Orne et du canal de Caen à la mer.

4.1.1 HYDRODYNAMIQUE GENERALE EN BAIE DE SEINE

En baie de Seine (GRESARC, 2002), entre la pointe de Barfleur et le Havre, l'amplitude du marnage augmente d'environ 25 % tout au long de la côte. La marée présente une forme dissymétrique, avec un flot relativement court (2-3 heures) et un jusant assez long (9-10 heures) : cette dissymétrie se retrouve dans les courants et influence les mouvements sédimentaires dans la baie.

L'étale de pleine mer dure plus de deux heures, l'étale de basse mer est quasiment inexistant, la montée succédant sans transition à la descente. La tenue du plein influence fortement la dynamique sédimentaire sur toute la baie : elle permet la décantation des matériaux fins apportés en suspension dans les zones abritées et une action maximale des houles sur la côte.

La figure suivante illustre les courants de marée de vives eaux. Ces courants sont caractérisés par une inversion de leur sens 3 heures avant la pleine mer et 3 heures après (en référence au port de Cherbourg).

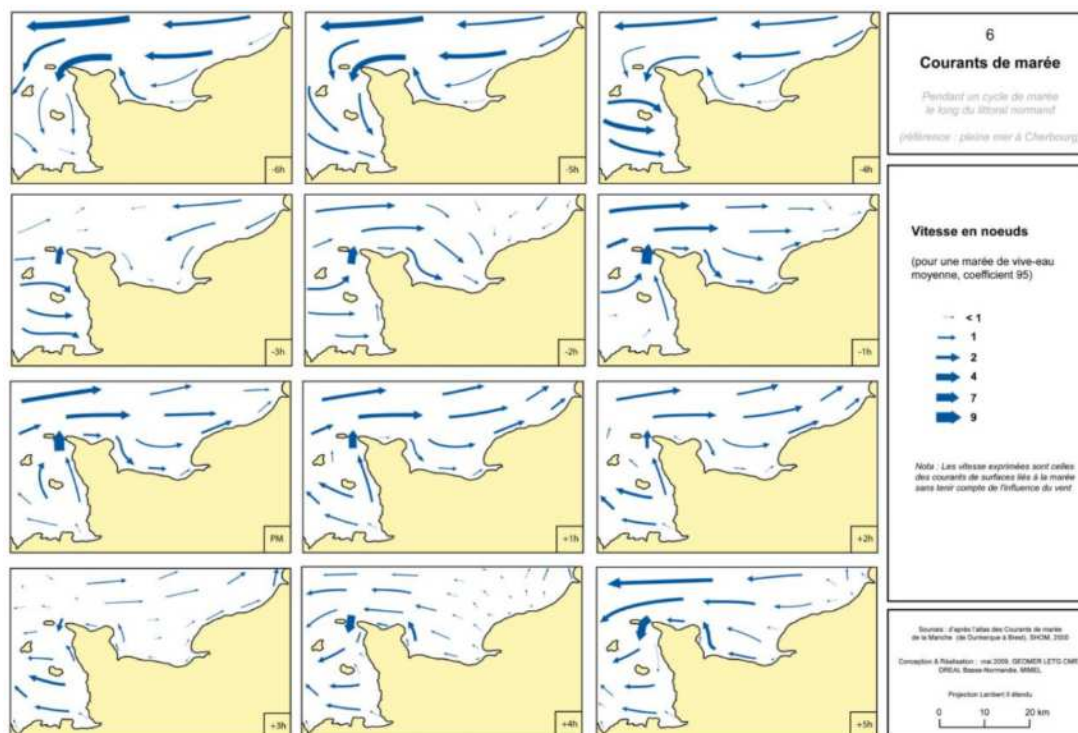


Tableau 4-1 : courant pendant un cycle de marée en Manche (GEOMER – MIMEL / DREAL de basse-Normandie, 2010).

4.1.2 MORPHODYNAMIQUE GENERALE EN BAIE DE SEINE

D'après Larsonneur (Etude hydrosédimentaires en Baie de Seine, 1985) :

En Baie de Seine, les larges surfaces occupées par les sédiments sablo-graveleux dans la partie centrale ou occidentale ont montré la présence de structures sédimentaires nombreuses témoignant de transits sableux tractés sur le fond. Elles indiquent une direction générale de transport vers le Sud-Est, présentant quelques inversions locales fonctions de la morphologie sous-marine ou littorale. A l'Est de la baie, les sables fins montrent peu de structures de transit mais par contre des signes d'envasement. La dynamique sédimentaire des vases est caractérisée par un cycle annuel où alternent des phases de dépôt en masse lors des crues, à proximité immédiate des estuaires ; et des phases de reprise de ces vases sous l'action des houles, cette dilacération est responsable du développement de structures sédimentaires originales. Plus au large, des images sporadiques de "rubans de vase" ont pu être interprétées comme issues de la remise en suspension de vases par la houle suivie d'un entraînement de ces suspensions par le courant de marée. En baie de Seine orientale, des structures attribuables au transport de sable tracté sur le fond ne sont observables que localement, à l'approche du banc de Seine et du banc du Ratier, et près du port d'Antifer. Ces informations complètent la connaissance de la distribution des sédiments et de leur dynamique acquise antérieurement par prélèvements et photographie sous-marine (Larsonneur, 1971) et suivi de traceurs (Service d'application des radio-éléments, Saclay).

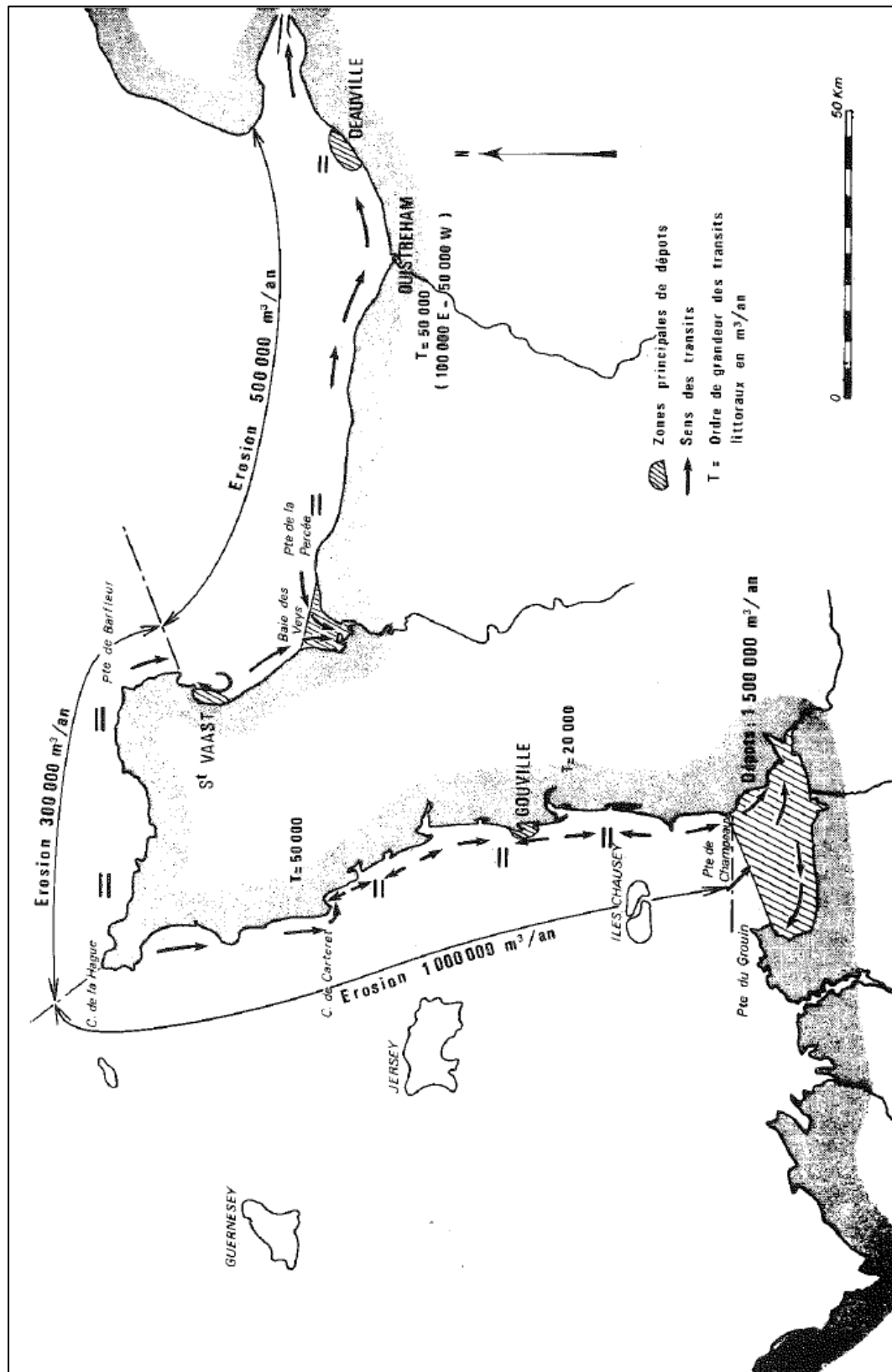


Tableau 4-2 : transit sédimentaire le long des côtes normandes (EDF R&D - LCHF, 1986).

4.2 HYDROLOGIE, HYDRAULIQUE ET MORPHODYNAMIQUE LOCALE

4.2.1 HYDROLOGIE – LES CRUES DE L'ORNE

La Figure 4-1 présente le bassin versant de l'Orne à Caen ainsi que son réseau hydrographique.

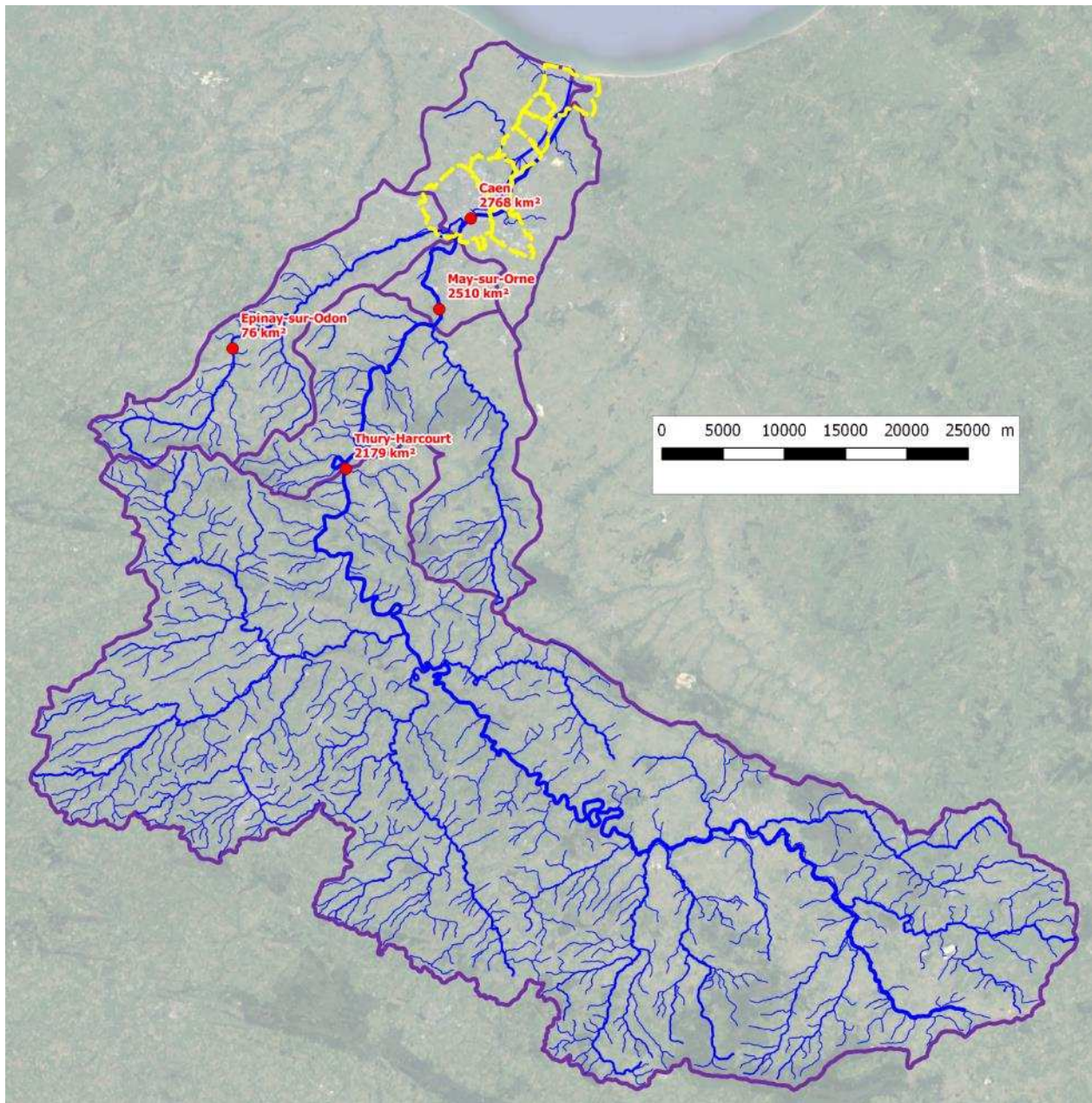


Figure 4-1 : bassin versant de l'Orne.

Les débits de crues de l'Orne pour différentes périodes de retour ont été estimés par ajustements statistiques à partir des mesures à la station de May-sur-Orne et par la méthode du gradex pour les crues rares.

4.2.1.1 Ajustement statistique des débits de crues à la station de May-sur-Orne

Les débits instantanés de crue maximale annuelle ont été récupérés sur la Banque Hydro. Ces données ont fait l'objet d'un ajustement à une loi de Gumbel présenté sur la Figure 4-2 :

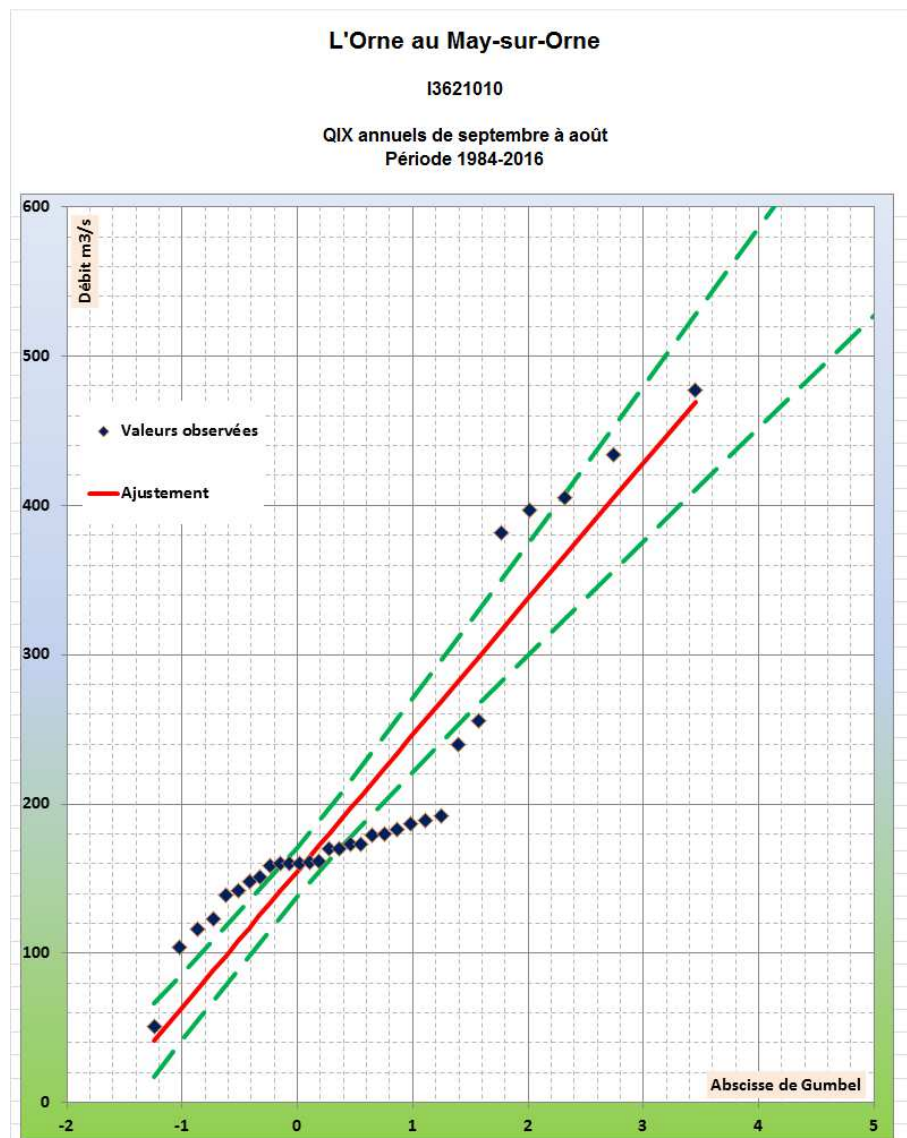


Figure 4-2 : ajustement à une loi de Gumbel des débits de crues à la station de May-sur-Orne.

L'ajustement est assez médiocre. Les observations montrent une rupture de pente pour des débits d'environ 200 m³/s.

Les valeurs obtenues pour les crues fréquentes à la station de May-sur-Orne sont données dans le Figure 4-3 :

Station de May-sur-Orne	Période de retour		
	10 ans	20 ans	50 ans
Débit de pointe en m³/s	360	425	510

Figure 4-3 : débits de pointe des crues fréquentes à la station de May-sur-Orne.

A titre de comparaison, la méthode SHYREG développée par l'IRSTEA donne un débit de fréquence 10 ans de 340 m³/s, un débit de fréquence 20 ans de 400 m³/s et un débit de fréquence 50 ans de 487 m³/s (valeurs 2019).

Pour la suite de l'analyse, les valeurs issues de l'ajustement à la loi de Gumbel sont retenues.

4.2.1.2 Estimation des fréquences rares – méthode du Gradex

La méthode du GRADEX s'appuie sur l'hypothèse qu'à partir d'un événement de période de retour donnée (« pivot ») toute la pluie ruisselle.

En prenant pour hypothèse une période de retour pivot de 50 ans, les débits de crues rares à extrêmes sont obtenus par la méthode du GRADEX suivant la formule :

$$Q_{pT} = Q_{p50} + r \cdot G_p \cdot \frac{S_{BV}}{3,6 \times 24 \times D} \cdot \Delta u$$

Avec :

Q_{pT} : débit instantané en m³/s ;

T : période de retour ;

D : durée caractéristique de la crue en jours ;

r : le rapport entre le débit de pointe et le débit moyen sur la durée D ;

S_{BV} : la surface du bassin versant en km² ;

G_p : gradex de la pluie de durée D en mm ;

Δu : différence des variables de Gumbel $u(T)-u(T=50)$.

L'analyse des hydrogrammes des plus fortes crues donnent une durée caractéristique des crues D de 3 jours. Pour ces crues les plus fortes, le rapport r est en moyenne de 1,34.

Le gradex des pluies est issu des travaux de Météo-France (Météo France, juillet 1999) : selon les stations considérées, le gradex sur 3 jours varie de 10 à 13 mm. La valeur moyenne de 11,5 mm est retenue.

Les valeurs obtenues par application de la méthode sont données dans le Figure 4-4

Station de May-sur-Orne	Période de retour					
	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	500 ans	1 000 ans
Débit de pointe en m ³ /s	360	425	510	610	850	960

Figure 4-4 : débits de pointe de l'Orne à May-sur-Orne.

Le débit de la crue de l'Orne de janvier 1926 (crue la plus forte connue) est couramment estimé à 625 m³/s. Cette crue est considérée comme crue de référence à Caen, notamment pour le PPRi de la basse vallée de l'Orne et pour le dimensionnement des aménagements de lutte contre les inondations de l'agglomération caennaise.

4.2.1.3 Application au bassin versant à Caen

Le bassin versant de l'Orne à Caen couvre 2 770 km². Celui à May-sur-Orne est de 2 510 km².

Les débits de crues à Caen sont déduits des débits à May-sur-Orne par une relation de type Myer :

$$Q_{Caen} = Q_{May-sur-Orne} \cdot \left(\frac{2770}{2510} \right)^{0,8}$$

Les valeurs ainsi calculées sont données dans le Figure 4-5 :

Agglomération de Caen	Période de retour					
	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	500 ans	1 000 ans
Débit de pointe en m ³ /s	400	460	550	665	925	1 040

Figure 4-5 : débits de pointe de l'Orne à Caen.

Les valeurs retenues dans le cadre du PAPI de l'Orne (cf. (Institution Interdépartementale du Bassin de l'Orne, septembre 2011)) sont de 390 m³/s pour la crue de période de retour 10 ans et 640 m³/s pour la crue de période de retour 100 ans. Les valeurs obtenues sont cohérentes avec les études antérieures.

Les valeurs obtenues sont supérieures aux estimations de la base SHYREG-débit de 2019 : 607 m³/s pour la crue de période de retour 100 ans, 990 m³/s. Les écarts demeurent de l'ordre de 10 % ce qui reste dans les intervalles d'incertitude communément admis pour les estimations de débits de crues.

Les hydrogrammes de projet sont construits par homothétie à partir de celui enregistré à la station de May-sur-Orne pour la crue de janvier 2001 (cf. Figure 4-6).

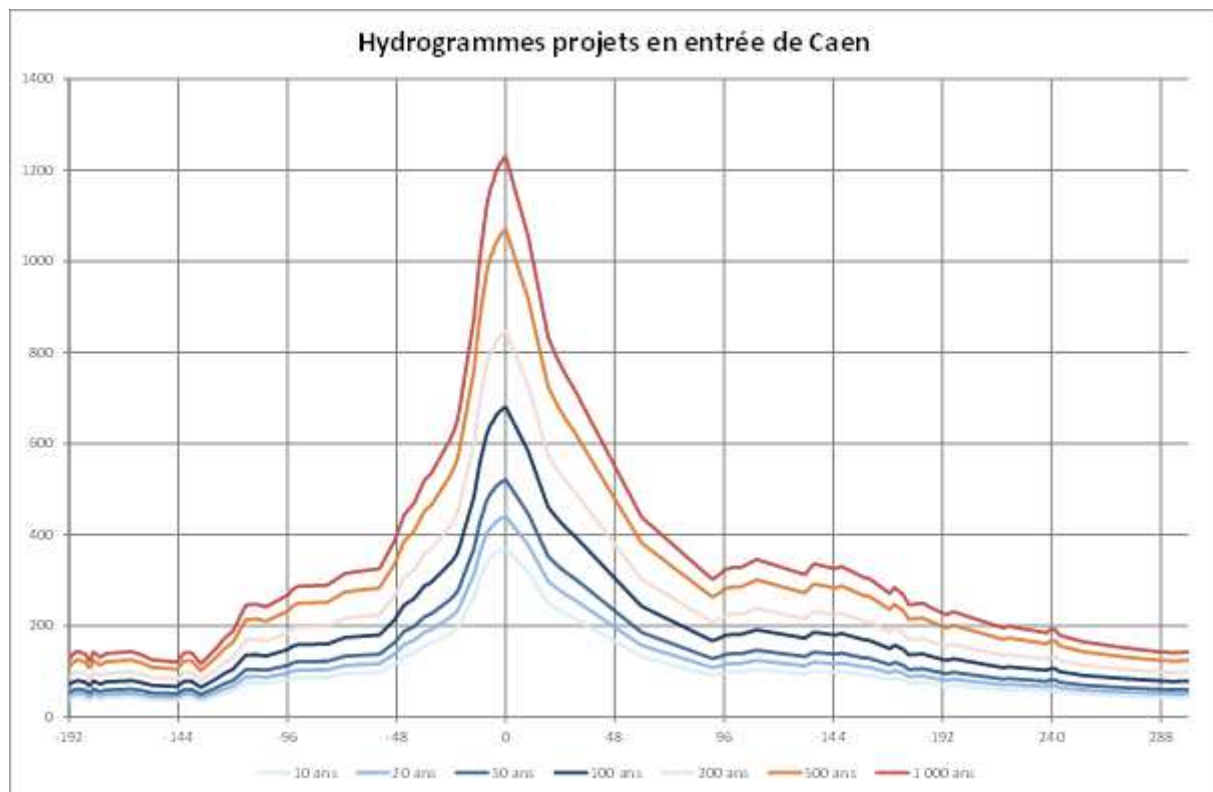


Figure 4-6 : hydrogrammes de crues de l'Orne à Caen.

4.2.2 MORPHODYNAMIQUE LOCALE

Le cours de l'Orne le long de la Prairie est fortement contraint par les aménagements en berge qui limite les possibilités de divagation du cours d'eau.

Par ailleurs, les ouvrages constituant le système d'endiguement de Caen-Prairie sont situés très en retrait du lit de l'Orne.

4.3 EMBACLES ET LEURS EFFETS POTENTIELS

Juste en aval de la Prairie de Caen, l'Orne compte quatre ouvrages de franchissement :

- Le pont de Bir Hakeim ;
- Le pont de Vaucelles ;
- Le pont Winston Churchill ;
- Le pont Alexandre Stirn.

Ces quatre ouvrages comptent chacun 3 travées avec 2 piles dans le lit de l'Orne.

Aucune coupe de ces ponts n'a été fournie et la revanche du tablier par rapport aux hautes eaux n'est pas connue.

4.4 TRANSPORTS SEDIMENTAIRES

Il est rapporté dans le rapport de phase 1 du PPRI (Alp'Géorisques - IMDC, 2014) que le flux sédimentaire apporté par l'Orne dans l'estuaire est d'environ 50 000 m³/an.

4.5 SEISMES ET AUTRES PHENOMENES GEOLOGIQUES

4.5.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE



Figure 4-7 : contexte géologique (extrait de la carte géologique de France au 1/50 000^{ème}, feuille de Caen éditée par le BRGM (source : Infoterre)).

L'ensemble des ouvrages et de la zone protégée reposent sur des formations de remblais anthropiques édifiés sur les alluvions de la vallée de l'Orne.

4.5.2 SEISMES

D'après le zonage sismique en vigueur depuis le 1er mai 2011, les digues étudiées sont situées en zone de sismicité 2 (faible). Le réseau de digues est de classe B et C, aucune étude du risque sismique n'est donc nécessaire.

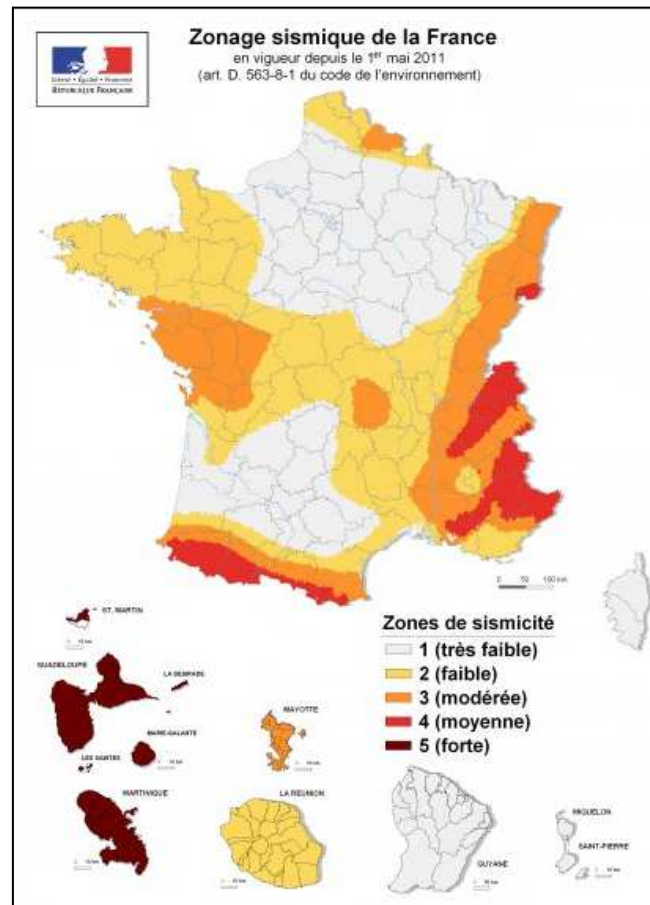


Tableau 4-3 : zonage sismique de la France.

La carte suivante localise les épicentres des séismes recensés à proximité géographique de la zone d'étude entre 1962 et 2009. Elle a été établie par le Bureau Central Sismologique Français et est disponible sur le site : www.franceseisme.fr.

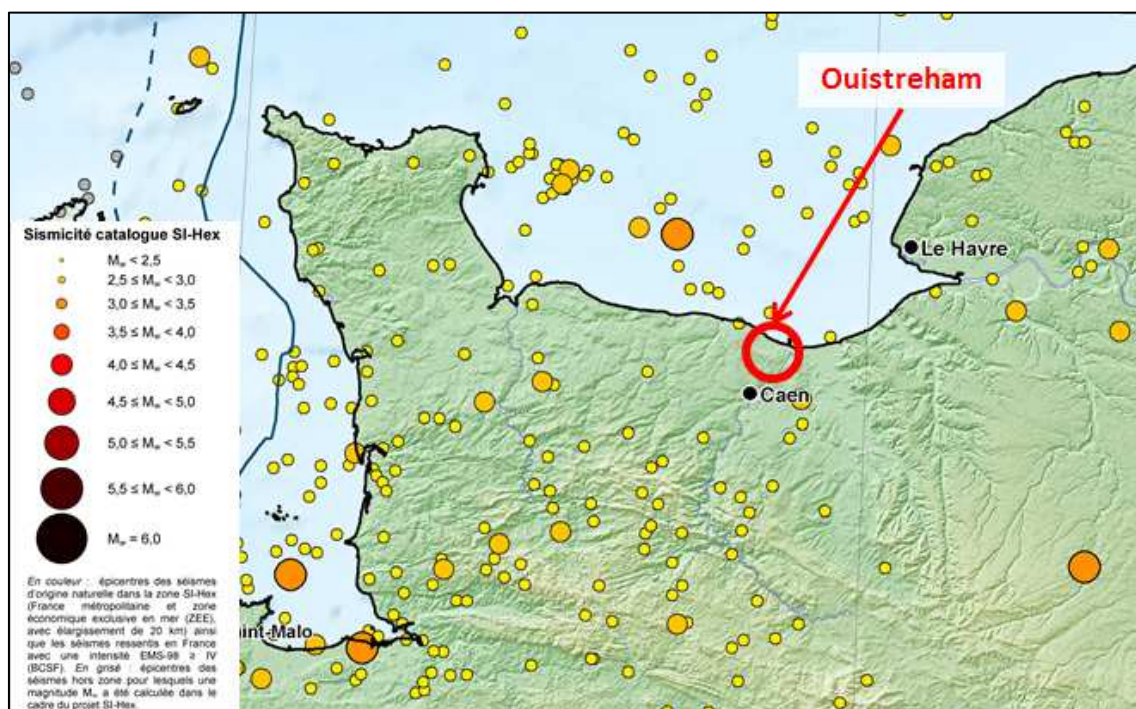


Tableau 4-4 : épicentre des séismes observés entre 1962 et 2009 à proximité de la zone d'étude. La couleur des points figure la magnitude du séisme (source : www.franceseisme.fr).

En zone de sismicité 2, la vérification du risque potentiel de liquéfaction des digues n'est pas requise pour les digues de classes A (cf. Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques, MEDDE-DGPR, octobre 2014).

4.5.3 TSUNAMI

La Tableau 4-6 répertorie les tsunamis constatés sur les côtes de France.

En Manche, 3 tsunamis ont été observés sur les côtes du Cotentin et de la baie de Seine :

Date	Appellation	Région	Océan-Mer	Intensité
17 décembre 1850	Baie de Cherbourg	Cotentin	Manche	3.0
25 septembre 1845	Baie de Seine (Le Havre)	Normandie	Manche	inconnue
13 juillet 1725	Baie de Flamanville	Cotentin	Manche	2.0

Tableau 4-5 : liste des tsunamis observés sur les côtes de Normandie.

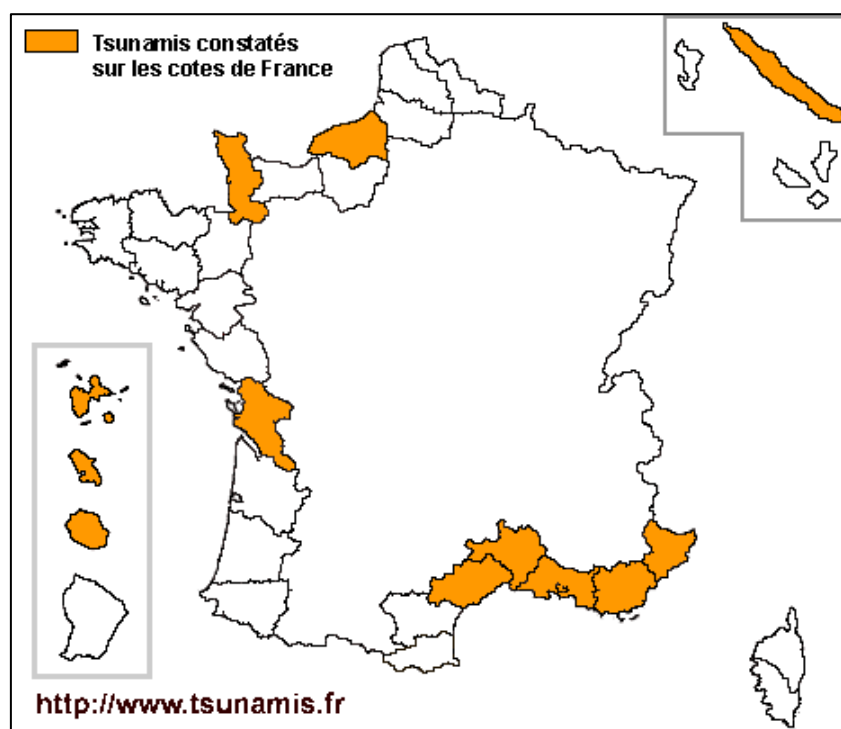


Tableau 4-6 : tsunamis constatés sur les côtes de France.

Le site www.tsunamis.fr informe d'une liste de faux tsunamis (événements perçus comme tels) :

Date	Appellation	Région	Océan-Mer
28 octobre 1909	Raz de marée de tempête (St-Malo, Port-en-Bessin)	Normandie	Manche
30 mai 1889	Séisme du Nord Cotentin	Normandie	Manche
17 septembre 1839	Raz de marée de tempête (la Hougue)	Cotentin	Manche
23-25 janvier 1838	Houle extraordinaire (baie et port de Cherbourg)	Cotentin	Manche
25 décembre 1836	Raz de marée de tempête (Barfleur, la Hougue)	Cotentin	Manche
7 mars 1833	Contexte de grande marée (la Hougue)	Cotentin	Manche
13 septembre 1821	Marée extraordinaire (Cherbourg)	Cotentin	Manche
25 juin 1768	Mouvement des eaux (Le Havre)	Normandie	Manche
30 novembre 1716	Marée extraordinaire (Le Havre)	Normandie	Manche

Tableau 4-7 : liste de faux tsunamis sur les côtes de Normandie.

5 CHAPITRE 5 : DESCRIPTION DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

Le système d'endiguement de Caen Prairie constitue une protection contre les inondations liées aux crues de l'Orne. La cote de protection apparente de l'ouvrage est 6,65 mNGF. La zone protégée s'étend en totalité sur la commune de Caen.

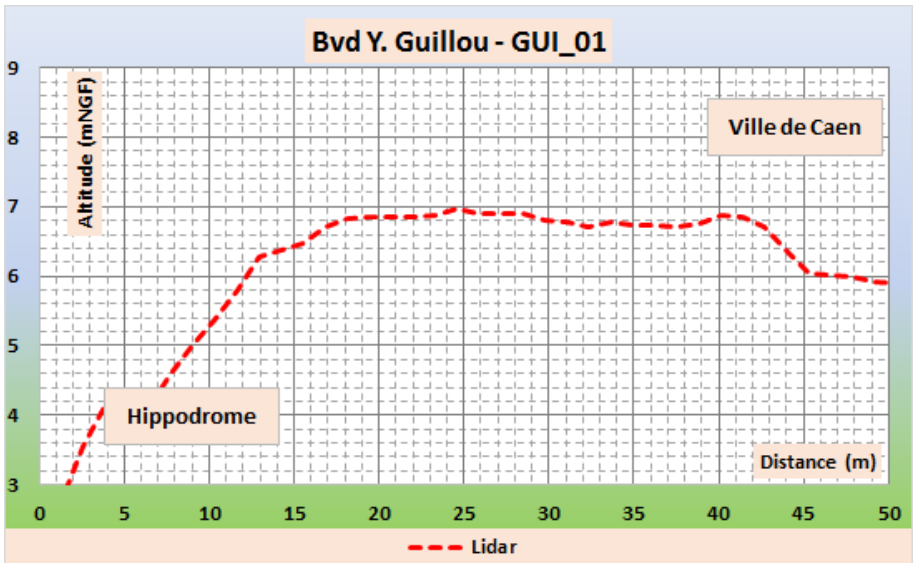
Les terrains protégés sont nivelés au-dessus de 4,2 à 4,3 mNGF. Des descentes de parkings souterrains peuvent présenter des altitudes inférieures.

Les ouvrages constitutifs du système d'endiguement de Caen Prairie sont décomposés en 24 sous-tronçons répartis entre le boulevard Y. Guillou (9), le boulevard A. Briand (3), le cours De Gaulle (12).

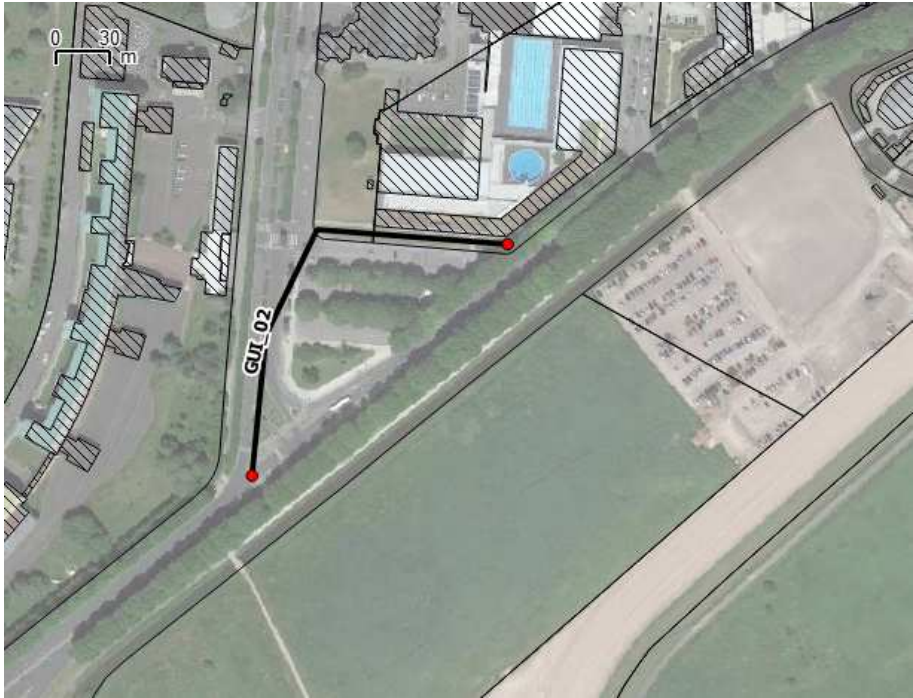
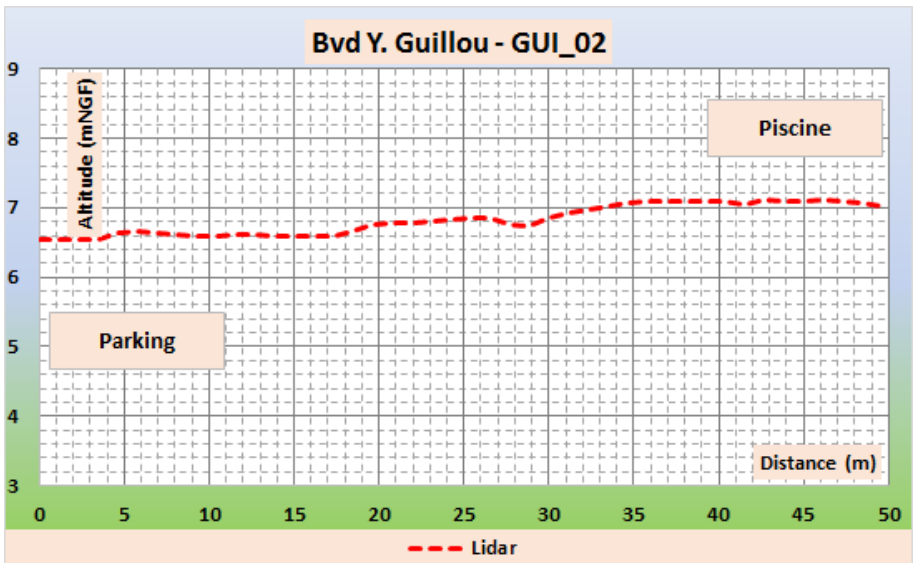
L'ensemble de ces voies sont classées par un arrêté préfectoral de classement en date du 14/08/2009.

5.1 OUVRAGES EXISTANTS

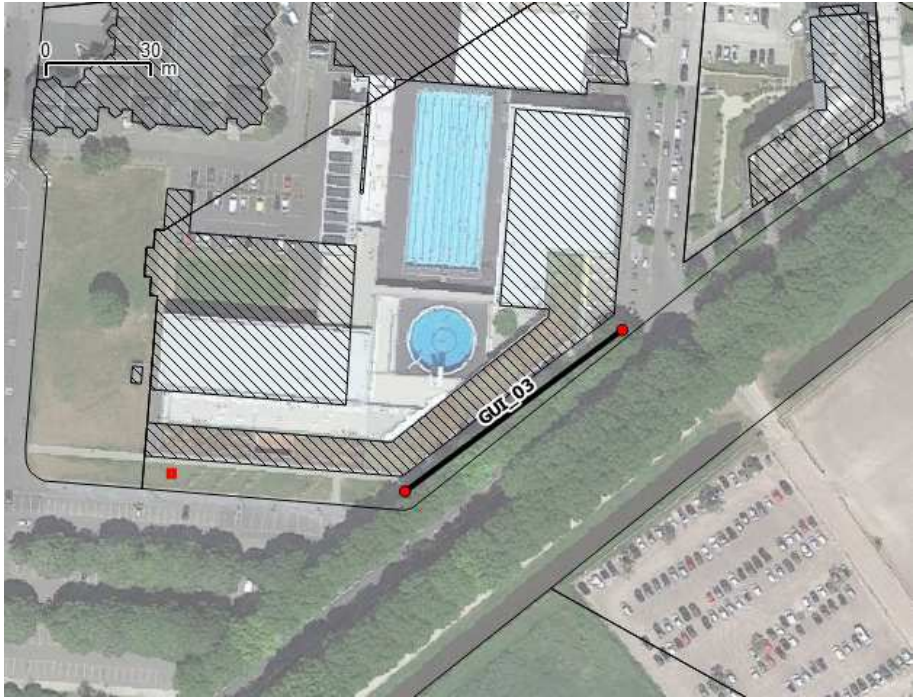
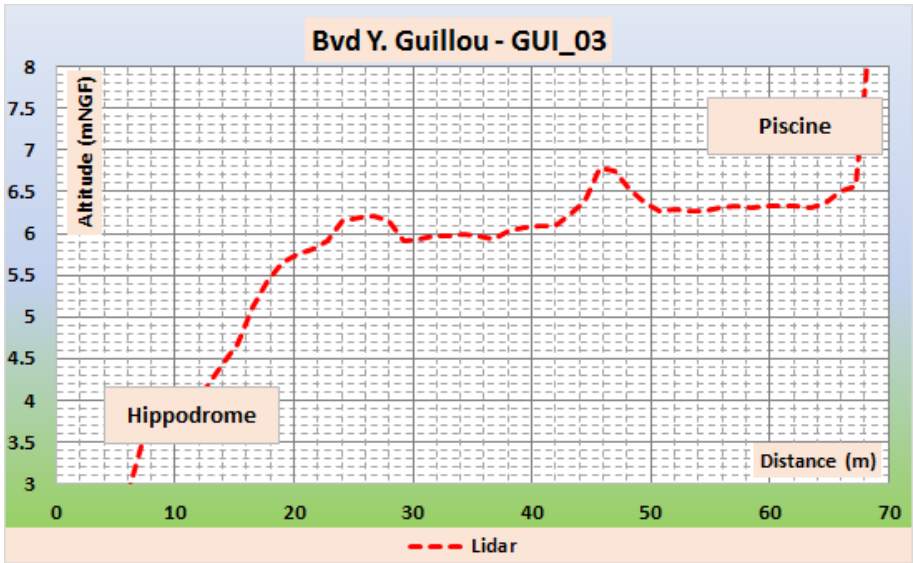
5.1.1 BOULEVARD Y. GUILLOU

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 1	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	560 ml Extrémité 1 : X = 453 741 m – Y = 6 902 258 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 228 m – Y = 6 902 497 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

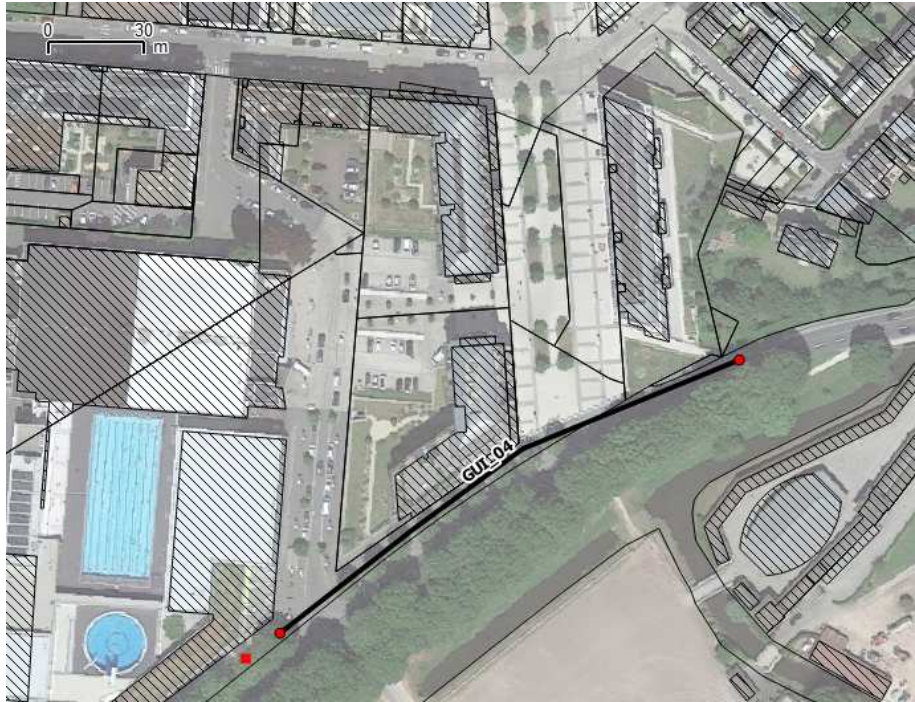
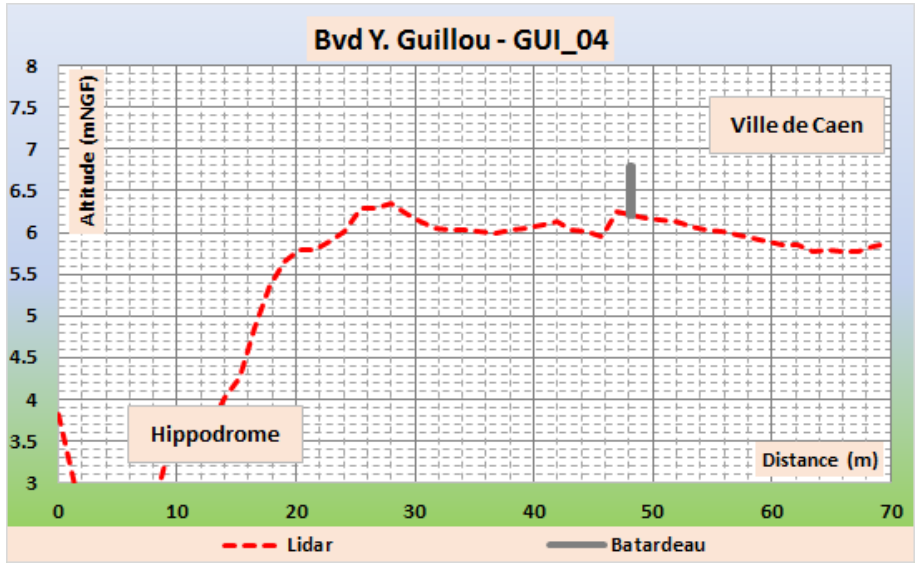
	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied de talus, ▪ Un talus de pente 3H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillou de largeur 20 à 25 m (2 x 2 voies), ▪ Un talus enherbé de pente 3,5H/1V.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 à 5,0 mNGF, Cote de la route : 6,9 mNGF, Cote zone protégée : 6,0 mNGF.
Ouvrages annexes	Aucun ouvrage traversant recensé.
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Bon état général (VTA, ISL 2021)

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 2	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	250 ml Extrémité 1 : X = 454 228 m – Y = 6 902 497 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 371 m – Y = 6 902 626 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

	Ce tronçon ne constitue par un tronçon d'ouvrage à proprement parler. Il s'agit de terrains permettant la fermeture du système d'endiguement.
Cote (mNGF)	Cote de la route : 6,8 mNGF, Cote zone protégée : >7,0 mNGF.
Ouvrages annexes	Aucun ouvrage traversant recensé.
Propriété et parcelles cadastrales	Domaine public.
Gestion	
Etat général	

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 3	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	80 ml Extrémité 1 : X = 454 371 m – Y = 6 902 626 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 433 m – Y = 6 902 672 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

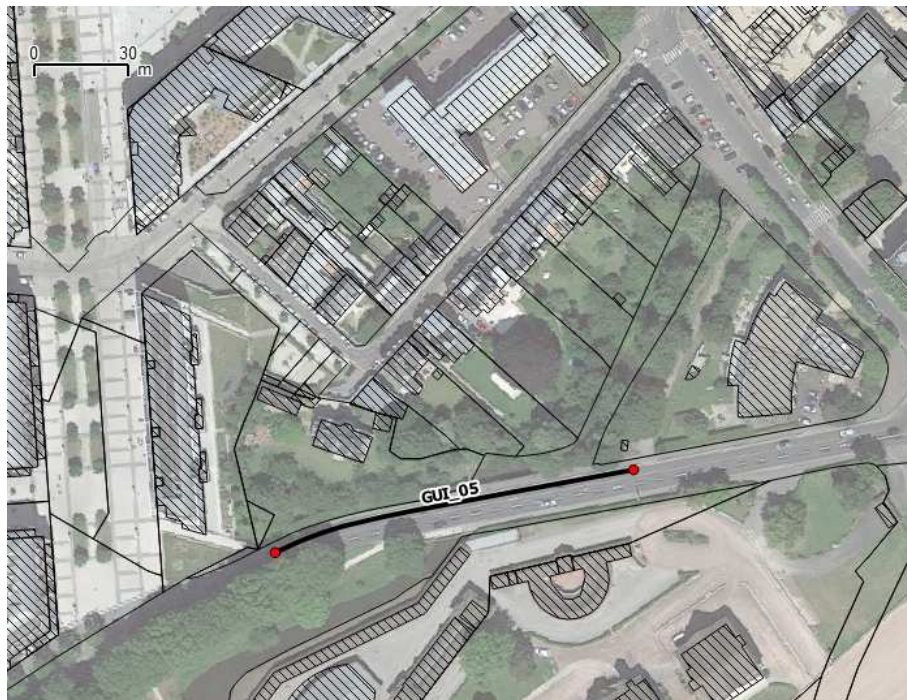
	Ce tronçon ne constitue par un tronçon d'ouvrage à proprement parler. Il s'agit de terrains permettant la fermeture du système d'endiguement.
Cote (mNGF)	Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote zone protégée : >7,0 mNGF.
Ouvrages annexes	Aucun ouvrage traversant recensé.
Propriété et parcelles cadastrales	Domaine public.
Gestion	
Etat général	

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 4	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	170 ml Extrémité 1 : X = 454 433 m – Y = 6 902 672 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 576 m – Y = 6 902 757 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied de talus, ▪ Un talus de pente 2,5H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Un talus enherbé en pente très douce.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 5,8 mNGF.
Ouvrages annexes	Aucun ouvrage traversant recensé.
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Ouvrage amovible non observé

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 5

Localisation



Photo



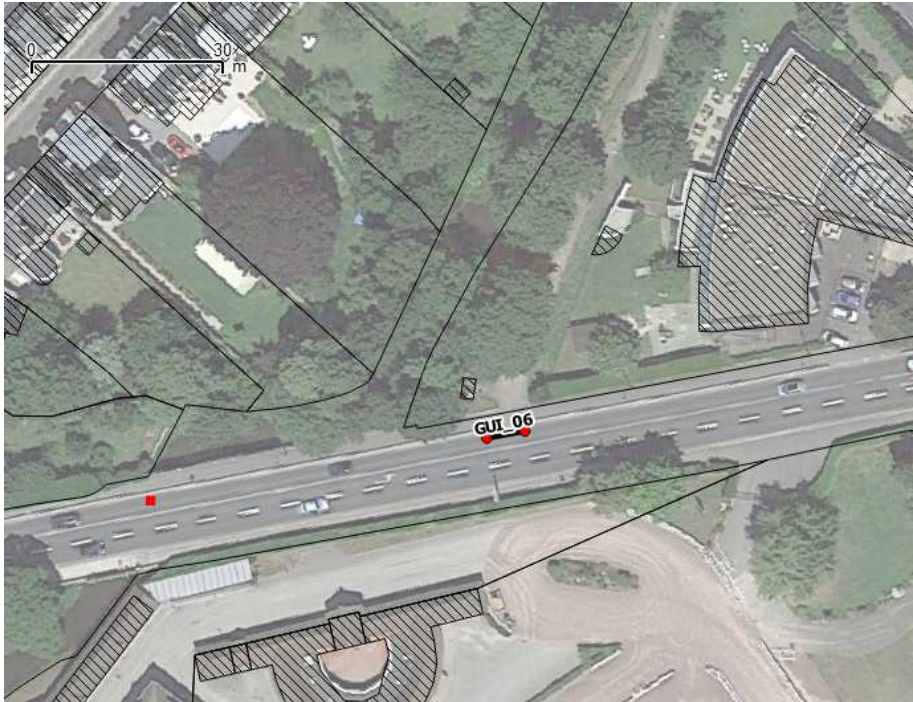
Longueur utile

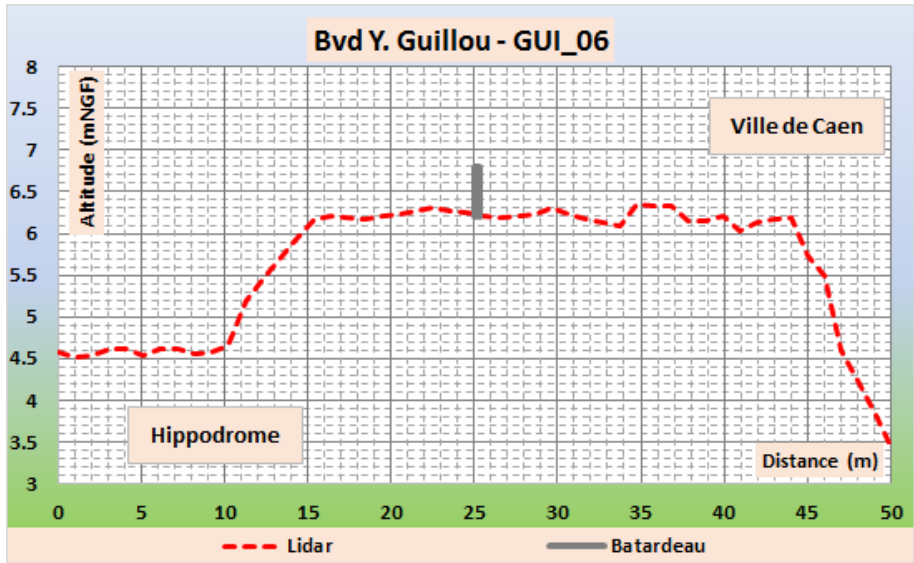
120 ml

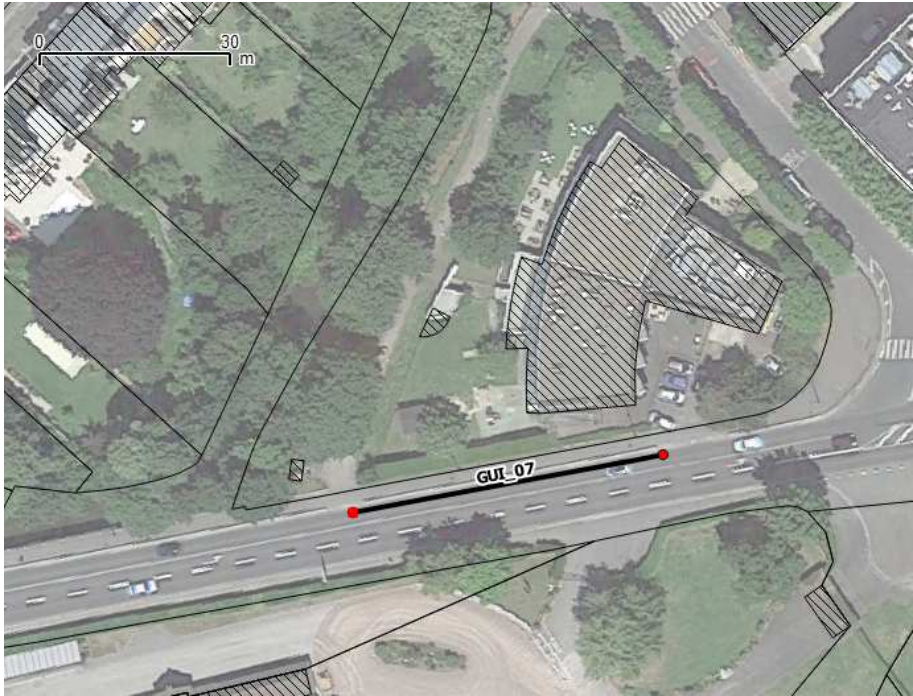
Extrémité 1 : X = 454 576 m – Y = 6 902 757 m (Lambert 93)

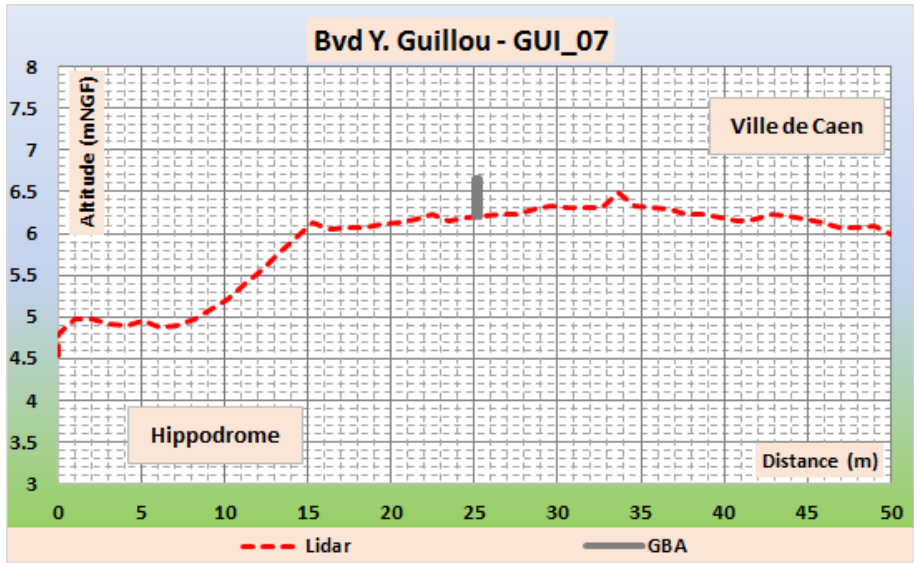
Extrémité 2 : X = 454 690 m – Y = 6 902 787 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied de talus, ▪ Un talus de pente 4H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Un mur de soutènement en béton armé le long du canal ▪ Canal.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,5 mNGF, Cote de la route : 6,3 mNGF, Cote de la protection : 6,7 à 6,9 mNGF, Cote zone protégée : 5,5 mNGF.
Ouvrages annexes	Ouvrage vanné traversant : canal d'alimentation traversant Caen jusqu'au bassin Saint-Pierre.
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

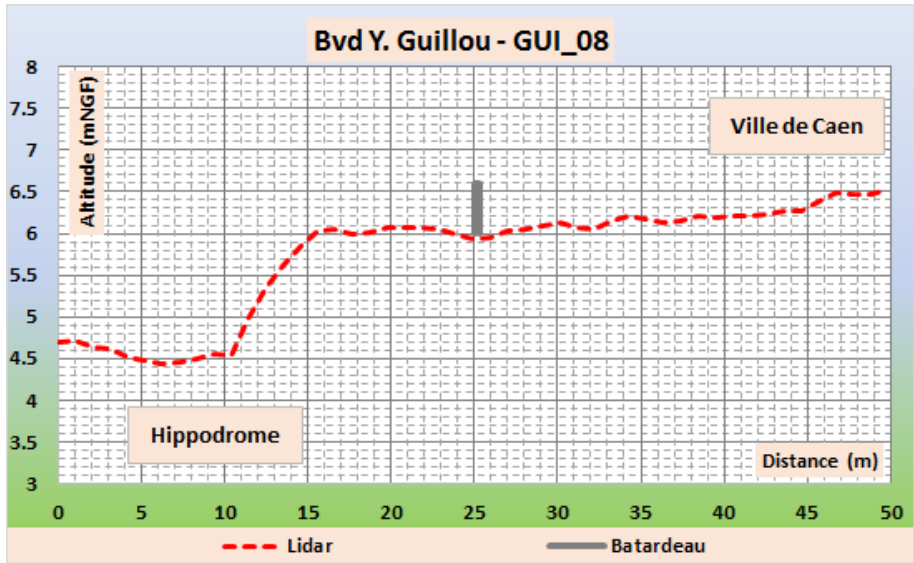
Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 6	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	6 ml Extrémité 1 : X = 454 690 m – Y = 6 902 787 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 696 m – Y = 6 902 785 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente 2,5H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Terrain, ▪ Un talus de pente 3H/1V, ▪ Canal.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,6 mNGF, Cote de la route : 6,3 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,3 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

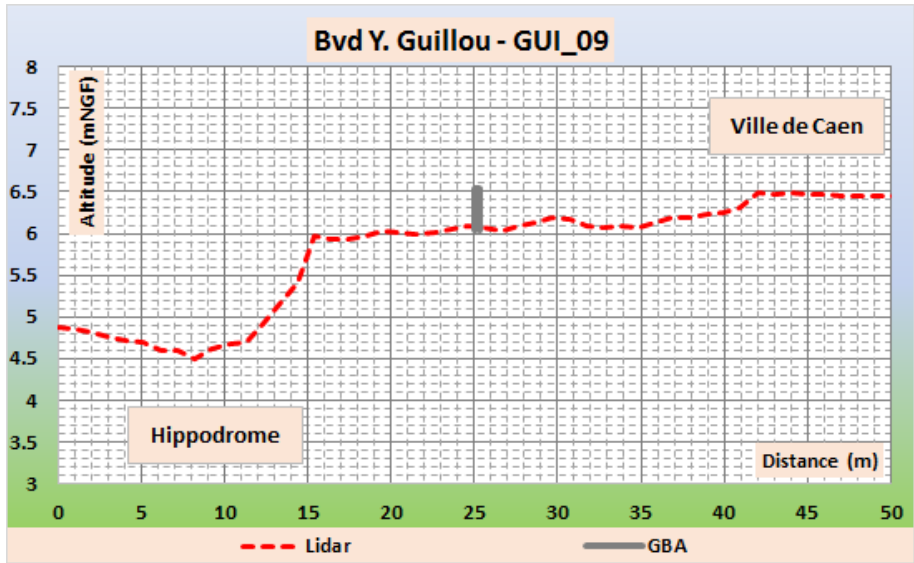
Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 7	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	50 ml Extrémité 1 : X = 454 696 m – Y = 6 902 785 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 745 m – Y = 6 902 794 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente 5H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Terrain du restaurant d'entreprise.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,9 mNGF, Cote de la route : 6,1 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,0 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 8	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	9 ml Extrémité 1 : X = 454 745 m – Y = 6 902 794 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 753 m – Y = 6 902 795 m (Lambert 93)

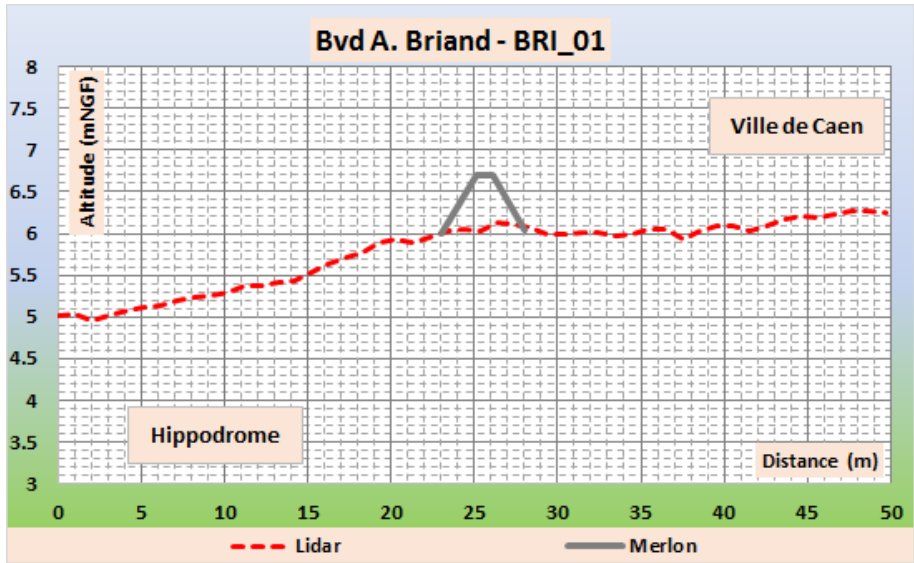
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente 3H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Terrain du restaurant d'entreprise.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,5 mNGF, Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,2 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Boulevard Y. Guillou – sous-tronçon 9	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	15 ml Extrémité 1 : X = 454 753 m – Y = 6 902 795 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 768 m – Y = 6 902 798 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente 3H/1V avec des arbres et arbustes, ▪ Le boulevard Y. Guillaou de largeur 10 m (3 voies), ▪ Terrain du restaurant d'entreprise.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,5 mNGF, Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote de la protection : 6,6 mNGF, Cote zone protégée : 6,2 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

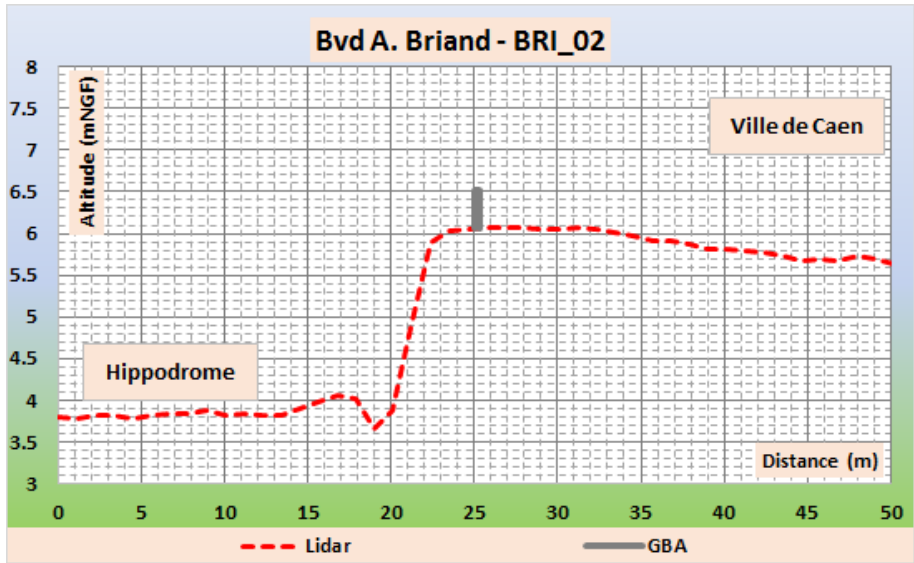
5.1.2 BOULEVARD A. BRIAND

Boulevard A. Briand – sous-tronçon 1	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	37 ml Extrémité 1 : X = 454 768 m – Y = 6 902 798 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 805 m – Y = 6 902 795 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un talus de pente très douce (chemin d'accès à l'hippodrome), ▪ Le boulevard A. Briand de largeur 10 m (3 voies), ▪ Carrefour.
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 5,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,0 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Boulevard A. Briand – sous-tronçon 2

Localisation	
Photo	
Longueur utile	145 ml Extrémité 1 : X = 454 805 m – Y = 6 902 795 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 942 m – Y = 6 902 841 m (Lambert 93)

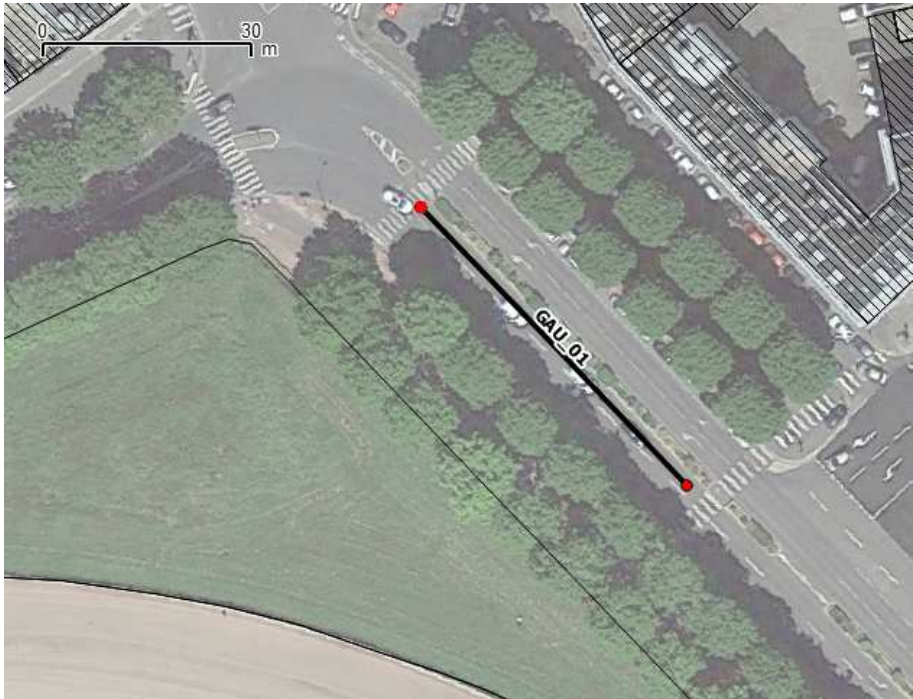
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le boulevard A. Briand de largeur 10 m (3 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 3,8 mNGF, Cote de la route : 6,1 mNGF, Cote de la protection : 6,55 mNGF, Cote zone protégée : 5,6 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Boulevard A. Briand – sous-tronçon 3

Localisation	
Photo	
Longueur utile	30 ml Extrémité 1 : X = 454 942 m – Y = 6 902 841 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 454 971 m – Y = 6 902 842 m (Lambert 93)

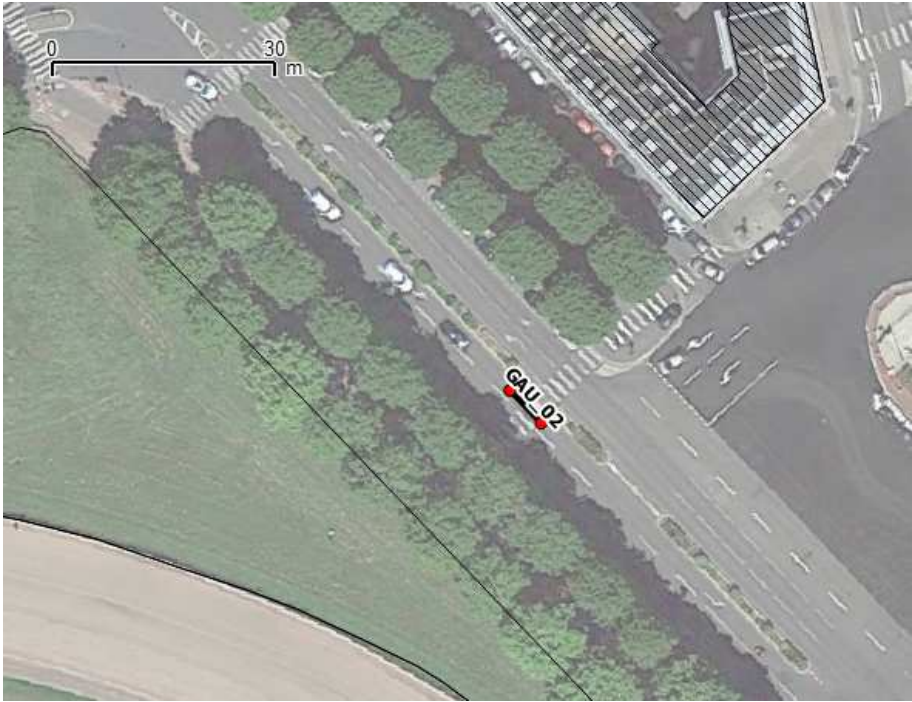
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	Bvd A. Briand - BRI_03 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le carrefour du boulevard A. Briand avec le cours de Gaulle
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 6,7 mNGF, Cote zone protégée : 6,3 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

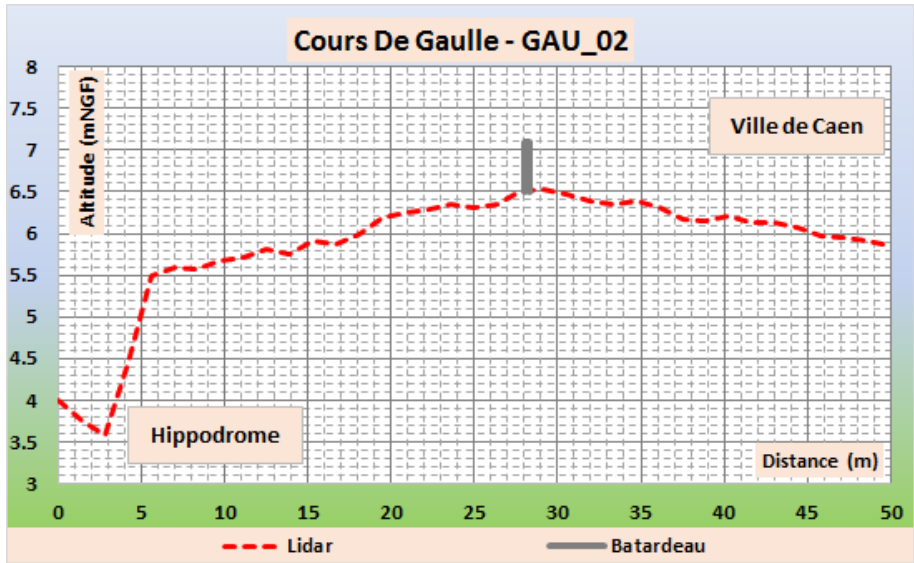
5.1.3 COURS DE GAULLE

Cours de Gaulle – sous-tronçon 1	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	55 ml Extrémité 1 : X = 454 971 m – Y = 6 902 842 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 010 m – Y = 6 902 802 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,0 mNGF, Cote zone protégée : 5,6 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

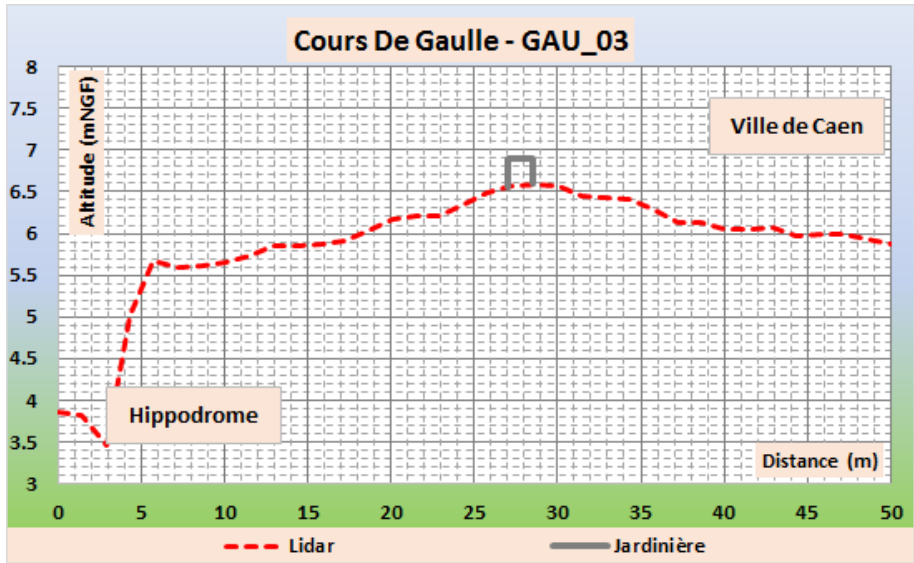
Cours de Gaulle – sous-tronçon 2

Localisation	
Photo	
Longueur utile	6 ml Extrémité 1 : X = 455 010 m – Y = 6 902 802 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 014 m – Y = 6 902 798 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,10 mNGF, Cote zone protégée : 5,9 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 3

Localisation	
Photo	
Longueur utile	8 ml Extrémité 1 : X = 455 014 m – Y = 6 902 798 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 020 m – Y = 6 902 792 m (Lambert 93)

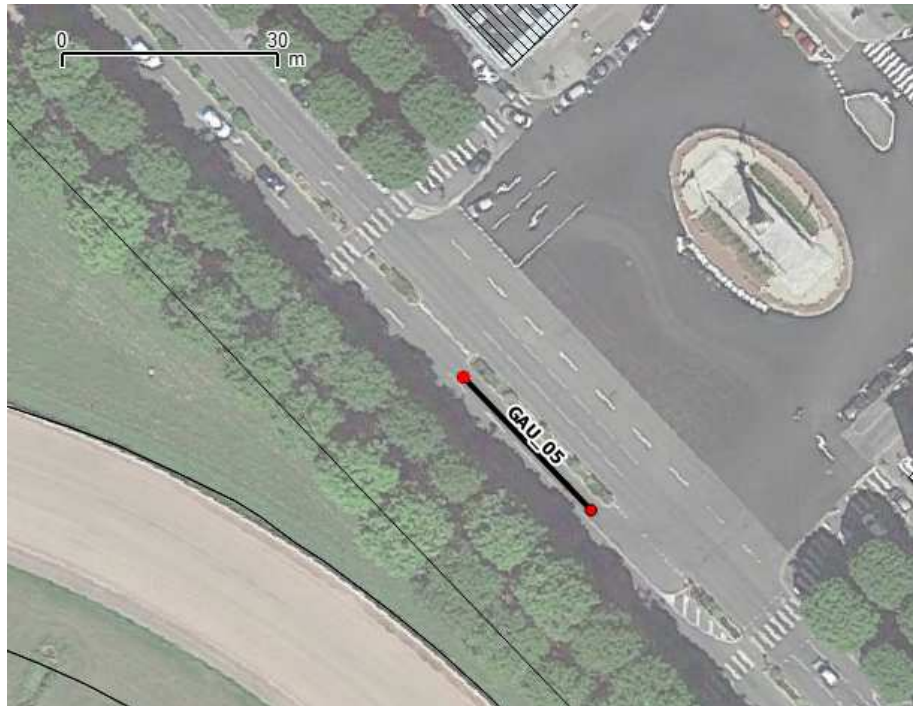
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,0 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 6,90 mNGF, Cote zone protégée : 5,9 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 4	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	13 ml Extrémité 1 : X = 455 020 m – Y = 6 902 792 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 029 m – Y = 6 902 782 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,1 mNGF, Cote zone protégée : 6,2 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 5

Localisation



Photo

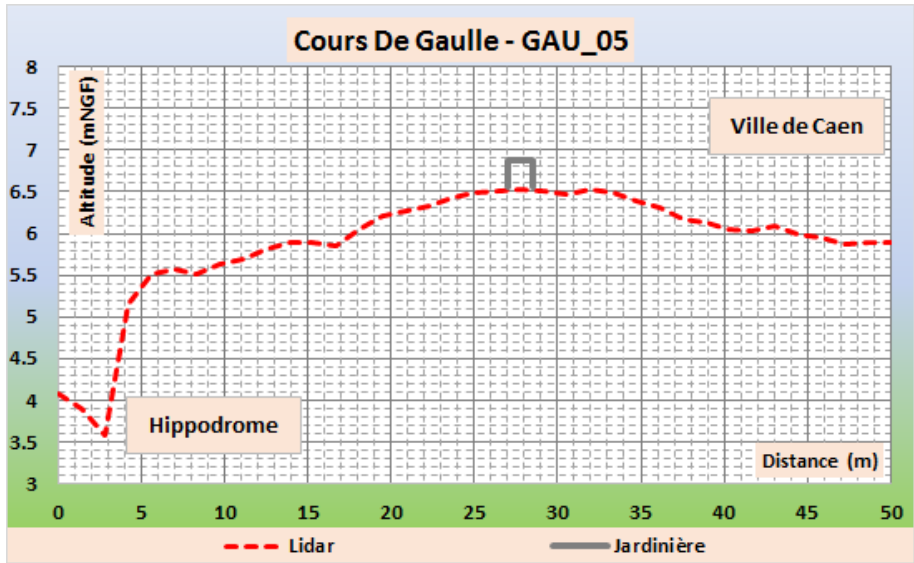


Longueur utile

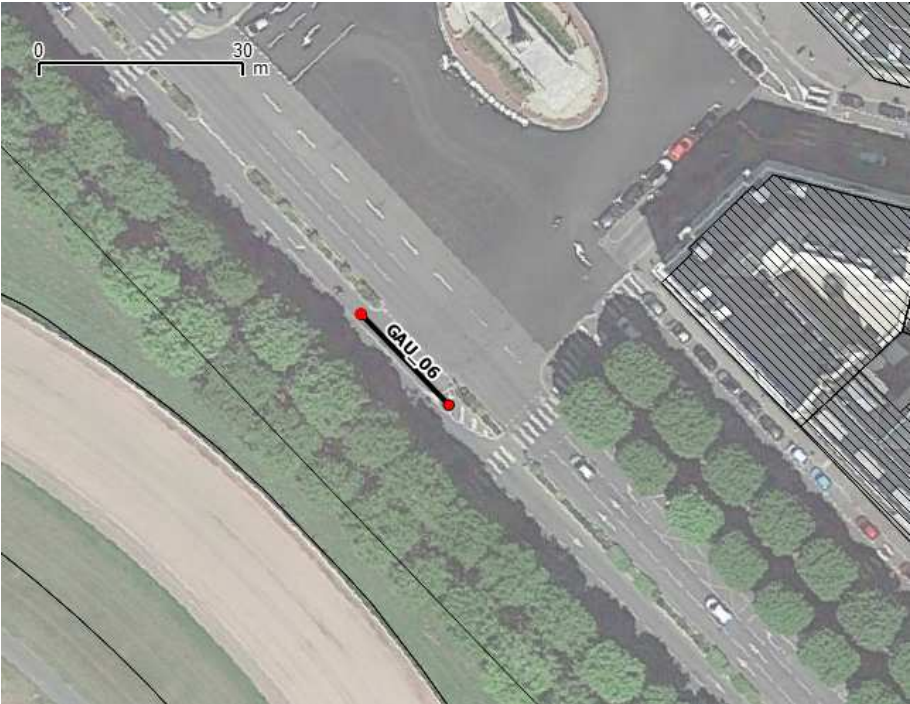
25 ml

Extrémité 1 : X = 455 029 m – Y = 6 902 782 m (Lambert 93)

Extrémité 2 : X = 455 046 m – Y = 6 902 764 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 6,9 mNGF, Cote zone protégée : 5,9 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

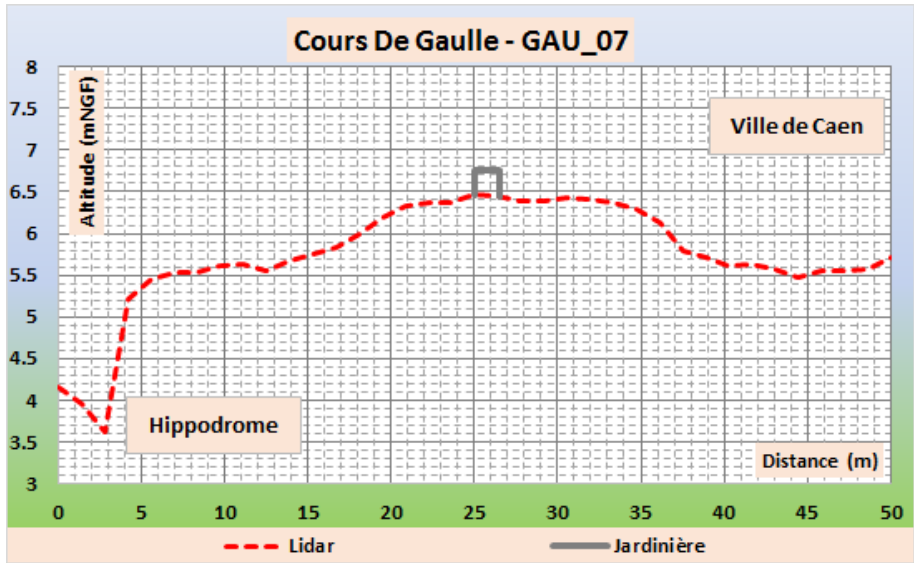
Cours de Gaulle – sous-tronçon 6

Localisation	
Photo	
Longueur utile	18 ml Extrémité 1 : X = 455 046 m – Y = 6 902 764 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 059 m – Y = 6 902 750 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,1 mNGF, Cote zone protégée : 6,1 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 7

Localisation	
Photo	
Longueur utile	8 ml Extrémité 1 : X = 455 059 m – Y = 6 902 750 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 065 m – Y = 6 902 744 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 6,8 mNGF, Cote zone protégée : 5,5 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 8

Localisation



Photo

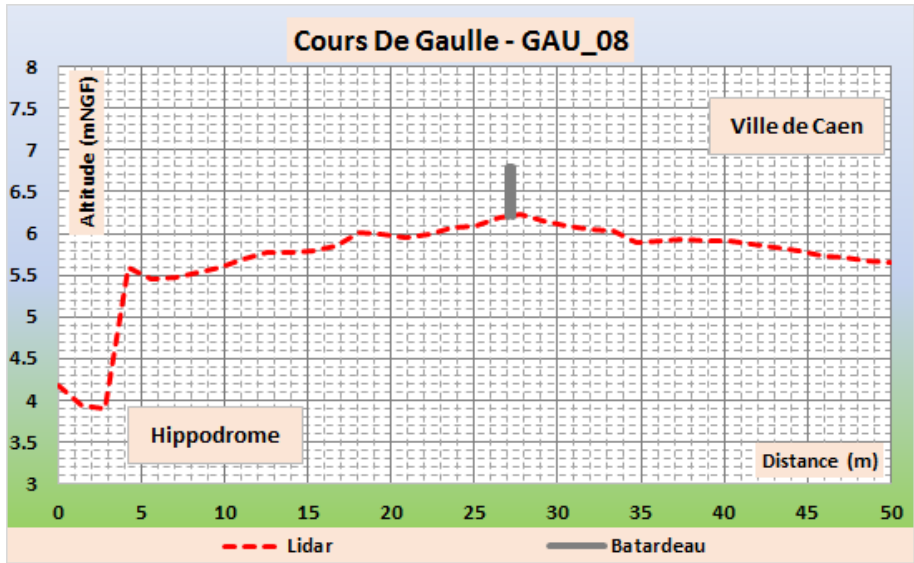


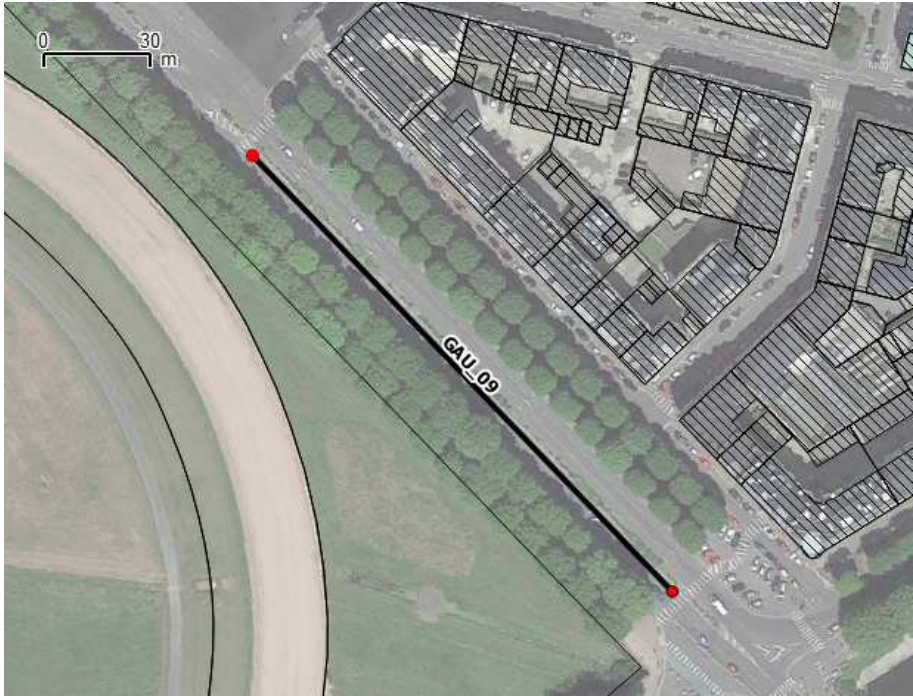
Longueur utile

6 ml

Extrémité 1 : X = 455 065 m – Y = 6 902 744 m (Lambert 93)

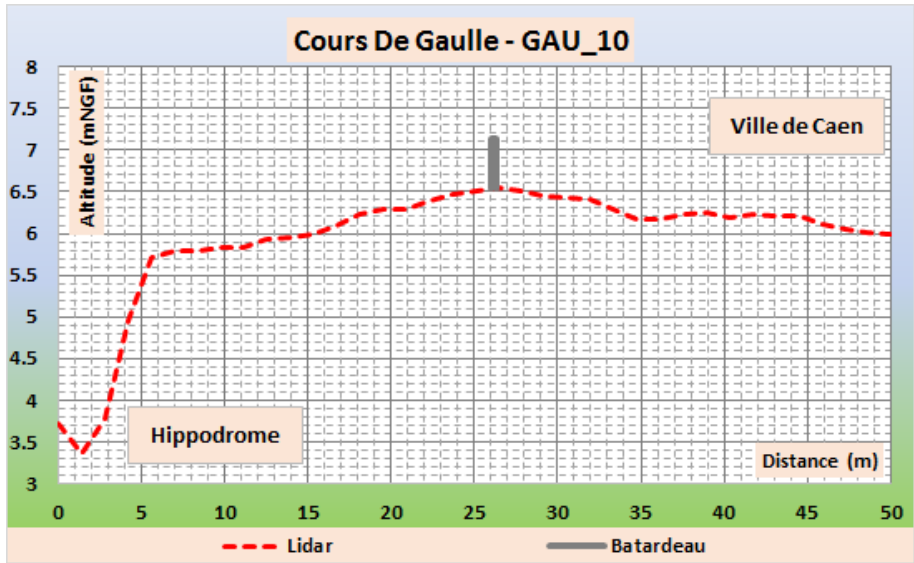
Extrémité 2 : X = 455 069 m – Y = 6 902 744 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,9 à 6,3 mNGF, Cote de la protection : 6,8 mNGF, Cote zone protégée : 5,7 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 9	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	170 ml Extrémité 1 : X = 455 069 m – Y = 6 902 744 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 187 m – Y = 6 902 618 m (Lambert 93)

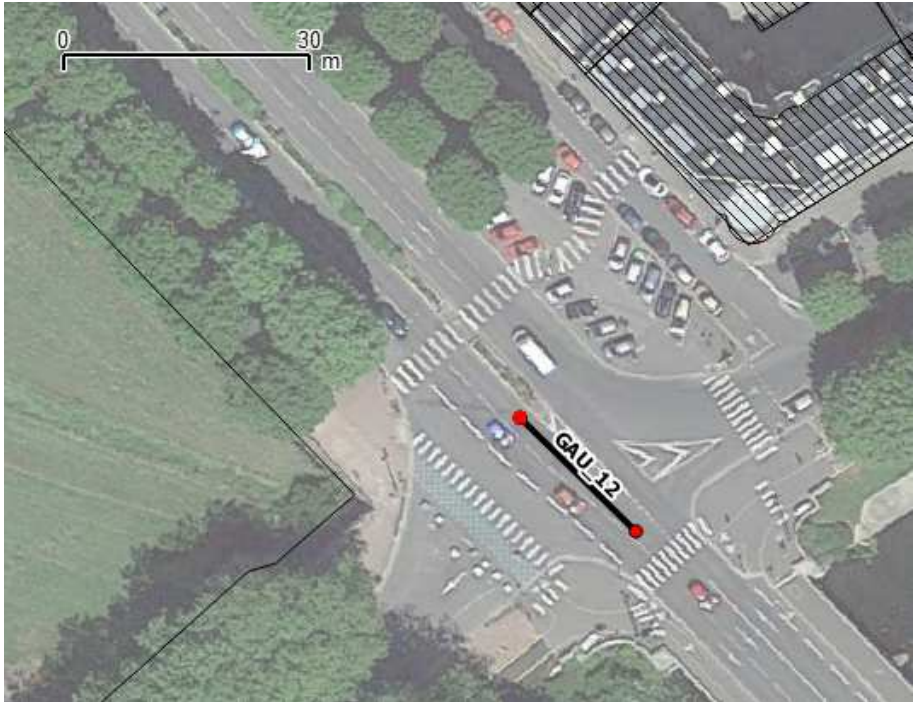
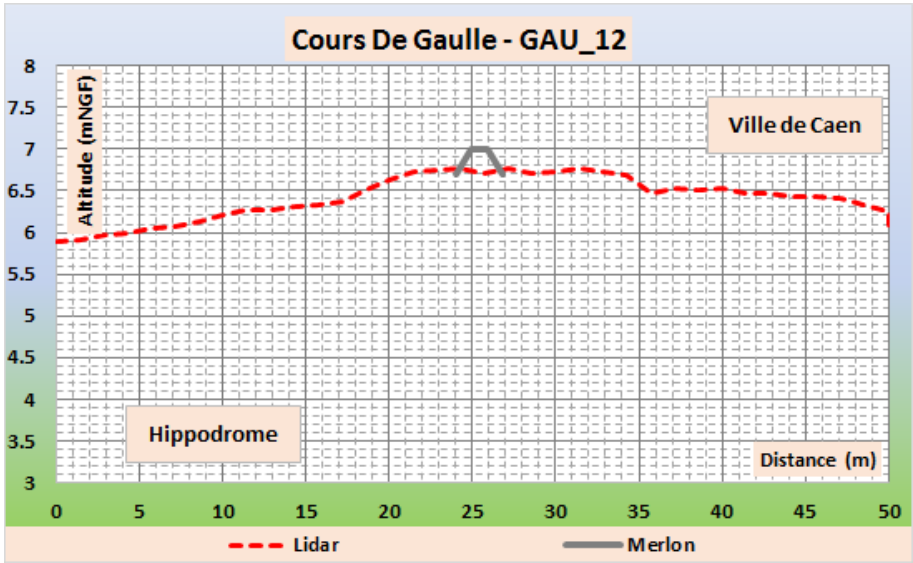
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,7 à 6,1 mNGF, Cote de la protection : 6,6 mNGF, Cote zone protégée : 5,5 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 10	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	6 ml Extrémité 1 : X = 455 187 m – Y = 6 902 618 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 191 m – Y = 6 902 614 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	 La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 5,8 à 6,5 mNGF, Cote de la protection : 7,1 mNGF, Cote zone protégée : 6,0 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 11	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	10 ml Extrémité 1 : X = 455 191 m – Y = 6 902 614 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 198 m – Y = 6 902 606 m (Lambert 93)

Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) : ▪ Un fossé en pied, ▪ Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m, ▪ Le cours de Gaulle de largeur 18 m (2x2 voies).
Cote (mNGF)	Cote hippodrome : 4,0 mNGF, Cote de la route : 6,2 à 6,6 mNGF, Cote de la protection : 7,0 mNGF, Cote zone protégée : 6,3 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

Cours de Gaulle – sous-tronçon 12	
Localisation	
Photo	
Longueur utile	20 ml Extrémité 1 : X = 455 198 m – Y = 6 902 606 m (Lambert 93) Extrémité 2 : X = 455 213 m – Y = 6 902 592 m (Lambert 93)
Date de construction et travaux	
Description de la structure et géométrie	

	La structure de l'ouvrage comprend un merlon provisoire en argile mis en place au carrefour entre le cours de Gaulle et la promenade Sévigné.
Cote (mNGF)	Cote de la route : 6,0 à 6,8 mNGF, Cote de la protection : 7,0 mNGF, Cote zone protégée : 6,3 mNGF.
Ouvrages annexes	
Propriété et parcelles cadastrales	L'ouvrage de protection est situé sur le domaine public.
Gestion	Arrêté préfectoral de reconnaissance d'existence, de classement et de prescriptions spécifiques du 14 août 2009.
Etat général	Etat général correct (VTA, ISL 2021)

5.2 OUVRAGES A CONSTRUIRE OU A MODIFIER

Le système d'endiguement, afin d'assurer la continuité du niveau de protection, nécessite la mise en place de plusieurs tronçons amovibles afin de boucher les « brèches ». Au total, 11 brèches sont identifiées :

- Boulevard Y. Guillou : 3 brèches ;
- Boulevard A. Briand : 2 brèches ;
- Cours de Gaulle : 6 brèches.

Certaines de ces brèches sont bouchées par des batardeaux en bois, d'autres par des merlons en terre.

5.2.1 BATARDEAUX

Les batardeaux sont composés de madriers en bois mis en place dans des glissières fixées aux supports. Des potelets intermédiaires sont positionnés pour limiter la portée des madriers. Les potelets sont vissés sur des platines encastrées dans la chaussée.

5.2.2 MERLONS DE TERRE

Les merlons de terre sont édifiés sur plusieurs tronçons.

Le merlon comprend les caractéristiques suivantes :

- Corps de remblai en matériaux argileux compacté ;
- Pente des talus à 3H/1V ;
- Largeur en crête : 1,5 à 2 m ;
- Nivellement de la crête : 6,7 mNGF, soit une hauteur d'environ 70 cm sur la chaussée.

Afin d'assurer l'étanchéité, le merlon est recouvert par une géomembrane lestée en pied et en crête par des sacs de sable et/ou des chaînes.

5.2.3 SYNTHÈSE

Le Tableau 5-1 synthétise les caractéristiques principales des ouvrages provisoires à mettre en œuvre pour assurer le niveau de protection du système Caen-Prairie.

Voirie	N° de la brèche	Tronçon	Type	Longueur (ml)	Protection à monter	Cote point bas (mNGF)	Cote protection (mNGF)	Hauteur max (m)	Consistance
Bvd Y. Guillou	B16	GUI_04	Piste cyclable	170	Batardeaux amovibles	5,7	6,7	1,0	22 x 4,6 m
Bvd Y. Guillou	B10	GUI_06	Accès	6,0	Batardeaux amovibles	6,2	6,8	0,6	2 x 3 m
Bvd Y. Guillou	B9	GUI_08	Accès restaurant	11,6	Batardeaux amovibles	5,9	6,5	0,6	4 x 2,9 m
Bvd A. Briand	B8	BRI_01	Voirie	37,0	Merlon de terre	6,0	6,7	0,7	100 m3
Bvd A. Briand	B7	BRI_03	Voirie	40,0	Merlon de terre	5,8	6,7	0,9	180 m3
Cours de Gaulle	B6	GAU_02	Passage piétons	5,0	Batardeaux amovibles	6,4	7,0	0,6	2 x 2,5 m
Cours de Gaulle	B5	GAU_04	Voirie	12,6	Batardeaux amovibles	6,3	6,9	0,6	4 x 3,15 m
Cours de Gaulle	B4	GAU_06	Voirie	17,8	Batardeaux amovibles	6,2	6,8	0,6	5 x 3,56 m
Cours de Gaulle	B3	GAU_08	Voirie	5,7	Batardeaux amovibles	6,1	6,7	0,6	2 x 2,85 m
Cours de Gaulle	B2	GAU_10	Passage piétons	6,0	Batardeaux amovibles	6,3	6,9	0,6	2 x 3 m
Cours de Gaulle	B1	GAU_12	Voirie	8,0	Point bas > niveau de protection	6,6	6,9	0,3	-

Tableau 5-1 : synthèse des ouvrages provisoires à mettre en place lors de l'alerte.



S.M.L.C.I. - Lot n° 6 - Protections amovibles de l'Hippodrome de CAEN

Synoptique de montage

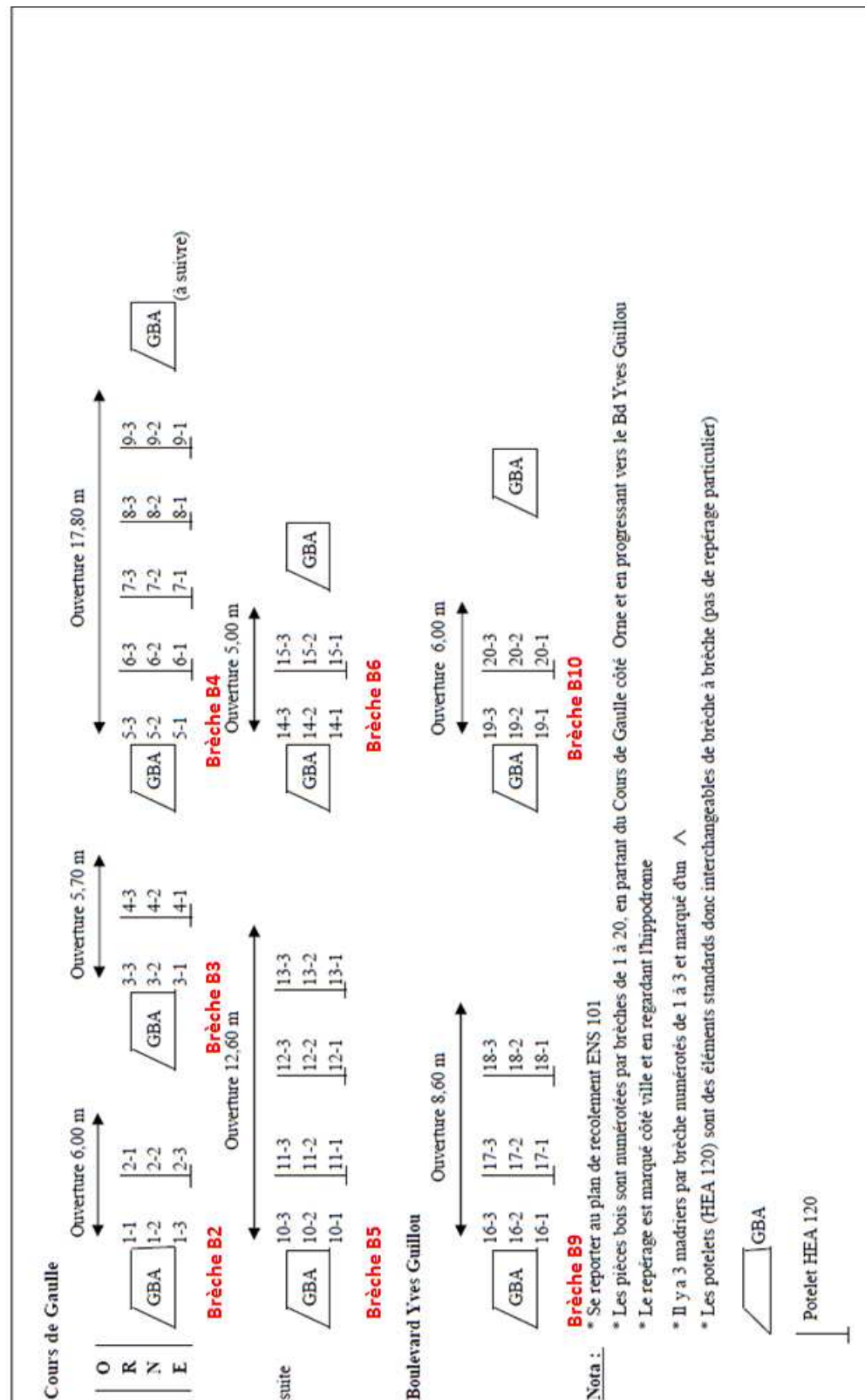


Figure 5-1 : synoptique de montage des batardeaux – Caen-Prairie.



Figure 5-2 : localisation des brèches du système d'endiguement Caen-Prairie.

5.3 DESCRIPTION FONCTIONNELLE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

L'objectif de l'analyse fonctionnelle est de décomposer chaque ouvrage du système de protection en parties élémentaires et de définir les fonctions de chacune de ces parties. Cette décomposition permettra ultérieurement d'apprécier les modes de défaillance utilisés pour évaluer les scénarios de rupture et leurs probabilités. Les modes de défaillance seront associés à chaque composante du système.

5.3.1 BOULEVARD YVES GUILLOU

Fonction de rang 0	Fonction de rang 1	Ouvrages associés aux fonctions de rang 1	Fonctions de rang 2	Ouvrages associés aux fonctions de rang 2
Protéger les terres des inondations	Empêcher le passage continu des eaux de l'Orne vers les terres	Remblai	Assurer la stabilité du remblai en fonctionnement normal et exceptionnel	Corps de remblai
				Enrochements
				Talus
				Route en enrobé
				Fondation
			Assurer l'étanchéité du remblai	Fondation
				Mur en béton
				Corps de remblai
			Assurer le maintien du remblai	Corps de remblai
				Végétation
				Mur en béton
				Route en enrobé
			Permettre l'accès pour entretien	Route en crête
	Evacuer les eaux terrestres	Ouvrage traversant	Transférer l'eau	Canalisations
			Empêcher les eaux de passer en zone protégée	Clapets / Vannes
		Ouvrage de collecte	Transférer l'eau	Ruisseau La Noé
Franchir le ruisseau La Noé	Permettre le passage des véhicules et des personnes	Pont	Permettre l'accès	Pont franchissant La Noé
Protéger les personnes des chutes	Soutenir les personnes	Barrières en acier	Retenir les laisses de crues	Barrières en acier

Tableau 5-2 : Analyse fonctionnelle générale – boulevard Yves Guillou.

Une décomposition par composants d'ouvrage est également proposée pages suivantes.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Boulevard Y. Guillou ST1	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Végétation du parement	Protection contre l'érosion du corps de remblai
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Glissières en béton armé	Augmentation du niveau de protection

Tableau 5-3 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST1.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Boulevard Y. Guillou ST2	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Végétation du parement	Protection contre l'érosion du corps de remblai
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en acier amovible	Augmentation du niveau de protection

Tableau 5-4 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST2.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Boulevard Y. Guillou ST3	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Végétation du parement	Protection contre l'érosion du corps de remblai
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Glissières en béton armé	Augmentation du niveau de protection

Tableau 5-5 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST3.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Boulevard Y. Guillou ST4	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Végétation du parement	Protection contre l'érosion du corps de remblai
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en acier amovible	Augmentation du niveau de protection

Tableau 5-6 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST4.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Boulevard Y. Guillou ST5	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Végétation du parement	Protection contre l'érosion du corps de remblai
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Glissières en béton armé	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en acier	Protection des personnes des chutes
	Ponts	Franchissement du cours d'eau pour les personnes et les véhicules
	Ouvrages traversants	Transfert des eaux terrestres
	Vannes	Limitation du passage des eaux

Tableau 5-7 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd Y. Guillou – ST5.

5.3.2 BOULEVARD ARISTIDE BRIAND

Fonction de rang 0	Fonction de rang 1	Ouvrages associés aux fonctions de rang 1	Fonctions de rang 2	Ouvrages associés aux fonctions de rang 2
Protéger les terres des inondations	Empêcher le passage continu des eaux de l'Orne vers les terres	Mur en béton et remblai	Assurer la stabilité du remblai en fonctionnement normal et exceptionnel	Corps de remblai
				Mur en béton
				Route en enrobé
				Fondation
			Assurer l'étanchéité du remblai	Fondation
				Mur en béton
				Corps de remblai
			Assurer le maintien du remblai	Corps de remblai
				Mur en béton
			Permettre l'accès pour entretien	Route en enrobé
				Route en crête
				Chemin piétonnier
	Evacuer les eaux terrestres	Ouvrage traversant	Transférer l'eau	Canalisations
			Empêcher les eaux de passer en zone protégée	Clapets
		Ouvrage de collecte	Transférer l'eau	Fossé
Protéger les personnes des chutes	Soutenir les personnes	Barrières en béton	Retenir les laisses de crues	Barrières en béton

Tableau 5-8 : Analyse fonctionnelle générale – boulevard Aristide Briand.

Une décomposition par composants d'ouvrage est également proposée pages suivantes.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Boulevard A. Briand ST1	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en terre amovible	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes
	Ouvrages traversants	Transfert des eaux terrestres

Tableau 5-9 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd A. Briand – ST1.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Boulevard A. Briand ST2	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Végétation du parement	Protection contre l'érosion du corps de remblai
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Fossés busés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Escaliers	Accès continu des personnes
	Glissières en béton armé	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-10 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd A. Briand – ST2.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Boulevard A. Briand ST3	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en terre amovible	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-11 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – bd A. Briand – ST3.

5.3.3 COURS DE GAULLE

Fonction de rang 0	Fonction de rang 1	Ouvrages associés aux fonctions de rang 1	Fonctions de rang 2	Ouvrages associés aux fonctions de rang 2
Protéger les terres des inondations	Empêcher le passage continu des eaux de l'Orne vers les terres	Remblai	Assurer la stabilité du remblai en fonctionnement normal et exceptionnel	Fondation
				Corps de remblai
				Mur en béton
			Assurer l'étanchéité du remblai	Fondation
				Corps de remblai
				Mur en béton
			Assurer le maintien du remblai	Corps de remblai
				Mur en béton
			Permettre l'accès pour entretien	Route en crête
	Evacuer les eaux terrestres	Ouvrage traversant	Transférer l'eau	Canalisations
		Ouvrage de collecte	Transférer l'eau	Fossé
Protéger les personnes des chutes	Soutenir les personnes	Barrières en béton	Retenir les laisses de crues	Barrières en béton

Tableau 5-12 : Analyse fonctionnelle générale – cours de Gaulle.

Une décomposition par composants d'ouvrage est également proposée pages suivantes.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST1	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Jardinières en béton	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-13 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST1.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST2	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en acier amovible	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-14 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST2.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST3	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Jardinières en béton	Augmentation du niveau de protection
	Ouvrages traversants	Transfert des eaux terrestres
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-15 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST3.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST4	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en acier amovible	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-16 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST4.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST5	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Jardinières en béton	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-17 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST5.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST6	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en acier amovible	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-18 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST6.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST7	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Jardinières en béton	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-19 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST7.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST8	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en acier amovible	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes
	Ouvrages traversants	Transfert des eaux terrestres

Tableau 5-20 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST8.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST9	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Jardinières en béton	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-21 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST9.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST10	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Batardeau en acier amovible	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-22 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST10.

Ouvrage	Composants	Fonctions
Cours De Gaulle ST11	Corps de remblai	Structural, améliore la stabilité de l'ouvrage
	Murs en béton	Fixation du niveau de la crête
	Fossés	Collecte et transfert des eaux terrestres
	Trottoirs / Pistes cyclables	Accès continu des personnes
	Routes	Accès continu des véhicules
	Jardinières en béton	Augmentation du niveau de protection
	Barrières en béton	Protection des personnes des chutes

Tableau 5-23 : Analyse fonctionnelle par composants d'ouvrage – cours de Gaulle – ST11.

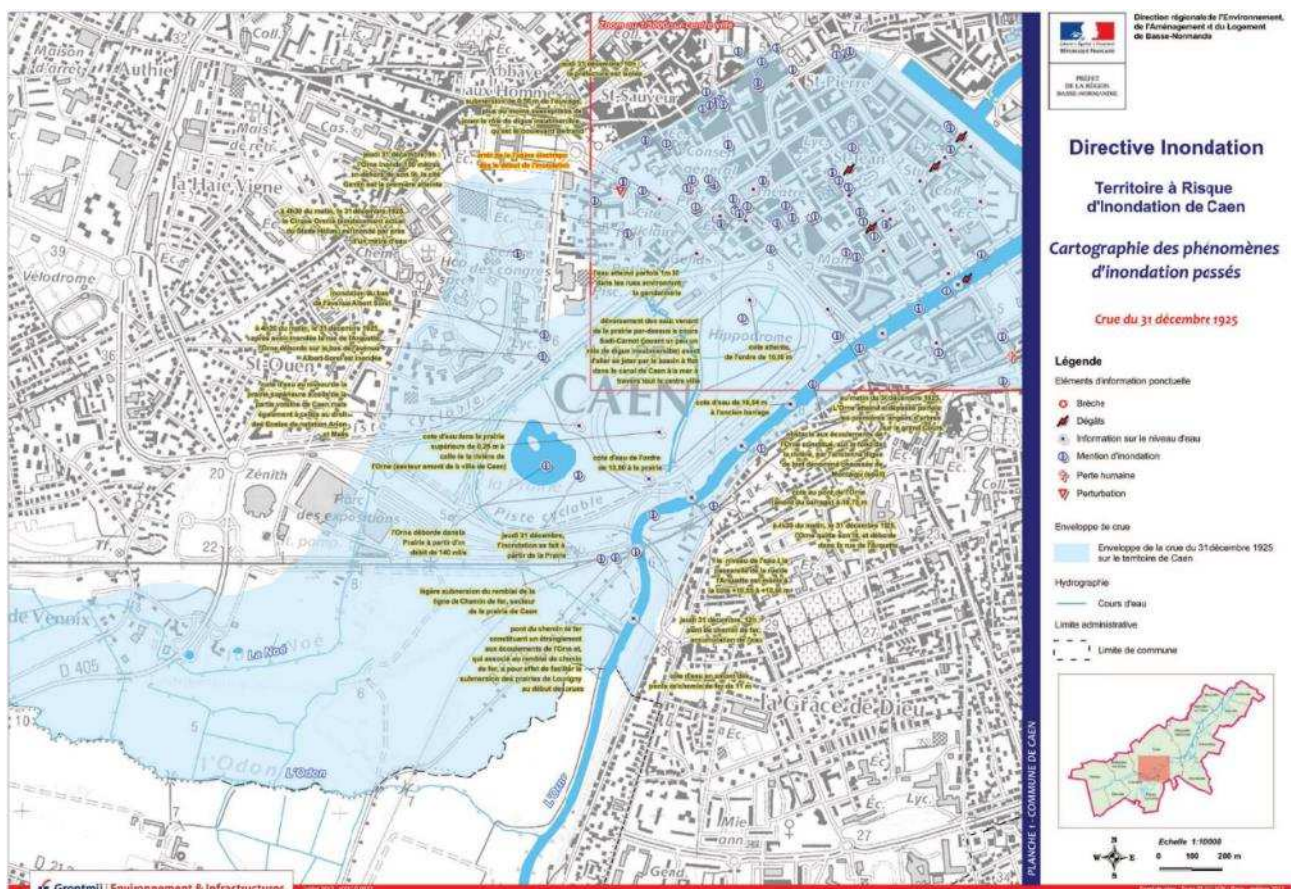
6 CHAPITRE 6 : RETOUR D'EXPERIENCE CONCERNANT LA ZONE PROTEGEE ET LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT

6.1 INCIDENTS ET ACCIDENTS CONNUS SUR LES OUVRAGES COMPOSANT LE SYSTEME D'ENDIGUEMENT

6.1.1 CRUE DE DECEMBRE 1925

La crue de décembre 1925 est la crue de référence sur l'agglomération caennaise. Sa période de retour est estimée de l'ordre de 100 ans, elle sert d'évènement de référence pour le PPRi de la basse vallée de l'Orne.

La crue de décembre 1925 a touché l'ensemble du centre-ville de Caen, les débordements sont généralisés dans le secteur de la Prairie et dans le centre, jusqu'à la gare en rive droite.



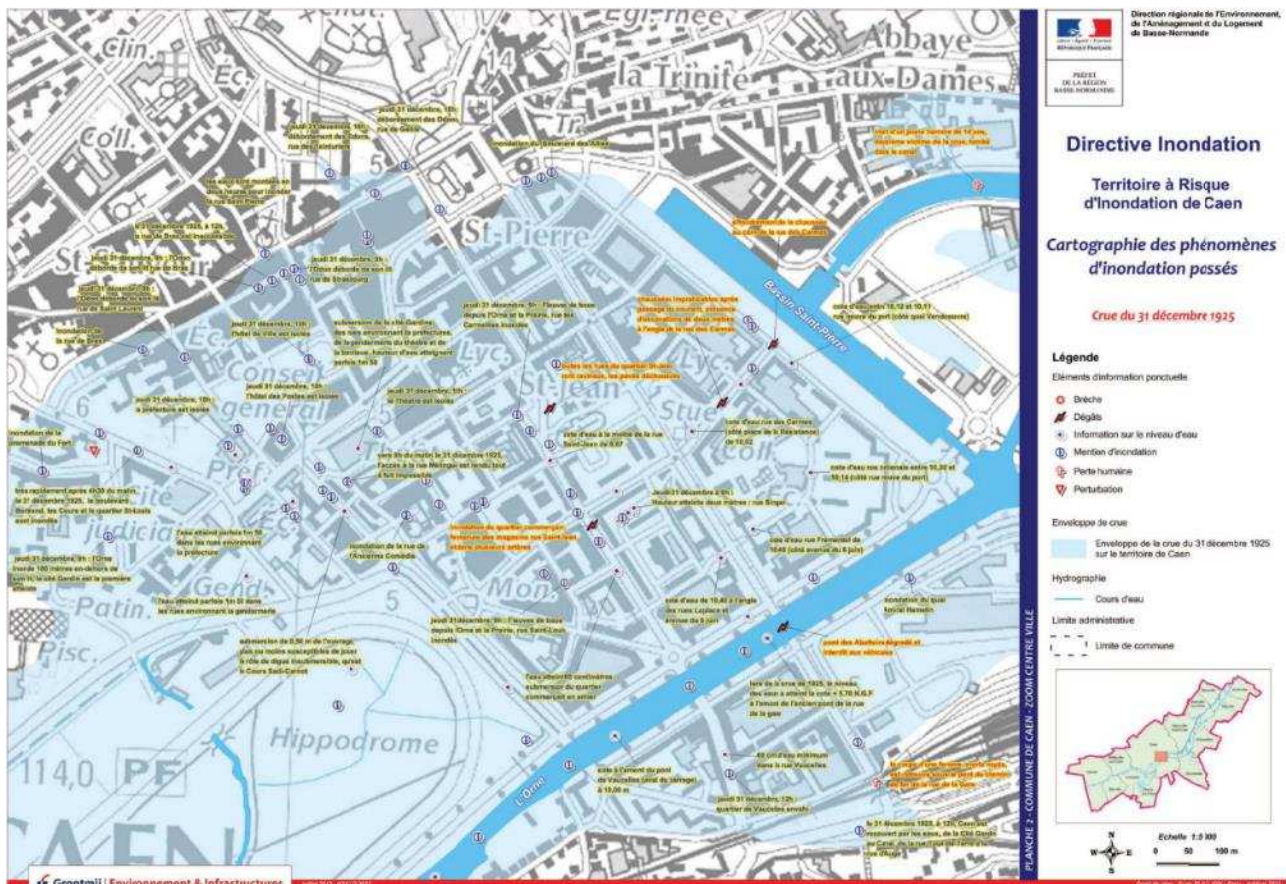


Figure 6-1 : extrait des cartographies établies dans le cadre du TRI (cf. (DREAL Basse-Normandie, septembre 2014)).

6.1.2 CRUES DE JANVIER 1995 ET DE JANVIER 2001

La crue de janvier 2001 présente un débit de pointe supérieur à la crue de janvier 1995. Toutefois, elle est moins présente dans les mémoires du fait de conséquences moins désastreuses.

La crue de janvier 1995 a eu des conséquences très importantes en amont de Caen et à Ouistreham, le canal ayant débordé dans sa partie aval. Dans la traversée de Caen, plusieurs quartiers ont été inondés.

En janvier 2001, malgré l'intensité plus importante de la crue, les conséquences dans la traversée de Caen ont été moindres du fait d'une meilleure évacuation de la crue par le canal (arasement au niveau du déversoir du Maresquier).

6.1.3 CRUES APRES LES TRAVAUX DE PROTECTION MENES PAR LE SMLI DE LA VALLEE DE L'ORNE

Depuis la fin des travaux de lutte contre les inondations menés par le SMLCI de la vallée de l'Orne, soit depuis 2005 environ, l'Orne n'a connu aucune crue majeure.

Les graphes suivants présentent les maxima annuels de débits enregistrés aux stations de Thury-Harcourt et de May-sur-Orne :

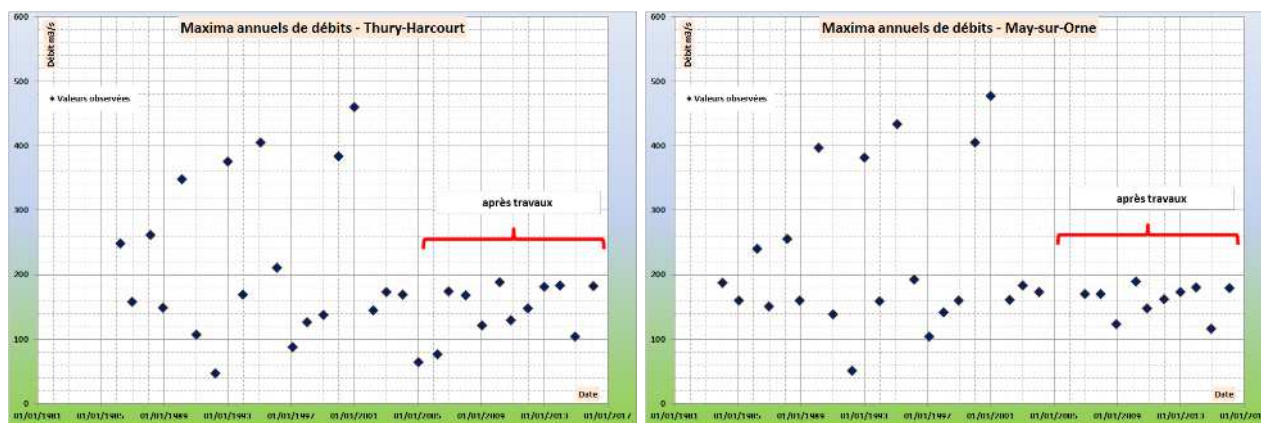


Figure 6-2 : maxima annuels de débits enregistrés aux stations de Thury-Harcourt et May-sur-Orne sur l'Orne.

La décennie 1990-2000 est marquée par 5 crues majeures avoisinant ou dépassant les 400 m³/s à la station de May-sur-Orne : février 1990, janvier 1993, janvier 1995, décembre 1999 et janvier 2001. Depuis 2001, aucune crue n'a dépassé les 200 m³/s à cette station.

Depuis la réalisation des travaux, les ouvrages constituant le système d'endiguement Caen-Prairie n'ont pas été sollicités par les crues.

Les ouvrages provisoires (merlon et batardeaux) n'ont à ce jour jamais été installés dans un contexte d'alerte de crue.

6.1.4 CARACTERISTIQUES DES CRUES HISTORIQUES SIGNIFICATIVES

Le Tableau 6-1 synthétise les principales caractéristiques hydrologiques des crues historiques significatives sur le secteur d'étude :

Crue	Hauteur à Thury-Harcourt	Débit estimé à Caen	Période de retour estimée
Janvier 1926	-	625 m ³ /s	~100 ans
Janvier 1995	4,22 m	460 m ³ /s	~20 ans
Janvier 2001	4,48 m	500 m ³ /s	~40 ans

Tableau 6-1 : caractéristiques des principales crues historiques.

6.2 ACCIDENTOLOGIE GENERALE DES DIGUES EN REMBLAI

On distingue quatre mécanismes de rupture d'une digue en remblai :

- rupture par surverse,
- rupture par érosion externe côté cours d'eau,
- rupture par érosion interne du corps de la digue ou de la fondation, en partie courante ou au droit des franchissements,
- rupture par instabilité.

Les sections suivantes illustrent les principaux modes de défaillance.

6.2.1.1 Rupture par surverse

La rupture par déversement sur la crête de la digue constitue le mécanisme le plus fréquent de ruine des digues. La rupture commence par l'érosion du pied de la digue lors d'une surverse où les vitesses sont les plus fortes. Cette érosion se propage ensuite de manière régressive vers le cours d'eau jusqu'à atteindre le point de surverse. L'ouverture d'une brèche est alors rapide.

Cette rupture ne peut se produire que si la sollicitation (lame de surverse et durée de surverse) est suffisante.

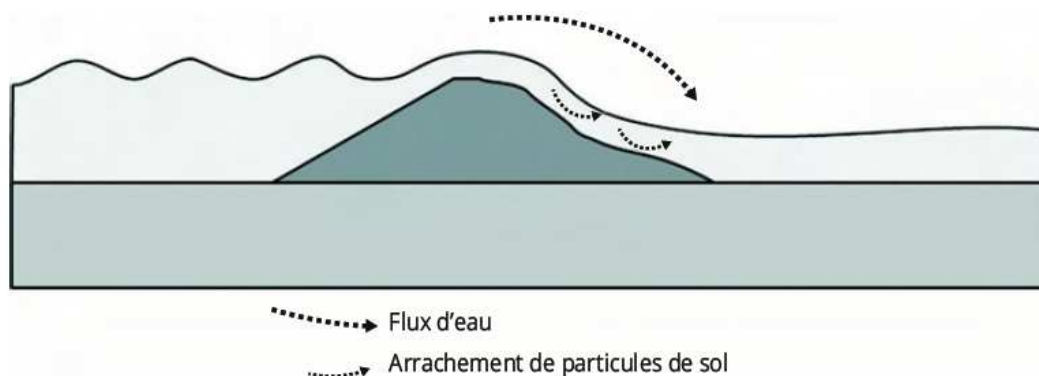


Figure 6-3 : Mécanisme de rupture par surverse.



Figure 6-4 : Rupture de digue par surverse du Vidourle à Marsillargues lors de la crue de septembre 2002 (source : mairie de Marsillargues).

6.2.1.2 Rupture par érosion externe

Deux phénomènes peuvent être différenciés concernant la rupture d'une digue par érosion externe :

- l'érosion du parement du côté du cours d'eau au contact de l'écoulement,
- le sapement de la berge sur laquelle repose la digue.



Figure 6-5 : Mécanisme de rupture par érosion externe.



Figure 6-6 : Mobilité fluviale du Var ayant "emporté" un linéaire de la digue de Guillaumes (source : ONF Alpes Maritimes)



Figure 6-7 : Illustration d'un chablis sur la digue de l'Agly Maritime (ISL, 2019)

6.2.1.3 Rupture par érosion interne

Concernant l'érosion interne, les modes suivants sont à considérer :

- l'entraînement des particules les plus fines d'un matériau à travers ses particules les plus grossières (couramment nommé suffusion interne ou érosion volumique),



Figure 6-8 : Illustration de la suffusion

- l'érosion régressive d'une couche de matériau érodable continue d'amont vers l'aval sous l'effet d'un écoulement affectant cette couche,

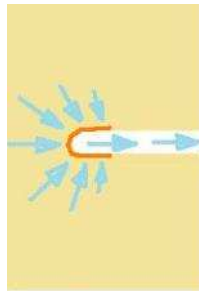


Figure 6-9 : Illustration de l'érosion régressive

- l'érosion des parois d'un conduit d'écoulement existant tel un terrier traversant, une fissure, l'interface avec un ouvrage traversant,

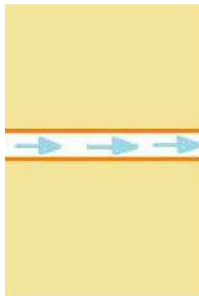


Figure 6-10 : Illustration de l'érosion de conduit

- l'érosion d'un matériau érodable au contact d'un matériau grossier, siège de l'écoulement.



Figure 6-11 : Illustration de l'érosion de contact

Les deux derniers modes sont pris en compte en tant que facteurs aggravants de l'érosion régressive : l'érosion des parois ou au contact d'un matériau grossier ne peut se faire qu'au sein d'un matériau érodable et sous l'effet d'un gradient hydraulique suffisant. Ils constituent les modes de rupture les plus probables.

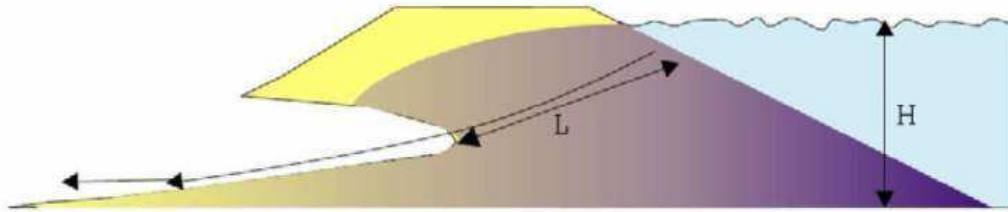


Figure 6-12 : Mécanisme de rupture par érosion interne Erreur ! Source du renvoi introuvable.



Figure 6-13 : Dignes de l'Agly – Erosion de talus et débouché du fontis (source : ISL)



Figure 6-14 : Renard le long d'une conduite sur la digue de Cuxac-d'Aude lors de la crue de novembre 1999 (source :IRSTEA), ayant occasionné un écoulement de plusieurs centaines de litres secondes à travers la digue - brèche en cours de formation



Figure 6-15 : Fontis dans la digue de la station INRA de Saint Pée sur Nivelles (source : ISL)

6.2.1.4 Rupture par instabilité

Les instabilités à considérer sur les digues sont :

- glissement du talus côté terre (A) : le cas le plus critique est atteint lorsque la ligne piézométrique est la plus haute, au voisinage du pic de la crue ;
- glissement du talus du côté du cours d'eau (B) : le cas le plus critique est à la décrue lorsque la ligne piézométrique dans le corps de l'ouvrage est la plus haute et alors que :
 - o le niveau d'eau amont n'exerce plus une poussée stabilisante ;
 - o la cohésion des matériaux est réduite par la saturation ;
 - o le poids des terres est augmenté par la saturation ;

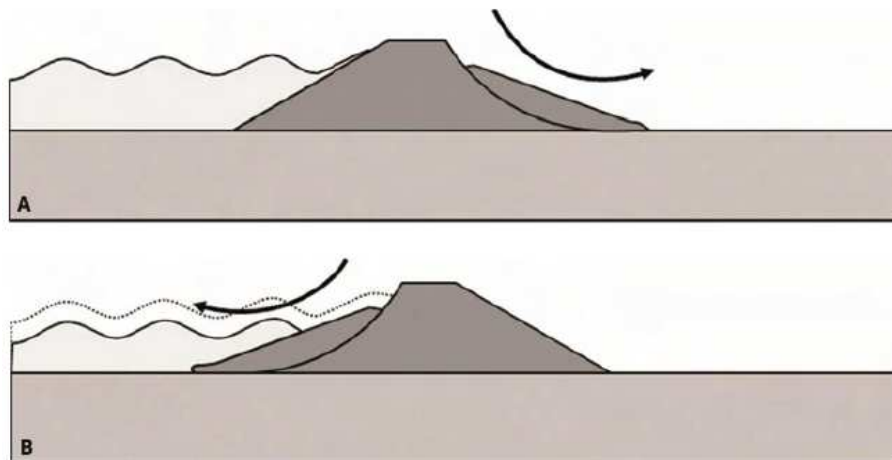


Figure 6-16 : Glissement superficiel affectant un corps de digue en terre.

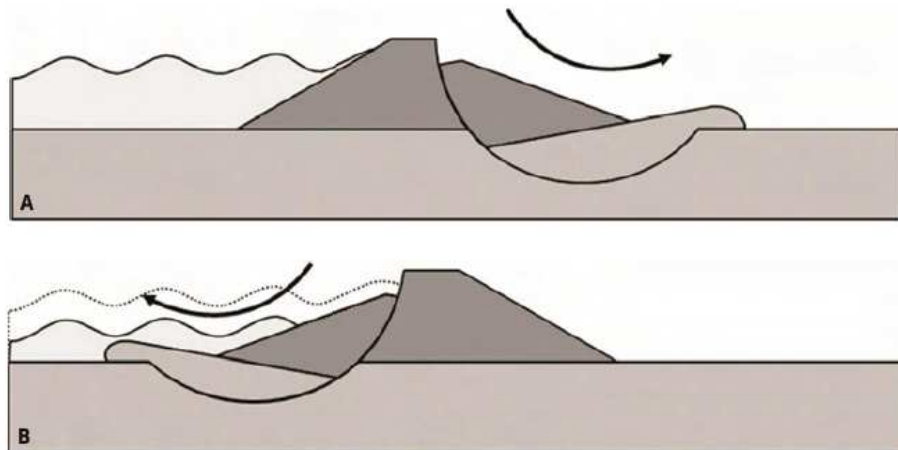


Figure 6-17 : Glissement rotationnel profond affectant un corps de digue en terre et sa fondation.

- glissement ou basculement du mur de protection (muret en béton ou rideau de palplanches) côté terre : le cas le plus critique est au pic de la crue lorsque la pression d'eau est maximale sur le muret de protection ;
- glissement ou basculement du mur de protection (muret en béton ou rideau de palplanches) côté cours d'eau : le cas le plus critique est lorsque le dispositif de ressuyage est défaillant après une crue ayant entraînée une surverse.

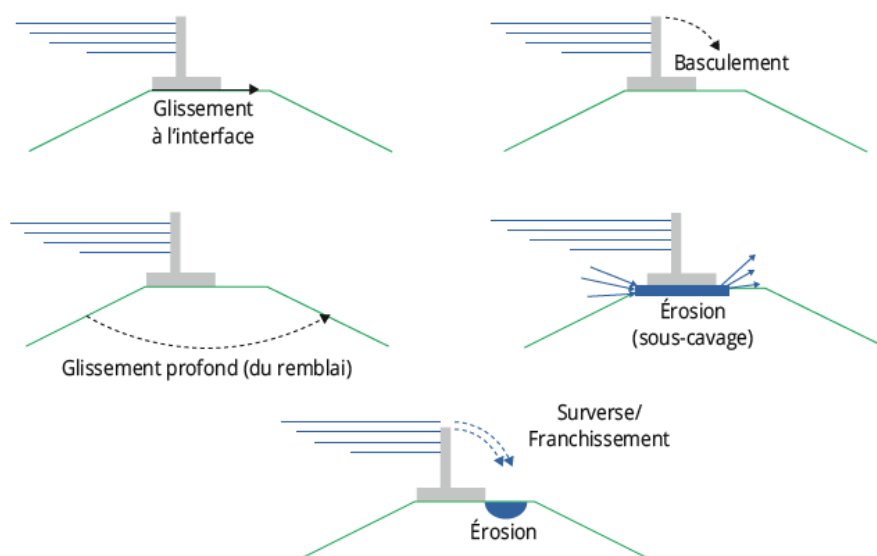


Figure 6-18 : Illustration des différents modes de rupture associés à un mur posé sur une digue en remblai.

La stabilité est fonction de la pente du talus, des caractéristiques mécaniques des matériaux, de la géométrie du muret/rideau de palplanches le cas échéant et de la piézométrie affectant l'ouvrage.

7 CHAPITRE 7 : DIAGNOSTIC APPROFONDI DES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT ET TENUE DES OUVRAGES

7.1 STRUCTURE ET CARACTERISTIQUE DES OUVRAGES

Les ouvrages constitutifs du système d'endiguement de Caen-Prairie sont décomposés en trois secteurs selon les voiries supportant les ouvrages.

7.1.1 BOULEVARD Y. GUILLOU

7.1.1.1 Aperçu général

Le secteur du boulevard Y. Guillou s'étend sur un linéaire total de 1 250 ml environ. Il présente plusieurs typologies d'ouvrages présentés d'amont en aval dans le Tableau 7-1 :

Tronçon	Longueur (m)	Typologie
GUI_01	560	Digue en remblai
GUI_02	250	Terrain formant une plate-forme au-dessus du niveau de protection
GUI_03	80	Terrain formant une plate-forme au-dessus du niveau de protection
GUI_04	170	Batardeaux amovibles
GUI_05	120	Digue en remblai avec murette (GBA)
GUI_06	6	Batardeaux amovibles
GUI_07	50	Murette (GBA)
GUI_08	9	Batardeaux amovibles
GUI_09	15	Murette (GBA)

Tableau 7-1 : typologie des tronçons du boulevard Y. Guillou.



Tableau 7-2 : localisation des tronçons le long du boulevard Y. Guillou.

Le profil en long de la digue est donné sur la Tableau 7-3 :

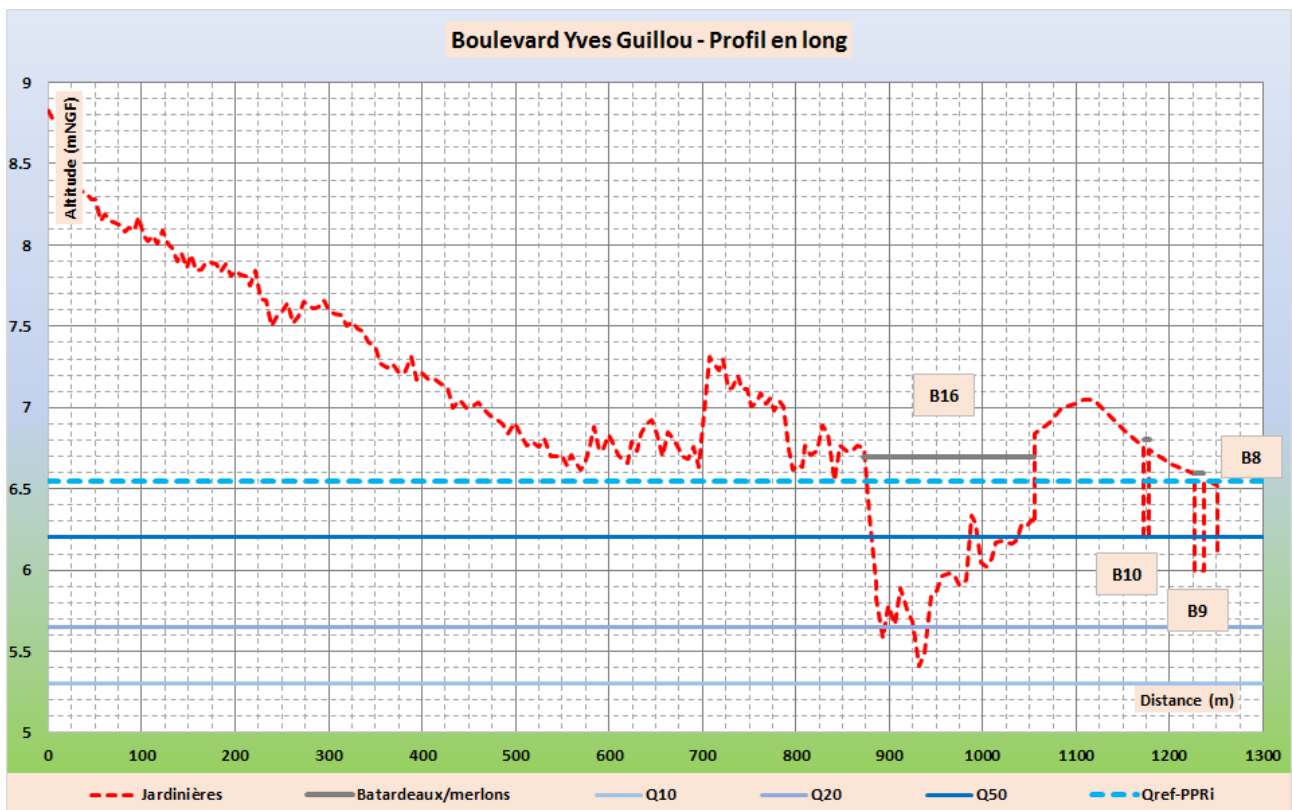


Tableau 7-3 : profil en long – boulevard Y. Guillou.

Le niveau de la crête de l'ouvrage est variable entre 6,5 et plus de 8,0 mNGF (valeurs arrondies).

Le point bas (6,5 mNGF) est repéré sur le dernier tronçon, le tronçon GUI_09.

Un suivi topographique annuel est assuré par le gestionnaire le long des GBA.

7.1.1.2 Géométrie et structure

Tronçon GUI_01

Le tronçon GUI_01 s'étend sur environ 560 ml. Il s'agit d'une digue en remblai portant le boulevard Y. Guillaou.

La structure de la digue comprend, de l'hippodrome vers la zone protégée :

- Un fossé en pied de talus,
- Un talus de pente 3H/1V avec des arbres et arbustes,
- Le boulevard Y. Guillaou de largeur 20 à 25 m (2 x 2 voies),
- Un talus enherbé de pente 3,5H/1V.

Les figures ci-dessous présentent la coupe type du remblai :

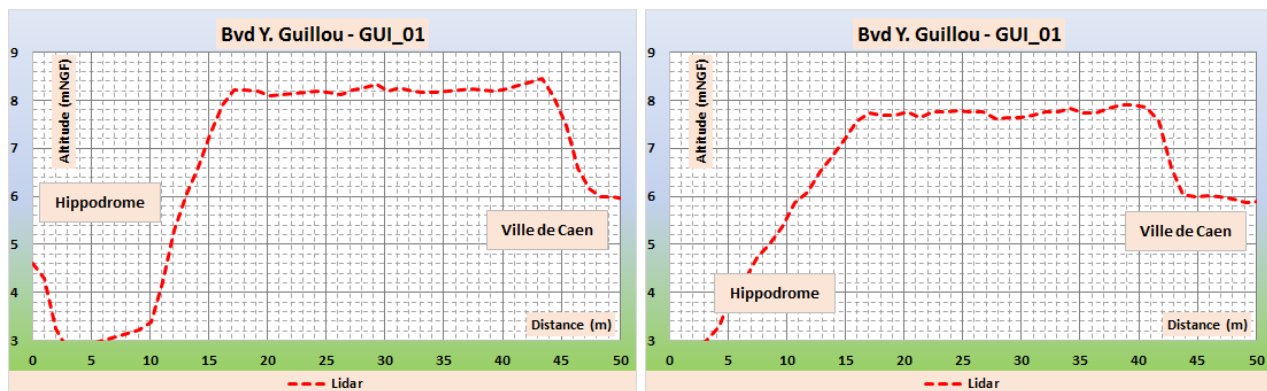


Figure 7-1 : profils du tronçon GUI_01.

L'ouvrage est en bon état apparent.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est d'environ 6 mNGF (Lycée Malherbes).

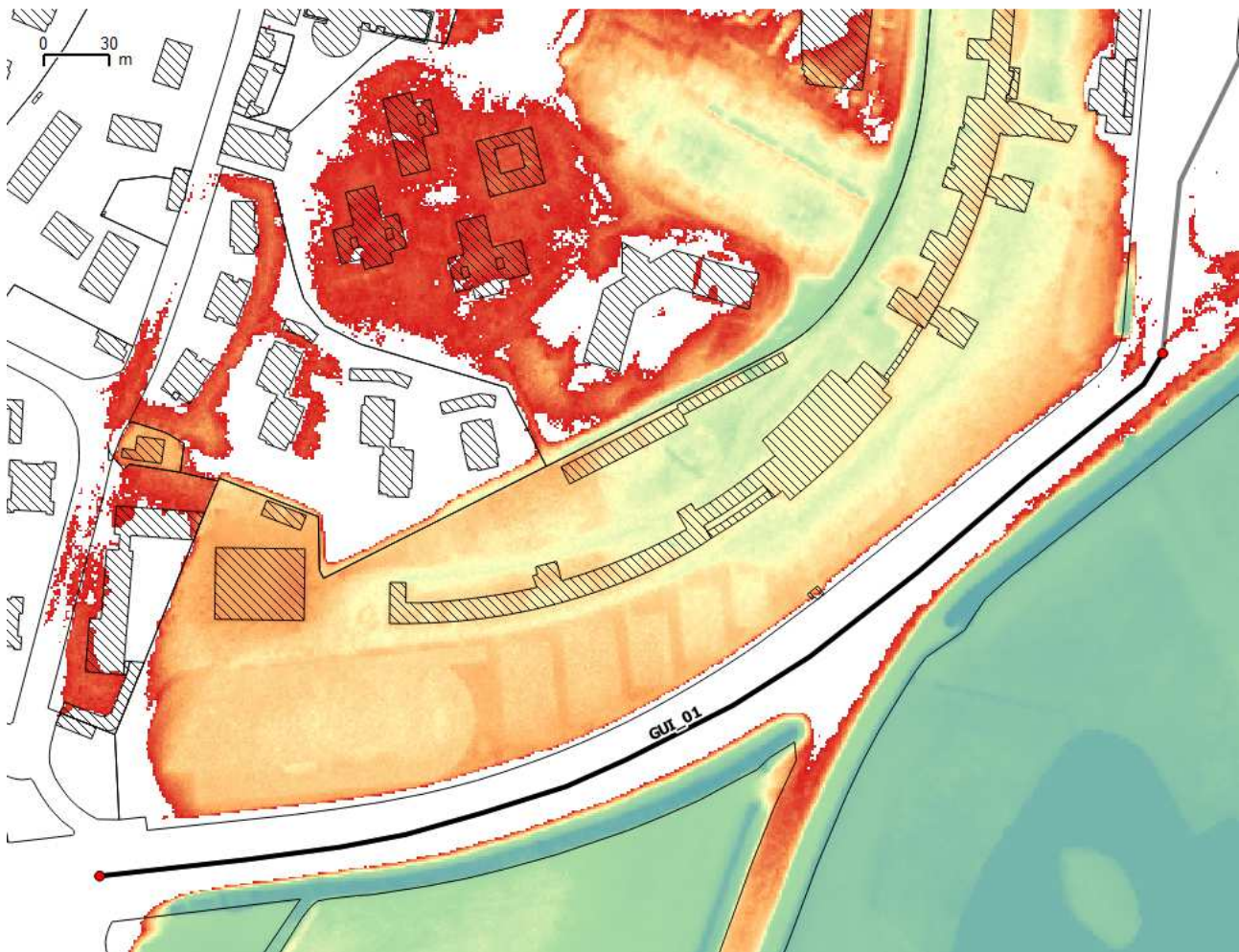


Figure 7-2 : altimétrie le long du tronçon GUI_01 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon GUI_02 et GUI_03

Les tronçons GUI_02 et GUI_03 ne sont pas à proprement identifiés comme ouvrages de protection. Il s'agit de zones bâties ou aménagées dont le niveau de terrain dépasse le niveau de protection. Ces deux tronçons sont considérés comme élément « naturel » assurant la fermeture du système d'endiguement.



Figure 7-3 : altimétrie le long du tronçon GUI_02 et GUI_03 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon GUI_04

Le tronçon GUI_04 s'étend sur environ 170 ml. Il s'agit d'un système amovible composé de batardeaux en aluminium.

Le batardeau est édifié en retrait par rapport à l'hippodrome, 15 m au minimum par rapport au haut du talus.

La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) :

- Un fossé en pied de talus,
- Un talus de pente 2,5H/1V avec des arbres et arbustes,
- Le boulevard Y. Guillou de largeur 10 m (3 voies),
- Les batardeaux amovibles ;
- Un talus aval en pente très douce.

Les figures ci-dessous présentent la coupe type de la protection, comprenant le remblai et le batardeau :

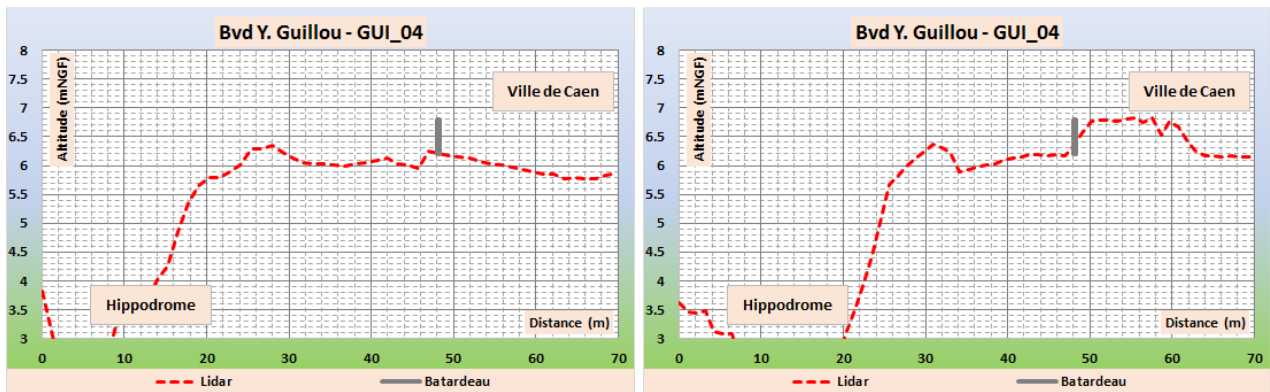


Figure 7-4 : profils du tronçon GUI_04.

Le merlon n'étant pas en place, il n'a pu être observé.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est d'environ 5,5 à 6 mNGF.

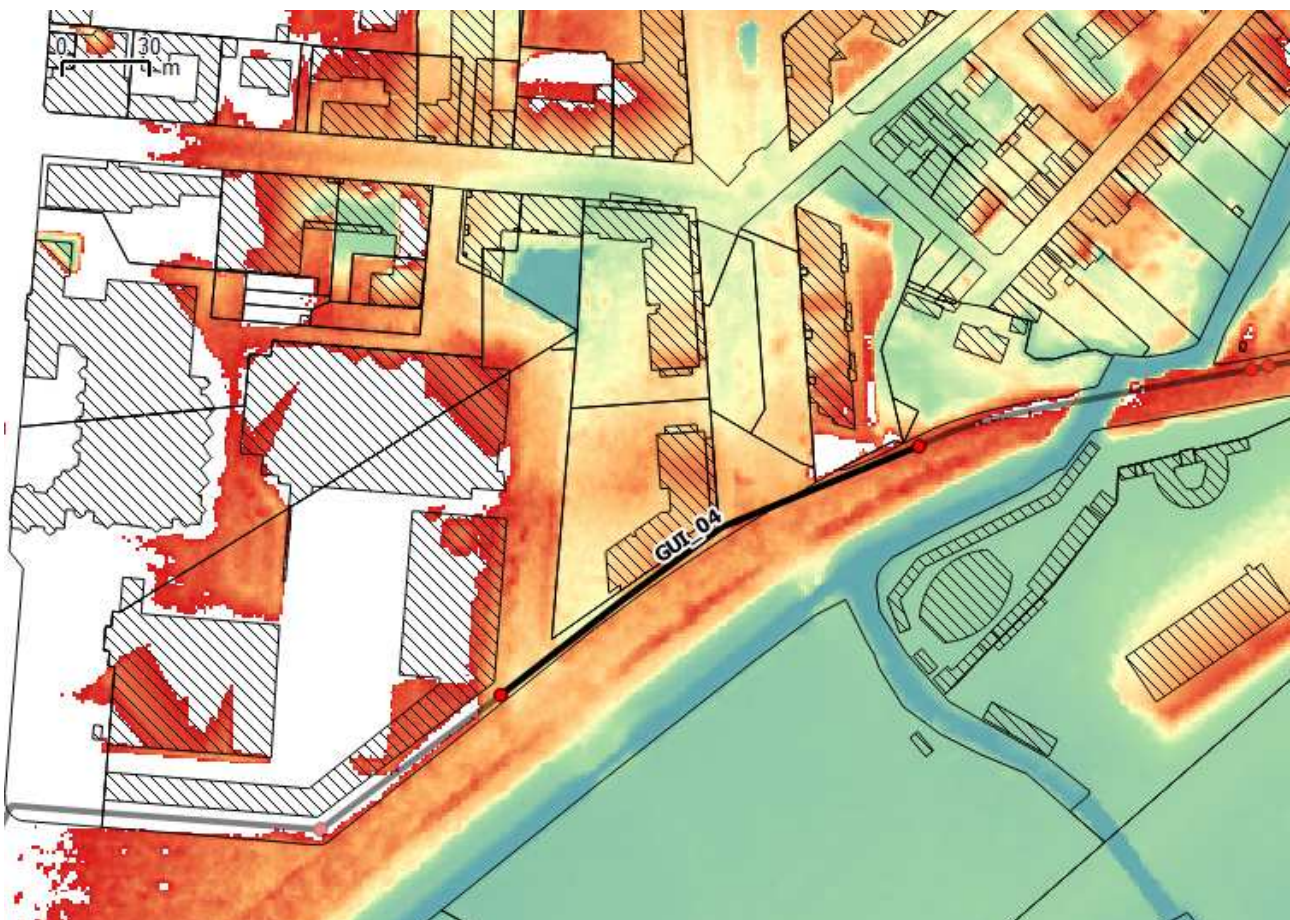


Figure 7-5 : altimétrie le long du tronçon GUI_04 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon GUI_05

Le tronçon GUI_05 s'étend sur environ 120 ml. Il s'agit d'une digue en remblai portant le boulevard Y. Guillou et surmontée d'une murette (GBA) assurant le niveau de protection.

La structure de la digue comprend, de l'hippodrome vers la zone protégée :

- Un fossé en pied de talus,

- Un talus de pente 4H/1V avec des arbres et arbustes,
- Le boulevard Y. Guillou de largeur 10 à 15 m (3 voies),
- Un talus de pente 6H/1V sur une partie du linéaire, un mur de soutènement en béton armé le long du canal,
- Canal.

Les figures ci-dessous présentent la coupe type du remblai :

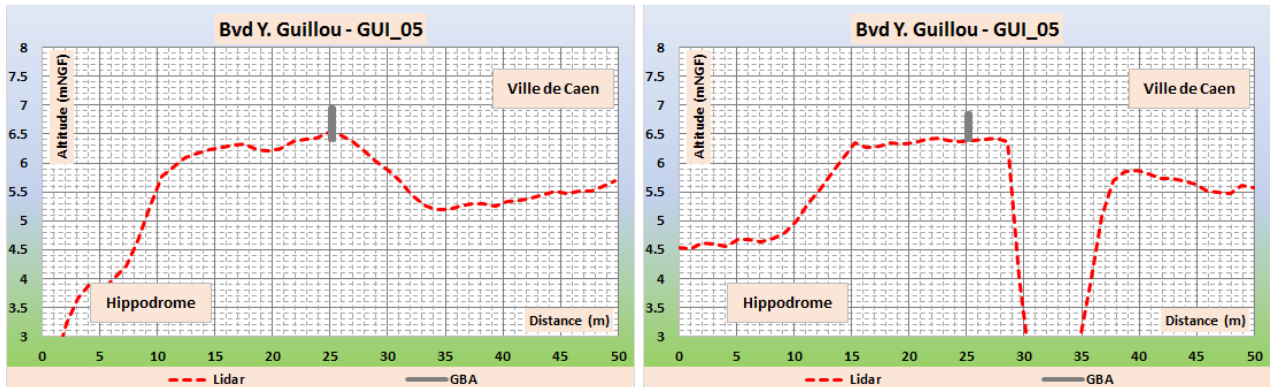


Figure 7-6 : profils du tronçon GUI_05.

L'état de la murette est jugé correct : des fissurations sont observées sur l'ensemble du linéaire et sont à surveiller.



Figure 7-7 : vue d'ensemble de la murette et mur de soutènement au débouché du canal.



Figure 7-8 : illustration des fissurations observées.

La figure suivante donne le profil type des murettes :

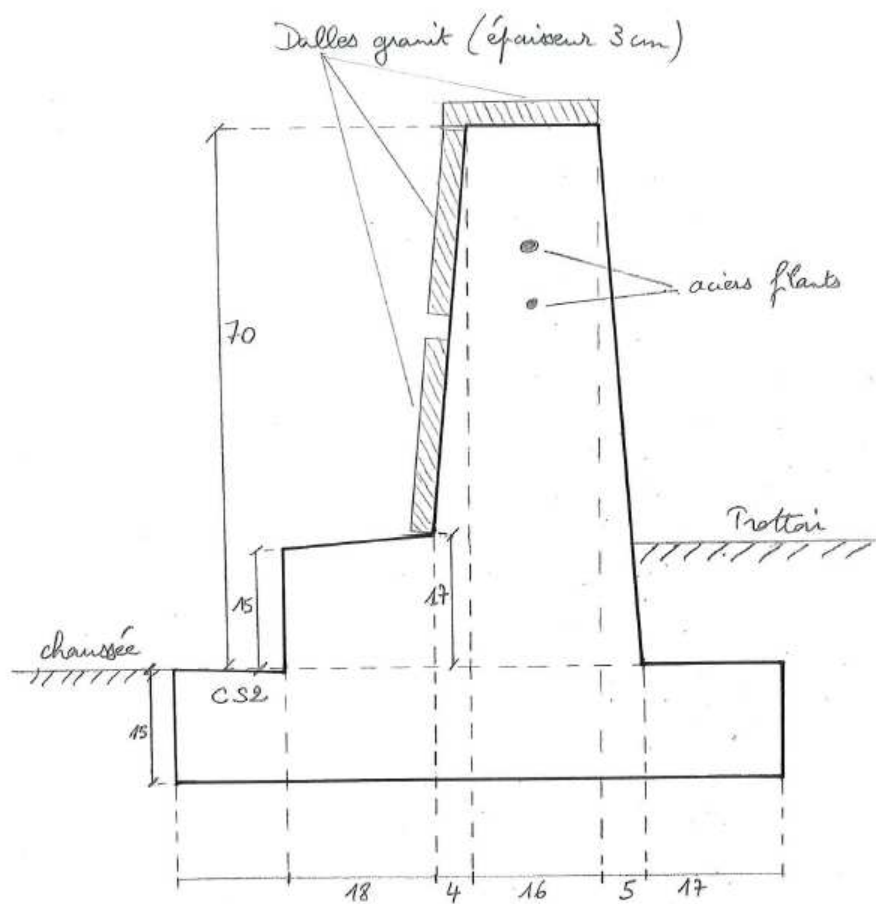


Figure 7-9 : profil-type des murettes.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est d'environ 5,0 à 6,0 mNGF.

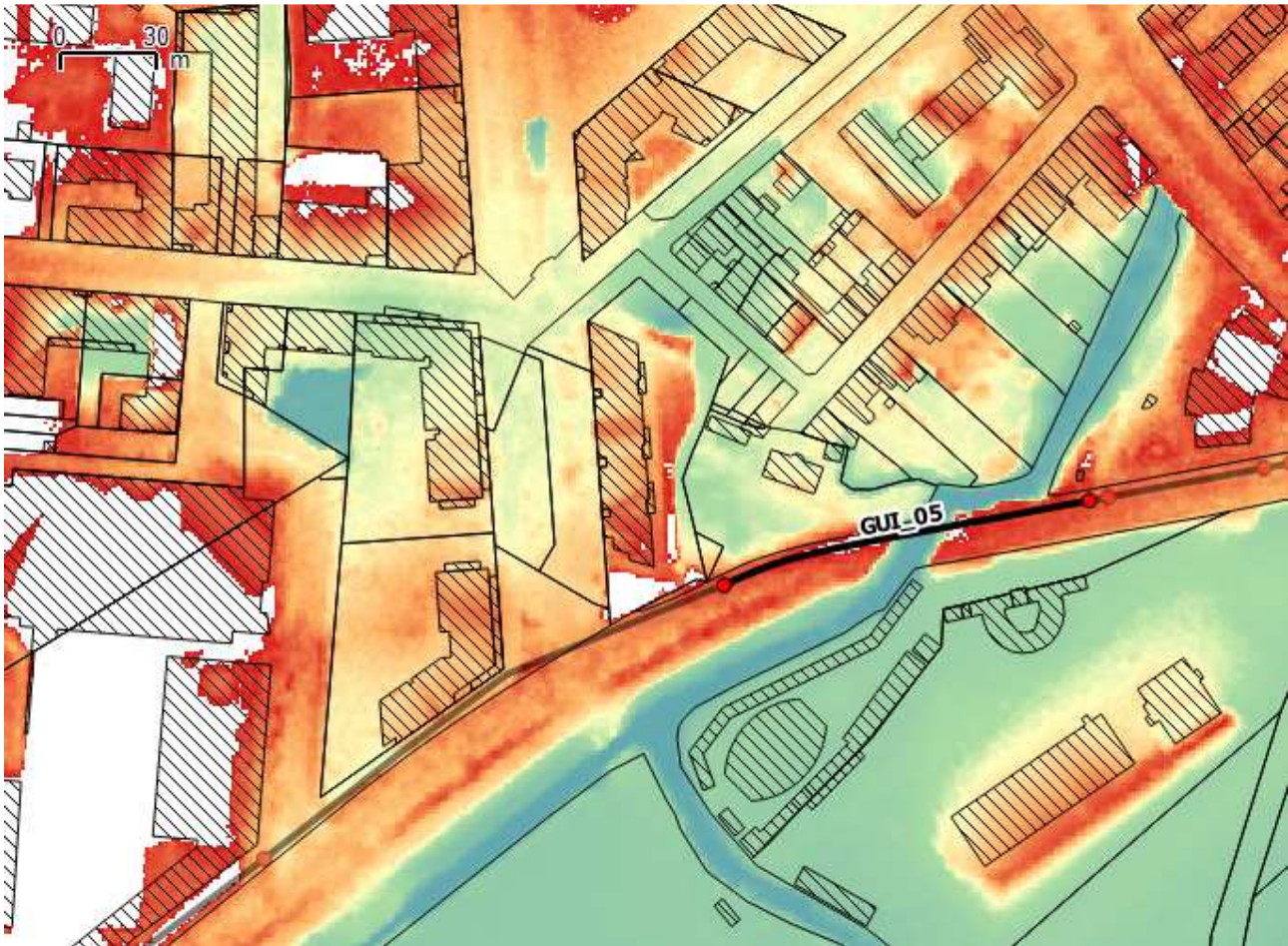


Figure 7-10 : altimétrie le long du tronçon GUI_05 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon GUI_06

Le tronçon GUI_06 s'étend sur environ 6 ml. Il s'agit d'une protection en batardeaux amovibles en bois.

La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) :

- Un talus de pente 2,5H/1V avec des arbres et arbustes,
- Le boulevard Y. Guillou de largeur 10 m (3 voies),
- La murette (GBA),
- Terrain,
- Un talus de pente 3H/1V,
- Canal.

La figure ci-dessous présentent la coupe type de l'ouvrage :

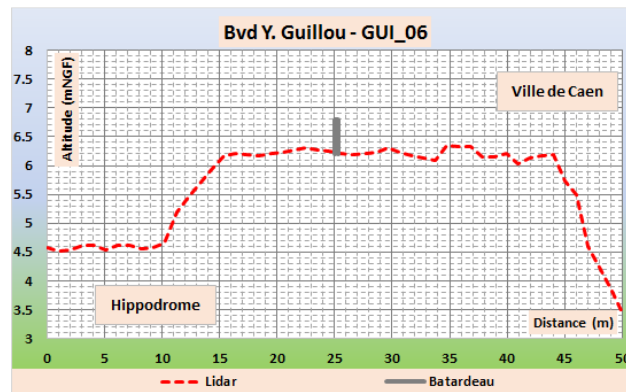


Figure 7-11 : profils du tronçon GUI_06.

Les rainures sont en état correct. La platine pour la fixation du potelet central est également en état correct.



Figure 7-12 : illustration des fissurations observées.



Brèche B-9

Figure 7-13 : photo du montage de la protection amovible lors de l'essai de juillet 2005.



Figure 7-14 : altimétrie le long du tronçon GUI_06 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon GUI_07

Le tronçon GUI_07 s'étend sur environ 50 ml. Il s'agit d'une murette (GBA) assurant le niveau de protection.

La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) :

- Un talus de pente 5H/1V avec des arbres et arbustes,
- Le boulevard Y. Guillou de largeur 10 m (3 voies),
- La murette (GBA),
- Terrain du restaurant d'entreprise.

La figure ci-dessous présentent la coupe type de l'ouvrage :

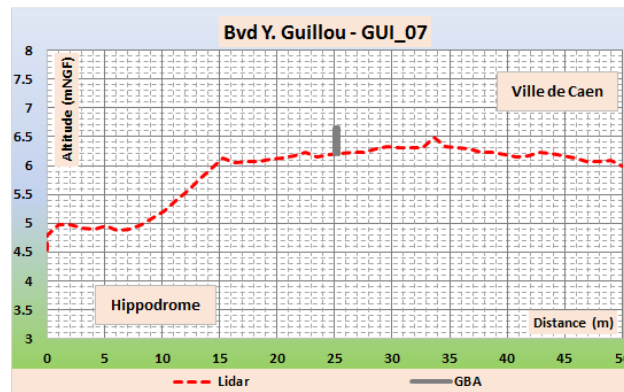


Figure 7-15 : profils du tronçon GUI_07.

L'état de la murette est jugé correct : des fissurations sont observées sur l'ensemble du linéaire et sont à surveiller.



Figure 7-16 : illustration des fissurations observées.

La figure suivante donne le profil type des murettes :

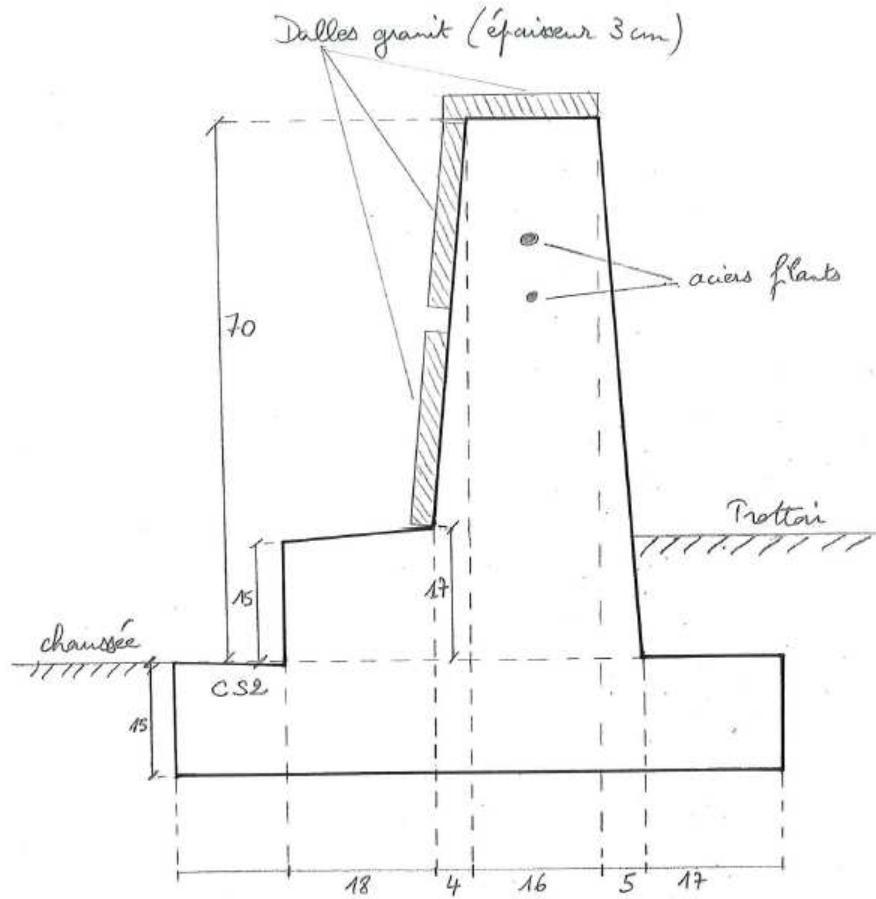


Figure 7-17 : profil-type des murettes.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est supérieure à 6,0 mNGF.



Figure 7-18 : altimétrie le long du tronçon GUI_07 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon GUI_08

Le tronçon GUI_08 s'étend sur environ 6 ml. Il s'agit d'une protection en batardeaux amovibles en bois.

La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) :

- Un talus de pente 5H/1V avec des arbres et arbustes,
- Le boulevard Y. Guillou de largeur 10 m (3 voies),
- La murette (GBA),
- Terrain du restaurant d'entreprise.

La figure ci-dessous présentent la coupe type de l'ouvrage :

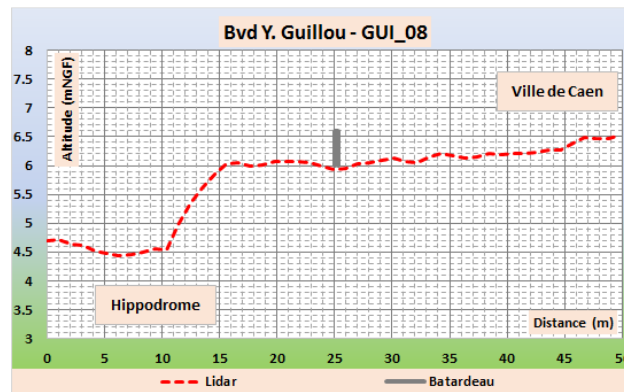


Figure 7-19 : profils du tronçon GUI_08.

Les rainures sont en état correct. Les trois platines pour la fixation des potelets sont également en état correct. Des mouvements de terrain sont observés du fait du passage des véhicules.



Figure 7-20 : vues d'ensemble.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est supérieure à 6,0 mNGF.



Brèche B-8 (rallongée)

Figure 7-21 : photo du montage de la protection amovible lors de l'essai de juillet 2005.



Figure 7-22 : altimétrie le long du tronçon GUI_08 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon GUI_09

Le tronçon GUI_09 s'étend sur environ 15 ml. Il s'agit d'une murette (GBA) assurant le niveau de protection.

La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) :

- Un talus de pente 3H/1V avec des arbres et arbustes,
- Le boulevard Y. Guillou de largeur 10 m (3 voies),
- La murette (GBA),
- Terrain du restaurant d'entreprise.

La figure ci-dessous présentent la coupe type de l'ouvrage :

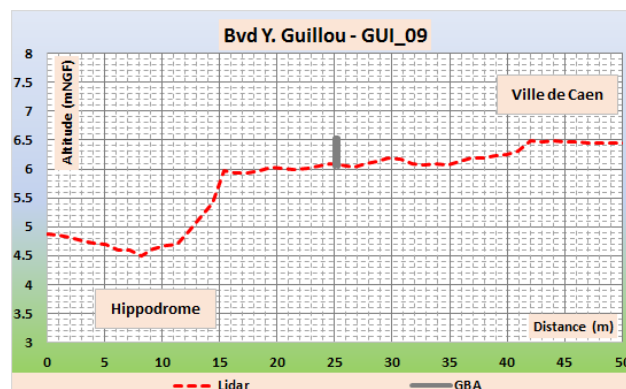


Figure 7-23 : profils du tronçon GUI_09.

L'état de la murette est jugé correct : des fissurations sont observées sur l'ensemble du linéaire et sont à surveiller.



Figure 7-24 : vues d'ensemble de la murette.

La figure suivante donne le profil type des murettes :

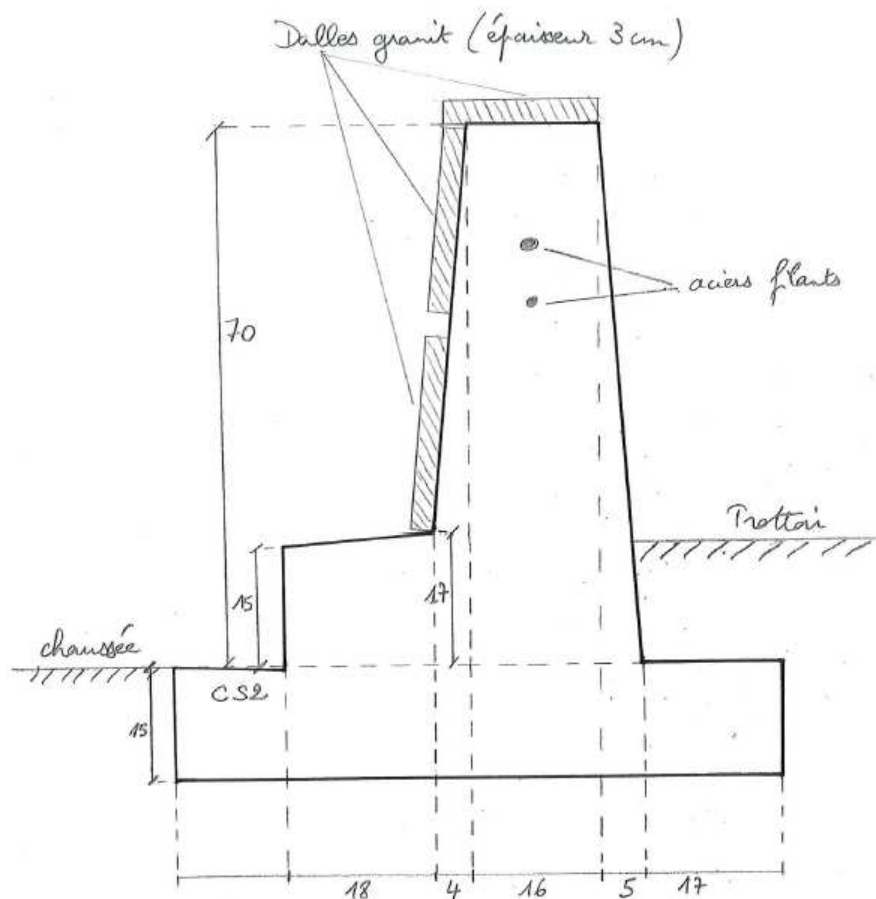


Figure 7-25 : profil-type des murettes.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est supérieure à 6,0 mNGF.



Figure 7-26 : altimétrie le long du tronçon GUI_09 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

7.1.2 BOULEVARD A. BRIAND

7.1.2.1 Aperçu général

Le secteur du boulevard A. Briand s'étend sur un linéaire total de 210 à 215 ml environ. Il présente plusieurs typologies d'ouvrages présentés d'amont en aval dans le Tableau 7-4 :

Tronçon	Longueur (m)	Typologie
GUI_01	40	Merlon en terre provisoire
GUI_02	145	Murette (GBA)
GUI_03	30	Merlon en terre provisoire

Tableau 7-4 : typologie des tronçons du boulevard A. Briand.



Tableau 7-5 : localisation des tronçons le long du boulevard A. Briand.

Le profil en long de la digue est donné sur la Figure 7-27 :

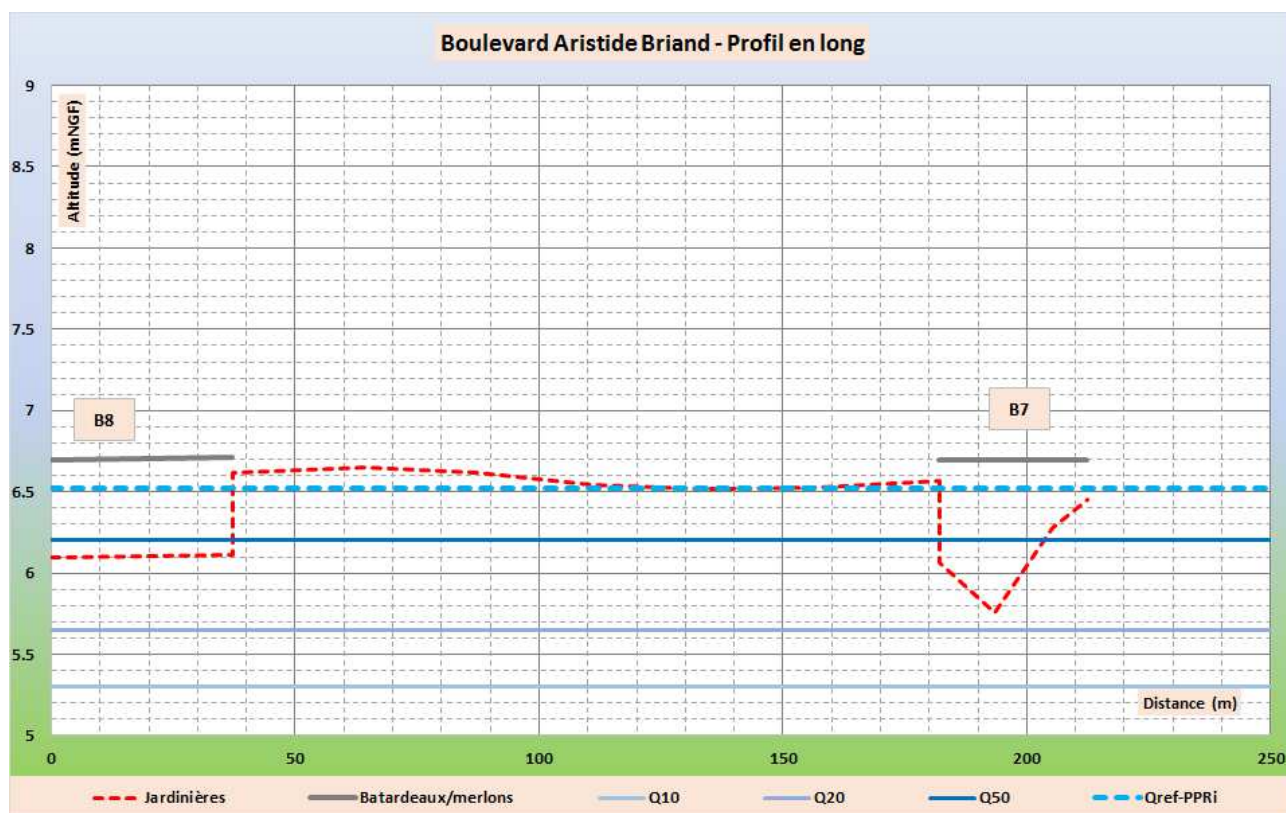


Figure 7-27 : profil en long – boulevard A. Briand.

Le niveau de la crête de l'ouvrage est variable entre 6,5 et 6,7 mNGF (valeurs arrondies).

Le point bas (6,5 mNGF) est repéré sur la partie aval du tronçon BRI_02.

Un suivi topographique annuel est assuré par le gestionnaire le long des GBA.

7.1.2.2 Géométrie et structure

Tronçon BRI_01

Le tronçon BRI_01 s'étend sur environ 40 ml. Il s'agit d'un merlon en terre mis en place lors d'une alerte crue.

Le merlon est édifié en travers du boulevard A. Briand au niveau de l'accès à l'hippodrome.

La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) :

- Un talus de pente très douce (chemin d'accès à l'hippodrome),
- Le boulevard A. Briand de largeur 10 m (3 voies),
- Le merlon provisoire ;
- Carrefour.

Les figures ci-dessous présentent la coupe type de la protection, comprenant le remblai et le merlon :

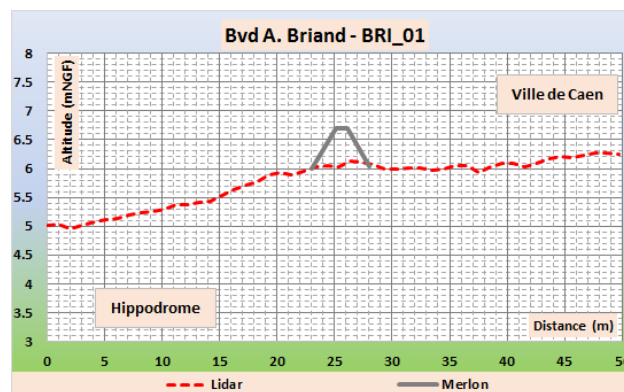


Figure 7-28 : profils du tronçon BRI_01.

Le merlon n'étant pas en place, il n'a pu être observé.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est d'environ 6 mNGF.



Figure 7-29 : altimétrie le long du tronçon BRI_01 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon BRI_02

Le tronçon BRI_02 s'étend sur environ 145 ml. Il s'agit d'une murette (GBA) assurant le niveau de protection.

La structure de la digue comprend, de l'hippodrome vers la zone protégée :

- Un fossé en pied,
- Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m,
- La murette (GBA),
- Le boulevard A. Briand de largeur 10 m (3 voies).

Les figures ci-dessous présentent la coupe type du remblai :

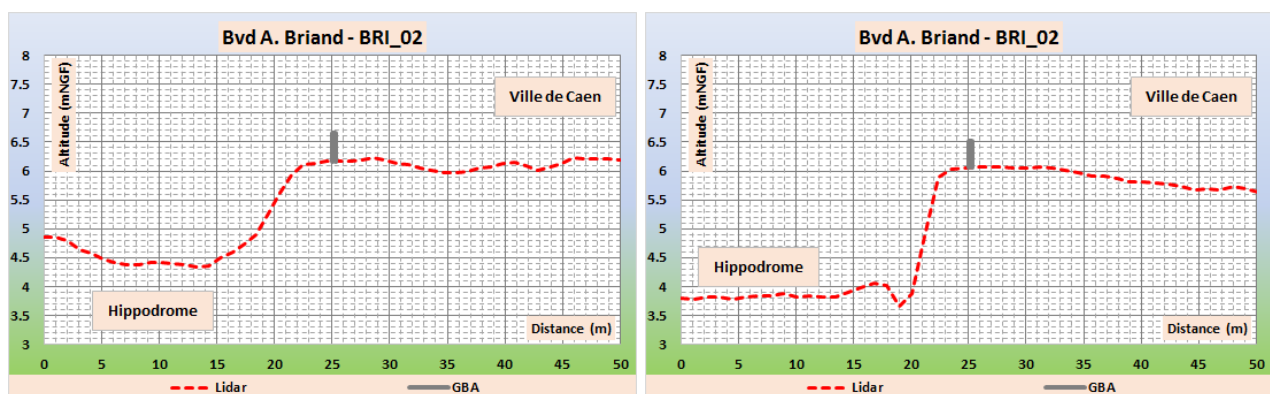


Figure 7-30 : profils du tronçon BRI_02.

L'état de la murette est jugé correct : des fissurations sont observées sur l'ensemble du linéaire et sont à surveiller. Un avaloir est également repéré sous la murette.

Côté hippodrome, le talus est soutenu par un mur en maçonnerie en bon état apparent. Sur une partie du linéaire, ce mur n'est pas visible, recouvert par un talus de terre.

La murette se situe 4 à 5 m en retrait du haut de talus côté hippodrome.



Figure 7-31 : vue d'ensemble de la murette et mur de soutènement du talus côté hippodrome.



Figure 7-32 : avaloir en pied de murette.

La figure suivante donne le profil type des murettes :

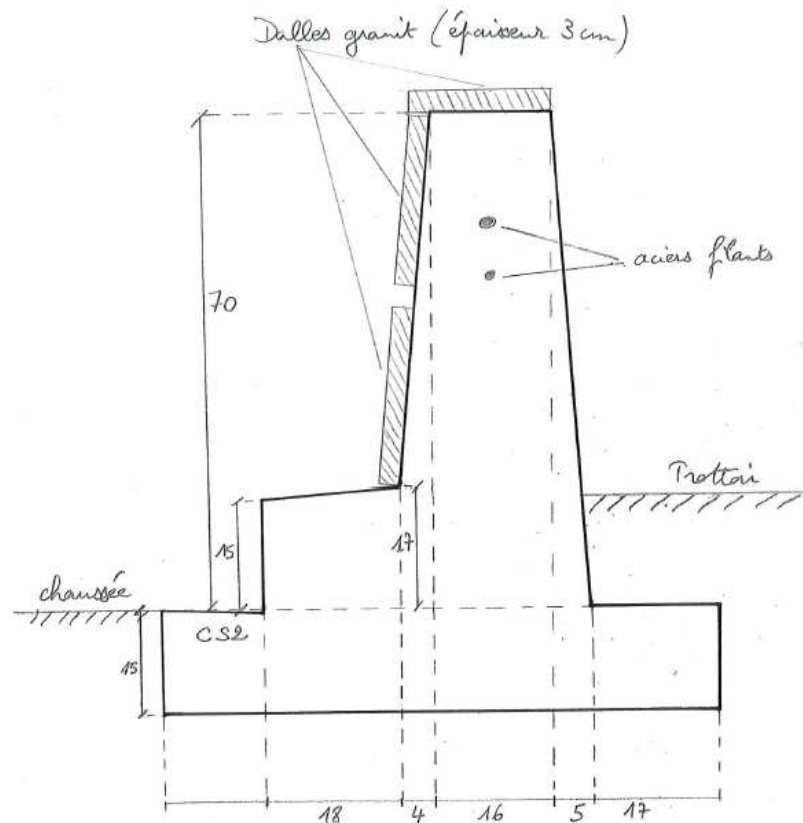


Figure 7-33 : profil-type des murettes.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est d'environ 5,5 à 6,0 mNGF.



Figure 7-34 : altimétrie le long du tronçon BRI_02 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

Tronçon BRI_03

Le tronçon BRI_03 s'étend sur environ 30 ml. Il s'agit d'un merlon en terre mis en place lors d'une alerte crue.

Le merlon est édifié en travers du boulevard A. Briand au niveau de l'accès à l'hippodrome.

La structure de l'ouvrage comprend (de la Prairie vers la ville) :

- Un fossé en pied,
- Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m,
- Le carrefour du boulevard A. Briand avec le cours de Gaulle,
- Le merlon provisoire.

Les figures ci-dessous présentent la coupe type de la protection, comprenant le remblai et le merlon :

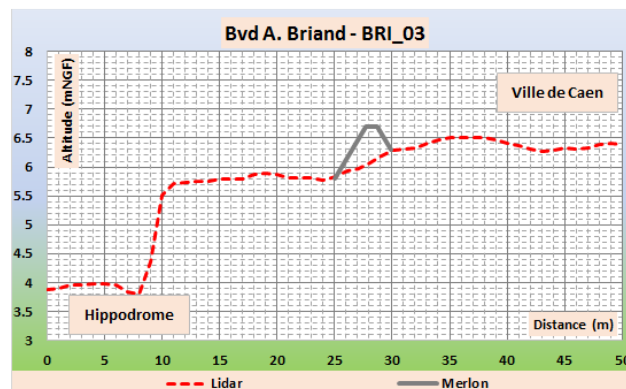


Figure 7-35 : profils du tronçon BRI_03.

Le merlon n'étant pas en place, il n'a pu être observé.

L'altitude de la zone protégée en arrière immédiat de l'ouvrage est supérieure à 6 mNGF.



Figure 7-36 : altimétrie le long du tronçon BRI_03 (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

7.1.3 COURS DE GAULLE

7.1.3.1 Aperçu général

Le secteur du cours de Gaulle s'étend sur un linéaire total de 330 m environ. Il présente plusieurs typologies d'ouvrages présentés d'amont en aval dans le Tableau 7-6 :

Tronçon	Longueur (m)	Typologie
GAU_01	55	Jardinières
GAU_02	6	Batardeaux amovibles
GAU_03	8	Jardinières
GAU_04	13	Batardeaux amovibles
GAU_05	26	Jardinières
GAU_06	19	Batardeaux amovibles
GAU_07	8	Jardinières
GAU_08	6	Batardeaux amovibles
GAU_09	170	Jardinières
GAU_10	6	Batardeaux amovibles
GAU_11	10	Jardinières
GAU_12	20	Merlon a priori non indispensable

Tableau 7-6 : typologie des tronçons du cours de Gaulle.

Les tronçons alternent jardinières permanentes et batardeaux amovibles. Le dernier tronçon n°12 apparaît facultatif dans la mesure où le niveau de la chaussée est supérieur au niveau de protection.

L'ensemble des protections sont situées au centre du cours de Gaulle, entre les deux sens de circulation.



Tableau 7-7 : localisation des tronçons le long du cours de Gaule.

Le profil en long de la digue est donné sur la Figure 7-37 :

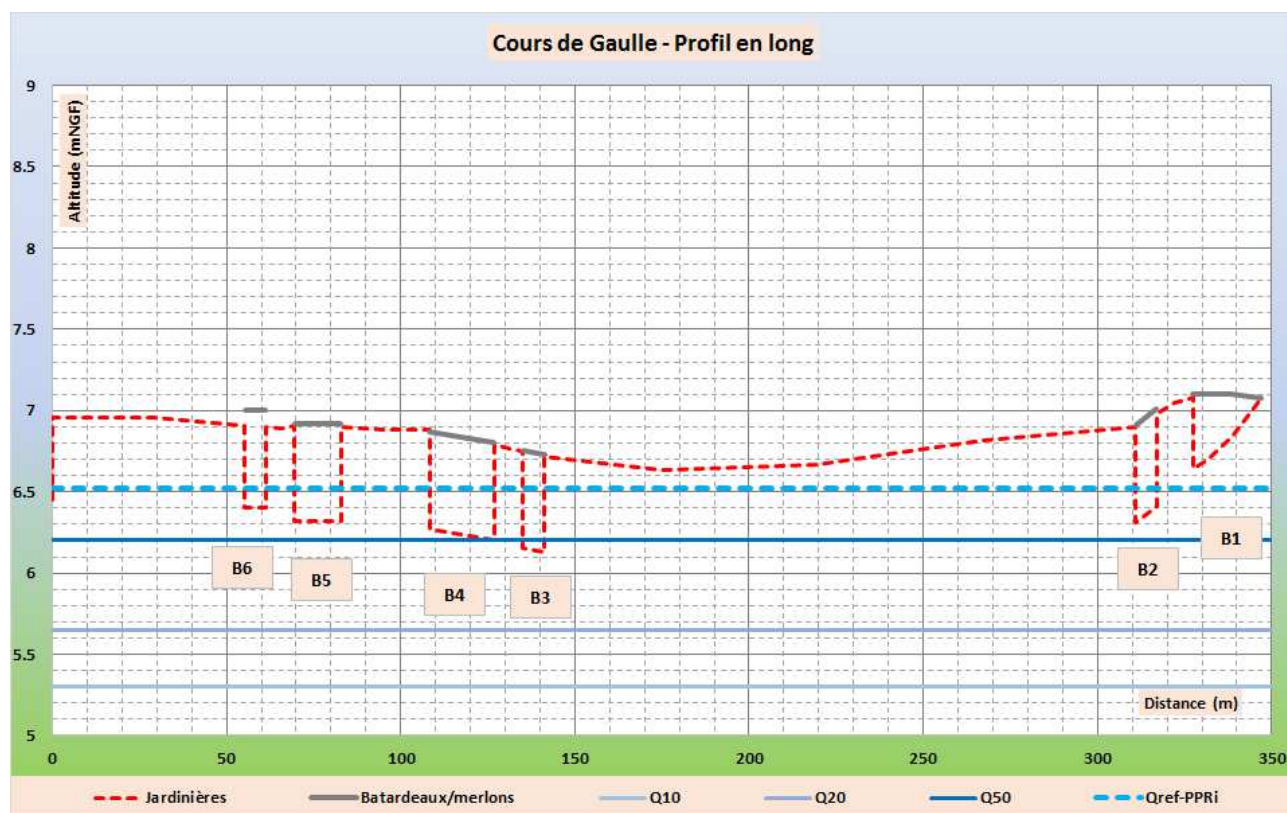


Figure 7-37 : profil en long – cours de Gaule.

Le niveau de la crête de l'ouvrage est variable entre 6,6 et plus de 7,0 mNGF (valeurs arrondies).

Le point bas (6,6 mNGF) est repéré sur le tronçon GAU_09.

Un suivi topographique annuel est assuré par le gestionnaire le long des jardinières.

7.1.3.2 Géométrie et structure

La structure générale est homogène entre les différents tronçons à la différence près de la présence de jardinières ou de batardeaux amovibles.

La structure comprend ainsi :

- Un fossé en pied,
- Un mur maçonné sub-vertical de hauteur 1,5 m,
- La voirie Nord-Sud du cours de Gaulle,
- Le dispositif de protection au niveau du terre-plein central : jardinières ou batardeaux amovibles,
- La voirie sud-Nord du cours de Gaulle.

Les figures ci-dessous présentent la coupe type de la structure :

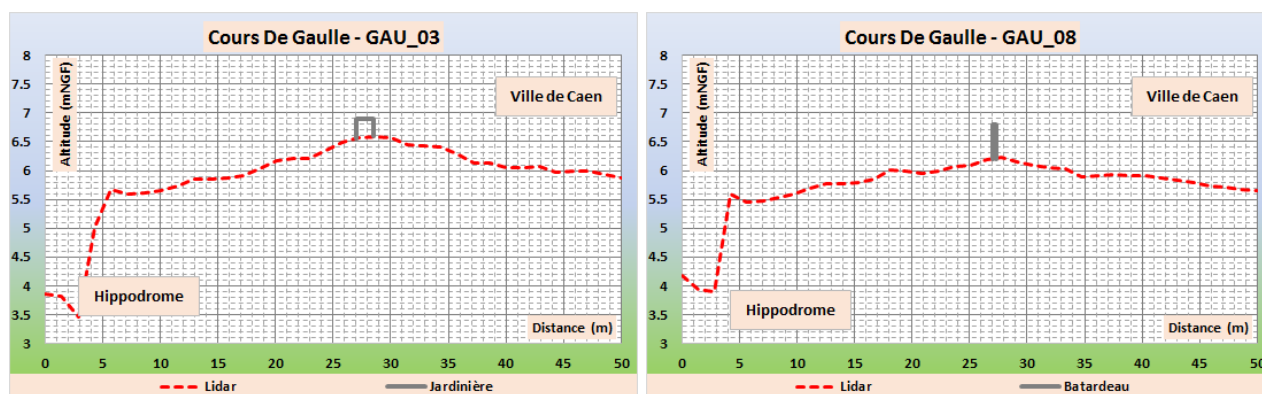


Figure 7-38 : profils-type cours de Gaulle.

De manière générale, les jardinières et batardeaux se situent plus de 20 m en retrait du talus côté hippodrome.

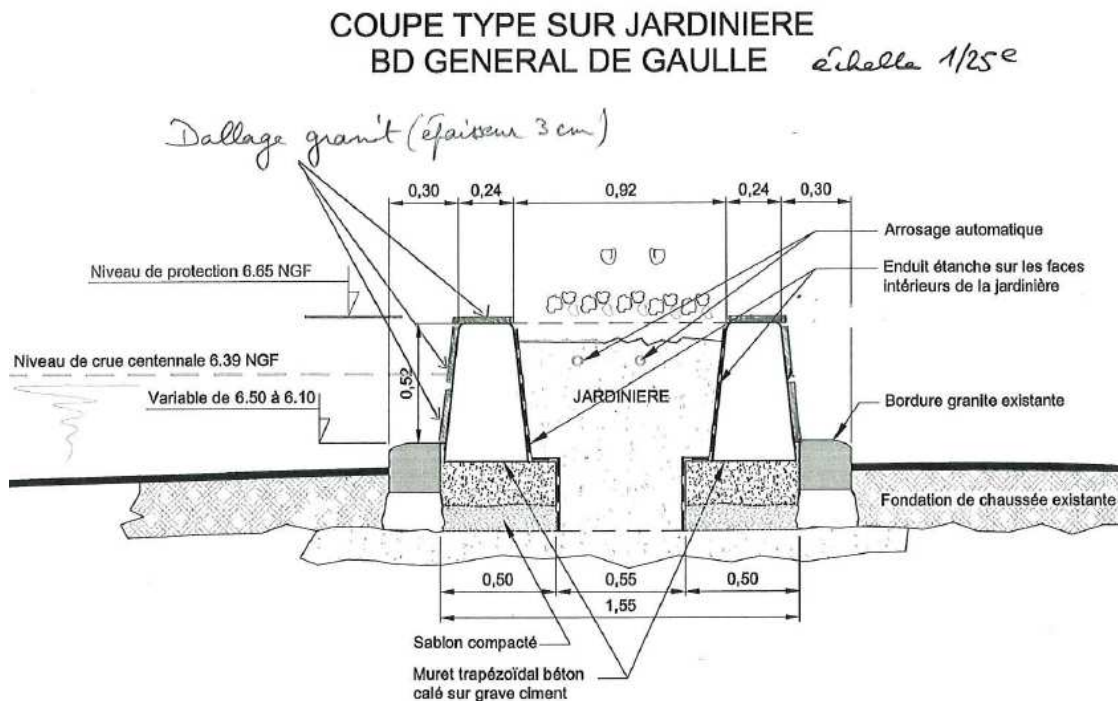


Figure 7-39 : coupe-type des jardinières.

Les jardinières sont dans l'ensemble en bon état apparent.

Les rainures pour la mise en place des batardeaux sont en bon état apparent. De la végétation se développe et peut gêner la mise en place des madriers.

Les platines pour la fixation des potelets sont également en état correct. Des mouvements de terrain sont observés du fait du passage des véhicules.





Figure 7-40 : vues des protections.



Brèche B-2



Brèche B-3



Brèche B-4 (part.)



Brèche B-5



Brèche B-6

Figure 7-41 : montage des protections amovibles lors de l'essai de juillet 2005.



Figure 7-42 : altimétrie le long du cours de Gaulle (en blanc ; altitude dépassant le niveau de protection).

7.1.3.3 Caractéristiques géotechniques

Aucune reconnaissance géotechnique n'a été menée sur le secteur d'étude.

Plusieurs sondages sont disponibles dans la base de données sous-sol du BRGM. Ces sondages sont situés dans la zone protégée.

Les coupes géologiques font apparaître des coupes relativement homogènes comprenant :

- Une couche de remblai d'épaisseur variable, 1 à 2,5 m ;
- Une alternance de vases et d'argiles sur une épaisseur de 6 à 10 m ;
- Une couche de matériaux grossiers, sables et galets surplombant le substratum calcaire.

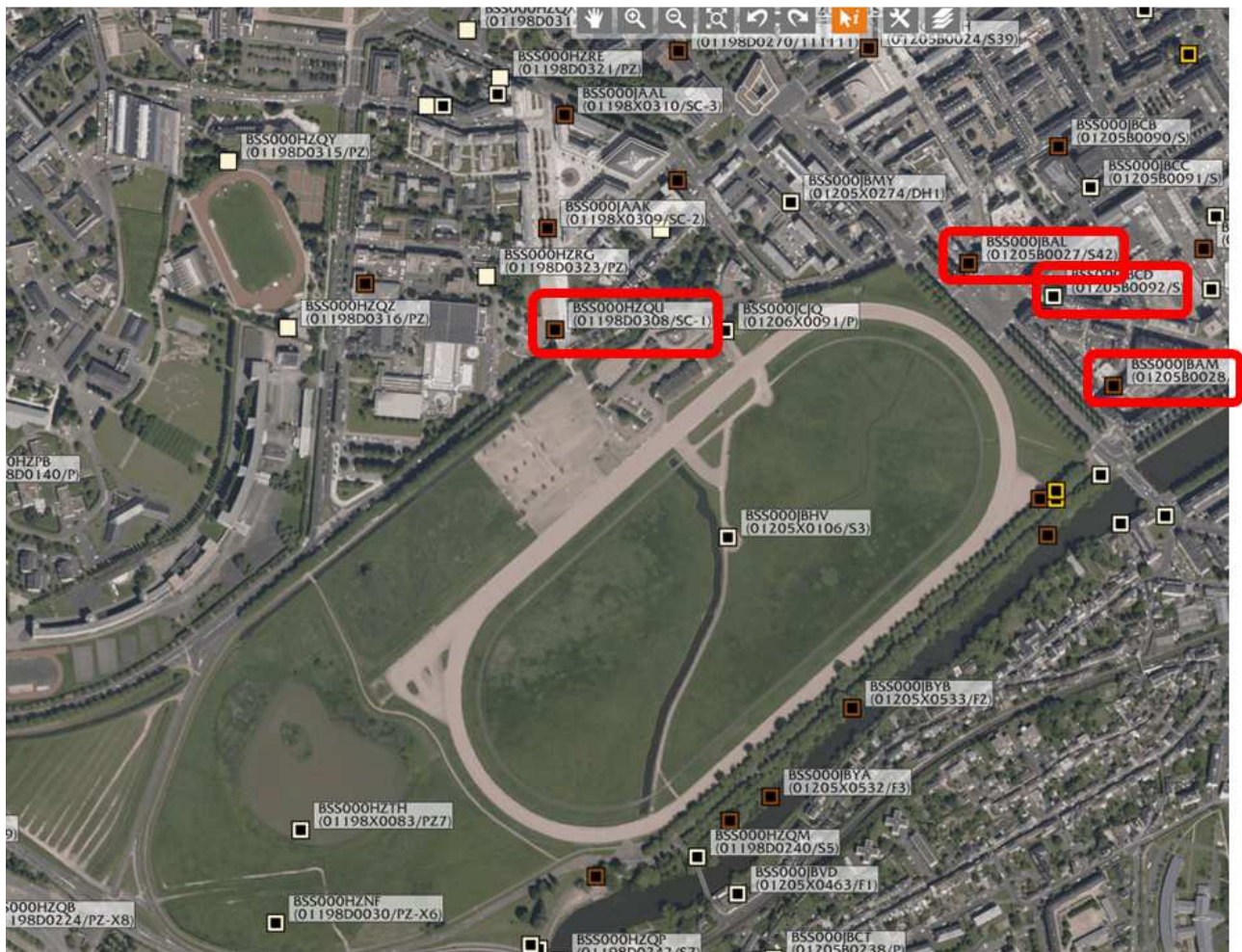


Figure 7-43 : localisation des sondages de la base sous-sol.

Sondage	Année	Coupe géologique
BSS000HZQU	1989	Remblai calcaire grossier (~2,6 m) Argiles et tourbes (~6m) Alluvions grossières
BSS000JBAL	nc	Remblai (~1 m) Vase chargée de débris (~8 m) Sable grossier
BSS000JBAM	1933	Dalle en ciment (~2,6 m) Anciennes fortifications (~1 m) Glaise (~7 m) Sables et galets
BSS000JBCD	1951	Remblai (~1,5 m) Argiles (~10 m) Sables et graviers

Tableau 7-8 : caractéristiques géologiques des sondages de la base sous-sol.

7.1.3.4 Etat

La dernière visite technique approfondie a été réalisée par ISL-Ingénierie en février 2021.

Boulevard Yves Guillou

Lors de cette visite, 5 désordres ont été relevés.

Les désordres relevés sont rappelés dans le Tableau 7-9 :

	Nombre	Principales natures	Action
Gravité 1	1	- Fissuration transversale du bitume coté chaussé	Désordre de faible amplitude à surveiller
Gravité 2	4	- Fissuration verticale sur toute la hauteur de l'ouvrage et sur l'intégralité du linéaire - Prélèvement de la coiffe au niveau d'une ouverture d'un batardeau amovible - Altération sur la bordure de trottoir - Eclatement sur le parement amont de la GBA	Désordre pouvant amener à être de taille plus importante : à surveiller activement
Gravité 3	0		A traiter pour éviter un problème structurel de la digue
Gravité 4	0		A traiter de toute urgence. Désordre portant atteinte à la stabilité de la digue
TOTAL	5		

Tableau 7-9 : synthèse des désordres – bvd Y. Guillou.

Boulevard Aristide Briand

Lors de cette visite, 2 désordres ont été relevés.

Les désordres relevés sont rappelés dans le Tableau 7-10 :

	Nombre	Principales natures	Action
Gravité 1	0		Désordre de faible amplitude à surveiller
Gravité 2	2	- Eclatement sur le parement aval de la GBA - Fissuration verticale sur toute la hauteur de l'ouvrage et sur l'intégralité du linéaire	Désordre pouvant amener à être de taille plus importante : à surveiller activement
Gravité 3	0		A traiter pour éviter un problème structurel de la digue
Gravité 4	0		A traiter de toute urgence. Désordre portant atteinte à la stabilité de la digue
TOTAL	2		

Tableau 7-10 : synthèse des désordres – bvd A. Briand.

Cours de Gaulle

Lors de cette visite, 8 désordres ont été relevés.

Les désordres relevés sont rappelés dans le Tableau 7-11 :

	Nombre	Principales natures	Action
Gravité 1	4	- Déstructuration au niveau de l'angle des jardinières Végétation envahissante au niveau de la 1 ^{ère} jardinière	Désordre de faible amplitude à surveiller
Gravité 2	4	- Végétation envahissante obstruant les glissières des rails à poser en cas d'inondation - Eclatement du parement pierre	Désordre pouvant amener à être de taille plus importante : à surveiller activement
Gravité 3	0		A traiter pour éviter un problème structurel de la digue
Gravité 4	0		A traiter de toute urgence. Désordre portant atteinte à la stabilité de la digue
TOTAL	8		

Tableau 7-11 : synthèse des désordres – cours de Gaulle.

7.1.4 OUVRAGES TRAVERSANTS

7.1.4.1 Boulevard Yves Guillou

Un ouvrage traversant est identifié sur le linéaire du boulevard Yves Guillou : il s'agit du vannage du Grand Odon.



Figure 7-44 : Localisation de l'ouvrage traversant – Boulevard Y. Guillou



Figure 7-45 : Ouvrages traversants relevés sur le Boulevard Y. Guillou

7.1.4.2 Boulevard Aristide Briand

Un ouvrage traversant a été identifié à l'angle entre le boulevard Aristide Briand et le cours de Gaulle. Il s'agit d'un émissaire du réseau pluvial muni d'un clapet anti-retour.

Il est localisé dans la figure suivante.



Figure 7-46 : Localisation de l'ouvrage traversant – Boulevard A. Briand



Figure 7-47 : Ouvrage traversant relevé sur le Boulevard A. Briand

7.1.4.3 Cour de Gaulle

Deux ouvrages traversants ont été identifiés le long du cours de Gaulle. Il s'agit d'émissaires pluviaux non munis de clapets anti-retour.

Ils sont localisés dans la figure suivante.



Figure 7-48 : Localisation des ouvrages traversants – Cours De Gaulle



Figure 7-49 : Ouvrages traversants relevés sur le Cours De Gaulle

7.2 STRUCTURE ET CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS NATURELS

Sans objet.

7.3 PERFORMANCES DES ELEMENTS DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT – METHODOLOGIE

7.3.1 GENERALITES

L'analyse des performances du système d'endiguement est étudiée par la méthode multi-scénario proposée par la réglementation. Cette démarche vise à analyser le croisement de la sollicitation et de la capacité de résistance de l'ouvrage. Le Tableau 7-12 illustre la méthode multi-scénario :

Mode d'inondation de la zone protégée envisagé par secteur		Sollicitation				
		Définition du niveau de la sollicitation				
Capacité de résistance : capacité de l'ouvrage à résister à la rupture	Découpage soit par localisation, soit par mécanismes de dégradation ou facteurs aggravants	Faible	Moyenne	Forte	Très forte	Extrême
		Risque limité ($P < 5\%$)		Risque conséquent ($5\% < P < 50\%$)		Risque aigu ($P > 50\%$)

Tableau 7-12 : présentation de la méthode multi-scénario (P désigne la probabilité de rupture).

L'objectif de la méthode est de définir les niveaux de sollicitation associés à une capacité de résistance de l'ouvrage de :

- Probabilité de rupture $< 5\%$, qualifiée de risque limité ;
- Probabilité de rupture comprise entre 5 et 50 %, qualifiée de risque conséquent ;
- Probabilité de rupture $> 50\%$, qualifiée de risque aigu.

Ces probabilités permettent ainsi de définir les niveaux de sûreté et de danger. Le niveau de protection est ensuite un choix de la collectivité gestionnaire. **Le niveau de protection doit être inférieur ou égal au niveau de sûreté défini par l'étude de dangers.**

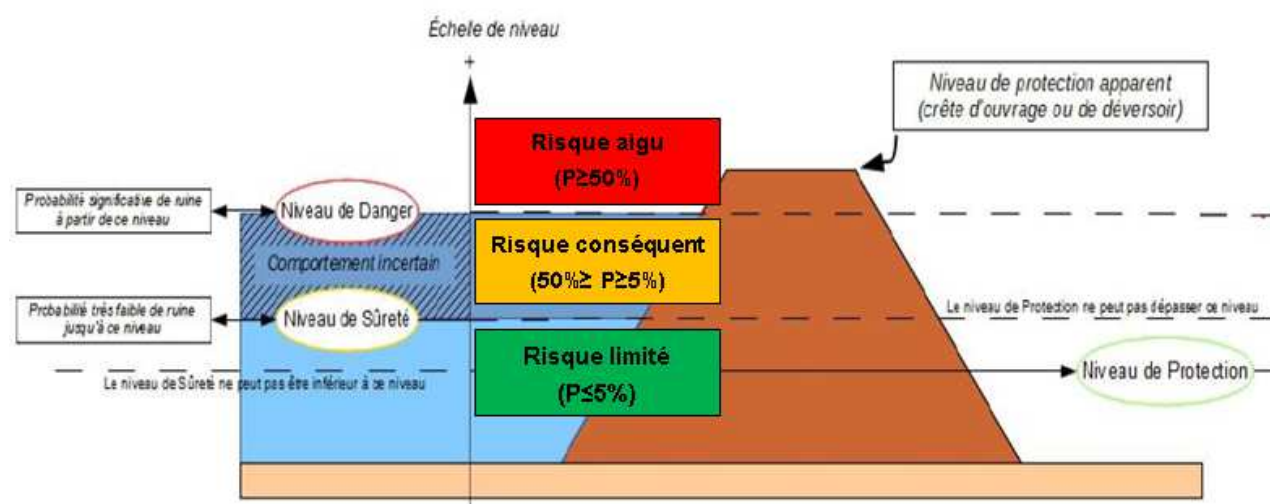


Tableau 7-13 : rappel des différents niveaux caractéristiques à définir.

Des scénarios contrastés sont définis sur chaque tronçon d'ouvrage. Ces scénarios définissent les différentes conditions de rupture qui peuvent se produire.

Les différents modes de rupture envisagés pour l'ensemble des ouvrages sont :

- Rupture par surverse ;
- Rupture par érosion interne ;
- Rupture par glissement de talus ;
- Rupture par érosion externe du talus côté Orne maritime, ou côté canal, ou côté mer ;
- Rupture par érosion externe sous l'effet des franchissements ;
- Rupture de mur/muret.

L'évaluation de chaque risque de rupture est faite au regard d'éléments techniques de calculs, ou le cas échéant à dire d'expert, en se basant sur le retour d'expérience.

Dans ce dernier cas, il est considéré un risque limité pour les cas connus historiquement et un risque conséquent pour les cas pour lesquels nous ne disposons pas de retour d'expérience.

Cette logique est synthétisée dans le tableau suivant :

Niveau de sollicitation observé n'ayant pas entraîné de défaillance	Risque limité ($P < 5\%$)
Niveau de sollicitation non observé (à moduler selon l'observation de défaillance ou non)	Risque conséquent ($5\% < P < 50\%$)
Niveau de sollicitation observé ayant entraîné une défaillance (à moduler si travaux de confortement postérieurs à l'évènement)	Risque aigu ($P > 50\%$)

Tableau 7-14 : approche à dire d'expert basée sur le retour d'expérience.

7.3.2 CARACTERISATION DES SCENARIOS ETUDIES

7.3.2.1 Rupture par surverse

Description du phénomène

La rupture par déversement sur la crête de la digue constitue le mécanisme le plus fréquent de ruine des digues. La rupture commence par l'érosion du pied de la digue lors d'une surverse où les vitesses sont les plus fortes. Cette érosion se propage ensuite de manière régressive vers le fleuve jusqu'à atteindre le point de surverse. L'ouverture d'une brèche est alors rapide.

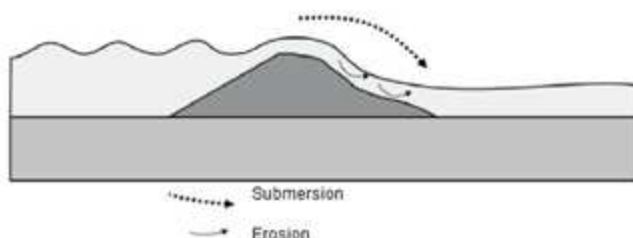


Tableau 7-15 : mécanisme de rupture par érosion externe côté terre.

Cette rupture ne peut se produire que si la sollicitation (lame de surverse et durée de surverse) est suffisante.

Moyens de détection

Le système d'alerte mis en place par la commune dans le cadre du PCS permet d'anticiper une éventuelle surverse par-dessus les digues. Il comprend notamment :

- Le suivi des cotes (<http://www.vigicrues.gouv.fr/> et <http://syndicat-inondations-orne.fr>) ;
- Le suivi des conditions météorologiques (MétéoFrance) ;
- Le suivi des conditions maritimes (annuaire des marées et capitainerie d'Ouistreham).

Ces éléments conduisent à considérer que le phénomène de surverse peut être anticipé avec un horizon de plusieurs heures et qu'une mise en sécurité (comme prévue au PCS) est possible.

Barrières de sécurité

La barrière de sécurité en ce qui concerne le phénomène de surverse est la revanche disponible entre la ligne d'eau et la crête de digue.

Les lignes d'eau sont issues du modèle hydraulique mis en œuvre dans le cadre de l'étude de dangers.

Probabilité d'ouverture d'une brèche par surverse

La surverse fait intervenir la probabilité de survenance du niveau statique.

Les paramètres retenus pour définir la probabilité d'ouverture d'une brèche par surverse sont :

- la hauteur de surverse « h » ou la revanche « R » ;
- la géométrie de la digue (largeur en crête, pente des talus) ;
- la nature du revêtement ;
- la présence d'eau dans le val.

La grille d'analyse suivante est proposée pour la caractérisation du risque de rupture par surverse :

Lame d'eau en surverse	Nature du talus arrière ou de l'ouvrage			
	Talus enherbé bon état	Talus enherbé mauvais état	Talus protégé (crête bitumée)	Mur maçonné ou béton
h < -20 cm	P < 5 %	P < 5 %	P < 5 %	P < 5 %
-20 < h < 0 cm	P < 5 %	5 % < P < 50 %	P < 5 %	P < 5 %
0 < h < +20 cm	5 % < P < 50 %	P > 50 %	P < 5 %	P < 5 %
20 < h < 40 cm	P > 50 %	P > 50 %	5 % < P < 50 %	5 % < P < 50 %
h > 40 cm	P > 50 %	P > 50 %	P > 50 %	P > 50 %

Tableau 7-16 : grille de résistance à la surverse en fonction de la nature des ouvrages.

L'intégration de hauteurs de surverse négatives dans la grille d'analyse (c'est-à-dire que le niveau d'eau est inférieur au point bas de la digue) vise à prendre en compte les incertitudes dans l'estimation des niveaux d'eau, incertitudes pouvant être liées aux méthodes de calculs, à la présence d'embâcles, au clapot levé par le vent, ...

7.3.2.2 Rupture par érosion interne

Description du phénomène

Concernant l'érosion interne, les modes suivants sont à considérer :

- l'entraînement des particules les plus fines d'un matériau à travers ses particules les plus grossières (couramment nommé suffusion interne ou érosion volumique) ;
- l'érosion régressive d'une couche de matériau érodable continue d'amont vers l'aval sous l'effet d'un écoulement affectant cette couche ;
- l'érosion des parois d'un conduit d'écoulement existant tel un terrier traversant, une fissure, l'interface avec un ouvrage traversant ;
- l'érosion d'un matériau érodable au contact d'un matériau grossier, siège de l'écoulement.

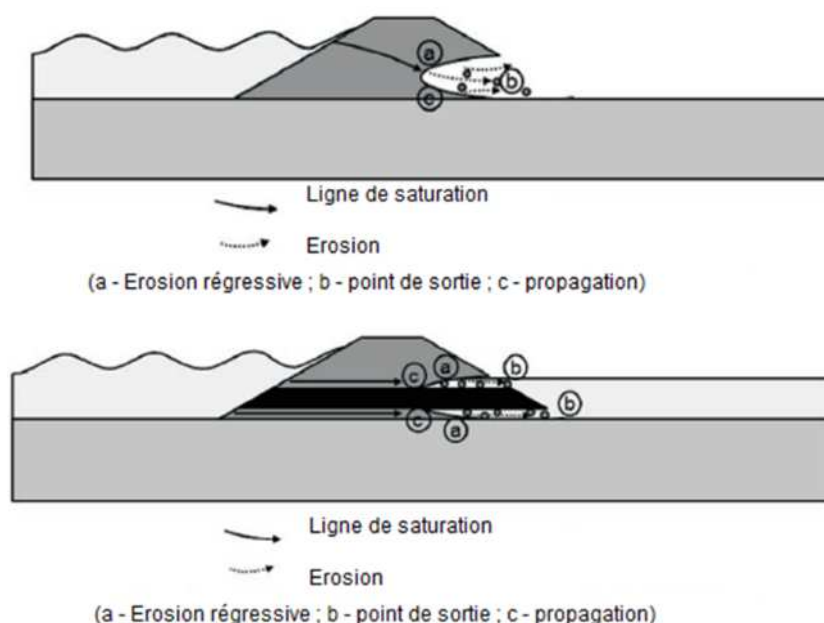


Tableau 7-17 : mécanisme de rupture par érosion interne.

Moyens de détection

L'érosion interne est un phénomène évolutif dont il est possible de déceler l'initiation lors des inspections régulières réalisées dans le cadre des visites techniques approfondies : résurgences, apparition de fontis, dépression, tassements ...

Observations en crue

Les consignes écrites de gestion de l'ouvrage auront comme objectif de présenter les inspections à réaliser en période de crue. En effet l'inspection de l'ouvrage en période de crue est une donnée importante vis-à-vis de l'érosion interne.

Barrières de sécurité et prise en compte de facteurs défavorables

Le risque d'apparition de l'érosion interne peut être apprécié par les méthodes de Bligh et de Lane qui s'appuient sur le gradient hydraulique dans la digue.

La méthode de Bligh est appliquée aux tronçons courants de digue, tandis que la méthode de Lane est plutôt adaptée au cas des ouvrages traversants et autres discontinuités (par exemple, interface entre deux couches de matériaux).

	BLIGH (1927)		LANE (1935)	
Expression du gradient critique	$i_c = \Delta H / L$ où L = longueur de ligne d'écoulement mesurée le long de la base de la digue ΔH = perte de charge totale		$i_c = \Delta H / (H/3 + V)$ où H = distance le long des contacts horizontaux ($< 45^\circ$), V = distance le long des contacts verticaux ($> 45^\circ$)	
Valeurs limites suggérées	Type de sol	i_c	Type de sol	i_c
	silt	0,06	sable très fin	0,12
	sable fin	0,07	sable fin	0,14
			sable moyen	0,17
	sable grossier	0,08	sable grossier	0,20
	mélange gravier + sable	0,10-0,20	gravier fin	0,25
			gravier moyen	0,29
			gravier grossier	0,33
			blocs et graviers	0,40
			argile dure	0,56

Tableau 7-18 : gradients critiques d'érosion selon Bligh (1927) et Lane (1935).

Le graphique suivant illustre la méthode de calcul du gradient moyen ($i = \frac{H}{L}$).

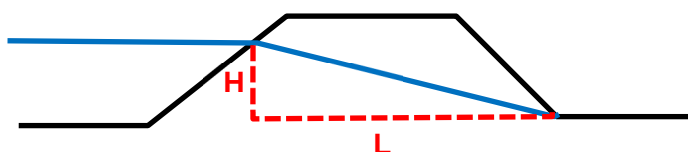


Tableau 7-19 : appréciation du gradient moyen (H en m et L en m).

Probabilité d'ouverture de brèche par érosion interne

Les méthodes de Bligh et Lane renseignent sur l'apparition du phénomène : si le gradient dans l'ouvrage est supérieur au gradient critique, alors le phénomène d'érosion interne apparaît. Toutefois, l'apparition du phénomène ne conduit pas nécessairement à la formation d'une brèche.

La probabilité que le phénomène d'érosion interne conduise à l'ouverture d'une brèche est jugée en affectant l'aléa de survenance de l'érosion interne de coefficients liés à :

- La présence de végétation et/ou de terriers ;
- L'action du gestionnaire en crue ou lors d'un évènement tempétueux ;
- La présence de renforcement côté zone protégée sur le tronçon étudié.

La grille d'analyse suivante est proposée pour la caractérisation du risque de rupture par érosion interne. Elle s'appuie sur l'estimation du gradient hydraulique dans le corps de remblai.

Gradient hydraulique	Probabilité de rupture
$i < 0,75 i_c$	$P < 5 \%$
$0,75 i_c < i < 1,25 i_c$	$5 \% < P < 50 \%$
$i > 1,25 i_c$	$P > 50 \%$

Tableau 7-20 : grille de résistance à l'érosion interne.

7.3.2.3 Rupture par glissement

Description du phénomène

Les instabilités à considérer sur les digues sont :

- glissement du talus côté val : le cas le plus critique est atteint lorsque la ligne piézométrique est la plus haute, au voisinage du pic de la crue ;
- glissement du talus côté fleuve : le cas le plus critique est à la décrue lorsque la ligne piézométrique dans le corps de l'ouvrage est la plus haute et alors que :
 - o le niveau d'eau amont n'exerce plus une poussée stabilisante,
 - o la cohésion des matériaux est réduite par la saturation,
 - o le poids des terres est augmenté par la saturation.

La stabilité est fonction de la pente du talus, des caractéristiques mécaniques des matériaux et de la piézométrie affectant l'ouvrage.

Pour statuer sur la stabilité des ouvrages, les résultats de l'étude géotechnique et la note de calcul réalisées dans le cadre des travaux de confortement des berges de 2015 sont utilisés.

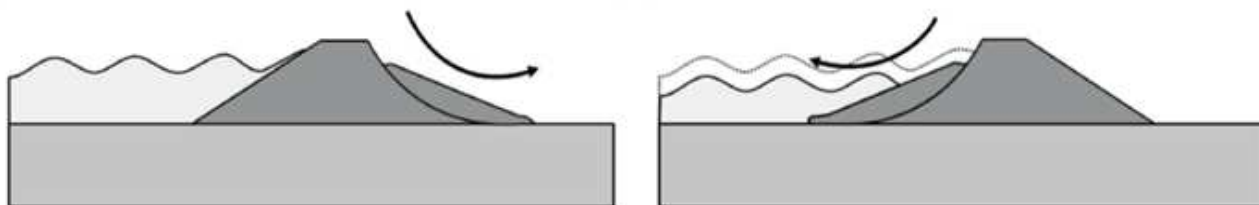


Tableau 7-21 : mécanisme de rupture par glissement.

Moyens de détection

A l'heure actuelle, seules les observations visuelles des digues permettent de détecter un glissement. Cette détection ne peut se faire qu'après ou en cours de développement du phénomène.

Probabilité d'ouverture d'une brèche côté val par instabilité

L'ouverture d'une brèche suite à une instabilité du talus côté val dépend de l'importance relative du volume du cercle au regard du volume de la digue. En effet, ce phénomène n'entraîne pas forcément la rupture, mais en modifiant la géométrie de la digue un glissement aggrave le risque d'érosion interne.

7.3.2.4 Rupture par érosion externe côté Orne

Description du phénomène

Le mode de rupture par érosion externe côté « eau » (mer ou fleuve) nécessite une approche particulière puisque le développement d'une brèche dans certains tronçons est conditionné à une défaillance en chaîne des structures constitutives de l'ouvrage.

Deux phénomènes peuvent être différenciés concernant la rupture d'un système d'endiguement par érosion externe côté mer :

- L'érosion ou déstructuration d'un talus de la digue sous sollicitations hydrodynamiques (déplacement des enrochements en cas de sous-dimensionnement, érosion en arrière des enrochements s'il n'y a pas de couche filtre, érosion au sein d'un perré s'il y a des fissures ouvertes, etc.) ;
- L'affouillement en pied de digue, qui peut conduire à une instabilité d'ensemble de la digue côté mer.

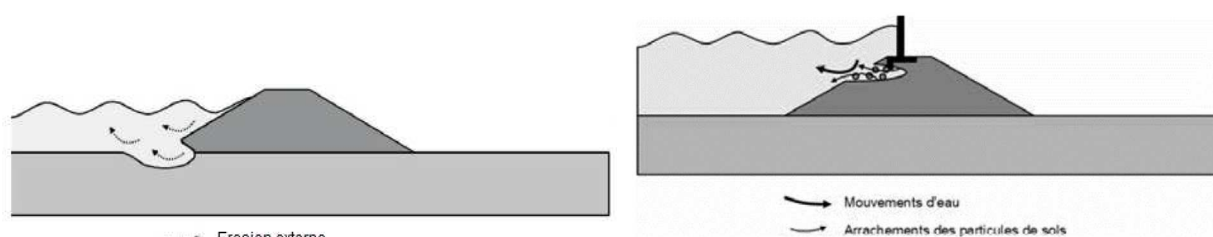


Tableau 7-22 : mécanisme de rupture par érosion externe côté fleuve ou côté mer.

Moyens de détection

L'érosion externe est un phénomène évolutif dont il est possible de déceler l'initiation lors des inspections régulières réalisées par le maître d'ouvrage.

Le suivi de la bathymétrie peut également apporter un éclairage complémentaire concernant le risque de sapement du pied de digue.

Barrières de sécurité

L'apparition de l'érosion externe est liée à la largeur du franc bord. Cette probabilité est affectée de facteurs correctifs améliorants ou aggravants :

- La présence de protection et/ou de renforcement du pied de la digue ;
- La détection de désordre de nature à aggraver le phénomène d'érosion externe ;
- La durée de l'évènement.

Probabilité d'ouverture d'une brèche par érosion externe

Même dans l'hypothèse d'un glissement de talus côté fleuve, la probabilité d'ouverture d'une brèche avec la libération d'un volume d'eau vers la zone protégée est réduite car le cas critique correspond à la décrue.

L'analyse des résistances est abordée au cas par cas selon les ouvrages.

7.3.2.5 Rupture de mur béton

Les modes de rupture des murs en béton peuvent être de deux types :

- Ceux qui dépendent de la résistance de la structure en elle-même (rupture) ;
- Ceux qui dépendent de l'interaction avec l'ouvrage sous-jacent (glissement, renversement) ;

Lorsque les données sont suffisantes, l'estimation des probabilités de rupture est basée sur le calcul des efforts qui s'exercent sur l'ouvrage.

En l'absence de données sur le mur, l'estimation des probabilités de rupture est menée à dire d'expert en fonction de la charge qui s'exerce sur l'ouvrage.

L'état de l'ouvrage, observé lors des visites techniques approfondies, est également pris en compte.

7.4 PERFORMANCES DES ELEMENTS DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

7.4.1 DEFINITION DES SCENARIOS DE DEFAILLANCE

Le système d'endiguement de Caen-Prairie compte 24 sous-tronçons répartis sur :

- Le boulevard Yves Guillou (9) ;
- Le boulevard Aristides Briand (3) ;
- Le Cours de Gaulle (12).

Les scénarios de rupture étudiés sont répertoriés dans le Tableau 7-23 :

Caen-Prairie			Description	Scénario retenu
Capacité de résistance : de l'ouvrage à résister à une <u>rupture</u>	CP1	Rupture par surverse	La surverse se produit sur l'ouvrage et érode le talus aval et la crête entraînant la formation d'une brèche.	Tous tronçons
	CP2	Rupture par érosion interne	De l'eau s'infiltre dans le corps de digue et entraîne des matériaux en ressortant vers le côté terre. Une brèche se développe.	GUI_01 GUI_05 merlons
	CP3	Rupture par glissement de talus côté terre	La rupture du talus aval entraîne la formation d'une brèche	GUI_01 GUI_05
	CP4	Rupture par glissement de talus côté Orne	La rupture du talus amont entraîne la formation d'une brèche	BRI_02
	CP5	Rupture du mur	La rupture du mur entraîne des entrées d'eau dans la zone protégée	Tous tronçons avec murette ou jardinière

Tableau 7-23 : scénarios de rupture et d'inondation – Caen-Prairie.

7.4.2 DEFINITION DES SOLLICITATIONS

Les tronçons de digues constituant le système d'endiguement de Caen-Prairie sont situés en retrait du lit mineur de l'Orne, séparés du cours d'eau par l'hippodrome de la Prairie. Ce secteur constitue une vaste zone d'expansion de la crue de l'Orne d'environ 60 ha. Cette disposition en retrait présente deux caractéristiques :

- Les niveaux d'eau sont quasiment constants sur l'ensemble de la Prairie, la différence ne dépassant guère les 10 cm entre l'amont (boulevard des Baladas) et l'aval (cours de Gaulle) ;
- Les vitesses d'écoulements sont très faibles : s'agissant d'une zone d'expansion, très en retrait du lit mineur, les vitesses d'écoulement en pied d'ouvrage ne sont pas significatives.

Les sollicitations retenues pour l'analyse des scénarios correspondent à un niveau d'eau de l'Orne sur la Prairie. Un niveau constant est retenu pour l'ensemble des ouvrages, correspondant au niveau amont légèrement plus sécuritaire.

La hauteur d'eau lue à l'échelle du pont de Vaucelles, correspondant au niveau d'eau sur la Prairie, est données entre crochets.

	Niveau de l'Orne				Evènement correspondant
	Cours De Gaulle	Boulevard A. Briand	Boulevard Y. Guillou	Boulevard des Baladas	
Faible	5,65 mNGF [5,0 m]				T = 20 ans
Moyenne	6,20 mNGF [5,4 m]				T = 50 ans
Forte	6,60 mNGF [5,7 m]				Evènement PPRL
Très forte	7,10 mNGF [6,2 m]				T = 200 ans

Tableau 7-24 : définitions des sollicitations – Caen-Prairie.

Les modélisations permettent de rattacher le niveau sur la Prairie avec celui observé à l'échelle de crue du pont de Vaucelles à Caen.

7.4.3 ANALYSE DE LA PERFORMANCE PAR SCENARIO DE RUPTURE

7.4.3.1 CP1 – rupture par surverse

L'évènement fort, caractérisé par un niveau de 6,6 mNGF au droit des ouvrages, correspond à la limite de probabilité de rupture à 5 %. Au-delà, la revanche de la digue par rapport au niveau dans l'Orne ne permet pas de garantir l'absence de surverse sur l'ouvrage.

Sous-tronçon	Sollicitation			
	Faible	Moyen	Fort	Très fort
	5.65	6.20	6.60	7.10
GAU_01	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_02	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_03	P<5%	P<5%	P<5%	5%<P<50%
GAU_04	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_05	P<5%	P<5%	P<5%	5%<P<50%
GAU_06	P<5%	P<5%	P<5%	5%<P<50%
GAU_07	P<5%	P<5%	P<5%	5%<P<50%
GAU_08	P<5%	P<5%	P<5%	5%<P<50%
GAU_09	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GAU_10	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_11	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_12				
BRI_01	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
BRI_02	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
BRI_03	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GUI_01	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GUI_02				
GUI_03				
GUI_04	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GUI_05	P<5%	P<5%	P<5%	5%<P<50%
GUI_06	P<5%	P<5%	P<5%	5%<P<50%
GUI_07	P<5%	P<5%	P<5%	5%<P<50%
GUI_08	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GUI_09	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%

Tableau 7-25 : probabilité de rupture par surverse.

7.4.3.2 Co2 – rupture par érosion interne

La rupture par érosion interne est envisagée uniquement pour les tronçons en remblai, soit les tronçons GUI_01 et GUI_05 le long du boulevard Guillou et au niveau des merlon.

Comme décrit au 7.3.2.2, la méthodologie repose sur l'estimation du gradient hydraulique dans le remblai et la comparaison avec le gradient critique selon Bligh (cas courant) ou selon Lane (au droit d'ouvrage traversant).

Des coefficients correcteurs sont appliqués afin de tenir compte de la végétation, de la présence de terriers, de la mise en œuvre des consignes de surveillance, ...

Les coefficients retenus sont donnés dans les tableaux suivants :

Facteur correctif	Coefficient correcteur
Présence de maison encastree côté terre	1,05
Présence de terrier	1,05
Végétation ligneuse isolée	1,05
Végétation ligneuse clairsemée	1,1
Végétation ligneuse généralisée	1,67
Paroi étanche	0,1
Absence de surveillance et/ou organisation non adaptée	1
Surveillance mais organisation non adaptée	0,9
Surveillance et organisation adaptée	0,5
Surveillance et organisation adaptée et renforcée	0,1

Tableau 7-26 : facteurs correctifs appliqués.

Il s'agit de coefficients multiplicateurs appliqués au gradient hydraulique selon Bligh et/ou selon Lane. Un coefficient supérieur à 1 caractérise un facteur défavorable pour l'érosion interne, un coefficient inférieur à 1 caractérise un facteur favorable contre le développement de l'érosion interne.

Les résultats issus de la mise en œuvre de la méthodologie sont répertoriés dans le Tableau 7-27. Concernant les murs en béton, une probabilité inférieure à 5% est affectée quelle que soit la sollicitation.

Sous-tronçon	Sollicitation			
	Faible	Moyen	Fort	Très fort
	5.65	6.20	6.60	6.70
GUI_01	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GUI_05	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%

Tableau 7-27 : probabilité de rupture par érosion interne.

7.4.3.3 CP3 – rupture par glissement de talus côté terre

Compte tenu de la faible hauteur de la digue (inférieure à 1 m), le phénomène de glissement côté terre (zone protégée) n'est pas considéré.

La probabilité associée est inférieure à 5 % pour tous les tronçons et toutes les sollicitations étudiées.

7.4.3.4 CP4 – rupture par glissement de talus côté Orne

Le cas de rupture du talus côté Prairie concerne uniquement le tronçon BRI_02 le long du boulevard Aristide Briand.

Pour tous les autres tronçons, les murettes, batardeaux et autres merlons, sont suffisamment éloignés pour qu'un glissement du talus côté prairie n'entraîne pas les murettes, batardeaux et merlons.

Concernant le tronçon BRI_02, la murette est en retrait du sommet du talus d'environ 4 à 5 m.



Figure 7-50 : mur de soutènement du talus le long du tronçon BRI_02, la murette est visible en arrière-plan.

Le talus est soutenu par un mur en maçonnerie de parement incliné 1H/1V et de hauteur variable entre 1,5 et 2 m.

La maçonnerie est en bon état apparent.

En conséquence, la probabilité qu'un glissement du talus côté Orne apparaisse et entraîne la murette est jugée très faible.

7.4.3.5 CP5 – rupture des murettes (GBA) et jardinières

Les murettes en béton concernent plusieurs tronçons sur les boulevards Guillou et Briand. Les jardinières en béton concernent plusieurs tronçons du cours de Gaulle.

Les ouvrages en béton non armé sont assimilables à des ouvrages poids. On se référera aux recommandations du CFBR concernant les barrages poids pour l'étude de stabilité de ces ouvrages.

Seule la résistance des parties d'ouvrages visibles est étudiée. Deux critères sont à vérifier :

- La résistance à la fissuration ;
- La résistance au cisaillement.

Résistance à la fissuration et à la compression

Les contraintes extrêmes pour une section donnée sont évaluées à l'aide des formules de Navier, rappelées ci-dessous :

$$\sigma_{eau} = \frac{N'}{L} - \frac{6.M}{L^2}$$

$$\sigma_{terre} = \frac{N'}{L} + \frac{6.M}{L^2}$$

Avec : N' l'effort normal au droit de la section considérée (action du poids et des sous-pressions), M le moment au centre de gravité de la section considérée, L l'épaisseur de la section considérée.

Les contraintes sont positives en compression et négatives en traction.

La valeur de résistance à la traction retenue est plutôt prudente compte tenu du manque d'information sur la constitution des bétons et compte tenu des désordres observés (fissurations verticales, sans doute liées à des tassements différentiels de la fondation).

La valeur ainsi retenue est $f_{tk} = 100$ kPa pour le béton non armé.

Un facteur de sécurité global est défini de la manière suivante :

$$FS = \left| \frac{f_{tk}}{\sigma_{eau}} \right|$$

La probabilité de rupture du mur sous la pression de l'eau est approchée selon la grille du tableau en fonction du coefficient de sécurité global ainsi défini :

Facteur de sécurité	Probabilité de rupture
$FS > 1,3$	$P < 5 \%$
$1,0 < FS < 1,3$	$5 \% < P < 50 \%$
$FS < 1,0$	$P > 50 \%$

Tableau 7-28 : probabilité de rupture du mur en béton.

Les résultats sont donnés dans le Tableau 7-29 :

Sous-tronçon	Sollicitation			
	Faible	Moyen	Fort	Très fort
	5.65	6.20	6.60	7.10
GAU_01	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_03	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_05	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_07	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_09	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_11	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
BRI_02	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GUI_05	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GUI_07	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GUI_09	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%

Tableau 7-29 : probabilité de rupture des murettes et jardinières - traction.

Résistance au cisaillement

Il y a rupture au cisaillement lorsque la poussée hydrostatique P devient supérieure à la résistance au cisaillement R de la section. Celle-ci est fonction de :

- L'effort normal effectif N' sur la section considérée ;
- L'angle de frottement interne φ' du matériau considéré ;
- La cohésion c' du matériau considéré ;
- L'épaisseur L de la section considérée.

$$R = N' \cdot \tan(\varphi') + L \cdot c'$$

Le poids volumique du béton non armé est pris égal à 20 kN/m³.

La répartition des sous-pressions est supposée linéaire.

L'angle de frottement interne φ' est pris égal à 40° pour le béton non armé.

La cohésion interne c' est prise égale à 10 kPa pour le béton non armé, valeur plutôt prudente.

La grille de probabilité conditionnelle suivante est considérée pour le risque de cisaillement des murettes et jardinières. Les calculs sont réalisés sans pondération des résistances des matériaux, mais en multipliant par 1,5 la charge hydrostatique :

Ratio R/P	Probabilité de rupture
$R/P > 1,5$	$P < 5 \%$
$1,0 < R/P < 1,5$	$5 \% < P < 50 \%$
$R/P < 1,0$	$P > 50 \%$

Tableau 7-30 : probabilité de rupture du mur en béton.

Les résultats sont donnés dans le Tableau 7-31 :

Sous-tronçon	Sollicitation			
	Faible	Moyen	Fort	Très fort
	5.65	6.20	6.60	7.10
GAU_01	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_03	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_05	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_07	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_09	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GAU_11	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
BRI_02	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GUI_05	P<5%	P<5%	P<5%	P<5%
GUI_07	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%
GUI_09	P<5%	P<5%	P<5%	P>50%

Tableau 7-31 : probabilité de rupture des murettes et jardinières - cisaillement.

7.4.3.6 Synthèse – niveau de sûreté et niveau de danger

Sur le système d'endiguement de Caen-Prairie, le cas de défaillance le plus défavorable est le risque lié à la surverse.

Le niveau de sûreté est défini comme le niveau de sollicitation pour lequel le risque de rupture est inférieur à 5 %. Ce niveau de sûreté est atteint pour un niveau de sollicitation compris entre 6,5 et 6,6 mNGF, la valeur retenue est arrondie à 6,5 mNGF, soit juste en-dessous du point bas de l'ensemble du système d'endiguement.

Le niveau de danger est défini comme le niveau de sollicitation pour lequel le risque de rupture est supérieur à 50 %. Ce niveau de danger est atteint pour un niveau de sollicitation de 6,7 mNGF.

Le Tableau 7-32 donne ces deux niveaux et leur correspondance au point de mesure. Cette correspondance fait intervenir la hauteur d'eau observée à l'échelle du pont de Vaucelles sur l'Orne.

Système d'endiguement de Caen-Prairie		
	Niveau au droit de l'ouvrage	Niveau correspondant au(x) point(s) de mesure
Niveau de sûreté	6,5 mNGF (hippodrome)	5,7 m à l'échelle de crue du pont de Vaucelles
Niveau de danger	6,7 mNGF (hippodrome)	5,9 m à l'échelle de crue du pont de Vaucelles

Tableau 7-32 : définition des niveaux de sûreté et de danger pour le système d'endiguement de Caen-Prairie.

7.5 PERFORMANCES DES ELEMENTS NATURELS – MASSIF DUNAIRE

Sans objet.

7.6 DEFINITION DES NIVEAUX DE PROTECTION

Le niveau de protection proposé pour le système d'endiguement de Caen-Prairie est présenté dans le Tableau 7-33 :

Caen-Prairie	
Lieu de mesure	Echelle de crue du pont de Vaucelles
Niveau correspondant au point de mesure	5,7 m lu à l'échelle ~5,8 mNGF
Niveau de protection au droit des ouvrages	6,5 mNGF
Qui correspond à un évènement type	Crue de l'Orne de période de retour environ 100 ans, équivalent à l'évènement de référence du PPRi basse vallée de l'Orne
Incertitude prise en compte	20 cm

Tableau 7-33 : proposition de niveau de protection – Caen-Prairie.

8 CHAPITRE 8 : ETUDE DES RISQUES DE VENUES D'EAU DANS ET EN DEHORS DE LA ZONE PROTEGEE

8.1 PREAMBULE

La représentation cartographique des venues d'eau demandée dans le cadre de la réglementation sur les études de dangers est réalisée sur la base d'une analyse experte par ISL des modélisations présentées en annexe 4.

Ces représentations sont données dans les chapitres suivants.

La dangerosité des venues d'eau est définie par l'arrêté du 07/04/2017 et rappelée ci-après.

	Définition de l'arrêté du 07/04/2017	Définition retenue dans le cadre de cette EDD
Venues d'eau peu dangereuses	$H < 1$ m	$H < 1$ m
Venues d'eau dangereuses	$H > 1$ m ou $V > 0,5$ m/s	$H > 1$ m ou $V > 0,5$ m
Venues d'eau particulièrement dangereuses	zone de point bas, cuvette ou zone de dissipation d'énergie	Au droit des brèches

Figure 8-1: définition des venues d'eau pour la représentation cartographique.

8.2 SCENARIO 1 : FONCTIONNEMENT NOMINAL DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

Les hypothèses de ce scénario sont définies dans le tableau suivant.

Scénario 1 : fonctionnement nominal du système d'endiguement	
Définition	Le <u>scénario 1</u> est celui du fonctionnement nominal du système d'endiguement quand le niveau de l'eau, sous l'effet de la crue ou d'une submersion marine, correspond, au plus, au niveau de protection. On admettra que cette montée maximale du niveau de l'eau peut générer un risque résiduel de rupture d'ouvrage de 5 % au plus. En outre, des venues d'eau plus ou moins dangereuses sont possibles en dehors de la zone protégée.
Aléa de référence	Aléa fluvial : crue centennale de l'Orne Aléa marin : évènement marin
Cycle de marée	4 marées hautes simulées. La première marée pour l'initialisation, le max est atteint lors de la 3 ^{ème} marée haute.

La cartographie des venues d'eau est présentée sur la Figure 8-2 :

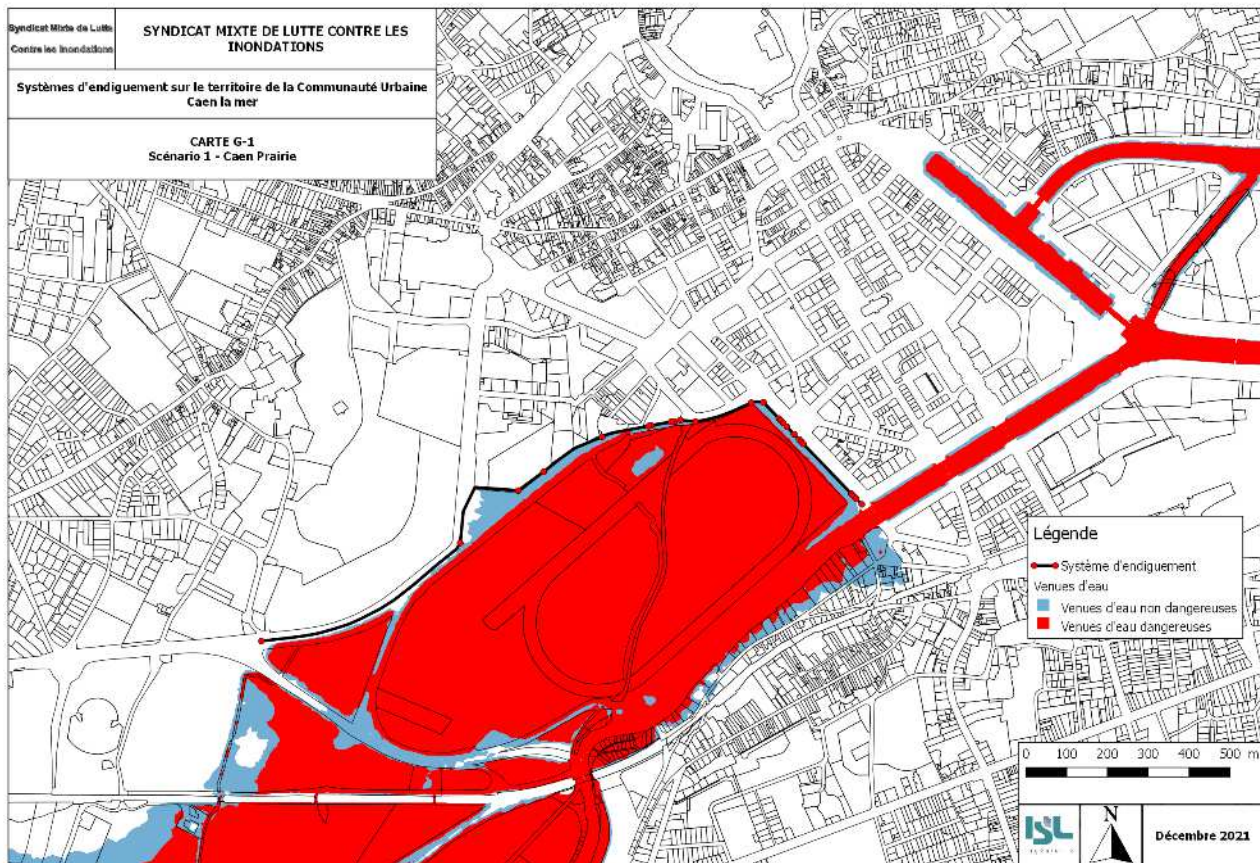


Figure 8-2 : carte des venues d'eau – scénario 1.

8.3 SCENARIO 2 : DEFAILLANCE FONCTIONNELLE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

8.3.1 SCENARIO 2-F-A

Les hypothèses de ce scénario sont définies dans le tableau suivant.

Scénario 2-F-a : représentatif d'une défaillance fonctionnelle du SE	
Définition	Le <u>scénario 2</u> est représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité <u>de l'aléa correspondant au niveau de protection</u> . La défaillance fonctionnelle qui est réputée liée à la défaillance d'un dispositif de régulation des écoulements hydrauliques (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages. Il en résulte néanmoins des venues d'eau plus ou moins dangereuses dans la zone protégée ou une aggravation des venues d'eau en dehors de cette dernière.
Aléa de référence	Idem scénario 1 fluvial avec : ▪ Défaillance de la vanne Guillou qui reste en position ouverte

La cartographie des venues d'eau est présentée sur la Figure 8-3.

Des venues d'eau importantes sont simulées dans tout le centre-ville de Caen. Le secteur du lycée Malherbes n'est pas touché du fait du remblai de l'avenue Albert Sorel.

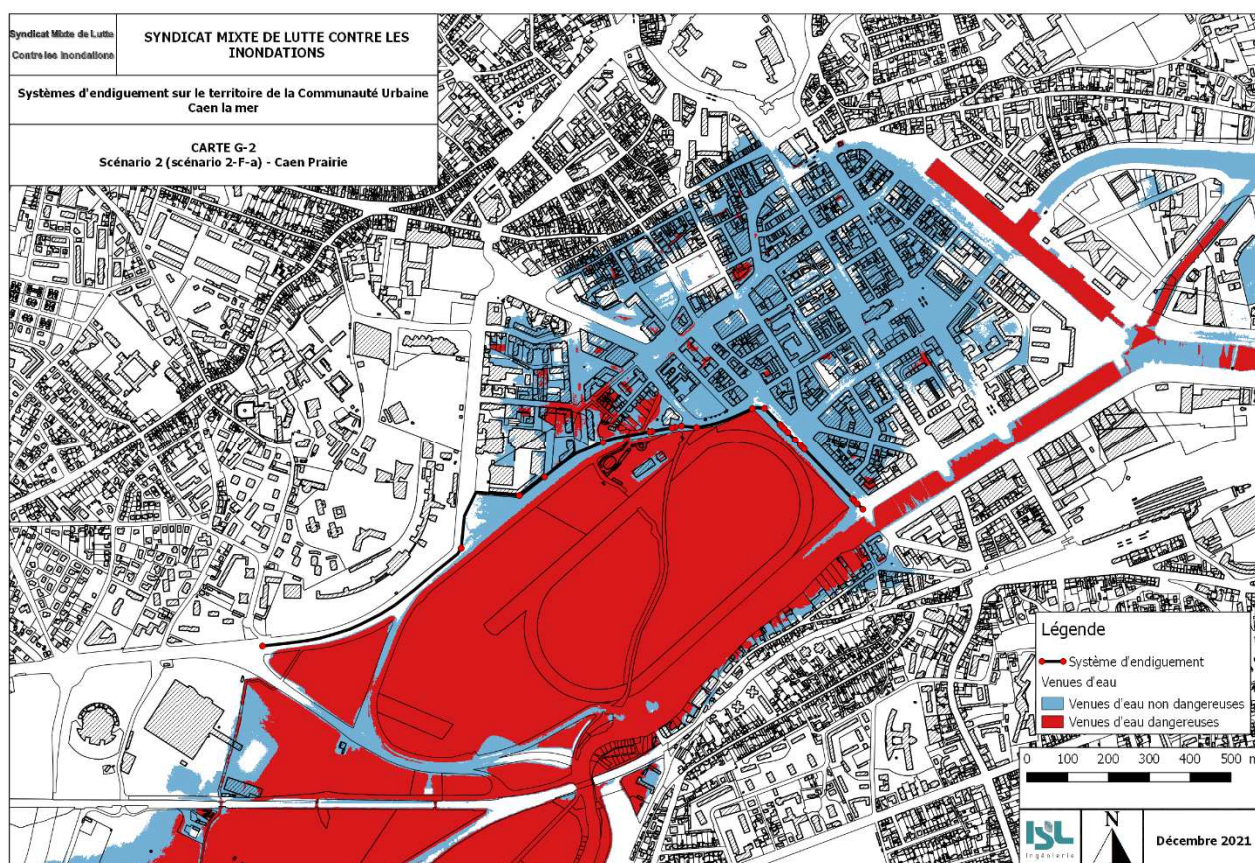


Figure 8-3 : carte des venues d'eau – scénario 2.

8.3.2 SCENARIO 2-F-B

Les hypothèses de ce scénario sont définies dans le tableau suivant.

Scénario 2-F-b : représentatif d'une défaillance fonctionnelle du SE	
Définition	Le <u>scénario 2</u> est représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité <u>de l'aléa correspondant au niveau de protection</u> . La défaillance fonctionnelle qui est réputée liée à la défaillance d'un dispositif de régulation des écoulements hydrauliques (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages. Il en résulte néanmoins des venues d'eau plus ou moins dangereuses dans la zone protégée ou une aggravation des venues d'eau en dehors de cette dernière.
Aléa de référence	Idem scénario 1 fluvial avec : ▪ Défaillance du barrage de Maresquier qui reste en position totalement fermée

La cartographie des venues d'eau est présentée sur la Figure 8-3.

Des venues d'eau importantes sont simulées dans tout le centre-ville de Caen. Le secteur du lycée Malherbes n'est pas touché du fait du remblai de l'avenue Albert Sorel.

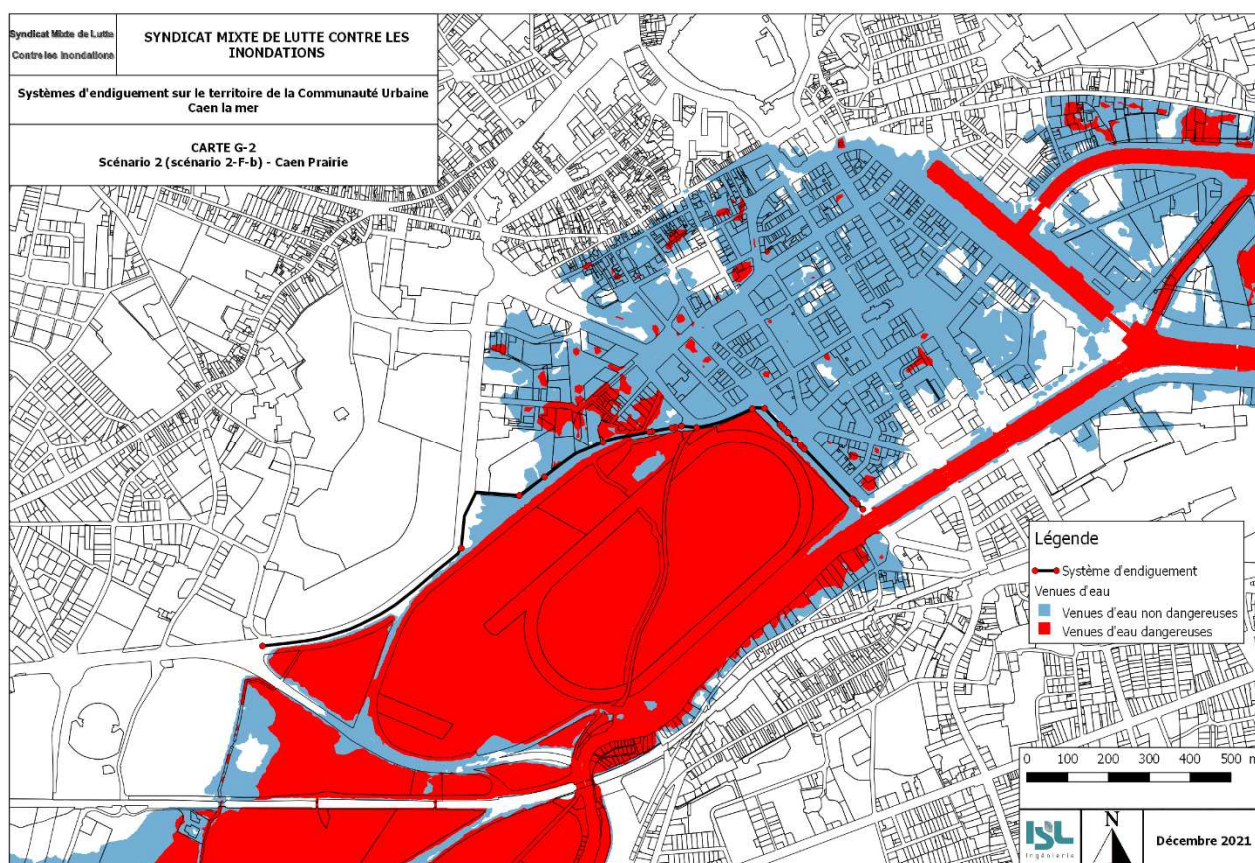


Figure 8-4 : carte des venues d'eau – scénario 2.

8.3.2.1 Scénario 2-F-c

Les hypothèses de ce scénario sont définies dans le tableau suivant.

Scénario 2-F-c : représentatif d'une défaillance fonctionnelle du SE	
Définition	Le <u>scénario 2</u> est représentatif d'une défaillance fonctionnelle du système d'endiguement au moment où se produit un aléa dont l'intensité équivaut à l'intensité de l'aléa correspondant au niveau de protection. La défaillance fonctionnelle qui est réputée liée à la défaillance d'un dispositif de régulation des écoulements hydrauliques (batardeau qui n'est pas mis en place ou qui se rompt, vanne qui reste en position ouverte, station de pompage en panne, etc.) ne s'accompagne pas d'une défaillance structurelle des ouvrages. Il en résulte néanmoins des venues d'eau plus ou moins dangereuses dans la zone protégée ou une aggravation des venues d'eau en dehors de cette dernière.
Aléa de référence	Idem scénario 1 fluvial avec : ▪ Défaillance du barrage de Montalivet qui reste en position totalement fermée

La cartographie des venues d'eau est présentée sur la Figure 8-3.

Pour ce scénario, des venues d'eau importantes sont simulées, le niveau de surverse des ouvrages étant dépassé.

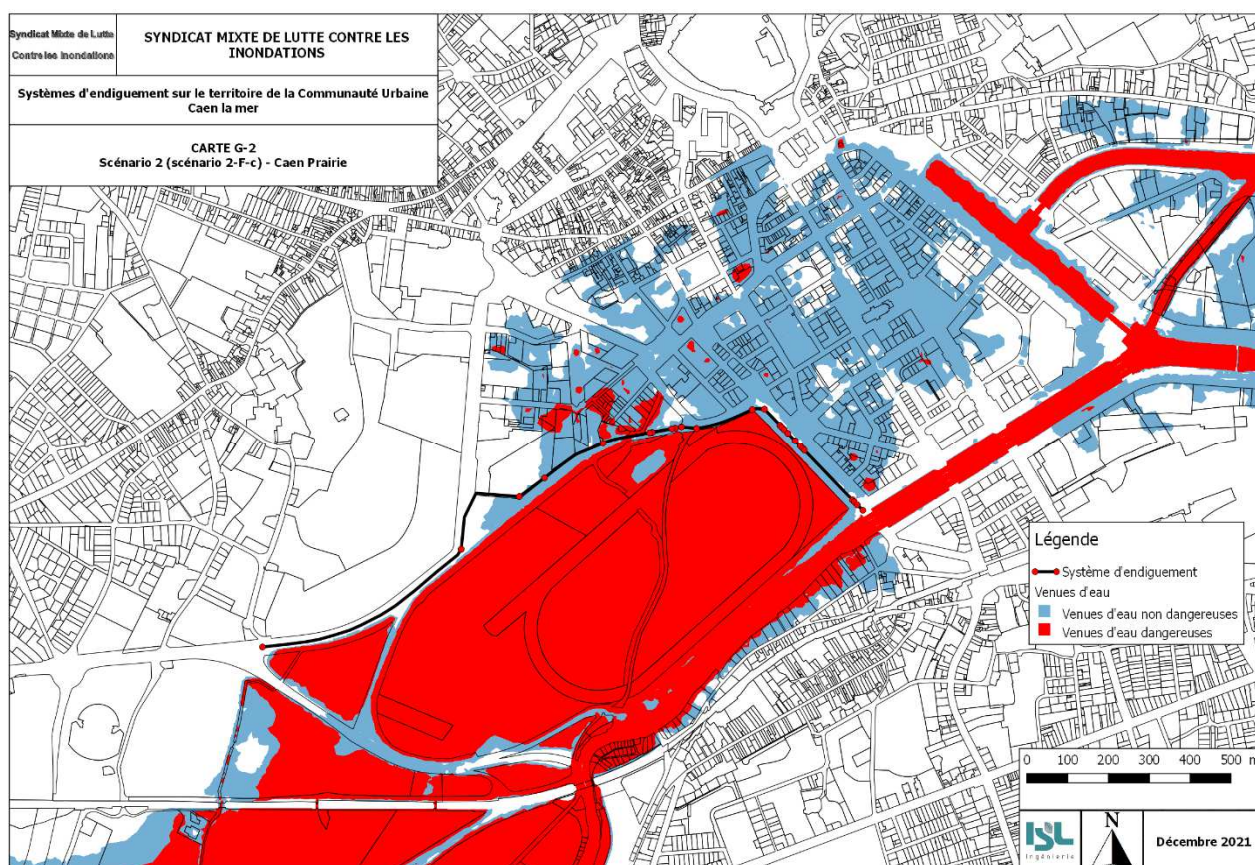


Figure 8-5 : carte des venues d'eau – scénario 2.

8.3.3 SCENARIO 3 : DEFAILLANCE STRUCTURELLE DU SYSTEME D'ENDIGUEMENT

8.3.3.1 Scénario 3-F-d - GUI

Les hypothèses de ce scénario sont définies dans le tableau suivant.

Scénario 3 : représentatif d'une défaillance structurelle du SE	
Définition	Le <u>scénario 3</u> est représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture d'au moins un ouvrage supérieur à 50 %.
Aléa de référence	Crue de l'Orne de période de retour supérieure à 200 ans Brèche au niveau du GUI_01 par surverse. Longueur de la brèche 60 m, durée de formation 2 heures.

La cartographie des venues d'eau est présentée sur la Figure 8-6.

Les venues d'eau envahissent l'ensemble de la zone protégée, et même au-delà (l'évènement de crue retenu dépasse l'évènement de crue correspondant au niveau de protection).

Les vitesses sont importantes en arrière de la brèche.

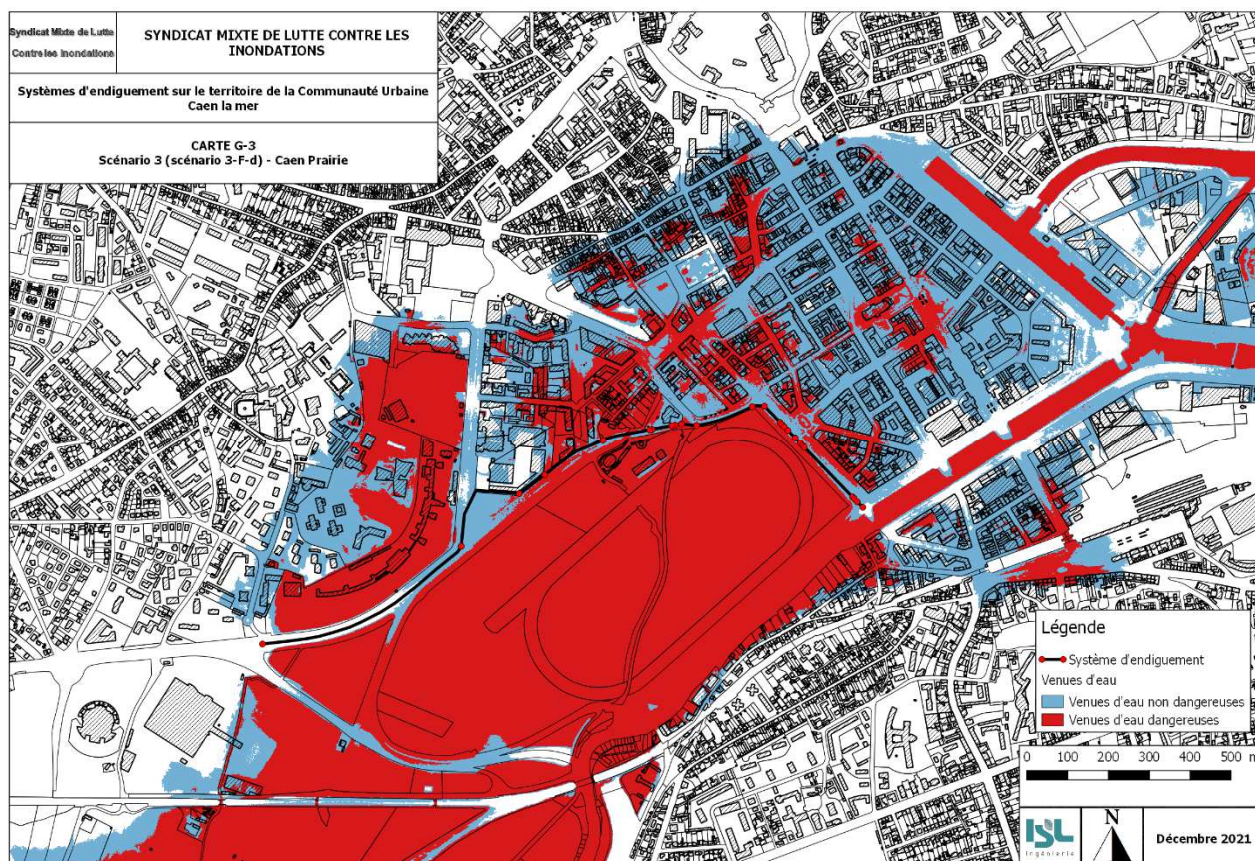


Figure 8-6 : carte des venues d'eau – scénario 3 – brèche boulevard Guillou.

8.3.3.2 Scénario 3-F-d - BRI

Les hypothèses de ce scénario sont définies dans le tableau suivant.

Scénario 3 : représentatif d'une défaillance structurelle du SE	
Définition	Le <u>scénario 3</u> est représentatif d'une défaillance structurelle du système d'endiguement. Pour que ce scénario reflète une situation de terrain réaliste et porteuse d'enseignements pour les services en charge des secours aux personnes, le niveau d'aléa retenu doit être tel qu'il génère un risque de rupture d'au moins un ouvrage supérieur à 50 %.
Aléa de référence	Crue de l'Orne de période de retour supérieure à 200 ans Brèche au niveau du BRI_02 par surverse. Rupture totale et instantanée du tronçon ainsi que des deux merlons attenants.

La cartographie des venues d'eau est présentée sur la Figure 8-6.

Les venues d'eau envahissent l'ensemble de la zone protégée, et même au-delà (l'évènement de crue retenu dépasse l'évènement de crue correspondant au niveau de protection).

Les vitesses sont importantes en arrière de la brèche.

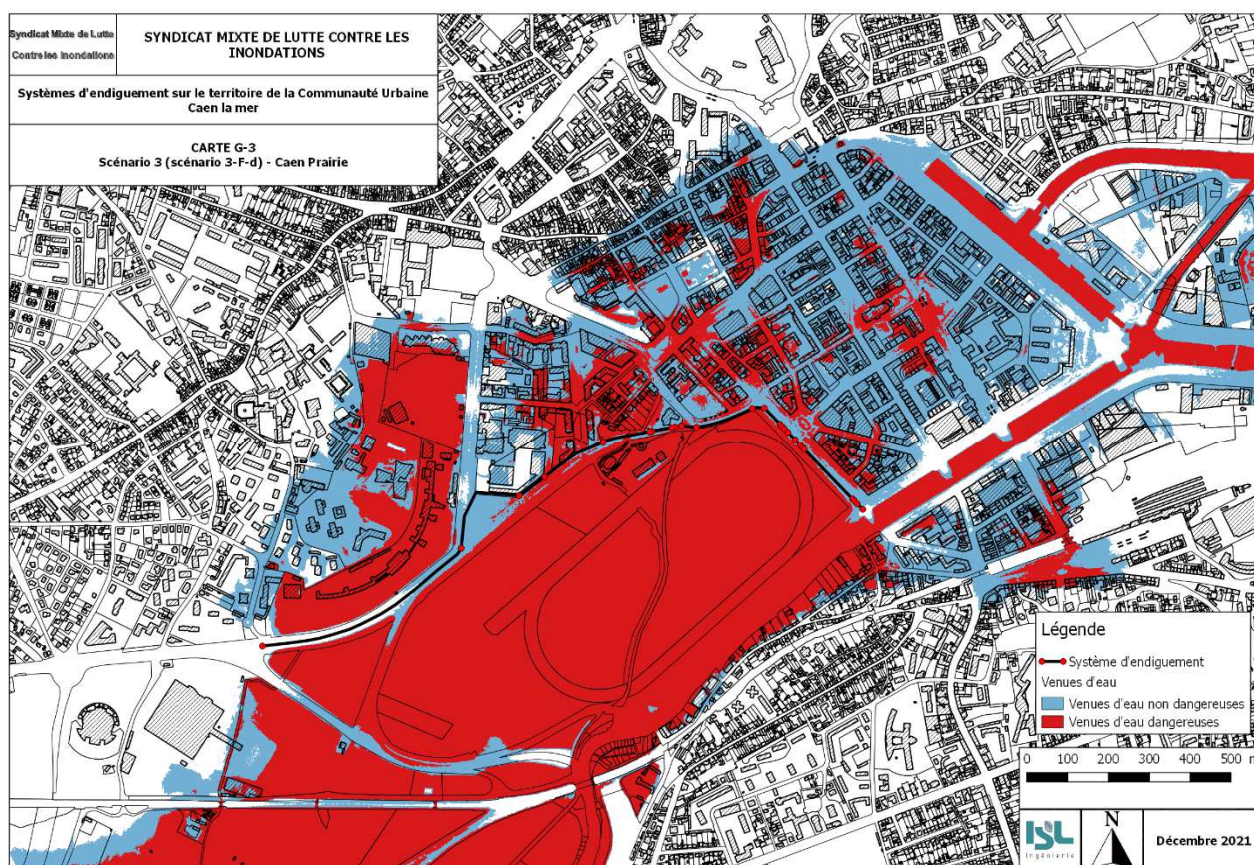


Figure 8-7 : carte des venues d'eau – scénario 3 – brèche boulevard Briand.

9 PRESENTATION ET ANALYSE DE L'ORGANISATION MISE EN PLACE PAR LE GESTIONNAIRE POUR L'EXERCICE DE SES MISSIONS

Ce chapitre se base sur les documents des consignes écrites de surveillance et d'exploitation du SMLCI.

9.1 DESCRIPTION DES MOYENS MIS EN PLACE POUR LA SURVEILLANCE ET L'ENTRETIEN COURANT AVEC L'OBJECTIF DE PROTECTION GARANTI

La surveillance réalisée sur l'ouvrage est formalisée par le document des consignes de surveillance et d'exploitation établi le 10/12/2021 par le SMLCI.

Le plan d'action de lutte contre les inondations dans le centre de Caen a été mis à jour en novembre 2021. Ce document précise les moyens matériels et humains mobilisables en cas de crues, les actions à mettre en œuvre (en particulier la mise en place des éléments amovibles) et leur localisation.

Un suivi topographique et bathymétrique des digues est réalisé annuellement.

9.2 RECOMMANDATIONS DE L'ORGANISME AGREE QUI REALISE L'ETUDE DE DANGERS

9.2.1 RECOMMANDATIONS POUR LA SURVEILLANCE ET L'ENTRETIEN

Les consignes de surveillance et d'entretien doivent comprendre les éléments suivants :

- Elément de cadrage de l'organisation :
 - o Cadre réglementaire ;
 - o Gestion des ouvrages ;
 - o Description des ouvrages.
- Dispositions relatives à la surveillance de l'ouvrage en période d'exploitation normale :
 - o Définition des modalités des visites de surveillance (parcours, points particuliers, fiches type à remplir,...) ;
 - o Modalités de l'entretien courant (petits travaux, végétation,...).
- Dispositions relatives à la surveillance de l'ouvrage en période de crue
 - o Définition des différents niveaux d'alerte et dispositions spécifiques à prendre en termes de surveillance, de transmission de l'information pour chaque niveau d'alerte ;
 - o Préciser les moyens d'intervention en cas de détection d'un désordre important en période de tempête ;
 - o Préciser les sources d'informations utilisées pour le suivi de l'évènement ;
 - o Préciser l'organisation vis-à-vis du retour d'expérience de chaque évènement particulier.
- Note d'organisation propre au gestionnaire pour la mise en œuvre des consignes de surveillance et d'entretien ;
- Liste des contacts et coordonnées de l'ensemble des services concernés.

Ces consignes sont à mettre à jour régulièrement (tous les ans), notamment la liste des contacts.

9.2.1.1 Dispositions relatives à la surveillance de l'ouvrage en période d'exploitation normale

La surveillance en période d'exploitation normale n'appelle pas de commentaires particuliers. Les intervenants sont identifiés et la liste des contacts est annexée au document.

9.2.1.2 Dispositions relatives à la surveillance de l'ouvrage en période de crue/tempête

Les consignes de surveillance abordent la phase d'exploitation en crue. Il en ressort :

- Le principal aléa déclenchant l'alerte est la crue de l'Orne, en particulier pour ce qui est de la vigilance orange et rouge ;
- De la même façon que pour l'exploitation en période normale, il manque une liste de contacts.

9.2.2 RAPPEL DES RECOMMANDATIONS DE LA VISITE TECHNIQUE APPROFONDIE

La visite technique approfondie réalisée en 2021 par ISL n'a pas mis en évidence de désordre nécessitant une intervention d'urgence.

10 CHAPITRE 10 : CARTOGRAPHIE

10.1 CARTES ADMINISTRATIVES

10.2 CARTES DES VENUES D'EAU

11 BIBLIOGRAPHIE

- Alp'Géorisques - IMDC. (2014). *PPRL Bessin et Dives-Orne - Phase 1 : Analyse préalable des sites*. DDTM du Calvados.
- Alp'Géorisques - IMDC. (2015). *PPRL Bessin et Dives-Orne - Cartographie des aléas littoraux - Secteur Dives-Orne*. DDTM du Calvados.
- Boudiere Edwige, M. C.-G. (2013). A suitable metocean hindcast database for the design of Marine energy converters. *International Journal of Marine Energy*, 3-4, pp. e40-e52.
- Cerema. (Juin 2018). *Etude de dangers de systèmes d'endiguement - Concepts et principes de réalisation des études*.
- CETMEF. (2013). *Analyse statistique des niveaux d'eau extrêmes - Environnements maritime et estuarien*. CETMEF.
- CIRIA. (1996). *Beach Management Manual*. CIRIA.
- CIRIA/CUR/CETMEF. (2009). *Guide Enrochement - L'utilisation des enrochements dans les ouvrages hydrauliques - Version française du Rock Manual*. CETMEF.
- DREAL Basse-Normandie. (septembre 2014). *Territoire à risque important de Caen – Cartographie des aléas et des enjeux – Rapport explicatif*.
- EDF R&D - LCHF. (1986). *Catalogue sédimentologique des côtes françaises - Côtes de la Mer du Nord et de la Manche*. Eyrolles.
- GRESARC. (2002). *Suivi de l'évolution des côtes du département du Calvados - novembre 1995-février 2002 - Analyses*. Conseil Général du Calvados.
- Institution Interdépartementale du Bassin de l'Orne. (septembre 2011). *Programme d'actions de prévention des inondations des bassins versants de l'Orne et de la Seulles – Diagnostic du territoire*.
- Météo France. (juillet 1999). *Estimation des hauteurs de précipitations d'occurrence rare pour des durées de cumul de 1 à 10 jours sur 3000 postes français*.
- Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. (2012). *Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique)*. SHOM/CETMEF.
- Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. (2014). *Référence Altimétriques Maritimes - Ports de France métropolitaine et d'outre-mer - Cotes du zéro hydrographique et niveaux caractéristiques de la marée*. SHOM.
- SOGREAH. (mars 1999). *Etude hydraulique sur modèles mathématique et physique des aménagements de lutte contre les inondations dans l'agglomération caennaise*. Syndicat Mixte de lutte contre les inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant.
- SOGREAH. (septembre 2005). *Modélisation comparative des aménagements préconisés en 1999 et de la situation réelle en 2005*. Syndicat Mixte de lutte contre les inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant.
- Van der Meer J.W, & a. (2016). *Eurotop 2016 - Manual on wave overtopping of sea defences and related structures*.

ANNEXE 1 ARRETES PREFECTORAUX DE CLASSEMENT ET DE RECONNAISSANCE D'EXISTENCE

ANNEXE 2 ETUDE HYDRAULIQUE