

Document public

Caractérisation du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines

Phase 1 – Elaboration de la méthodologie

Rapport final

BRGM/RP- 69407-FR
Novembre 2019



Caractérisation du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines. Phase 1 : Elaboration de la méthodologie

Rapport final

BRGM/RP- 69407-FR

Novembre 2019

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 2019

Legendre Y., Moisan M., Grellier E., Guillen L. et Nachbaur A.

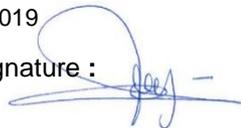
Vérificateur :

Nom : J.-M. Mompelat

Fonction : Géologue risques naturels, Délégué à l'Outre-mer

Date : 30/01/2019

Signature :



Approbateur :

Nom : Y. De La Torre

Fonction : Directeur régional Guadeloupe

Date : 01/02/2019

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Mots-clés : risque naturel, inondation, mouvement de terrain, submersion marine, érosion du littoral, risque naturel grave et prévisible, menace vie humaine, 50 pas géométriques, Guadeloupe, Gourbeyre, Pointe-Noire, Capesterre-Belle-Eau.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Legendre Y., Moisan M., Grellier E., Guillen L. et Nachbaur A. (2019) – Caractérisation du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines. Phase 1 - Élaboration de la méthodologie. Rapport final. BRGM/RP- 69407-FR, 122 p., 73 ill., 3 ann..

Synthèse

En Guadeloupe, il est communément estimé que 10 000 constructions sont installées sans droits ni titres dans la zone des 50 pas géométriques (espace littoral large de 81,2 m depuis le rivage et faisant partie du domaine public maritime). Afin de régulariser cette situation, la loi n°96-1241 autorise l'État, sous certaines conditions, à les céder à leurs occupants. Bien qu'à l'origine, l'exposition aux risques naturels ne constitue pas un critère législatif fondant la régularisation foncière de cette zone, l'État a eu pour doctrine constante d'en tenir compte. Par courrier, à l'adresse de l'Agence des 50 pas géométriques, en date du 17 septembre 2012, le ministère du développement durable a conforté cette doctrine.

De ce fait, les dossiers de régularisation sont instruits au regard du zonage des aléas du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) et les demandes pour des habitations situées dans une zone d'aléa fort du PPRN (zone rouge) ne sont pas régularisables.

L'article 28 de la loi d'actualisation du droit des Outre-mer (n°2015-1268 du 14 octobre 2015), complète les articles L. 5112-5 et L. 5112-6 du code général de la propriété des personnes publiques par un alinéa ainsi rédigé : « *La cession du terrain à des personnes privées ne peut être effectuée lorsque la construction est située dans une zone exposée à un risque naturel grave et prévisible menaçant des vies humaines* ».

Dans ces conditions, il revient donc à l'État de fonder ses régularisations suivant ce critère et pas uniquement en regard de la zone d'aléa fort (zone rouge) du PPRN.

L'objectif de la présente étude, à la demande conjointe de la DEAL Guadeloupe et de l'Agence des 50 Pas géométriques de la Guadeloupe, est précisément de (1) définir une méthodologie générique afin de caractériser les zones exposées à un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines et (2) de l'appliquer sur quatre sites pilotes présentant des contextes géologiques et géomorphologiques variés : Centre-Bourg et Plage Caraïbe à Pointe-Noire, Rivière-Sens à Gourbeyre et Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.

Selon l'interprétation qui est faite dans ce rapport pour qu'un risque soit « naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine » il faut :

- que le risque soit « **prévisible** », ce qui fixe la typologie des phénomènes naturels à prendre en compte ;
- que le risque soit « **grave** », ce qui fixe l'intensité du phénomène redouté et de ses effets ;
- l'existence d'une « **menace** », signifiant qu'il existe des « indices qui laissent prévoir quelque chose de dangereux » ;
- l'existence d'une menace « **pour la vie humaine** » évoquant le caractère dangereux pour l'Homme avec des conséquences potentiellement irréversibles.

La démarche développée par le BRGM cherche à définir :

- dans un premier temps, les zones présentant un risque naturel grave et prévisible pour les aléas inondation, mouvements de terrain, recul du trait de côte et submersion marine ;
- dans un second temps à caractériser, à l'intérieur de ces zones de danger, les bâtiments présentant une menace pour la vie humaine, à travers l'analyse de leur vulnérabilité.

Un logigramme d'aide à la décision explicite de manière synthétique la méthodologie proposée pour identifier les bâtiments menaçant ou non la vie humaine dans les zones présentant un Risque Naturel Grave et Prévisible pour les différents phénomènes naturels.

L'application de cette méthodologie sur 4 sites pilotes définis par l'Agence des 50 Pas géométriques, a permis d'identifier les bâtis présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines :

- 46 sur le site pilote de Carangaise - Poirier, à Capesterre-Belle-Eau dont 41 associés à un aléa mouvement de terrain et 5 associés à un aléa d'inondation par débordement de cours d'eau ;
- 14 sur le site pilote de Rivière-Sens, à Gourbeyre, tous associés à un aléa submersion marine (choc mécanique des vagues) ;
- 54, sur le site pilote du centre-bourg de Pointe-Noire, dont 32 associés à un aléa submersion marine (choc mécanique des vagues) et 22 associés à un aléa inondation par débordement de cours d'eau ;
- 21 sur le site pilote de Plage Caraïbe, à Pointe-Noire, dont 8 associés à un aléa submersion marine (choc mécanique des vagues) et 13 associés à un aléa inondation par débordement de cours d'eau.

L'étude réalisée (développement méthodologique et application à des sites pilote), constitue une 1^{ère} phase. Il est désormais question, dans une seconde phase, d'étendre l'approche à l'ensemble des zones des 50 Pas de la Guadeloupe. Cette décision est du ressort de l'Agence des 50 Pas et de l'Etat. Dans cette perspective, il est proposé des éléments de réflexion sur la faisabilité de généralisation et certaines limites associées.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines	13
2.1. CARACTERISATION DE LA ZONE DE RISQUE NATUREL GRAVE ET PREVISIBLE	14
2.1.1. Aléa Inondation par débordement de cours d'eau	15
2.1.2. Aléa mouvement de terrain	16
2.1.3. Aléa submersion marine	18
2.1.4. Aléa recul du trait de côte	20
2.2. CARACTERISATION DE LA MENACE POUR LES VIES HUMAINES	22
2.2.1. Surveillance et vigilance.....	22
2.2.2. Préparation à la gestion de crise.....	24
2.2.3. Informations préventives	26
2.2.4. Vulnérabilité du bâti (« Bâti adapté » dans le logigramme).....	28
2.2.5. Occupation nocturne.....	29
2.2.6. Accessibilité des secours et possibilités de mise à l'abri en cas d'urgence (« Mesures de Secours » dans le logigramme)	29
3. Application de la méthodologie aux quatre sites pilotes	32
3.1. QUARTIER CARANGAISE-POIRIER – CAPESTERRE-BELLE-EAU	32
3.1.1. Contexte	32
3.1.2. Description et analyse historique des aléas naturels.....	36
3.1.3. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa...41	
3.1.4. Caractérisation de la menace pour la vie humaine.....	47
3.2. RIVIERE-SENS - GOURBEYRE	50
3.2.1. Contexte	50
3.2.2. Description et analyse historique des aléas naturels.....	53
3.2.3. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa...58	
3.2.4. Caractérisation de la menace pour la vie humaine.....	64
3.3. CENTRE-BOURG – POINTE-NOIRE	67
3.3.1. Contexte	67
3.3.2. Description et analyse historique des aléas naturels.....	70
3.3.3. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa...74	
3.3.4. Caractérisation de la menace pour la vie humaine.....	80
3.4. PLAGE CARAÏBE – POINTE-NOIRE.....	84
3.4.1. Contexte	84
3.4.2. Description et analyse historique des aléas naturels.....	88
3.4.3. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa...92	

3.4.4. Caractérisation de la menace pour la vie humaine	98
4. Bilan.....	103
5. Discussions et perspectives	106
6. Bibliographie.....	109

Liste des figures

Illustration 1 - Localisation des quatre sites pilotes sur la Basse-Terre (SCAN25 - © IGN)	12
Illustration 2 - Schéma explicatif de la notion de gravité (source : MEDDAD).	14
Illustration 3 - Courbe de vulnérabilité des personnes, vis à vis de l'aléa inondation (DDE Vaucluse)	15
Illustration 4 – Submersion par franchissement de paquets de mer du Boulevard maritime de Basse-Terre liée au passage de l'ouragan OMAR en 2008	18
Illustration 5 – Exemple de l'impact du choc mécanique des vagues sur le littoral de la Basse-Terre suite au passage de Lenny (BRGM, 1999)	19
Illustration 6 – Qualification de l'aléa submersion marine d'après les hauteurs d'eau et la dynamique de submersion et reprise dans l'Arrêté du 5 juillet 2019 (DGPR, 2014).....	19
Illustration 7 : Déstabilisation d'un bâtiment par affouillement de ses fondations induite par l'érosion littorale à Sandy Ground après le passage d'IRMA (BRGM, 2017).	21
Illustration 8 : Grille d'analyse d'évaluation du danger (Météo-France).....	23
Illustration 9 : Logigramme de caractérisation des zones de risque grave de menace pour les vies humaines dans le cas d'aléas déferlement, recul du trait de côte, mouvement de terrain, submersion marine et inondation concomitants	31
Illustration 10 – Localisation des quatre sites pilotes pour l'application de la méthodologie de caractérisation du risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine.	32
Illustration 11 – Localisation générale du site pilote du quartier Carangaise-Poirier (en noir) et zone des 50 pas géométriques (en rouge) (© IGN 2017).	33
Illustration 12 – Localisation du site d'étude (en noir) sur un extrait de la carte géologique de la Basse-Terre au 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966) et localisation des sondages décrits situés à proximité du site pilote, extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) (http://infoterre.brgm.fr).	34
Illustration 13 – Observations géologiques à flanc de falaise au niveau de la Pointe Constant (cliché de droite : zoom sur la partie supérieure de la falaise).....	35
Illustration 14 – Carte des pentes du site pilote du quartier Carangaise-Poirier (d'après Litto3D® - ©IGN 2013).....	36
Illustration 15 – Comparaison des photos aériennes obliques prises en 2008 et 2018, mettant en évidence les zones de glissements et leur évolution en 10 ans (DEAL Guadeloupe). Les points repères sont identifiés sur l'illustration 16).....	38
Illustration 16 – Cartographie des mouvements de terrain survenus le long de la falaise littorale du quartier Carangaise-Poirier, réalisée à partir des orthophotographies de 2013 et 2019 (© IGN et © CNES / Airbus) – Fond orthophotographie 2017 © IGN.....	39
Illustration 17 – Effondrements et cônes d'éboulis de la falaise littorale du site pilote du quartier Carangaise-Poirier.	40
Illustration 18 – Menaces graves pour la vie humaine en cas de glissement de terrain : impacts redoutés (extrait de Legendre et al., 2019).	41
Illustration 19 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa mouvement de terrain sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.	Erreur ! Signet non défini.
Illustration 20 – Limites amont : Débits de pointe considérés pour les trois ravines identifiées sur la zone d'étude : BV1 – ravine Jean Bourgeois, BV2 – ravine Corps de Garde et BV3 – ravine Poirier (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).	Erreur ! Signet non défini.

Illustration 21 – Cartographie de l'aléa inondation pour le site de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau, obtenue à partir du croisement entre les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau modélisées pour un débit d'occurrence centennal et un niveau marin d'occurrence décennal (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).	44
Illustration 22 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa inondation sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.	45
Illustration 23 – Cartographie intégrée de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau. Erreur ! Signet non défini.	
Illustration 24 – Cartographie du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.	49
Illustration 25 – Localisation générale du site pilote de Rivière-Sens (en noir) et zone des 50 pas géométriques (en rouge) (© IGN 2017).	50
Illustration 26 – Extrait de la carte géologique du massif de la Soufrière au 1/20 000 (Boudon et al., 1988), localisation du site pilote (cadre noir) et localisation des sondages situés à proximité, extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) (http://infoterre.brgm.fr/).	51
Illustration 27 – Carte des pentes du site pilote de Rivière-Sens (d'après Litto3D ® - © IGN 2013). La flèche orange pointe sur l'escarpement (L : 100 m , H : 10 m au maximum)...	52
Illustration 28 – Quartier de Rivière-Sens, vu depuis le littoral, à la morphologie assez plane avant un ressaut topographique entre les deux premières rangées de maisons.....	53
Illustration 29 – Comparaison des traits de côte digitalisés à partir des orthophotographies © IGN 1950, 1998, 2004, 2010 et 2013 (d'après Guillen et al., 2017).....	54
Illustration 30 – Défluviation au niveau de l'exutoire de la rivière du Galion et érosion de la berge en rive gauche, liée au passage de l'ouragan Lenny ayant généré de fortes pluies en 1999.	55
Illustration 31 – Cartographie des impacts relevés suite au passage de l'ouragan Omar (Chauvet, 2008) et localisation des photos de l'illustration 32 et de l'illustration 33.	56
Illustration 32 – Phénomènes observés lors du passage de l'ouragan Omar, en 2008 (Chauvet, 2008) : Submersion localement observée dans les bâtiments de l'IRPM (Institut Régional de Pêche et de Marine (Photo A) - Projection de matériaux sur la route et jusqu'à la limite des habitations, liée au déferlement des vagues à la côte (Photo B).	56
Illustration 33 – Phénomènes observés lors du passage de l'ouragan Maria en 2017 (Legendre et Guillen, 2017) : Laisse de submersion localement observée (Photo C) (la flèche indiquant le niveau d'eau atteint) - Projection de matériaux sur et de l'autre côté de la route (Photo D), le bâtiment étant déjà situé à plus de 30 mètres de l'enrochement.....	57
Illustration 34 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa recul du trait de côte sur le site pilote de Rivière-Sens à Gourbeyre.	58
Illustration 35 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa mouvement de terrain sur le site pilote de Rivière-Sens à Gourbeyre. ...	59
Illustration 36 – Analyse morphologique du site pilote de Rivière-Sens, mettant en évidence la bande littorale située à une altitude inférieure à 5 m (Litto3D ® - ©IGN et SHOM 2013). En arrière de la route, quelques zones plus basses sont identifiées (en vert). Erreur ! Signet non défini.	
Illustration 37 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa choc mécanique des vagues (submersion marine) sur le site pilote de Rivière-Sens à Gourbeyre.	61

Illustration 38 – Limites amont : Débits de pointe considérés pour les deux rivières identifiées sur la zone d'étude : BV1 – Galion et BV2 – Rivière Sens (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).	Erreur ! Signet non défini.
Illustration 39 – Cartographie de l'aléa inondation pour le site de Rivière-Sens obtenue à partir du croisement entre les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau modélisées pour un débit centennal et un niveau marin décennal (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).	62
Illustration 40 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa inondation sur le site pilote de Rivière-Sens à Gourbeyre.....	63
Illustration 41 – Cartographie intégrée de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible pour l'ensemble des aléas sur le site d'étude de Rivière-Sens à Gourbeyre....	63
Illustration 42 – Cartographie du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines sur le site d'étude de Rivière-Sens à Gourbeyre.....	66
Illustration 43 – Localisation générale du site pilote du bourg de Pointe-Noire (en noir) et zone des 50 pas géométriques (en rouge) (© IGN 2017).	67
Illustration 44 – Localisation du site d'étude (en noir) sur un extrait de la carte géologique de la Basse-Terre au 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966) et localisation des sondages (celui décrit est encadré en rouge) situés à proximité du site pilote, extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) (http://infoterre.brgm.fr/)	68
Illustration 45 – Vue générale (depuis la jetée) de la façade littorale du bourg de Pointe-Noire et des habitations directement présentes sur le front de mer.	69
Illustration 46 – Analyse morphologique du site pilote du centre-bourg de Pointe-Noire, mettant en évidence la zone littorale située à une altitude inférieure à 5 m (Litto3D ® - ©IGN et SHOM 2013).	69
Illustration 47 – Comparaison des traits de côte digitalisés à partir des orthophotographies © IGN 1950, 1998, 2004, 2010 et 2013 (Guillen et al., 2017).	71
Illustration 48 – Impacts de l'ouragan Lenny sur le bourg de Pointe-Noire (Martin et Mompelat, 2000).	72
Illustration 49 – Cartographie des impacts relevés suite au passage de l'ouragan Omar (Chauvet, 2008).	73
Illustration 50 – Embouchure de la rivière Caillou après le passage de Lenny en 1999 ayant généré des inondations par débordement de cours d'eau.	74
Illustration 51 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa mouvement de terrain sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.	75
Illustration 52 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa choc mécanique des vagues (submersion marine) sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.	76
Illustration 53 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa recul du trait de côte sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.	77
Illustration 54 – Limites amont : Débits de pointe considérés pour la rivière Caillou sur la zone d'étude (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).	Erreur ! Signet non défini.
Illustration 55 – Cartographie de l'aléa inondation pour le site du bourg de Pointe-Noire obtenue à partir du croisement entre les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau modélisées pour un débit centennal et un niveau marin décennal (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).....	78
Illustration 56 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa inondation sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.	79
Illustration 57 – Cartographie intégrée de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible pour l'ensemble des aléas sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.	80

Illustration 58 – Cartographie du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines sur le site pilote du Centre Bourg de Pointe-Noire.	83
Illustration 59 – Localisation générale du site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire (cadre noir) et zone des 50 pas géométriques (en rouge) (© IGN 2017).	84
Illustration 60 – Localisation du site d'étude (en noir) sur un extrait de la carte géologique de la Basse-Terre au 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966) et localisation des sondages (celui décrit est encadré en rouge) situés à proximité du site pilote, extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) (http://infoterre.brgm.fr/).86	
Illustration 61 – Analyse morphologique du site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire, mettant en évidence la zone littorale située à une altitude inférieure à 5 m (Litto3D® - ©IGN et SHOM 2013).	87
Illustration 62 – Topographie plane de la bande littorale (altitude 2-3 m) du site pilote de Plage Caraïbe, à Pointe-Noire.	88
Illustration 63 – Comparaison des traits de côte digitalisés à partir des orthophotographies © IGN de 1950, 1998, 2004, 2010 et 2013 (Guillen et al., 2017).	90
Illustration 64 – Embouchure de la rivière Grande Plaine après le cyclone Lenny en 1999 et maisons ayant été inondées en rive droite.....	91
Illustration 65 – Impacts du cyclone Lenny en 1999 sur le littoral de la plage Caraïbe à Pointe-Noire (BRGM).	91
Illustration 66 – Cartographie des impacts relevés suite au passage de l'ouragan Omar (Chauvet, 2008).	92
Illustration 67 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa choc mécanique des vagues (submersion marine) sur le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire.	93
Illustration 68 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa recul du trait de côte sur le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire.	94
Illustration 69 – Limites amont : Débits de pointe considérés pour les quatre ravines identifiées sur la zone d'étude : BV1 – rivière Grande Plaine, BV2 – ravine Cramier (hors zone d'étude), BV3 et BV4- ravine Dupot (SAFEGE, 2018 - 18MAG083). Erreur ! Signet non défini.	
Illustration 70 – Cartographie de l'aléa inondation pour le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire obtenue à partir du croisement entre les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau modélisées pour un débit centennal et un niveau d'eau décennal (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).	96
Illustration 71 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa inondation sur le site pilote de la plage Caraïbe à Pointe-Noire.	97
Illustration 72 – Cartographie intégrée de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible pour l'ensemble des aléas sur le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire..	98
Illustration 73 – Cartographie du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines sur le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire.....	101

Liste des annexes

Annexe 1 Log stratigraphiques extrait de la BSS	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 2 Rapport SAFEGE risque inondation	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 3 Rapport INGEROP	Erreur ! Signet non défini.

1. Introduction

Instituée par la Loi n° 96-1241 du 30 décembre 1996, l'Agence des cinquante pas géométriques (AG50) a la charge de la gestion de la bande littorale dite des « Cinquante pas géométriques » (espace littoral large de 81,2 m depuis le rivage et faisant partie du domaine public maritime). L'Agence des cinquante pas géométriques est compétente dans les espaces urbanisés. Ces espaces représentent, à l'échelle de la Guadeloupe, environ 806 hectares le long du littoral.

En Guadeloupe, il est communément estimé que 10 000 constructions sont installées sans droit ni titres dans la zone des 50 Pas géométriques. Afin de régulariser cette situation, la Loi n°96-1241 autorise l'État, sous certaines conditions, à céder ces parcelles urbanisées à leurs occupants. Bien qu'à l'origine l'exposition aux risques naturels ne constitue pas un critère législatif fondant la régularisation foncière dans cette zone, l'État a eu pour doctrine constante d'en tenir compte. Par courrier en date du 17 septembre 2012, à l'adresse de l'Agence des 50 pas géométriques, le ministère du développement durable a conforté cette doctrine. De ce fait, les dossiers de régularisation sont instruits au regard du zonage des aléas du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) et les demandes associées à des habitations situées dans une zone d'aléa fort du PPRN (zone rouge) ne sont pas régularisables.

La loi Letchimy (n° 2011-725 du 23 juin 2011) est définie comme une loi « *portant dispositions particulières relatives aux quartiers d'habitat informel et à la lutte contre l'habitat indigne dans les départements et régions d'outre-mer* ». Dans ce texte, l'article 6 stipule que « *l'autorité administrative ayant ordonné la démolition de locaux à usage d'habitation édifiés sans droit ni titre dans une zone exposée à un risque naturel prévisible menaçant gravement des vies humaines peut verser une aide financière visant à compenser la perte de domicile aux occupants de bonne foi à l'origine de l'édification de ces locaux (...)* ».

Dans ces conditions, si la démolition concerne une habitation édifée dans « une zone exposée à un risque naturel prévisible menaçant gravement des vies humaines », les occupants peuvent bénéficier d'une indemnisation.

Le code de l'environnement (Décret n° 2014-1635 du 26 décembre 2014) précise dans son article R. 561-2 que :

« I. Le préfet engage la procédure d'expropriation à la demande des ministres chargés, respectivement, de la prévention des risques majeurs, de la sécurité civile et de l'économie.

II. Le dossier soumis à l'enquête publique « en application de l'article R. 112-5 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique » est complété par une analyse des risques décrivant les phénomènes naturels auxquels les biens sont exposés et permettant d'apprécier l'importance et la gravité de la menace qu'ils présentent pour les vies humaines au regard notamment des critères suivants :

1. Les circonstances de temps et de lieu dans lesquelles le phénomène naturel est susceptible de se produire ;
2. L'évaluation des délais nécessaires à, d'une part, l'alerte des populations exposées et, d'autre part, leur complète évacuation.

III. Cette analyse doit également permettre de vérifier que les autres moyens envisageables de sauvegarde et de protection des populations s'avèrent plus coûteux que les indemnités d'expropriation. »

L'article 28 de la **loi d'actualisation du droit des Outre-mer** (n° 2015-1268 du 14 octobre 2015), complète les articles L. 5112-5 et L. 5112-6 du code général de la propriété des personnes publiques par un alinéa ainsi rédigé : « *La cession du terrain à des personnes privées ne peut être effectuée lorsque la construction est située dans une zone exposée à un risque naturel grave et prévisible menaçant des vies humaines.* »

Dans ces conditions, il revient donc à l'État de fonder ses régularisations sur l'exposition de la parcelle à un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines.

Dans ce cadre juridique, l'instruction des dossiers de régularisation des habitations situées dans la zone des 50 pas géométriques de Guadeloupe ne peut plus être faite au regard de la zone d'aléa fort (zone rouge) du PPRN, mais doit se faire au regard de la zone exposée à un risque naturel grave et prévisible menaçant des vies humaines.

L'objectif de cette étude, à la demande conjointe de la DEAL Guadeloupe et de l'Agence des 50 pas géométriques de la Guadeloupe, est précisément de (1) définir une méthodologie générique afin de caractériser les zones exposées à un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines et (2) de l'appliquer sur quatre sites pilotes présentant des contextes géologiques et géomorphologiques variés (Illustration 1) : Centre-Bourg et Plage Caraïbe à Pointe-Noire, Rivière-Sens à Gourbeyre et Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.

Afin de remplir cet objectif, l'étude présentée dans ce rapport est déclinée en différentes tâches :

- 1) Élaborer un canevas synoptique pour caractériser le risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine ;
- 2) Préciser le niveau de connaissances sur les aléas (recul du trait de côte, submersion marine, inondation et mouvements de terrain) des quatre sites pilotes et identifier les zones de danger ou les zones présentant un risque naturel grave et prévisible ;
- 3) Appliquer le canevas synoptique (tâche 1) sur chacun des sites pilotes et caractériser les zones présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine ;
- 4) Élaborer une base de données cartographique d'aide à la décision.



Illustration 1 - Localisation des quatre sites pilotes sur la Basse-Terre (SCAN25 - © IGN)

La supervision de l'étude est assurée par un comité de pilotage réunissant l'AG50 et la DEAL Guadeloupe.

2. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines

Cette étude s'attache à proposer une méthodologie générique, duplicable sur l'ensemble du littoral guadeloupéen afin de caractériser et de cartographier les zones exposées à un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines.

En s'appuyant sur les premières réflexions réalisées par le BRGM (Nachbaur et al., 2015), notre interprétation d'un « risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine » implique :

- que le risque soit « prévisible » ce qui fixe donc la typologie des phénomènes naturels à prendre en compte. Cette notion de risque « prévisible » fait référence aux plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRNP) tels qu'ils sont définis par la Loi n° 95-101 du 2 février 1995 (articles 16 à 22) traitant notamment de la « sauvegarde des populations menacées par certains risques naturels majeurs » ;
- que le risque soit « grave » ce qui fixe donc l'intensité du phénomène redouté et de ces effets ;
- l'existence d'une « menace pour la vie humaine » évoquant le caractère dangereux pour l'Homme avec des conséquences potentiellement irréversibles ;
- l'existence d'une « menace » signifiant également qu'il existe des « indices qui laissent prévoir quelque chose de dangereux ».

Ainsi, un « risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines » correspond à une menace induite par un phénomène naturel connu, de forte intensité et ayant des conséquences irréversibles sur la vie humaine.

Le déroulé et la philosophie de notre méthodologie, en cohérence avec les avis du comité de pilotage consistent, dans un premier temps, à caractériser les zones présentant un risque naturel grave et prévisible (2.1 Caractérisation de la zone de risque naturel grave et prévisible) et dans un second temps, à caractériser, à l'intérieur de ces zones, la menace potentielle pour les vies humaines (2.2 Caractérisation de la menace pour les vies humaines).

Pour caractériser les zones présentant un risque naturel grave et prévisible (ou zones de danger) nous avons considéré 4 aléas naturels validés par la DEAL Guadeloupe au début de l'étude, à savoir le recul du trait de côte, les mouvements de terrain, la submersion marine et l'inondation par débordement de cours d'eau.

Le canevas synoptique ou logigramme présenté à la suite (Illustration 9) permet de visualiser graphiquement l'enchaînement des critères retenus pour évaluer, à l'échelle de la construction, la menace ou non pour les vies humaines à l'intérieur de ces zones présentant un risque naturel grave et prévisible.

2.1. CARACTERISATION DE LA ZONE DE RISQUE NATUREL GRAVE ET PREVISIBLE

La première étape de la méthodologie proposée est d'identifier les zones présentant un risque naturel grave et prévisible (appelées plus simplement « zones de danger »), dans lesquelles on va considérer qu'un évènement naturel prévisible et grave, donc de forte intensité, puisse se produire et mettre potentiellement en danger la vie des personnes présentes.

La suite de ce chapitre décrit pour chacun des phénomènes naturels considérés (à savoir le recul du trait de côte, le mouvement de terrain, la submersion marine et l'inondation par débordement de cours d'eau), les différents critères pris en compte.

De façon générique (Illustration 2), la gravité d'un évènement est usuellement déterminée par la combinaison de trois des quatre paramètres qui caractérisent le risque :

- l'intensité du phénomène, sachant que l'intensité est fonction de l'ampleur du phénomène : faibles conséquences pour la vie humaine, dégâts importants au bâti, mise en péril de la sécurité des personnes, destruction quasi-totale au bâti, fatal aux personnes présentes sur le lieu, ... ;
- la valeur des enjeux exposés au phénomène ;
- la vulnérabilité des enjeux face à l'intensité du phénomène. Par définition la vulnérabilité concerne la capacité de résistance d'un élément matériel (constructions, ouvrages, etc.) ou non (comportement humain, organisation des secours, etc.) vis-à-vis d'une agression donnée.

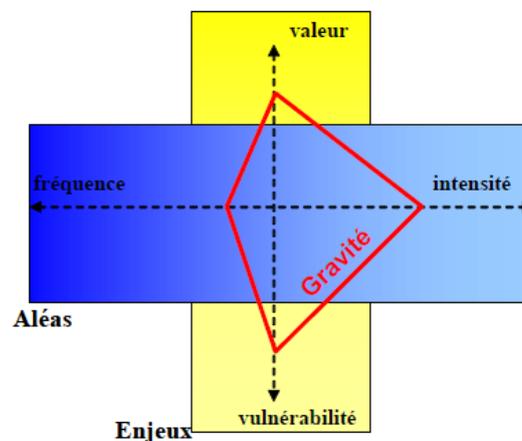


Illustration 2 - Schéma explicatif de la notion de gravité (source : MEDDAD).

Cette notion de gravité et par extension de « risque naturel grave et prévisible » n'intègre pas, ou peu, la notion de fréquence ou de période de retour (Illustration 2), ce qui induit une différence par rapport à la notion d'aléa tel qu'il est défini dans les Plans de Prévention des Risques Naturels. Elle s'entend en considérant la survenue instantanée d'un évènement naturel grave et prévisible à un instant « t » en mettant davantage l'accent sur la notion d'intensité des effets du phénomène et sa gravité vis-à-vis de la vie humaine.

2.1.1. Aléa Inondation par débordement de cours d'eau

L'inondation est une submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors de l'eau. La principale origine de ce phénomène est le débordement d'un cours d'eau, souvent lié à des causes météorologiques (fortes pluies). Des causes anthropiques (imperméabilisation des sols, développement urbain et économique, rupture d'ouvrage, ...) peuvent également agir en tant que facteur aggravant pour le déclenchement ou les conséquences de ces inondations (occupation du lit majeur par des habitations, ...).

En Guadeloupe, la disparité des reliefs et hétérogénéité spatiale des précipitations sont à l'origine d'un réseau hydrographique très diversifié :

- En Basse-Terre, plus de 50 cours d'eau à écoulement permanent, sont caractérisés par des fortes pentes, de faibles longueurs et des bassins versants de petite taille (10 à 30 km²). Le régime hydrologique de ces cours d'eau est de type torrentiel ;
- Sur les autres îles de l'archipel, il existe un réseau ramifié de ravines non pérennes et de canaux de pentes faibles (exemple du secteur des Grands-Fonds en Grande -Terre).

De ce fait, les inondations sont la plupart du temps à cinétique rapide et se produisent en général pendant ou suite à des épisodes pluvieux importants (onde tropicale, cyclone, cellule orageuse). Dans le cas des crues torrentielles, l'inondation se traduit par une augmentation forte et soudaine des débits des cours d'eau, accompagnée d'un transport solide important (charriages de blocs et/ou de végétation) et de phénomènes d'érosion du lit et des berges des cours d'eau. Ces crues torrentielles peuvent provoquer des débordements dans les parties aval des cours d'eau, ainsi que la formation d'embâcles aux effets imprévisibles et potentiellement destructeurs.

Sur la base de retours d'expériences, les guides méthodologiques pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Inondations définissent des critères de vulnérabilités humaines en fonction des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement. Il est habituellement considéré qu'il y a un risque pour la vie humaine à partir du moment où, dans les bâtiments, la hauteur d'eau dépasse le mètre et la vitesse d'écoulement dépasse 0,5 m.s⁻¹.

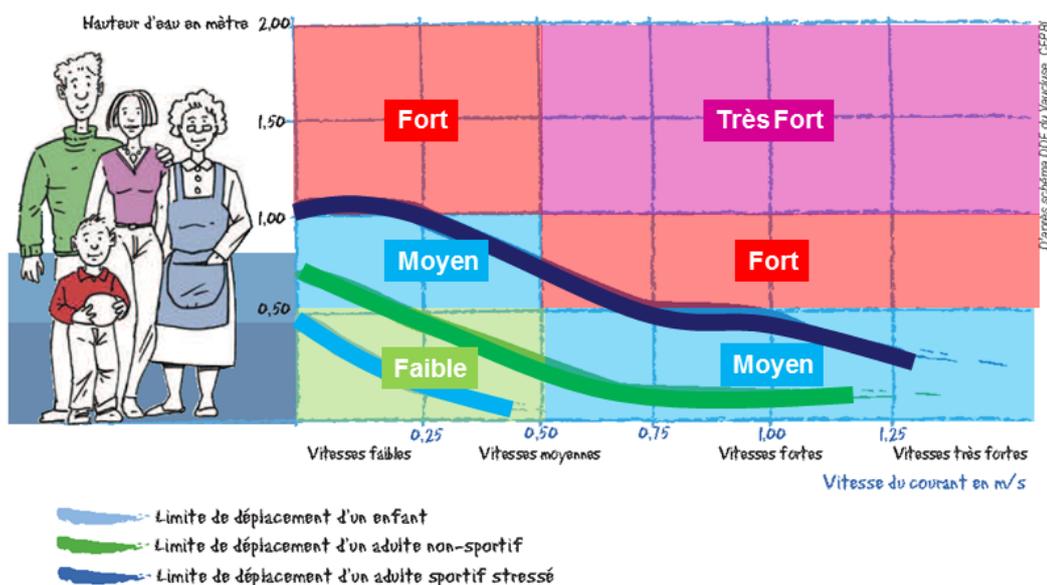


Illustration 3 - Courbe de vulnérabilité des personnes, vis-à-vis de l'aléa inondation (DDE Vaucluse)

Notre cartographie des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa inondation par débordement de cours d'eau repose sur la caractérisation d'une intensité forte de ce phénomène naturel.

Cette intensité est définie à partir d'un croisement entre la hauteur d'eau (> 1 m), la vitesse d'écoulement (> 0.5 m.s⁻¹), la vitesse de montée des eaux (en cas de rupture d'ouvrage et dans les zones de cuvettes) et sa durée. Ces paramètres peuvent être déterminés de différentes manières : à dire d'expert, à partir de la connaissance du site (morphologie, contexte hydrogéologique, contexte climatique, facteurs anthropiques, ...), des retours d'expérience sur les événements passés et/ou à partir de modélisations hydrauliques.

Les retours d'expériences sur les événements historiques récents (e.g., ouragan Maria en 2017) mettent en avant, sur certaines zones basses du littoral à proximité des embouchures des rivières, l'amplification du phénomène d'inondation par la concomitance entre les phénomènes de débordement de cours d'eau et de submersion marine. Ces phénomènes sont souvent associées à des mêmes événements météo-marins extrêmes. Il nous semble important de pouvoir prendre en compte cette concomitance pour le territoire guadeloupéen et c'est dans ce cadre que nous avons sollicité l'expertise de Suez Consulting pour nous accompagner sur la caractérisation de l'aléa inondation intégrant l'influence aval du niveau marin.

La méthodologie proposée par Suez Consulting (et décrite plus en détail en Annexe 2) permet, grâce à une modélisation hydraulique, une évaluation fine de l'aléa inondation pour un scénario de référence (crue centennale) en prenant en compte une surcote de tempête. Cette approche, cohérente avec les recommandations des guides méthodologiques d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Inondations, repose :

- Sur une analyse hydrologique à l'échelle du bassin versant (définition des caractéristiques des bassins versants, détermination du coefficient de ruissellement, du temps de concentration, des débits de pointes, ...) pour évaluer les débits de crue associés à différentes périodes de retour (décennale et centennale) ;
- Sur une modélisation hydraulique, dont les conditions aux limites retenues sont en amont : les hydrogrammes de crue pour des phénomènes d'occurrence 10 et 100 ans et en aval : les niveaux marins pour des phénomènes d'occurrence 10 et 100 ans obtenues à partir des travaux de l'Université des Antilles (Krien et al., 2015).

2.1.2. Aléa mouvement de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol. Le terme générique englobe plusieurs phénomènes naturels, ayant des cinétiques et des effets différents. On distingue en particulier :

- Les glissements de terrain sont des déplacements en masse affectant des formations géologiques meubles, sur une surface de rupture (plane ou courbe) et au cours desquels les produits déplacés gardent leur cohérence. Ils sont généralement lents, mais peuvent s'accélérer ou se déclencher brusquement. Ils peuvent également évoluer en avalanche de débris ou en coulée de boue, si le matériau contient assez d'eau.
- Les chutes de blocs et écroulements/éboulements rocheux : mouvements rapides, discontinus et brutaux affectant des matériaux rigides et souvent fracturés. Une chute de blocs est définie par la chute d'éléments ne dépassant pas quelques dizaines à quelques

centaines de mètres cubes. Alors que pour des volumes de plusieurs centaines jusqu'à millions de mètres cubes, on parle d'éboulement ou d'écroulement.

- Les coulées boueuses : phénomènes très rapides affectant des masses de matériaux remaniés soumis à des fortes concentrations en eau, sur une faible épaisseur. Une coulée de boue est la plus rapide (jusqu'à 90 km/h) et la plus fluide des mouvements de terrain.
- Les érosions de berge : phénomènes régressifs d'ablation de matériaux, dus à l'action d'un écoulement d'eau turbulent (fluvial ou marin). Une érosion de berge peut également se produire avec une cinétique rapide, sous la forme d'un glissement de terrain d'ampleur limitée et entraîner un recul soudain de la berge.

Chacun de ces phénomènes a une cinétique spécifique distinguant leur dangerosité et la possibilité de mise en sécurité des populations. Pour les mouvements de terrain, c'est ce critère qui est retenu comme le plus significatif pour caractériser les zones présentant un risque naturel grave et prévisible. A partir de cette définition, on distinguera alors :

- Les mouvements de terrain soudains, dangereux ET à cinétique rapide (chutes de blocs, éboulement de falaise, ...) ne permettant pas le déploiement de mesures de sécurité ;
- Les mouvements de terrain peu dangereux ET/OU à cinétique lente (glissement de terrain lent, tassement) permettant le déploiement de dispositif d'alerte et des mesures de sécurité.

Le risque naturel grave et prévisible associé aux mouvements de terrain repose sur la caractérisation des zones pouvant être impactées par des phénomènes dont l'intensité est forte et dont la dangerosité vis-à-vis des vies humaines est importante (Nachbaur et al., 2015 et Legendre et al., 2019).

La dangerosité de ces phénomènes est le plus souvent estimée par une analyse à dire d'expert, à partir des informations historiques disponibles et/ou observées directement sur le secteur (morphologie, géologie, densité de l'urbanisation, évidence de susceptibilités aux phénomènes, ...). L'intensité et la probabilité d'occurrence des phénomènes attendus (scénarios de référence) sont définis à partir de critères variables selon la typologie du phénomène:

- Pour évaluer la probabilité d'occurrence, on s'appuiera sur une qualification de l'activité, sur la nature des formations géologiques, sur une probabilité d'atteinte et/ou sur une morphologie propice au déclenchement du phénomène ;
- Pour évaluer l'intensité, on parlera généralement en termes de volumes ou surfaces mobilisables, d'impacts sur les enjeux et/ou de parades envisageables.

Pour chaque type de mouvement de terrain redouté, un niveau d'aléa peut alors être déterminé à partir d'une analyse des intensités, des probabilités d'occurrence et des impacts sur les enjeux (bâti, route, ...). Une analyse spécifique du risque naturel grave et prévisible associé aux mouvements de terrain a été réalisée sur le littoral de Petit-Bourg et décrit plus en détail cette approche (Legendre et al. 2019). Ainsi, le risque naturel grave et prévisible associé aux mouvements de terrain correspond principalement à des phénomènes de :

- Glissement de terrain à cinétique rapide : en fonction des volumes mis en jeu, de la nature des formations géologiques, de la présence d'enjeux en tête, en pied et/ou sur le versant, ... ;
- Eboulement/chutes de blocs (par définition à cinétique rapide) : en fonction de l'intensité des blocs, de la probabilité d'occurrence, de la présence d'enjeux en pied et en tête de falaise, ... ;

- Erosion de berge de forte intensité et à cinétique rapide : scénario dépendant des volumes mis en jeu, de la nature des formations géologique et/ou de la présence d'enjeux en tête ;
- Glissement de terrain de forte intensité, actif et à cinétique lente : en fonction des volumes mis en jeu, de la nature des formations géologiques, de la cinétique du phénomène, de la présence d'enjeux en tête, en pied et/ou sur le versant, ...

2.1.3. Aléa submersion marine

Une submersion est une inondation temporaire des zones basses du littoral générée par la mer lors de conditions météorologiques et océanographiques défavorables (basses pressions atmosphériques, vents d'afflux, marée importante et fortes houles). Dans les Antilles, ces conditions sont généralement associées au passage des tempêtes tropicales et des cyclones à proximité des îles.

Il est distingué trois principaux modes de submersion selon la configuration du littoral et son exposition :

- le débordement, lorsque le niveau marin dépasse la hauteur du terrain naturel ou la crête des ouvrages ;
- le franchissement lié au déferlement des vagues sur les structures côtières qui projettent des paquets de mer sur l'arrière côte ;
- la rupture d'un système de protection (défaillance d'un ouvrage de protection ou brèche dans un cordon dunaire).



Illustration 4 – Submersion par franchissement de paquets de mer du Boulevard maritime de Basse-Terre liée au passage de l'ouragan OMAR en 2008

D'autres aléas associés à la submersion marine peuvent également affecter le littoral. Il s'agit principalement du choc mécanique des vagues provoqués par la dissipation de l'énergie des vagues à la côte. Son impact est distinct d'une inondation car il est lié à la pression exercée par l'impact des vagues sur les structures.



Illustration 5 – Exemple de l’impact du choc mécanique des vagues sur le littoral de la Basse-Terre suite au passage de l’ouragan Lenny (BRGM, 1999)

Notre cartographie des zones de risque naturels grave et prévisible pour l’aléa submersion marine repose sur la caractérisation d’une intensité forte de ce phénomène naturel.

La méthodologie de caractérisation et de qualification de l’aléa est décrite dans le guide d’élaboration des PPR littoraux (DGPR, 2014). Elle est aussi reprise dans l’Arrêté du 5 juillet 2019 relatif « à la détermination, qualification et représentation cartographique de l’aléa de référence et de l’aléa à échéance 100 ans s’agissant de la submersion marine, dans le cadre de l’élaboration ou de la révision des plans de prévention des risques concernant les «aléas débordement de cours d’eau et submersion marine» ». Elle se basent sur un événement centennal ou sur l’événement historique de référence si celui-ci est supérieur. La qualification de l’aléa est déterminée par le croisement entre les hauteurs d’eau, les vitesses d’écoulement et dans certaines configurations particulières, la vitesse de montée des eaux. Ces données sont obtenues par des modélisations numériques qui sont généralement complétées par une analyse à dire d’expert concernant la dynamique de submersion.

		Dynamique de submersion		
		Lente	Moyenne	Rapide
Hauteur d'eau (m)	H<0,5	Faible	Modéré	Fort
	0,5<h<1	Modéré	Modéré	Fort
	H>1	Fort	Fort	Très fort

Illustration 6 – Qualification de l’aléa submersion marine d’après les hauteurs d’eau et la dynamique de submersion et reprise dans l’Arrêté du 5 juillet 2019 (DGPR, 2014)

La dynamique de submersion est qualifiée à partir du paramètre le plus défavorable entre les vitesses d’écoulement et la vitesse de montée des eaux. Elle peut être déterminé à dire d’expert ou par modélisation 2D selon les éléments à disposition. Cette évaluation tient compte de la

présence d'obstacles à l'écoulement, des particularités topographiques et de l'analyse des événements historiques (vitesse d'écoulement, sens de circulation préférentiel et points d'entrée). Les seuils utilisés pour qualifier la vitesse d'écoulement sont les suivants (DGPR, 2014) :

- $V > 0,5 \text{ m.s}^{-1}$ vitesse d'écoulement rapide,
- $0,2 < V < 0,5 \text{ m.s}^{-1}$ vitesse d'écoulement moyenne ;
- $0 < V < 0,2 \text{ m.s}^{-1}$ vitesse d'écoulement lente.

Par ailleurs d'autres aléas spécifiques liés aux phénomènes de submersions marines doivent être pris en compte dans la cartographie de l'aléa. Il s'agit de la zone de choc mécanique des vagues avec ou sans projections de matériaux, ainsi qu'une bande de précaution permettant de tenir compte de la défaillance des systèmes de protection.

La cartographie des zones de risque naturels grave et prévisible pour l'aléa submersion marine repose donc sur (1) la caractérisation de l'intensité forte du phénomène naturel c'est à dire une hauteur d'eau dépassant un mètre et/ou une dynamique de submersion rapide (approche similaire à l'aléa inondation par débordement de cours d'eau) et (2), sur la zone de choc mécanique des vagues avec ou sans projections de matériaux.

La caractérisation de ces zones peut être obtenue par modélisation numérique et/ou par une analyse à dire d'expert selon les éléments à disposition. Dans le cadre de l'application de cette méthodologie à 4 sites pilotes (§ 3. Application de la méthodologie aux quatre sites pilotes), la caractérisation des zones où la hauteur d'eau peut dépasser le mètre et la zone de choc mécanique des vagues a été déterminée par une analyse à dire d'experts et sur la base de la connaissance historique.

2.1.4. Aléa recul du trait de côte

Le recul du trait de côte se définit comme le déplacement vers l'intérieur des terres de la limite entre le domaine marin et le domaine continental (DGPR, 2014). Il est la conséquence d'une perte de matériaux sous l'effet de l'érosion littorale, induite par les forces marines (vagues et courant marins), combinée parfois à des actions continentales, ou d'une érosion générée ou accélérée par l'Homme (sur-fréquentation, extraction, aménagements et ouvrages de protection, urbanisation, etc.).



Illustration 7 : Déstabilisation d'un bâtiment par affouillement de ses fondations induite par l'érosion littorale à Sandy Ground (Saint-Martin) après le passage d'IRMA (BRGM, 2017).

L'érosion résulte donc d'une perte en sédiments pouvant entraîner un recul du trait de côte ou un abaissement de la plage. Les types de côtes les plus sensibles à l'érosion sont les côtes basses meubles et ce phénomène peut dans certains cas, déstabiliser structurellement des bâtiments ou endommager des infrastructures (Illustration 7).

L'évolution du trait de côte peut être très variable dans le temps et peut présenter des phases de recul et d'avancée. Elle doit donc être étudiée sur le long terme (plusieurs décennies). Cependant les évolutions ponctuelles, liées au passage des tempêtes tropicales et des ouragans par exemple, peuvent être très importantes et brutales. La méthodologie nationale (DGPR, 2014) pour cartographier cet aléa préconise d'utiliser des observations historiques et le retour d'expérience sur les événements de référence. Elle est généralement complétée par une analyse à dire d'expert selon la connaissance du site.

L'aléa de référence est défini à partir du recul estimé à l'horizon 100 ans, issu de la projection des tendances passées auquel est ajouté le recul susceptible d'intervenir lors d'un événement ponctuel majeur. Il s'exprime alors de la manière suivante (DGPR, 2014) :

$$L_r = 100T_x + L_{max}$$

Avec L_r la largeur de la zone l'aléa, T_x le taux de recul annuel moyen (en m/an), L_{max} la valeur du recul du trait de côte consécutif à un événement brutal majeur (en m).

Pour le recul du trait de côte, qui résulte de la disparition du terrain concerné, il existe un seul niveau d'aléa, l'aléa fort.

La caractérisation des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa recul du trait de côte, ne prend en compte que le recul instantané et ponctuel (L_{max}) lié à un événement météorologique majeur. Ce recul instantané est défini à dire d'expert à partir des observations

historiques, des retours d'expérience sur des événements de références et en prenant en compte l'exposition de site à la houle.

2.2. CARACTERISATION DE LA MENACE POUR LES VIES HUMAINES

Notre approche propose dans un second temps de caractériser la menace pour la vie humaine à l'intérieur des secteurs présentant un risque naturel grave et prévisible (§ 2.1. Caractérisation de la zone de risque naturel grave et prévisible). Dans la continuité des travaux de Nachbaur et al. (2015) et des retours d'expérience de la tempête Xynthia (Creach, 2015 ; Vinet et al., 2011 ; Vinet et al., 2012), nous avons ainsi défini, une succession de critères objectifs pour chacun des aléas considérés afin de caractériser l'existence (ou pas) d'une menace pour les vies humaines.

Le logigramme d'aide à la décision, présenté à la suite, (Illustration 9) permet de visualiser graphiquement l'enchaînement des critères retenus pour évaluer la menace ou non pour les vies humaines (« RNGPMVH » ou « pas de RNGPMVH ») à l'intérieur de ces zones présentant un risque naturel grave et prévisible (RNGP). Chacun des blocs verticaux représente une analyse par aléa, ils sont indépendants et l'ordre de ces blocs est interchangeable.

2.2.1. Surveillance et vigilance

L'anticipation des différents phénomènes naturels graves et prévisibles pouvant engendrer une menace pour la vie humaine permet de mettre en place des mesures de sauvegarde vis-à-vis des populations exposées (alerte et évacuation de la population notamment). Qu'il s'agisse de surveillance ou de vigilance, des moyens existent afin de prévenir ou suivre l'évolution de certains de ces phénomènes.

La vigilance météorologique

En ce qui concerne l'aléa inondation et les aléas littoraux (submersion marine et recul ponctuel du trait de côte), considéré dans notre analyse du risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine, ils sont généralement synchrones de phénomènes d'ordre météorologique particulièrement intenses en lien avec le passage des tempêtes tropicales et des ouragans (fortes pluies, vents et pressions, fortes houles, ...) mais également avec des dépressions des moyennes latitudes de l'Atlantique Nord et pouvant générer des houles particulièrement énergétiques.

Météo-France, établissement public en charge de la météorologie et de la climatologie, assure la prévision et l'étude des phénomènes météorologiques, ainsi que l'émission de bulletins de vigilance météorologique à l'échelle départementale. La vigilance météorologique cyclonique bénéficie du support du NHC (National Hurricane Center), chargé par l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) de réaliser la surveillance des cyclones dans le bassin Atlantique Nord, dans le cadre du TCP (Tropical Cyclone Program). A ce titre, il émet également des veilles et des alertes à l'échelle du bassin atlantique tropical après concertation des différents services météorologiques nationaux et régionaux concernés.

Dans les Antilles, la procédure de vigilance météorologique est en vigueur depuis 2006, quatre types de dangers sont pris en compte : cyclone, fortes pluies et orages, mer dangereuse à la côte et vents violents.

L'évolution de la vigilance dépend des phénomènes et de leur prévisibilité, ainsi que des délais nécessaires pour la mise en œuvre des mesures de sécurité. L'évaluation du danger est basée sur une approche probabiliste pour l'estimation du risque d'impact, la probabilité incluant souvent l'échéance.

	Impact	Faible (imprécis)	Modéré	Important	Majeur
Probabilité					
Faible		1	1	2	2
Forte		1	1	2	3
Très forte		1	2	3	3
Certaine		1	2	3	4

Illustration 8 : Grille d'analyse d'évaluation du danger (Météo-France)

La procédure de vigilance s'inscrit dans le cadre du plan ORSEC (Organisation de la Réponse de Sécurité Civile - 2.2.2 Préparation à la gestion de crise). Selon l'analyse du danger et en fonction du niveau de vigilance décidé, des mesures spécifiques de prévention, de protection et de comportements à adopter sont préalablement déterminées. Elles visent notamment à informer la population sur les mesures individuelles ou collectives à adopter et encadrent la montée en puissance des dispositifs de gestion de crise. En effet, l'avertissement adressé par Météo-France permet aux autorités en charge de la sécurité des personnes et des biens de mobiliser les moyens et d'activer les mesures planifiées dans le cadre du plan ORSEC ou plus localement des PCS (Plan Communaux de Sauvegarde). A ce titre, le préfet est en charge de la diffusion de l'alerte auprès des maires.

Quelques limites du système de vigilance peuvent être mises en évidence. Le niveau de vigilance est présenté à l'échelle départementale, il est donc parfois difficile d'évaluer l'impact local d'un événement météorologique. C'est d'autant plus vrai pour les phénomènes cycloniques qui revêtent un caractère particulièrement instable (incertitudes sur l'évolution des trajectoires et sur l'intensité des phénomènes). Par ailleurs, concernant les précipitations, en dehors des cyclones, la nature de certains phénomènes météorologiques rend difficile leur anticipation par les modèles de prévision. C'est notamment le cas pour les phénomènes convectifs qui se développent localement et peuvent générer des fortes pluies (exemple de l'épisode du 7 mai 2012 qui a fortement impacté le secteur des Grands Fonds en termes d'inondation).

Les systèmes de surveillance locaux

Il n'existe pas actuellement de système de surveillance local en lien avec les phénomènes naturels considérés dans cette étude. Cependant, entre le début des années 1990 et le milieu des années 2000, un suivi spécifique a été mis en place pour caractériser un glissement lent dans le secteur de Arnouville, Petit-Bourg (BRGM et al., 1991, ANTEA et al., 2002, IMSRN et al. 2005) et actuellement une réflexion portée par la DEAL Guadeloupe est en cours sur la mise en place de l'outil VIGICRUES (voir par la suite). Une proposition de réseau de suivi d'un autre glissement lent à Petit-Bourg (Pointe-à-Bacchus) a été proposée par le BRGM (Legendre et al., 2019 et Herivaux et Legendre, 2019) pour mieux contraindre un supposé grand glissement à l'échelle de l'ensemble du quartier de Pointe-à-Bacchus avec une cinétique lente.

VIGICRUES est un outil d'information cartographique (carte de vigilance, bulletins d'information, ...) destiné à informer le public et les acteurs de la gestion de crise sur le risque de crues. Fondée sur les mêmes principes que la vigilance météorologique produite par Météo-France, la vigilance crue est établie par le Service central d'hydro-météorologie et d'appui à la prévision des

inondations (Schapi) et les services de prévisions des crues (SPC) rattachés aux DREAL. Dans ce sens, la mise en place d'une cellule de veille hydrologique en Guadeloupe est en cours de réflexion (source : DEAL Guadeloupe) afin d'améliorer les capacités de prévision des inondations par débordement de cours d'eau sur certains bassins-versants.

Les phénomènes de mouvements de terrain peuvent être déclenchés par des facteurs externes, comme un séisme ou de fortes pluies. A ce titre, la vigilance météorologique peut constituer un élément important à prendre en compte. Mais les forçages externes ne sont pas toujours synchrones avec les mouvements de terrain. Par ailleurs, les précurseurs d'une instabilité ne sont pas toujours observables directement et une surveillance spécifique peut s'avérer nécessaire pour suivre localement certaines instabilités.

En fonction de la typologie du mouvement de terrain, de son intensité et de sa cinétique, une surveillance peut être possible, via une instrumentation in-situ ou à distance. Par exemple :

- Pour des phénomènes à cinétique lente (glissement de terrain, ...), une instrumentation in-situ peut être mise en place (réseau de GPS, inclinomètres, extensomètres, piézomètres, capteurs optiques, ...) afin d'étudier le glissement (profondeur, direction, vitesse) et de surveiller son évolution au cours du temps en fonction de différents paramètres (saisons, pluviométrie, saturation en eau des sols, ...). A cela peut s'ajouter une surveillance visuelle.
- Pour des phénomènes à cinétique rapide (érosion de berge, éboulement de versant rocheux, ...), la surveillance est moins évidente et passe la plupart du temps par une surveillance visuelle. Une instrumentation à distance (radars, scanners, distance-mètres) peut toutefois être mise en place même s'il nous semble qu'aucun suivi de ce type n'ait été initié en Guadeloupe.

La procédure de vigilance météorologique et son inscription dans le cadre du plan ORSEC sont des éléments primordiaux dans la réduction de la vulnérabilité des populations exposées aux phénomènes météo-marins en Guadeloupe. Actuellement, il est parfois difficile d'évaluer l'impact local en termes d'inondation ou de submersion pour certains événements météorologiques. Cependant, les travaux de recherche actuellement portés par Météo-France et la mise en place, à court ou moyen terme, de systèmes de surveillance plus locaux, à l'échelle d'un bassin versant par exemple (Cellule de veille hydrologique), conforteront le rôle important de ces outils ou systèmes de surveillance et de vigilance, pour réduire la vulnérabilité des populations exposées.

L'existence d'outils de surveillance et de vigilance est le premier critère à prendre en compte dans la caractérisation d'une menace (ou pas) pour la vie humaine associée aux phénomènes relativement prévisibles comme la submersion marine, l'inondation et les mouvements de terrain à cinétique lente (Illustration 9).

2.2.2. Préparation à la gestion de crise

La réponse de l'Etat aux crises majeures repose sur une organisation établie à l'avance, qui lui permet de réagir le plus rapidement et le plus efficacement possible. Cette organisation est fondée sur :

- des responsabilités et des missions clairement définies ;
- des centres de veille et des centres opérationnels permanents ;
- des circuits d'information et des chaînes d'alerte.

La première réponse à la crise est généralement locale et repose sur le maire et sur le préfet de département. Lorsque la crise s'étend géographiquement, le préfet de la zone de défense et de sécurité exerce des missions de soutien, de renfort et de coordination au profit des préfets des départements touchés et tient le rôle de relais auprès de l'échelon central.

L'organisation des secours, la prise en charge des populations, la sauvegarde des personnes, des biens et de l'environnement nécessitent une préparation en amont pour apporter la réponse opérationnelle la plus efficace possible en situation d'urgence (accident, catastrophes, sinistres, etc.). Dans le cadre de la présente étude, nous nous sommes concentrés sur les deux premiers échelons : communal et départemental.

Cette préparation à la gestion de crise prend trois formes différentes : la planification, les exercices et les retours d'expériences.

Au niveau communal : le Plan Communal de Sauvegarde (PCS), sous la responsabilité du maire, est un outil de planification des actions des acteurs communaux de la gestion du risque (élus, agents municipaux, bénévoles, entreprises partenaires) en cas d'évènements majeurs naturels, technologiques ou sanitaires (art. L731-3 du Code de la sécurité intérieure).

Il a pour objectif l'information préventive, l'alerte, la protection et le soutien de la population. Il détermine, en fonction des risques connus, (1) les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, (2) fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, (3) recense les moyens disponibles (communaux ou privés) sur la commune et (4) définit la mise en œuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population

Il est obligatoire pour les communes dotées d'un Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn). En Guadeloupe, l'ensemble des 32 communes sont dotées d'un PPRn et d'un PCS (source : Préfecture de Guadeloupe) même si on n'en recense que 28 sur la Base nationale de Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques (GASPAR).

Au niveau départemental : Le dispositif d'Organisation de la Réponse de Sécurité Civile (ORSEC) organise, sous l'autorité du préfet, la chaîne de commandement, la prise en compte des vigilances, l'alerte et la communication, et les missions pré-identifiées (secours, hébergement et ravitaillement, ...) (art. 14 de la loi de modernisation de la sécurité civile).

Ce dispositif repose sur plusieurs points essentiels :

- Une analyse des risques existants, pour une réponse la plus adaptée possible ;
- Une progressivité de la réponse, qui se met en place en fonction de l'ampleur des évènements et s'adapte au fur et à mesure selon l'évolution du phénomène ;
- Une adaptabilité du schéma de réaction, qui permet de gérer un scénario non planifié.

Défini à l'échelle départementale et/ou zonale, il comprend des dispositions générales relatives à l'organisation de la gestion de crise, de l'alerte, de la remontée d'informations, etc. et des dispositions particulières, intégrant des éléments spécifiques à certains risques particuliers comme le risque cyclonique ou le risque volcanique (Plan ORSEC Phénomène météorologique ou Plan ORSEC Volcan).

En Guadeloupe, le dispositif ORSEC a été approuvé en 2006 par arrêté préfectoral. Il a remplacé les plans d'urgence pour la gestion des catastrophes depuis la loi de modernisation de la sécurité

civile du 13 août 2004 et de ses trois décrets d'application du 13 septembre 2005 : ORSEC (n° 2005-1157), plan particulier d'intervention PPI (n° 2005-1158) et plan communal de sauvegarde PCS (n° 2005-1156). Des dispositions spécifiques au plan ORSEC concernant les risques naturels existent en Guadeloupe (phénomènes volcaniques et phénomènes météorologiques extrêmes).

L'élaboration pour chacune des communes de Guadeloupe d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) et pour le département, d'un dispositif ORSEC actualisés et spécifiques, l'organisation d'exercices annuels sur les risques naturels (sismique, tsunamis, volcanique ou cyclonique) et les retours d'expériences récents sur les ouragans Maria et Irma, montrent bien la volonté des services de l'État et des collectivités de poursuivre et développer une politique de gestion des risques naturels dans l'objectif de réduire la vulnérabilité des populations exposées aux risques naturels.

L'existence d'outils de préparation et de gestion de crise est un critère important à prendre en compte dans la caractérisation d'une menace (ou pas) pour la vie humaine (Illustration 9). Il nous semble nécessaire d'actualiser ces outils de préparation et de gestion de crise à l'échelle communale afin de prendre en compte les spécificités de ces zones présentant un risque naturel grave et prévisible. Cela impliquerait dans l'analyse des risques existants, a minima une description (1) des zones concernées et de la nature des risques identifiés, (2) des spécificités à l'intérieur de ces zones vis-à-vis des mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, de la diffusion de l'alerte, des consignes de sécurité et des mesures d'accompagnement et de soutien de la population,

2.2.3. Informations préventives

L'information préventive sur les risques et catastrophes naturelles constituent un des piliers majeurs de la politique nationale de gestion des risques naturels (art. L125-2 du Code de l'environnement). Le dispositif réglementaire français s'appuie sur différents présupposés (Becerra et Peltier, 2011) qu'il est important de rappeler :

- Informer c'est prévenir un danger, une menace, pour que soient éventuellement prises des mesures de vigilance, d'aide ou d'intervention ;
- Informer c'est façonner des « comportements responsables » en préparant le citoyen à la possible survenue d'un événement. C'est le développement d'une conscience du risque et d'une prise de conscience des consignes de comportement à adopter en cas d'alerte ;
- Informer c'est protéger : si l'information est le moteur du changement des comportements face aux risques et aux crises, elle peut permettre de réduire les dommages sur les biens et les personnes. L'information préventive permettrait ainsi de faire du citoyen un acteur responsable de sa propre sécurité et c'est notamment l'objectif d'un autre dispositif de préparation à la gestion de crise décrit pour le cadre plus restreint des familles : le Plan Familial de Mise en Sureté.

L'élaboration et la diffusion de l'information préventive relève principalement du maire et de l'Etat. A ce titre, les communes ont l'obligation légale d'informer les citoyens sur les risques majeurs qu'ils encourent (art. L 125-2 du Code de l'environnement). Dans les communes où un PPRn a été prescrit ou approuvé, le maire informe la population au moins une fois tous les deux ans par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du Plan Communal de Sauvegarde (PCS), les modalités de l'alerte,

l'organisation des secours ainsi que les autres mesures prises par la commune pour gérer les risques majeurs.

Cette information préventive est délivrée avec l'assistance des services de l'Etat compétents, à partir des éléments portés à la connaissance du maire par le représentant de l'Etat dans le département.

A l'échelle départementale, les informations sur les risques majeurs, dont les risques naturels, sont généralement consignées dans un Dossier Départemental sur les Risques Majeurs établi par le préfet (DDRM). Ce document couvre la description et les conséquences de ces risques, mais aussi les mesures de sauvegarde prévues pour limiter leurs effets (Art. R125-11 (II) du Code de l'environnement).

A l'échelle communale, le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM) est établi par le maire (Art. R125-11 (III) du Code de l'environnement). Ce document recense les risques concernant le territoire communal et les mesures de sauvegarde à respecter, le cas échéant. L'élaboration de ce dernier document est obligatoire pour les communes couvertes par un PPRn prescrit ou approuvé.

La réalisation et la diffusion de ces documents peuvent être complétées par des échanges directs ou indirects avec la population, sous forme, par exemple, de réunions publiques.

En complément, d'autres dispositions réglementaires sont prévues dans le Code de l'Environnement existant afin d'informer la population sur l'exposition aux risques naturels :

- l'affichage du risque des consignes de sécurités présentes dans le DICRIM pour certains établissements (Art. L 125-12 et 14 du CE) ;
- l'inventaire des repères de crues indiquant le niveau atteint par les plus hautes eaux connues dans les zones inondables afin d'entretenir la mémoire du risque (Article R. 563-3). A ce titre, la commune doit matérialiser, entretenir et protéger ces repères ;
- l'information des acquéreurs ou locataires des biens immobiliers situés dans les zones couvertes par un PPRn, prescrit ou approuvé, par le vendeur ou le bailleur de l'existence de ces risques (Art. L 125-5 du CE).

Il existe aussi d'autres outils d'informations cartographiques disponibles sur internet complémentaire des DICRIM et DDRM pour permettre au grand public de mieux connaître les risques présents sur le territoire. On retiendra au niveau national, le site Géorisque du ministère de l'Environnement, de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES) (<http://www.georisques.gouv.fr/>) et au niveau local, le site de présentation des PPRn de la DEAL Guadeloupe (<http://pprn971guadeloupe.fr/>).

En Guadeloupe, l'ensemble des communes (32) bénéficie d'un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRn) et dont la révision est actuellement en cours. Sur la Base nationale de Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques (GASPAR), 22 DICRIM sont répertoriés.

De nombreuses actions d'information et de sensibilisation (Journées Japonaises, semaine Sismik, Caraib Wave, Richter, fête de la science, ...), sont menées par l'Etat les collectivités, les organismes de recherches (Université des Antilles, Observatoire Volcanique Sismologique de la Guadeloupe, BRGM, ...) et les associations (Croix-Rouge Française, AFPS, SDIS 971, ...).

Toutefois, il y a un manque de visibilité sur le nombre, la localisation, les thématiques abordées, ... des actions de diffusion de l'information préventive organisées par les communes. La définition de zones présentant un risque naturel grave et prévisible pour les vies humaines sur un territoire communal devra nécessiter une vigilance particulière sur l'élaboration et la diffusion d'information préventive, a minima une fois tous les deux ans en accord avec le Code de l'Environnement (art. L 125-2).

2.2.4. Vulnérabilité du bâti (« Bâti adapté » dans le logigramme)

Nous avons conservé, dans le cadre de cette étude, la définition du terme « bâti » tel qu'il est introduit dans le DDRM de Guadeloupe, c'est-à-dire un terme à considérer au sens large et regroupant indifféremment une maison, un établissement recevant du public ou un abri de jardin.

La vulnérabilité structurelle des bâtiments est définie par la capacité de résistance du bâti face aux aléas d'une part (nature des matériaux et types de construction) et la possibilité des individus de se mettre à l'abri à l'intérieur du bâtiment d'autre part (présence d'un étage refuge pour les inondations par exemple).

L'objectif pour l'AG50 étant d'avoir une caractérisation de la « menace pour la vie humaine » sur chaque bâti situé dans une zone présentant un risque naturel grave et prévisible, le BRGM a sollicité le bureau d'études INGEROP, spécialiste reconnu dans la caractérisation de la vulnérabilité des bâtiments, pour mettre au point une méthodologie d'investigation simple et robuste permettant de statuer sur la vulnérabilité effective d'une habitation face aux aléas inondation et submersion marine. Le rapport technique d'INGEROP décrivant plus en détail cette méthodologie est présenté en Annexe 3.

En résumé, cette méthodologie permet :

- D'intégrer et de mettre en perspective des données déjà existantes (cadastres, information bâti, enquêtes de terrain antérieures, ...), des données complémentaires et actualisées lors de visites de terrain (type de matériaux, épaisseur, hauteur de premier plancher, présence d'un niveau refuge, ...) et des données sur les aléas naturels (hauteur d'eau, vitesse d'écoulement, nature des formations géologiques, scénarios de références pour chacun des phénomènes naturels considérés, ...).
- De faire une analyse de ces données sur la base d'abaques préalablement définies pour chaque matériau (métal, bois, maçonnerie non armée, béton armé), épaisseur et portée horizontale rencontrés afin de permettre le calcul de la résistance structurelle du bâti
- D'analyser le risque de déchaussement, ou d'affouillement, des fondations pour les phénomènes de submersion marine et d'inondation, en faisant appel à la formule empirique d'Izard et Bradley.

Toute l'analyse des données existantes, la saisie des données nouvelles et l'analyse de la vulnérabilité du bâti (résistance structurelle et affouillement) qui s'en suit, est basée sur l'élaboration et l'exploitation d'une base de données sous SIG (QGIS). Cette méthodologie a ensuite été appliquée sur près d'une centaine de bâti sur les 4 sites pilotes de l'étude.

Cette méthode d'investigation robuste et simple à mettre en place et permettant de statuer sur la vulnérabilité effective d'une habitation présente toutefois quelques limites :

- La profondeur réelle des fondations n'est jamais connue faute d'investigations fines. Le risque donné par les abaques suppose que les fondations descendent au moins 40 cm sous le terrain naturel ;
- Les abaques produits supposent que les constructions ont été réalisés dans les règles de l'art en termes de qualité des matériaux et de mise en œuvre. D'autre part, il est supposé un bon état d'entretien de la construction ;
- L'existence et la localisation de murs de refends et l'utilisation de sections de poteaux bois plus importantes à l'intérieur de certains bâtis pourrait faire évoluer le diagnostic de vulnérabilité. Une expertise structurelle plus poussée des bâtiments jugés vulnérables, avec une visite à l'intérieur du bâti, devrait être réalisée avant de conclure définitivement à leur forte vulnérabilité.

2.2.5. Occupation nocturne

L'exposition à un risque naturel grave et prévisible et la capacité de mise à l'abri, sont différentes de nuit ou de jour. La nuit, les enjeux se concentrent dans le bâti à usage d'habitation (et les hôtels) alors que le jour, les enjeux sont répartis dans les bâtis à usage d'habitation et à usage professionnel (agricole, industriel et commercial) ou assimilé (administration, établissements recevant du public, ...).

Dans le cas d'un évènement naturel prévisible (inondation ou submersion marine), s'il existe des dispositifs de vigilance et de surveillance, de gestion de crise et d'information préventive, les bâtiments à usage professionnel ou assimilé auront été évacués en prévision de l'arrivée du phénomène.

Nachbaur et al. (2015) considèrent que le jour, les individus présents dans ces bâtis à usage commercial auront le temps de voir arriver le phénomène naturel dangereux (inondation et/ou submersion marine) et se mettre à l'abri. De jour, les secours ont aussi une meilleure visibilité pour intervenir.

C'est à ces conditions qu'il pourrait-être envisageable de conserver des bâtiments à usage professionnel ou assimilé diurne dans des zones présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines.

Dans le cas d'une occupation nocturnes des bâtiments d'habitation exposés à des phénomènes naturels à cinétique très rapide et pour lesquels on ne dispose pas dispositifs de vigilance et de surveillance (par exemple éboulement de falaise, ...), les individus peuvent être surpris par la soudaineté du phénomène dans leur sommeil ; leur temps de réaction est donc plus long pour pouvoir se mettre à l'abri. Les secours auront plus de difficulté pour intervenir sur l'ensemble de la zone concernée : la vie humaine peut-être menacée.

2.2.6. Accessibilité des secours et possibilités de mise à l'abri en cas d'urgence (« Mesures de Secours » dans le logigramme)

L'analyse de ces éléments se réalise à l'échelle de l'ensemble de la zone exposée à un risque naturel grave et prévisible que l'on peut aussi nommer : bassin de risque. Elle permet de prendre en compte les capacités d'accès des secours à la zone afin d'éviter que des portions du territoire se retrouvent isolées ainsi que les capacités de mise à l'abri des populations en cas d'évacuation d'urgence afin de ne pas générer une menace pour les vies humaines. Cette analyse de

l'accessibilité des secours et des possibilités de mise à l'abri en cas d'urgence doit se faire avec l'ensemble des acteurs de la gestion de crise (SIDPC, SDIS, commune, ...).

Les principaux critères utilisés pour évaluer ces éléments, se basent sur les réflexions issues des retours d'expérience de la tempête Xynthia en 2010 (e.g. Creach, 2015) ou de réflexions sur l'application de la loi Letchimy en Guadeloupe (Nachbaur et al., 2015) :

- La présence d'un ensemble urbain cohérent et homogène pour éviter le mitage urbain et l'isolement de certains bâtiments au sein du bassin de risque ;
- L'accessibilité des voies de communication pour les secours et l'évacuation d'urgence ;
- La proximité par rapport à une zone refuge (identifiée dans les Plan Communaux de Sauvegarde) en cas d'évacuation d'urgence de l'ensemble de la zone exposée à un risque naturel grave et prévisible ;

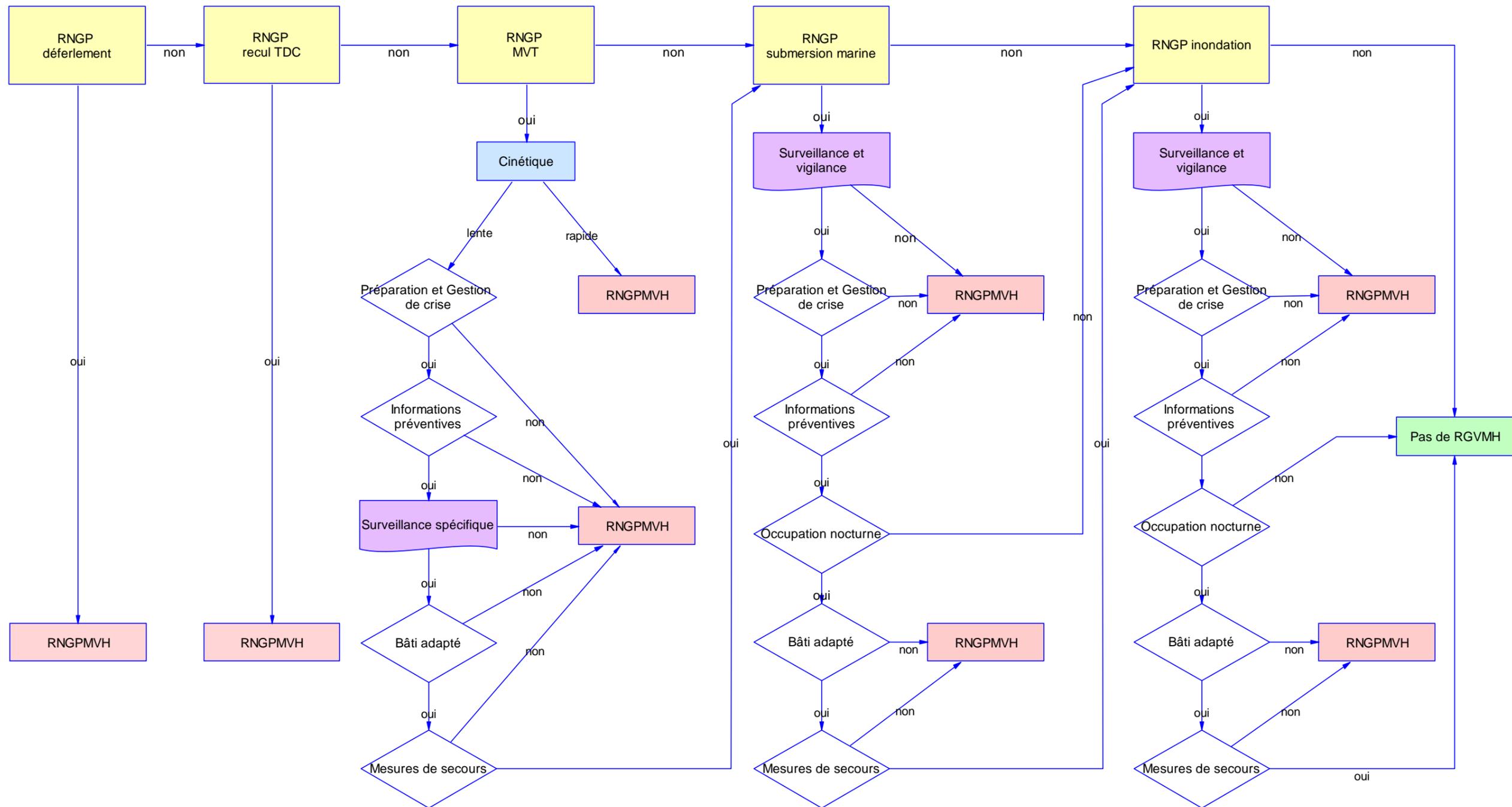


Illustration 9 : Logigramme de caractérisation des zones de risque grave de menace pour les vies humaines dans le cas d'aléas déferlement, recul du trait de côte, mouvement de terrain, submersion marine et inondation concomitants. RNGP : Risque Naturel Grave et Prévisible (zone de danger); déferlement : aléa choc mécanique des vagues associé à l'aléa submersion marine ; recul TDC : aléa recul du Trait De Côte ; MVT : aléa mouvements de terrain (chapitre 2.1). Surveillance et vigilance, Préparation et Gestion de Crise, Informations préventives, Surveillance spécifique, Occupation nocturne, Bâti adapté, Mesures de secours : critères retenus pour caactériser la menace sur la vie humaine (chapitre 2.2). RNGPMVH : bâti présentant un Risque Naturel Grave et Prévisible Menaçant la Vie Humaine ; Pas de RNGVMH : Bâti ne présentant pas de Risque Naturel Grave et Prévisible Menaçant la Vie Humaine

3. Application de la méthodologie aux quatre sites pilotes

Cette deuxième partie de l'étude a pour objectif d'appliquer la méthodologie sur 4 sites pilotes et de tester le déroulé de notre approche.

Les 4 sites pilotes (Illustration 10) ont été définis au début du projet, en accord avec l'AG50 pour représenter la diversité des configurations que l'on peut s'attendre à avoir sur le littoral guadeloupéen en termes d'exposition aux risques naturels, de contexte géologique et géomorphologique, etc.

Pour rappel, les quatre sites pilotes retenus sont :

- Capesterre-Belle-Eau, le quartier de Carangaise-Poirier ;
- Gourbeyre, le secteur de Rivière-Sens ;
- Pointe-Noire, le bourg ;
- Pointe-Noire, la plage Caraïbe.

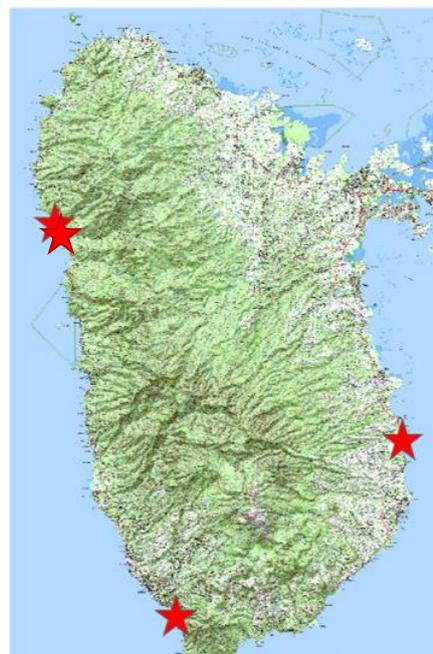


Illustration 10 – Localisation des quatre sites pilotes pour l'application de la méthodologie de caractérisation du risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine.

3.1. QUARTIER CARANGAISE-POIRIER – CAPESTERRE-BELLE-EAU

3.1.1. Contexte

Localisation géographique

Le site pilote du quartier Carangaise-Poirier se situe sur la commune de Capesterre-Belle-Eau au niveau de la section cadastrale AH (Illustration 11). Sur son secteur est, il est exposé à l'océan Atlantique, entre la Grande Pointe au nord et la pointe Constant au sud. A l'ouest, le secteur est bordé par une route communale. Dans la moitié sud du secteur, deux ravines s'écoulent perpendiculairement au littoral, jusqu'à la mer : la ravine Jean Bourgeois au nord et la ravine Corps de Garde au sud. Ces deux ravines divisent le site d'étude en trois quartiers (du nord au sud) :

- Poirier, dont une partie se situe au nord du secteur ;
- Carangaise, situé entre les deux ravines et se prolongeant dans les terres vers l'ouest ;
- Catherine Doyon, dont la majeure partie est située au sud du secteur.

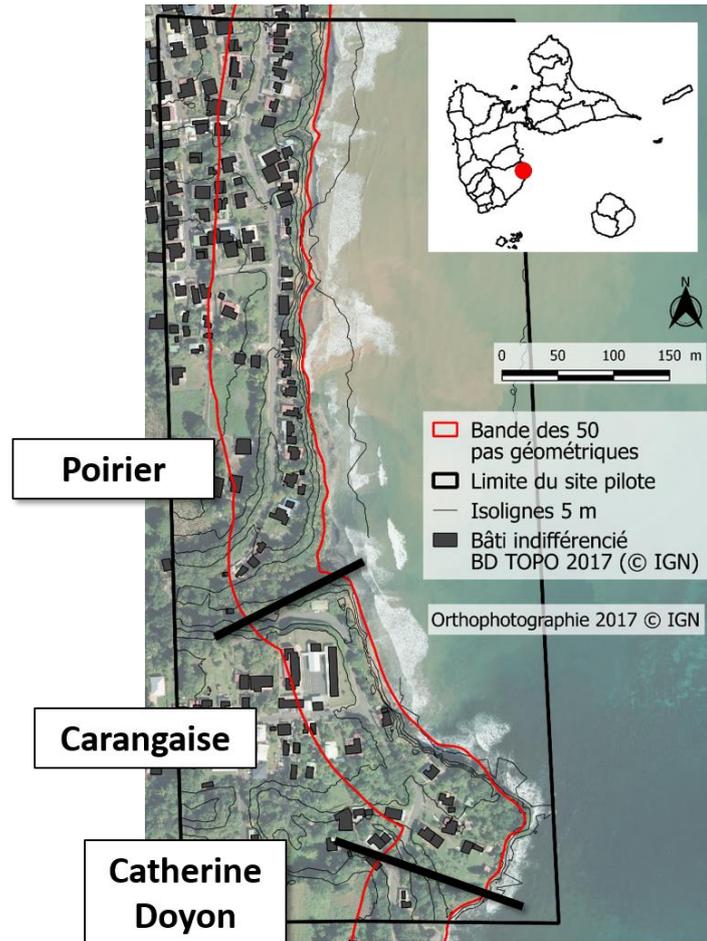


Illustration 11 – Localisation générale du site pilote du quartier Carangaise-Poirier (en noir) et zone des 50 pas géométriques (en rouge) (© IGN 2017).

Contexte géologique et morphologique

D'après la carte géologique de la Basse-Terre au 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966¹), le site pilote du quartier de Carangaise-Poirier se situe dans des formations géologiques issues d'activités volcaniques successives (Illustration 12). De la plus récente à la plus ancienne, on retrouve :

- L'unité notée Qab, correspondant à des brèches andésitiques des volcans à cratère en coupole inversée, issues d'une activité volcanique Quaternaire. Cette formation est décrite dans la notice géologique comme « *des formations épaisses, constituées d'une majorité d'éléments fins, qui cimentent des éléments plus ou moins anguleux, d'environ 10 à 15 centimètres de diamètre. [...] La puissance maximum de ces formations peut dépasser 500 mètres* ».
- L'unité notée Pp1, correspondant à des lapillis et ponces dacitiques issus du volcanisme méridional de type explosif. Ces formations sont épaisses de 600 à 700 m selon leur localisation. La notice les décrit comme « *présentant différents faciès. Il s'agit en général d'une formation constituée d'éléments de diamètre inférieur à 5 centimètres. La roche est*

¹ de Reynal de Saint-Michel A. (1966), Notice explicative des feuilles de Basse-Terre et des Saintes - Carte géologique au 1/50 000, Département de la Guadeloupe, BRGM

grise et prend une teinte ocre par altération. La texture est fréquemment vacuolaire, rarement compacte. Quelques éléments ont une texture ponceuse. »

- L'unité notée I, correspondant à des formations volcaniques et détritiques anté-Miocène. Lorsque la séquence est complète, elle montre à son toit, des argiles résiduelles qui superposent des conglomérats continentaux, eux-mêmes surmontant des formations volcaniques en place. Les conglomérats continentaux et les argiles résiduelles sont issus d'une longue période d'érosion.

Deux sondages extraits de la Banque des Données du Sous-sol (BSS) sont situés dans un rayon de 500 m autour du site pilote (Illustration 12). Ce sont les sondages notés BSS002NLMF et BSS002NLMG (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Ils permettent d'identifier une coupe de sol dans les brèches pyroclastiques andésitiques du Quaternaire notées Q_{ab} (de haut en bas) :

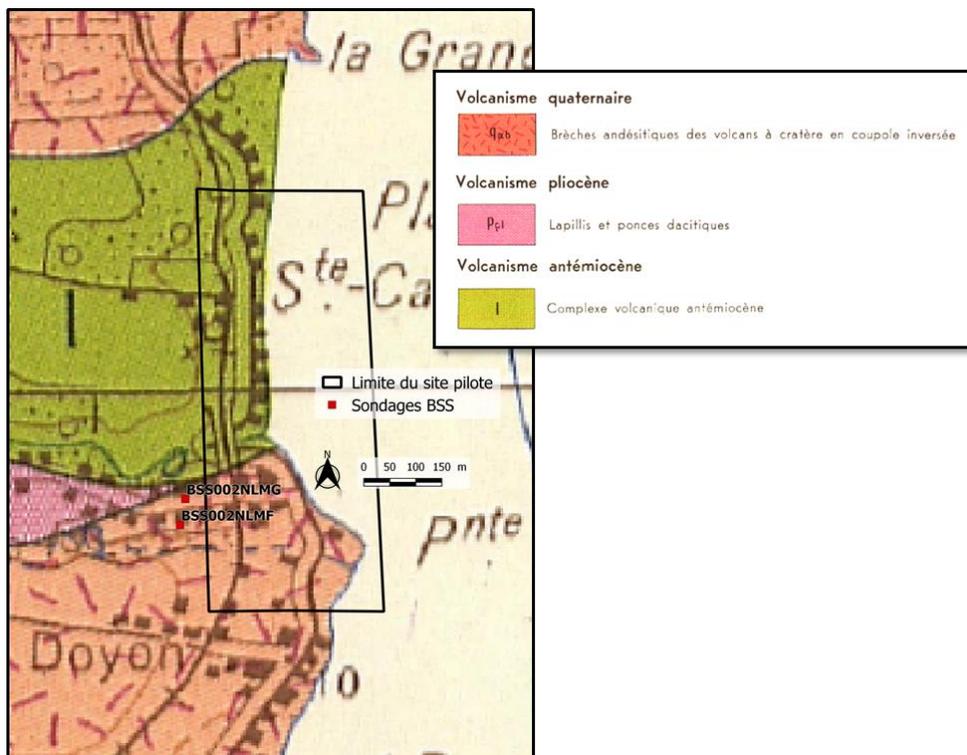


Illustration 12 – Localisation du site d'étude (en noir) sur un extrait de la carte géologique de la Basse-Terre à 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966) et localisation des sondages décrits à proximité, extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) (<http://infoterre.brgm.fr>).

Les observations sur le terrain (Illustration 13) ont permis de déterminer une succession lithologique composée de trois unités majeures, d'origine volcanique et volcanoclastique (de la plus ancienne à la plus récente, de bas en haut) :

- L'« unité » inférieure, très altérée (isaltérite), d'environ 2 à 3 m d'épaisseur, semble être issue du remaniement de matériaux polygéniques et hétérométriques. Ces matériaux se caractérisent par une cohésion dans l'ensemble marquée. Des évidences de sous-cavage lié à la houle (encoche marine) de 1 m de haut environ au maximum et de 1 à 1,5 m de profondeur ont été observées sur quelques portions du linéaire de la falaise ;
- L'« unité » intermédiaire, très altérée (isaltérite), pouvant atteindre entre 6 et 8 m d'épaisseur semble correspondre à un empilement de coulées pyroclastiques anciennes, constituées de matériaux hétérométriques et présentant des figures d'écoulement dynamique. L'ensemble de la formation semble plus cohésif que l'unité supérieure

(érosion différentielle marquée au nord du secteur d'étude). La partie supérieure de cette unité intermédiaire (entre 0 et 2 m d'épaisseur) est constituée d'un niveau plutôt cendreux contenant des fragments ponceux et que l'on associe à une unité de retombées aériennes ;

- L'« unité » supérieure, d'environ 6 à 8 m d'épaisseur, semble être formée de matériaux pyroclastiques plus récents (même s'ils présentent un certain degré d'altération), aux éléments hétérométriques et plurimétriques. Sa partie supérieure, pouvant atteindre entre 2 et 3 m d'épaisseur est complètement argilisée et décrite comme une allotérite. Ces coulées semblent moins cohésives que l'unité intermédiaire : leur recul est plus important au nord du site pilote.

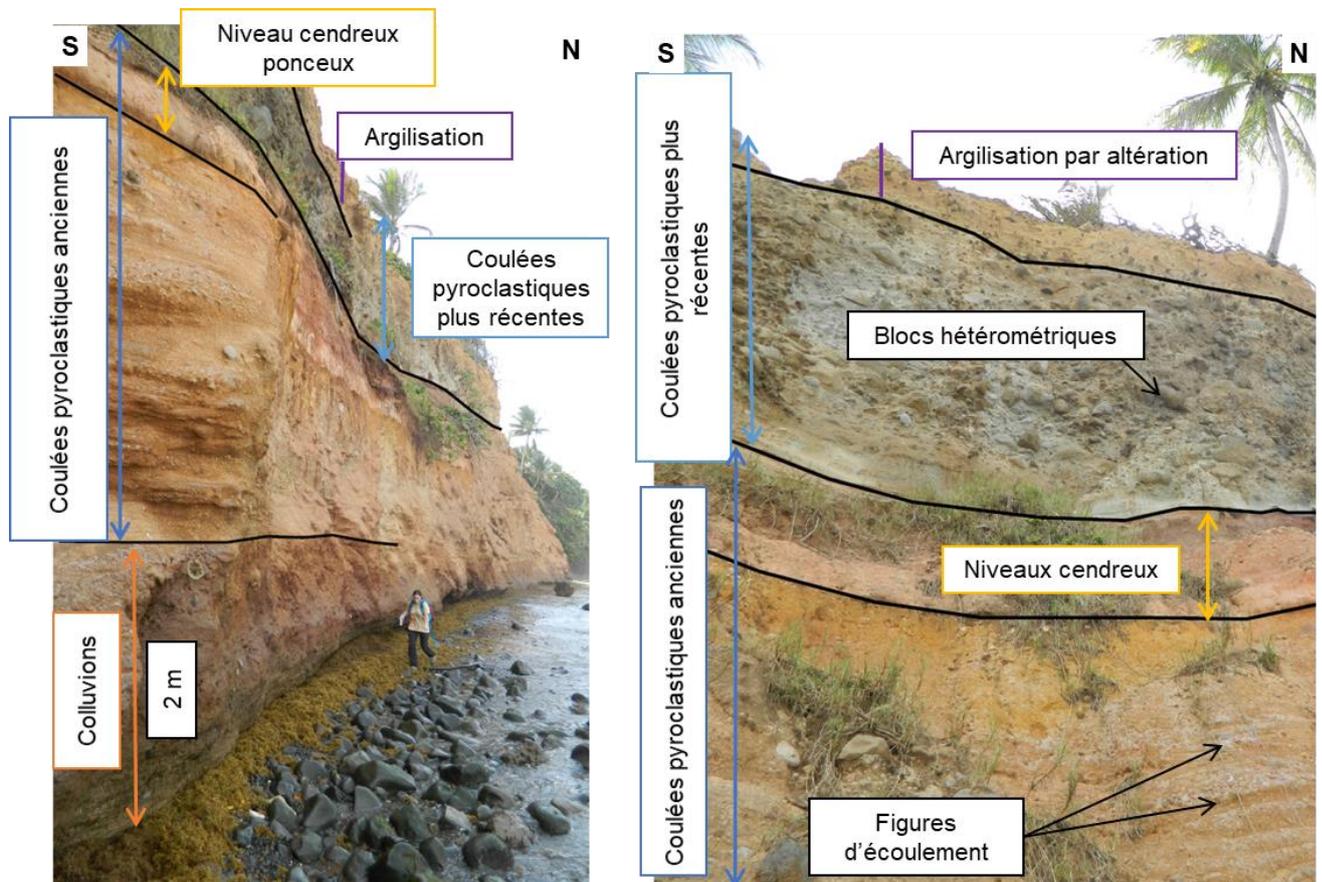


Illustration 13 – Observations géologiques à flanc de falaise au niveau de la Pointe Constant (cliché de droite : zoom sur la partie supérieure de la falaise).

Du point de vue morphologique, la zone d'étude est située à l'extrémité orientale d'un plateau aux pentes faibles (Illustration 14), interprété comme une zone d'accumulation des dépôts volcaniques et volcanoclastiques associés au volcanisme de la Chaîne Axiale et/ou du Complexe de la Grande-Découverte - Soufrière. Il est délimité à l'est par la présence d'une falaise orientée nord-sud, d'une hauteur de 10 à 20 m et dont les pentes fortes peuvent atteindre 80°. Les deux ravines au sud du site présentent des berges au relief marqué dont les pentes atteignent jusqu'à 60° en rive droite et sont plutôt comprises entre 20 et 40° en rive gauche.

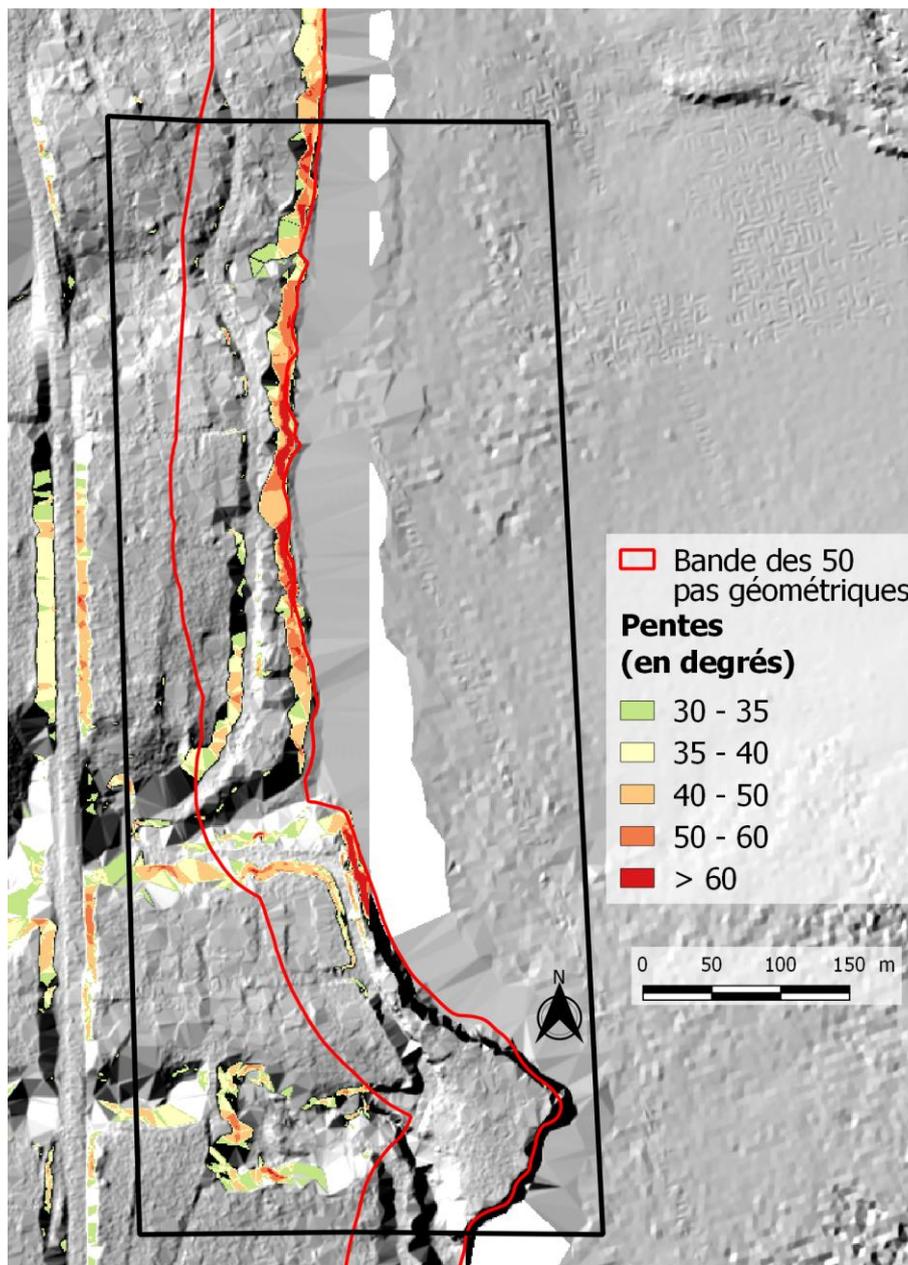


Illustration 14 – Carte des pentes du site pilote du quartier Carangaise-Poirier (d’après Litto3D® - ©IGN 2013).

3.1.2. Description et analyse historique des aléas naturels

Arrêtés de reconnaissance de l’état de catastrophe naturelle

La commune a fait l’objet, à ce jour, de 10 arrêtés de reconnaissance de l’état de catastrophe naturelle (Tableau 1) pour des phénomènes de mouvement de terrain (autres que liés à la problématique « retrait-gonflement des argiles »), pour des chocs mécaniques liés à l’action des vagues et pour des inondations (source www.georisques.gouv.fr).

Nature de l'arrêté	Date	Phénomène météorologique associé
Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	16/08/2007	(O) Dean
Inondations, coulées de boue, éboulements, glissements ou affaissements de terrain consécutifs au passage de l'ouragan Marilyn	13/09/1995	(O) Marilyn
Inondations, coulées de boue, éboulements, glissements ou affaissements de terrain et chocs mécaniques liés à l'action des vagues consécutifs au passage de l'ouragan Luis	03/09/1995	(O) Luis
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	17/09/2017	(O) Maria
Inondations et coulées de boue	19/10/1998	
	18/11/1999	(O) Lenny
	17/05/2004	<i>Episode pluvieux</i>
	17/11/2004	<i>Episode pluvieux</i>
	12/10/2012	(T) Raphaël
	17/09/2017	(O) Maria

Tableau 1 : Nature des phénomènes, dates d'occurrence et épisodes météorologiques remarquables associés aux arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de Capesterre-Belle-Eau (O = Ouragan et T = Tempête Tropicale) (www.georisques.gouv.fr).

Mouvements de terrain

Les bases de données nationales sur les mouvements de terrains et sur les cavités souterraines (www.georisques.gouv.fr), ne mentionnent pas de mouvements de terrain ou la présence de cavités répertoriées au voisinage du site pilote.

Cependant, l'observation des orthophotographies historiques (depuis 1950) et les observations de terrain récentes (depuis 2017) permettent de mettre en évidence une instabilité générale de la falaise, tout le long du secteur d'étude, caractérisée par des reculs ponctuels du haut de l'escarpement allant jusqu'à 15 m.

L'observation des orthophotographies historiques depuis 1950 (BDHISTO®, www.remonterletemps.ign.fr – © IGN ; © Google Earth Pro ; ©CNES Airbus) permet d'identifier :

- Un recul historique de la tête de falaise sur l'ensemble du littoral entre la Pointe Constant (au sud) et la Grande Pointe (au nord). L'ensemble du site d'étude semble montrer un recul (mis à part peut-être l'extrémité est de la Pointe Constant) avec des valeurs de plus de 15 mètres sur certains secteurs (Illustration 16) ;
- L'existence de secteurs « dévégétalisés » (en particulier sur les orthophotographies récentes) que nous interprétons comme des réactivations de glissements de terrain. Par comparaison entre les orthophotographies de 2013 et 2019 (© IGN et © CNES Airbus), des glissements de terrain sont identifiés (Illustration 16), avec entre les deux années étudiées, un maintien ou une augmentation des surfaces dévégétalisées (marquant une augmentation des surfaces glissées ou des éboulis), ainsi qu'un recul de la tête de falaise

pouvant aller jusqu'à plus de 10 m par endroits. En complément, la comparaison de photos aériennes obliques prises en 2008 et 2018 (DEAL Guadeloupe - Illustration 15) montre par exemple, qu'un secteur en particulier (parcelles AH 16 et 17, entre les repères 2 et 3 sur l'illustration 16) a effectivement glissé sur environ 40 m de longueur, avec des reculs de la tête de falaise de l'ordre de quelques mètres à une dizaine de mètres (estimés à 12 m au maximum).

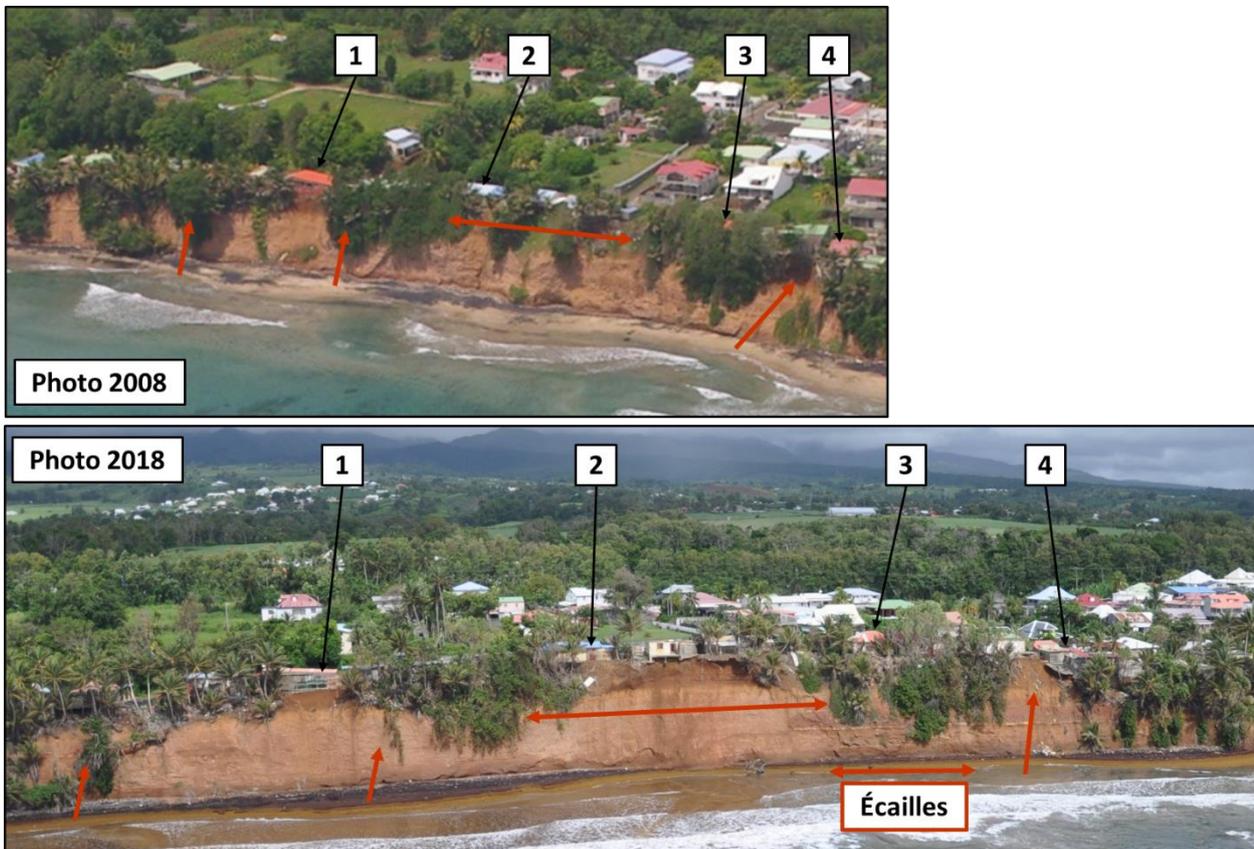


Illustration 15 – Comparaison des photos aériennes obliques prises en 2008 et 2018, mettant en évidence les zones de glissements et leur évolution en 10 ans (DEAL Guadeloupe). Les points repères sont identifiés sur l'illustration 16).

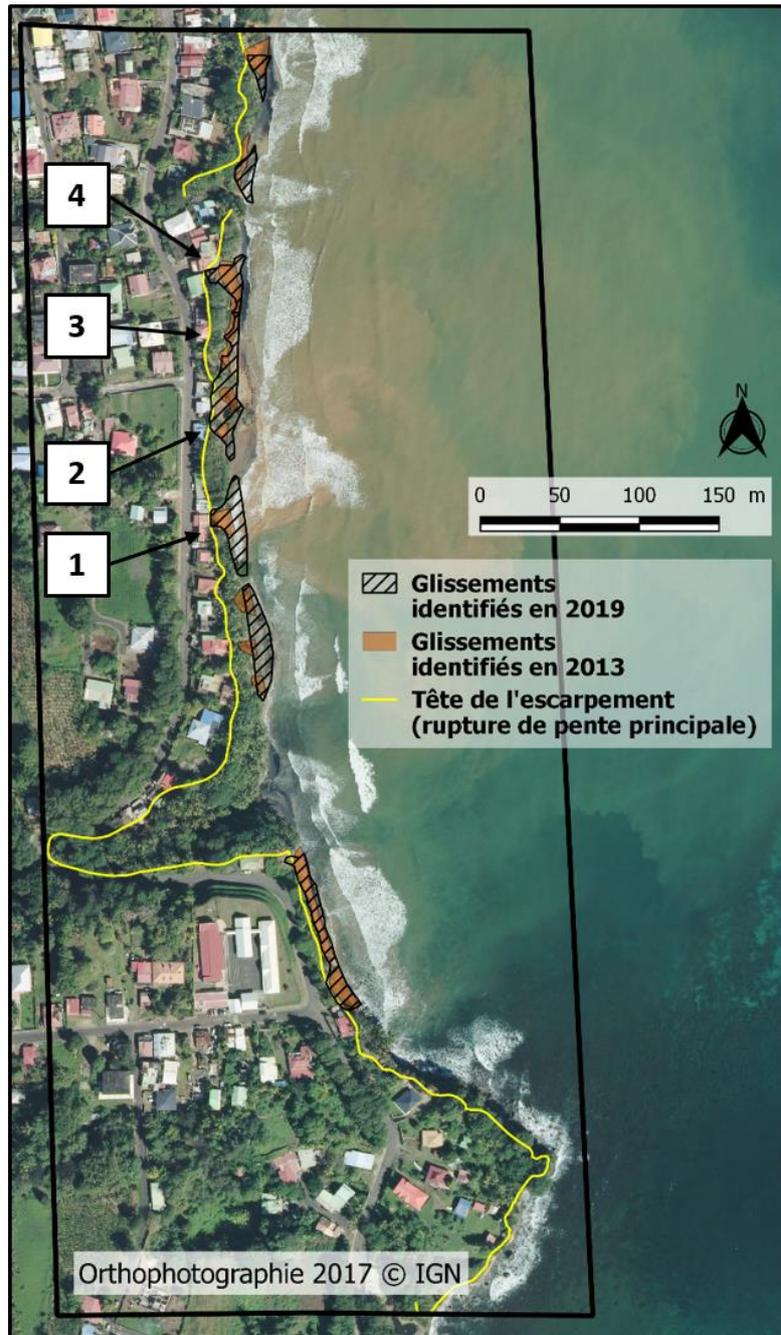


Illustration 16 – Cartographie des mouvements de terrain survenus le long de la falaise littorale du quartier Carangaise-Poirier, réalisée à partir des orthophotographies de 2013 et 2019 (© IGN et © CNES / Airbus) – Fond orthophotographie 2017 © IGN.

Ces observations sont confirmées par les données récoltées lors des visites de terrain depuis 2017 en différents points du site pilote, attestant de l'existence de phénomènes de glissements de terrain récents et récurrents :

- Un éboulement de la falaise est survenu le 29/03/2017 au lieu-dit de Carangaise, sur la parcelle AH56 au sud de site pilote de Carangaise-Poirier ; il semblait déjà actif en 1998 et 2004 (analyse des orthophotographies de l'IGN). Ce mouvement de terrain a fait l'objet

d'une expertise² par le BRGM. Les dimensions de la zone de départ sont de 20 m de haut sur un linéaire de 50 m avec un recul de 4 à 5 m. Le volume mobilisé est estimé entre 4 000 et 5 000 m³. Ce pan de falaise se serait détaché à la faveur de discontinuités structurelles (diaclases).

- D'autres occurrences relativement récentes (en dehors des périodes de fortes pluies) de glissements au sein de la falaise ont pu être observées (Illustration 17) au cours d'une visite de terrain (février et juin 2017 ; juin 2018) au pied de l'escarpement. Les volumes éboulés, estimés de 2 000 à 5 000 m³ peuvent être revus à la hausse compte tenu du manque d'information sur les reculs qu'ont impliqués les événements. Les fondations des bâtis ont été sous-cavées sur plusieurs mètres (2 à 3 m) et davantage si l'on considère les terrasses bétonnées qui se sont effondrées (Illustration 17).
- Lors de visites de terrain réalisées en fin d'année 2018, des évolutions ont été constatées sur ces mêmes secteurs, à savoir :
 - La diminution de certains cônes d'éboulis, du fait de l'action des vagues et de la houle ;
 - La réalimentation de ces mêmes cônes d'éboulis par des glissements superficiels ou des phénomènes érosifs se produisant dans la falaise ;
 - La poursuite du sous-cavage de certains bâtis, avec notamment la détérioration et la chute d'une dalle en béton attenante à l'un des bâtis du quartier Poirier (parcelle AH14).



Illustration 17 – Effondrements et cônes d'éboulis de la falaise littorale du site pilote du quartier Carangaise-Poirier.

D'après les observations décrites ci-dessus, la typologie de ces phénomènes de mouvement de terrain affectant la falaise, est décrite comme des **glissements de terrain** se produisant dans des formations altérées (isaltérite et allotérite).

Des phénomènes d'**érosion de berge** ont également été observés le long des ravines Corps de Garde et Jean Bourgeois, se manifestant sous la forme de petits glissements (volumes faibles) et se produisant dans les formations altérées argileuses décrites précédemment et dans des formations alluvionnaires quaternaires.

² **Garnier C., Guillen L. (2017)** – Avis sur la stabilité d'une falaise à Carangaise, Capesterre-Belle-Eau (97130). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-67078-FR. 38 p., 17 ill., 2 ann

Inondation

Deux cours d'eau traversant le site pilote, des inondations par débordement ont été observées par le passé. Le rapport de présentation du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) de Capesterre-Belle-Eau (2006) décrit de forts risques d'inondations sur ces secteurs notamment en ce qui concerne la ravine Corps de Garde (partie sud du secteur) avec des descriptions de crues successives venant déstabiliser l'un des ouvrages et de crues ayant emporté une habitation et son habitant (Hélène, 1963), ainsi que plusieurs arbres en haut de berge (Hugo, 1989).

3.1.3. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa

Mouvements de terrain

Deux types de phénomène de mouvement de terrain sont à redouter sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau : des glissements de terrain à cinétique rapide au niveau de la falaise littorale et au niveau des berges des ravines Corps de Garde et Jean Bourgeois.

- **Glissements de terrain à cinétique rapide au niveau de la falaise littorale**

Au niveau du littoral, les phénomènes redoutés sont des glissements de terrain à cinétique rapide (rupture brutale et soudaine), **d'intensité modérée à élevée** (volume mobilisable entre quelques milliers de m³ à dizaines de milliers de m³), avec une **probabilité d'occurrence élevée** (nombreux indices depuis 1950, réactivations fréquentes, activité en cours, formations géologiques propices, ...), affectant l'ensemble de la falaise sur potentiellement toute sa hauteur (entre 10 et 25 m en fonction des endroits) et sur un linéaire de l'ordre de quelques mètres à quelques dizaines de mètres, en un seul évènement ou en plusieurs épisodes très rapprochés dans le temps (quelques mois à années).

La présence de nombreuses habitations en tête de falaise entraîne une dangerosité importante de ce phénomène vis-à-vis des vies humaines.

Pour caractériser les zones présentant un risque de mouvement de terrain grave et prévisible (ou zones de « danger »), deux conséquences des phénomènes considérés sont prises en compte (Illustration 18) :

- le « recul » lié à un glissement qui concerne les enjeux situés en amont de la zone de rupture ;
- la « propagation » des glissements redoutés qui concerne les enjeux situés en aval de la zone de rupture.

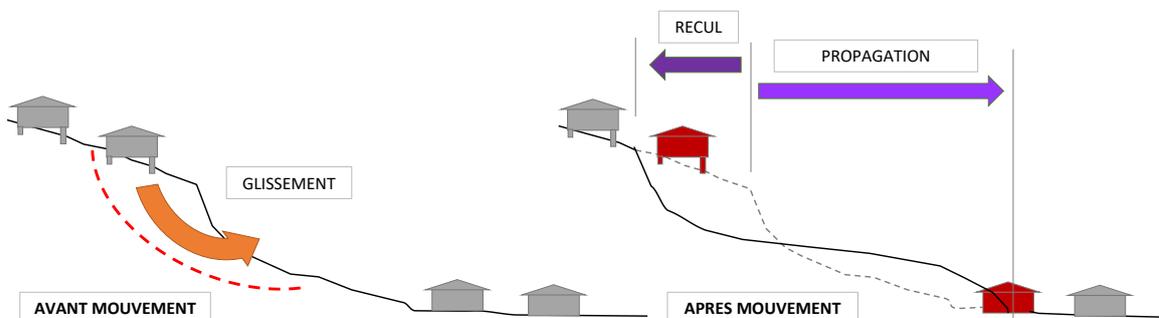


Illustration 18 – Menaces graves pour la vie humaine en cas de glissement de terrain : impacts redoutés (extrait de Legendre et al., 2019).

Pour le phénomène de recul de la tête de falaise, en cohérence avec nos observations et notre interprétation de la densité élevée, sur de courtes périodes, de glissements sur des secteurs actifs, le recul de la ligne de crête en cas de glissement peut être estimé entre 15 et 20 m en fonction de la hauteur de la falaise et à partir du haut de l'escarpement (tracé à partir des données Litto3D® 2013 - © IGN et de la BD ORTHO HR® 2017 – © IGN), soit un peu moins d'une fois l'épaisseur des formations affectées par le glissement (Legendre et al., 2019). Cette quantification repose notamment sur :

- Les observations de terrain réalisées depuis 2017 et 2019 (décrites précédemment) ;
- Les interprétations faites sur le recul de la tête de falaise par analyse des orthophotographies aériennes.

Dans le cas du site pilote de Carangaise – Poirier à Capesterre-Belle-Eau, les zones de propagation terminent en mer, sans enjeux identifiés en aval. Nous avons fait le choix de prendre le trait de côte de référence pour déterminer la limite aval de ces zones de propagation.

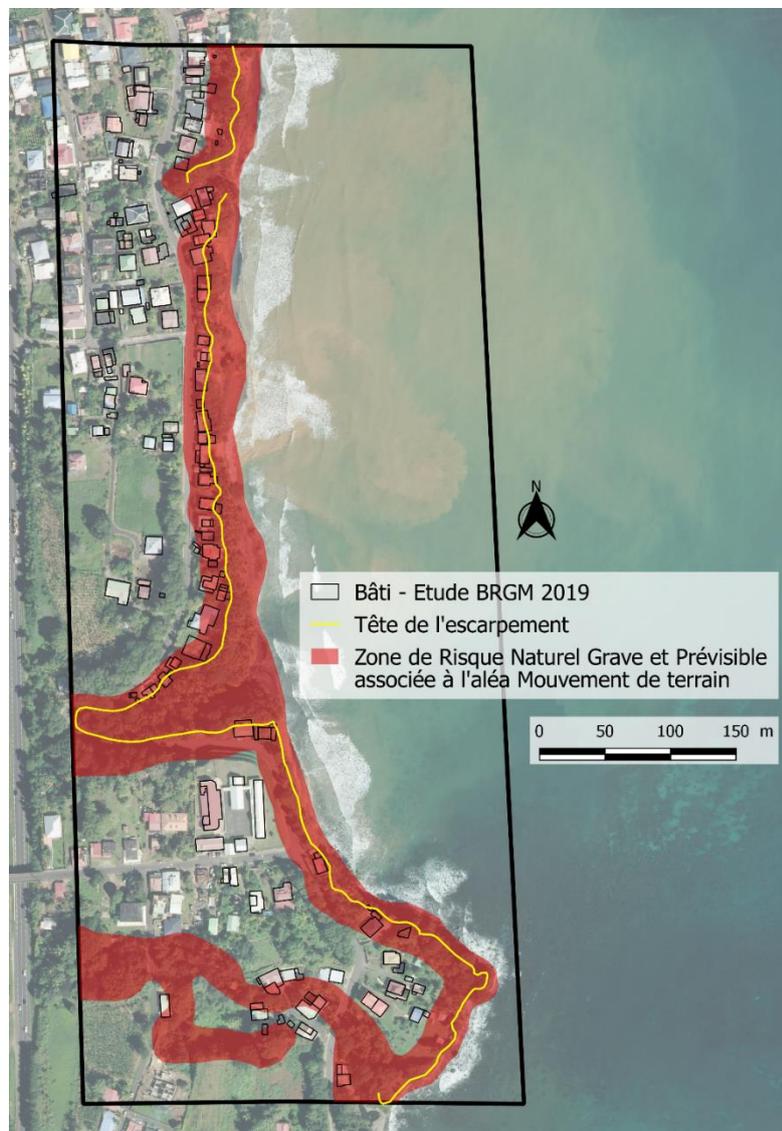


Illustration 19 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa mouvement de terrain sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.

- **Glissements de terrain à cinétique rapide au niveau des berges des ravines**

Au niveau des ravines Corps de Garde et Jean Bourgeois, les phénomènes redoutés sont des glissements de terrain associés à des érosions de berges, à cinétique rapide (rupture brutale et soudaine), d'**intensité faible à modérée** (volume mobilisable entre quelques centaines m³ à milliers de m³), avec une **probabilité d'occurrence élevée** (évidences d'activités récentes), affectant un linéaire de l'ordre de quelques dizaines de mètres.

Comme pour les glissements de terrain à cinétique rapide affectant la falaise (décrits précédemment), pour caractériser les zones présentant un risque de mouvement de terrain grave et prévisible (ou zones de « danger »), deux conséquences des phénomènes considérés sont prises en compte (Illustration 18) :

- un « recul » lié à un glissement qui concerne les enjeux situés en amont de la zone de rupture estimé entre 5 et 10 m en fonction de la hauteur de la berge et à partir du haut de l'escarpement (tracé à partir des données Litto3D® 2013 - © IGN et de la BD ORTHO HR® 2017 – © IGN) ;
- la « propagation » des glissements redoutés qui concerne les enjeux situés en aval de la zone de rupture. Les zones de propagation se terminent dans le lit des ravines, à l'intérieur desquels il n'y a pas d'enjeu identifié. Nous avons fait le choix de prendre le tracé de la ravine pour déterminer la limite aval de ces zones de propagation.

Submersion marine et choc mécanique des vagues

La quasi-totalité du site pilote, situé en surélévation par rapport au niveau de la mer (altitude de 10 à 30 m), n'est pas exposée à l'aléa submersion marine. Une submersion localisée des exutoires est cependant envisageable. Seul le pied de falaise, où il n'existe aucun enjeu, est susceptible d'être submergé et de subir les chocs mécaniques / projections de blocs associés à la zone de déferlement.

En l'absence d'enjeux, il ne peut pas y avoir de zones présentant un « risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines » associé à l'aléa submersion marine.

Recul du trait de côte

Le recul du trait de côte dans ce secteur est à rapprocher du phénomène de mouvement de terrain affectant la falaise et analysé dans la partie aléas mouvements de terrain. La susceptibilité à l'instabilité de la falaise est d'abord conditionnée par la nature géologique des formations la constituant et la présence d'eau souterraine circulant à l'intérieur de ces formations. L'anthropisation de la tête de falaise, l'absence (ou le dysfonctionnement) de réseau de récupération et d'évacuation des eaux de ruissellement et la présence de la rue de Sainte-Catherine qui constitue une surface de ruissellement préférentielle sont les principaux facteurs aggravants. L'action de la mer matérialisée par l'aléa recul du trait de côte ne représente finalement qu'un facteur aggravant secondaire au déclenchement de ce phénomène.

L'analyse de l'érosion du littoral est donc prise en compte dans la partie concernant les mouvements de terrain.

Inondation

Deux ravines ont été identifiées dans la zone d'étude : la ravine Jean Bourgeois et la ravine Corps de Garde. Elles drainent respectivement des bassins versants de 188 ha et 90 ha. Elles rejoignent

la mer à l'ouest au niveau du lieu-dit Poirier. Un troisième cours d'eau (nommé ravine Poirier) a été identifié au nord de la zone d'étude avec un bassin versant de moindre importance de 19 ha.

La caractérisation de l'aléa inondation à l'échelle de la zone d'étude, a été réalisée par SAFEGE et les détails de cette étude (SAFEGE, 2018 - 18MAG083) sont décrits plus dans l'Annexe 2.

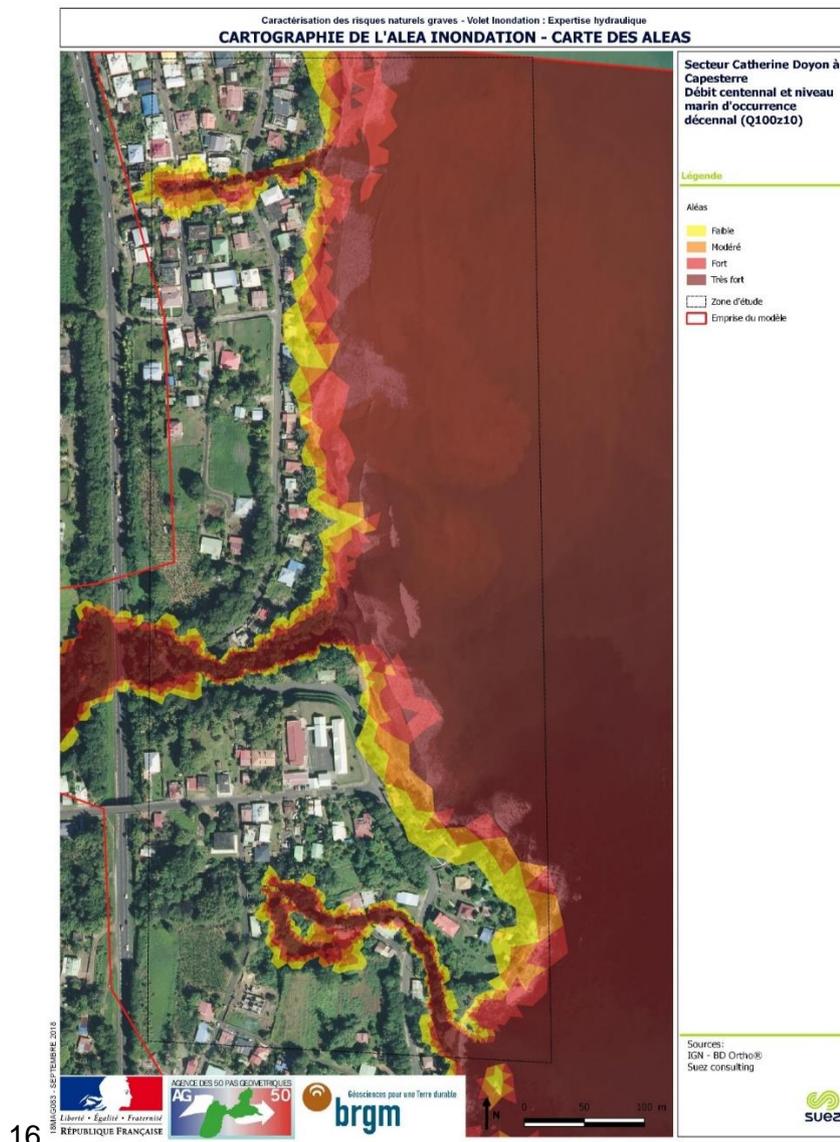


Illustration 20 – Cartographie de l'aléa inondation pour le site de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau, obtenue à partir du croisement entre les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau modélisées pour un débit d'occurrence centennal et un niveau marin d'occurrence décennal (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).

La cartographie des hauteurs d'eau montre qu'il y a quelques débordements en amont des rues de Doyon et de Sainte Catherine, essentiellement sur la ravine Corps de Garde (BV2) et sur la ravine Poirier (BV3). Les hauteurs d'eau peuvent être importantes dans le lit mineur des ravines (de l'ordre du mètre) mais ne dépassent généralement pas 50 cm dans les zones de débordements. Dans l'ensemble, les vitesses constatées dans les zones inondées ne dépassent pas les $0,20 \text{ m.s}^{-1}$.

Deux zones très localisées en amont des ravines Corps de Garde (BV2) et Poirier (BV3) sont toutefois impactées par des vitesses d'écoulement importantes et supérieures à 1 m.s^{-1} . Seul un bâtiment en partie construit dans le lit de la ravine Corps de Garde semble être exposée à des hauteurs d'eau supérieures à 1 m.

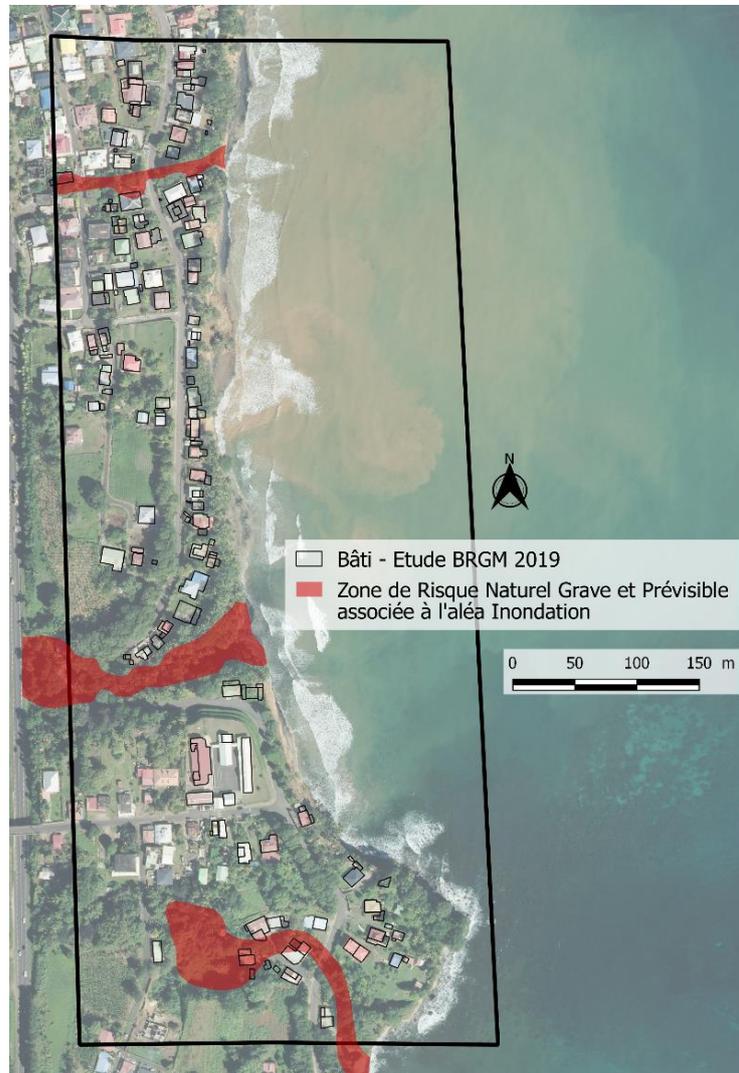


Illustration 21 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa inondation sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.

Les tests de sensibilités entre un niveau marin en aval retenu pour une occurrence décennale (+ 0,80 m NGG) et centennale (+ 1,50 m NGG) montrent que le niveau aval n'impacte pas ou peu la dynamique des inondations : enveloppe de la zone inondable inchangée (ou à la marge), hauteurs d'eau et vitesses semblables.

Des comparaisons entre des débits de pointe d'occurrence décennale et centennale montrent aussi que sur l'ensemble de la zone d'étude, l'emprise des zones inondées, les hauteurs d'eau et les vitesses estimées restent du même ordre de grandeur. Les cartes des hauteurs d'eau, des vitesses et des aléas restent inchangées. Seule la ravine du bassin versant 3 semble avoir une zone inondable légèrement plus importante (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).

Notre cartographie des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa inondation par débordement de cours d'eau (Illustration 20 et Illustration 21) repose sur la caractérisation d'une intensité forte de ce phénomène naturel.

Cartographie intégrée du risque naturel grave et prévisible

L'analyse et la cartographie des différents aléas présents sur le site pilote de Carangaise – Poirier à Capesterre-Belle-Eau montrent que l'on peut s'attendre à des intensités fortes à très fortes pour des phénomènes de mouvements de terrain et d'inondation par débordement de cours d'eau, dont la dangerosité vis-à-vis des vies humaines est importante. **L'Erreur ! Source du renvoi introuvable.** synthétise, pour les différents phénomènes naturels pris en compte, les zones présentant un risque naturel grave et prévisible dans une cartographie intégrée.

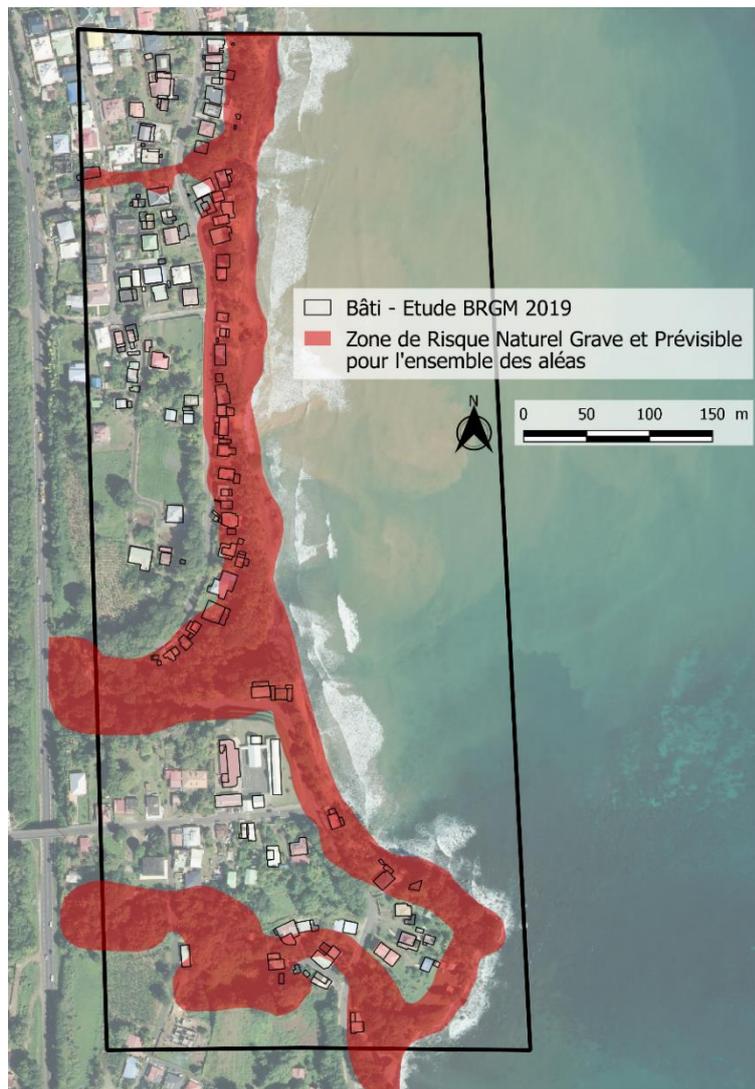


Illustration 22 – Cartographie intégrée de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.

3.1.4. Caractérisation de la menace pour la vie humaine

Les deux phénomènes de mouvements de terrain redoutés sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau (§ 3.1.3 Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa) sont caractérisés comme des phénomènes soudains se produisant avec une cinétique brutale et pouvant impacter structurellement les bâtis exposés (§ 2.1.2 Aléa mouvement de terrain). Face à ces phénomènes, les délais nécessaires à, d'une part, l'alerte des populations exposées et, d'autre part, leur mise à l'abri ou leur complète évacuation, ne peuvent pas être pris en compte. Les populations exposées ne peuvent se mettre en sécurité dans leur propre habitation, ce qui implique une menace pour la vie humaine.

Selon notre méthodologie (Illustration 9), l'ensemble des bâtiments (41) présents dans les zones de danger associées aux mouvements de terrain est considéré comme présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine. Parmi ces bâtiments, plusieurs semblent déjà abandonnés.

En ce qui concerne l'aléa inondation, la méthodologie développée dans les chapitres précédents (§ 2.2 Caractérisation de la menace pour les vies humaines) et synthétisée par l'illustration 9, propose d'analyser 7 critères successifs pour caractériser la présence (ou non) d'une menace pour la vie humaine.

Critère n°1 : Zone présentant un risque naturel grave et prévisible

Le croisement entre la cartographie de la zone caractérisée par un risque d'inondation grave et prévisible et l'identification du bâti permet de retenir 7 bâtiments ainsi qu'un bâtiment en cours de construction dans cette zone de danger.

Critère n°2 : Surveillance et Vigilance

Pour les aléas météorologiques (fortes pluies et orage, mer dangereuse à la côte et cyclones), auxquels l'inondation peut être rattachée, des systèmes de vigilance existent sur le territoire, à l'échelle du bassin atlantique nord (NHC) et de l'archipel (Météo-France).

Critère n°3 : Préparation à la gestion de crise et information préventive

Un dispositif ORSEC phénomènes météorologiques existe sur le territoire de la Guadeloupe et plus localement, la commune de Capesterre-Belle-Eau est dotée d'un Plan Communal de Sauvegarde, datant de 2013. Le PCS de Capesterre-Belle-Eau a été actualisé au moins une fois depuis son élaboration (2015) et décrit notamment l'organisation de la « cellule de crise communale » (composition actualisée, localisation, procédure de réception et de diffusion de l'alerte à la population, ...) et prend en compte un certain nombre de scénarios dont le risque de mouvements de terrain, d'inondation et de submersion marine.

Même si l'existence d'un PCS ne garantit pas que, dans le cas de l'occurrence d'un événement extrême, les secours ne soient pas saturés et soient dans l'impossibilité d'intervenir sur certains secteurs, la mise en sécurité des populations de jour ne peut se faire correctement que si la situation a été anticipée (2.2.2 Préparation à la gestion de crise) et à ce titre, on peut considérer que la gestion de la crise a été anticipée par la commune.

Pour le risque « Cyclone », le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) de la commune de Capesterre-Belle-Eau identifie des « secteurs susceptibles d'être évacués en cas de fortes houles cycloniques » et des lieux d'accueil associés. Une partie du site-pilote (parcelles n° 14 à 25 de la section AH) est ainsi identifiée, avec pour lieu d'accueil, l'école primaire de Carangaise,

située sur l'emprise du site pilote. En revanche, aucune procédure relative à l'évacuation de ce quartier n'est définie dans le PCS.

Une information préventive existe au niveau du département : DDRM (2014) et au niveau de la commune : DICRIM (2008).

Critère n°4 : Occupation nocturne

Le croisement entre la cartographie de la zone caractérisée par un risque d'inondation grave et prévisible et l'identification du bâti permet de retenir 9 bâtiments (dont 2 annexes) dans cette zone de danger. On considère donc 7 bâtiments pouvant avoir une occupation nocturne et 2 annexes.

Critère n°5 : Bâti adapté

En complément des données déjà existantes, une étude sur la vulnérabilité du bâti a été réalisée en 2018 par le bureau d'études INGEROP (INGEROP, 2019. Rapport MM3825 - Annexe 3).

Sur le site pilote de Carangaise - Poirier, les 7 bâtiments concernés par un risque d'inondation grave et prévisible ont fait l'objet d'un diagnostic de vulnérabilité.

Cette analyse de vulnérabilité du bâti a permis de caractériser comme faible, la vulnérabilité de deux bâtiments situés en partie ou en totalité dans la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa inondation. Cette analyse repose sur plusieurs critères : surélévation du premier plancher avec une hauteur d'eau à l'intérieur < 0,5 m, risque d'affouillement faible, risque structurel nul ou faible,

Pour les 5 autres bâtiments (Illustration 23), leur vulnérabilité a été jugée forte vis-à-vis du scénario de référence pour le phénomène inondation, soit en raison des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement (mise en danger des personnes, risque structurel), soit par rapport au risque d'affouillement du bâti (vulnérabilité structurelle).

Critère n°6 : Accessibilité des secours et possibilités de mise à l'abri en cas d'urgence

Si on réalise cette analyse à l'échelle des cinq bâtiments exposés à un risque d'inondation grave et prévisible :

- Pour le bâtiment situé au nord du secteur, l'évacuation et l'accès des secours peuvent se faire directement par la rue Sainte-Catherine ;
- Pour les bâtis situés au sud, le long de la ravine Corps de Garde, trois d'entre eux ont accès à la rue de Doyon, via un chemin d'une trentaine de mètres. La dernière habitation est cependant située de l'autre côté d'un pont, ce qui risque de compliquer l'accès des secours en cas d'inondation ;
- D'après le PCS, des abris sûrs sont également identifiés sur la commune en cas de cyclone, le plus proche étant l'école primaire de Carangaise, située sur le site d'étude, mais de l'autre côté des cours d'eau.

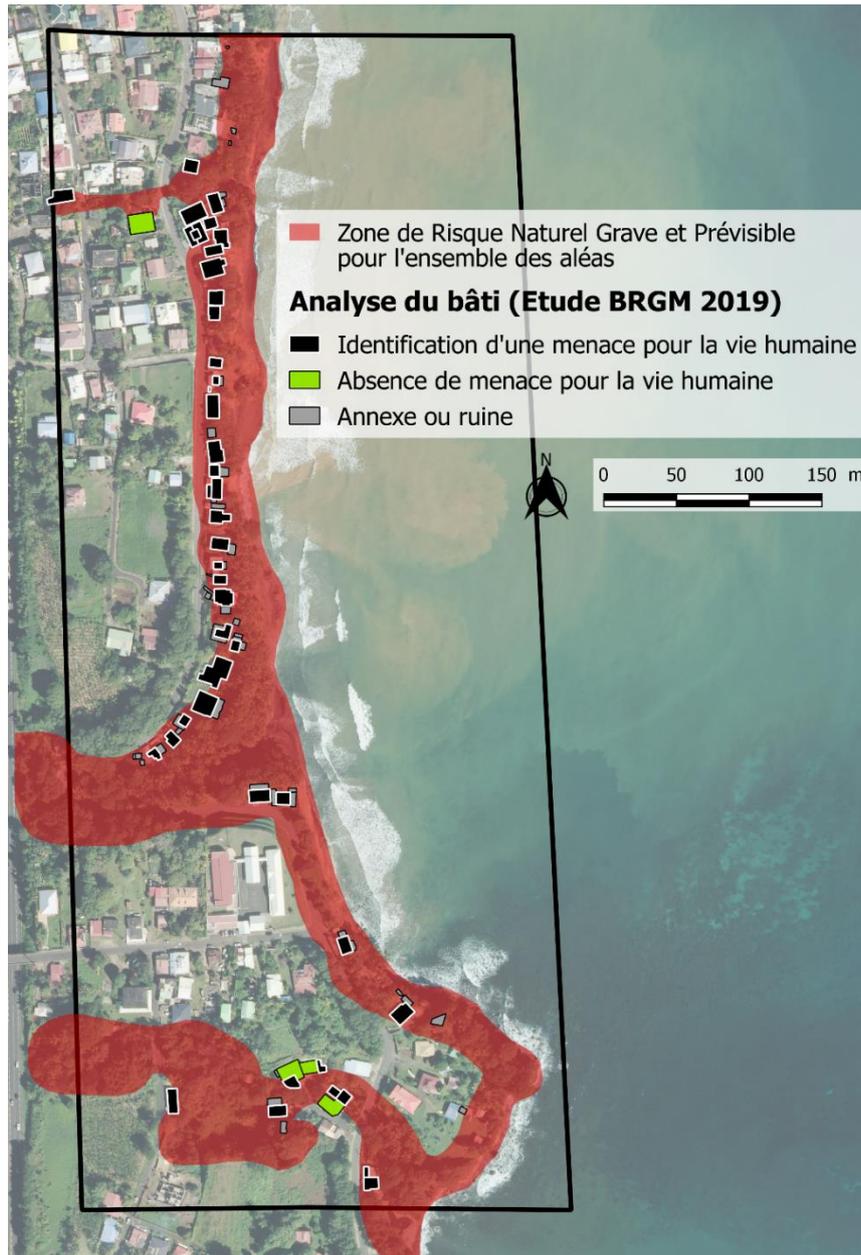


Illustration 23 – Cartographie du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines sur le site pilote de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau.

Toutefois, si on réalise cette analyse à l'échelle du bassin de risque, soit l'ensemble de la partie littorale, on retient :

- Un risque d'isolement des quelques bâtiments (hors zone présentant un risque naturel grave et prévisible) si la rue de Doyon n'est plus praticable (tronçons concernés par les aléas inondation et mouvements de terrain) ;
- Une accessibilité pouvant être rendue complexe pour les secours et l'évacuation d'urgence car la principale route d'accès est exposée par endroits aux aléas inondation et mouvements de terrain ;
- Un abri sûr qui risque d'être partiellement enclavé, et ne permettant pas forcément d'accueillir les habitants, si les rivières sont en crue et rendent le passage des ponts impossible, ou si une partie de la rue de Doyon (côté littoral) est emportée par un mouvement de terrain.

Nous interprétons donc une menace pour la vie humaine pour 5 bâtiments exposés à un risque inondation grave et prévisible sur le site pilote de Carangaise – Poirier à Capesterre-Belle-Eau.

Conclusion sur le risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine

En conclusion, l'ensemble des bâtis (46) situés dans la zone de risque naturel grave et prévisible pour l'aléas mouvement de terrain (41) et certains bâtis situés dans la zone de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa inondation (5) induisent une menace pour la vie humaine au niveau du site d'étude de Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau (Illustration 23).

3.2. RIVIERE-SENS - GOURBEYRE

3.2.1. Contexte

Localisation géographique

Le site pilote de Rivière-Sens se situe à l'ouest de la commune de Gourbeyre au niveau de la section cadastrale AT (Illustration 24). Son secteur sud-ouest est exposé à la mer Caraïbe. Le site pilote est encadré à l'ouest par la rivière du Galion et à l'est par la route communale permettant d'y accéder, juste avant la ravine de Rivière Sens.

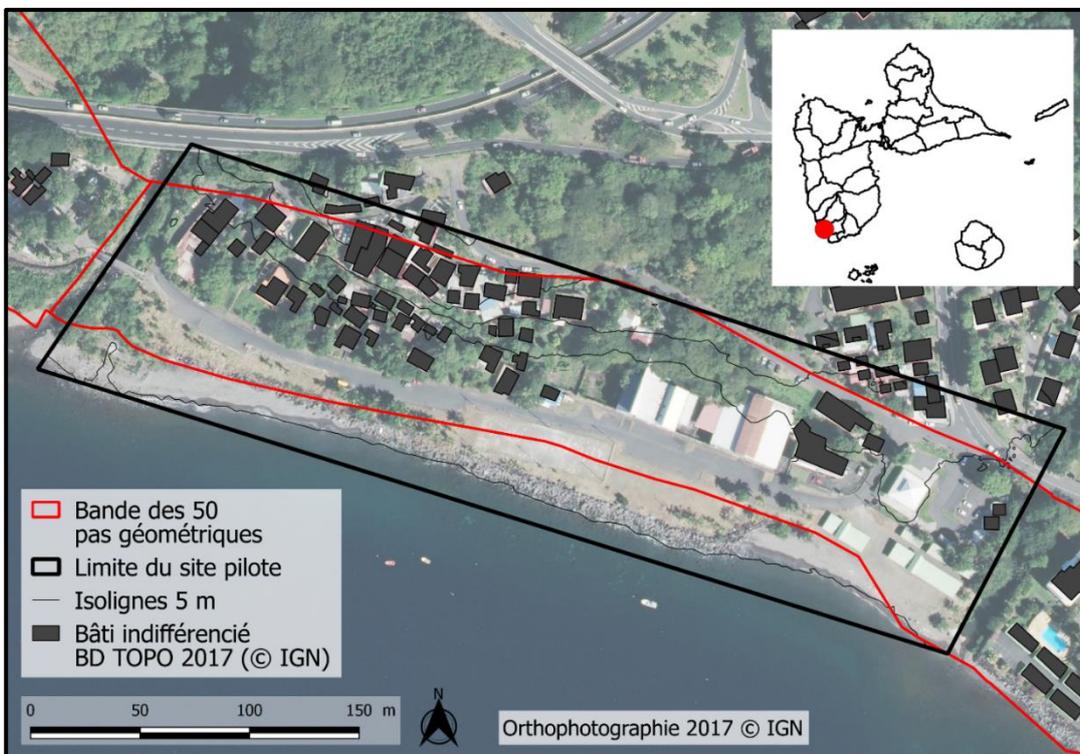


Illustration 24 – Localisation générale du site pilote de Rivière-Sens (en noir) et zone des 50 pas géométriques (en rouge) (© IGN 2017).

Contexte géologique et morphologique

D'après la carte géologique du massif de la Soufrière à 1/20 000 (Boudon et al., 1988³), le site pilote de Rivière-Sens se situe sur des formations volcaniques associées à l'activité récente du complexe volcanique Grande Découverte – Soufrière (DbS3) et dans des formations détritiques fluviatile quaternaire (F) (Illustration 25). Cette unité géologique DbS3 résulte de la déstabilisation d'un flanc volcanique de ce complexe volcanique lors de l'éruption cataclysmale de type Mont Saint Helens datée de 3100 BP (Before Present). Ce dépôt est constitué de débris volcaniques provenant de la partie supérieure d'un édifice volcanique associant généralement des blocs de lave non altérés (blocs d'andésite décimétriques à métriques), dans une matrice issue d'un assemblage chaotique de fragments de matériaux polygéniques issus des différentes parties de l'ancien édifice et pouvant être hydrothermalisés.

Ce dépôt d'avalanche de débris est assez induré. Les berges verticales de la rivière du Galion, constituées exclusivement de ces formations, peuvent atteindre plus de 50 m de haut à 500 m en amont de notre site d'étude au niveau du pont du Galion.

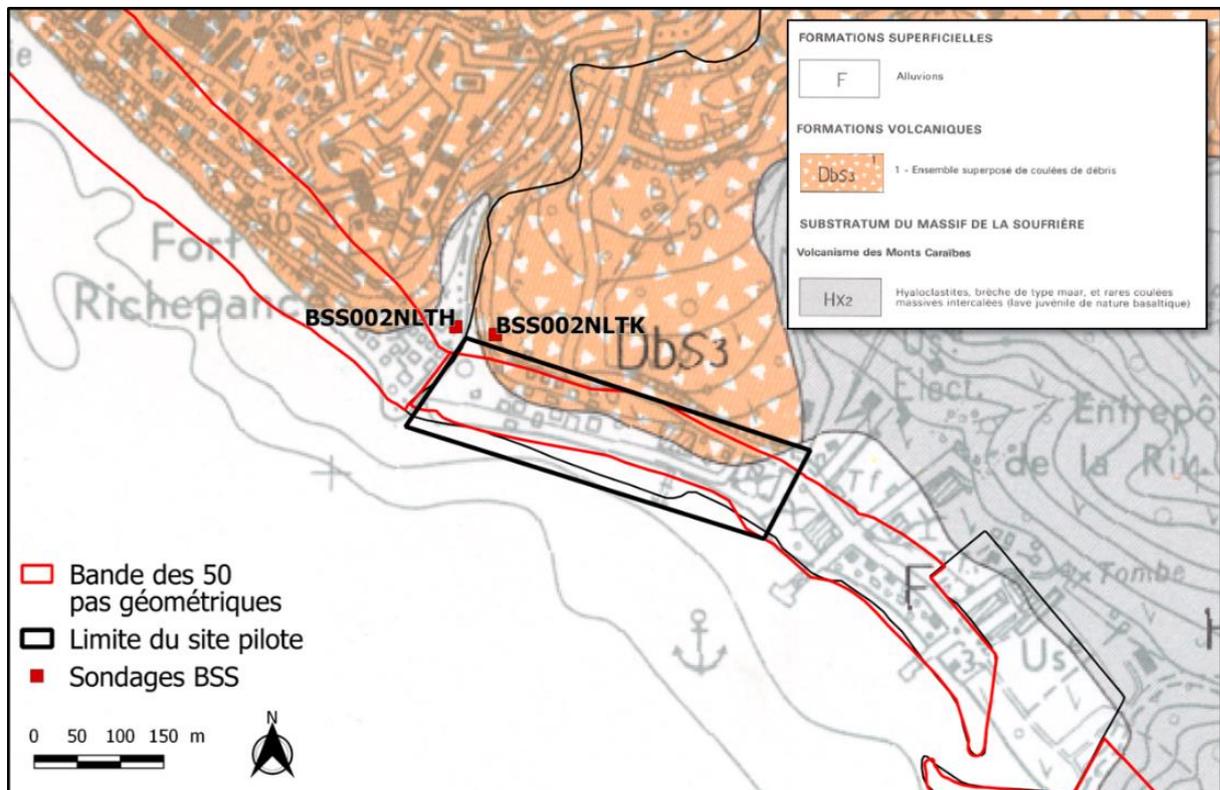


Illustration 25 – Extrait de la carte géologique du massif de la Soufrière à 1/20 000 (Boudon et al., 1988), localisation du site pilote (cadre noir) et localisation des sondages situés à proximité, extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) (<http://infoterre.brgm.fr/>).

Deux sondages extraits de la Banque des Données du Sous-sol (BSS) sont situés dans un rayon de 300 m autour du site pilote (Illustration 25). Ce sont les sondages notés BSS002NLTK et BSS002NLTH (logs complets présentés en Annexe 1). Ils permettent de caractériser un (ou une

³ Boudon G., Dagain J., Semet M. et Westercamp D. (1988) - Carte et notice explicative de la carte géologique du massif volcanique de la Soufrière (département de la Guadeloupe, Petites Antilles), échelle 1:20 000, BRGM, Orléans.

succession de) dépôt(s) d'avalanches de débris cohérente avec les descriptions de la formation DbS3 (Boudon et al., 1988).

Du point de vue morphologique, la zone des 50 pas géométriques du site pilote de Rivière-Sens, est localisée sur un versant orienté vers le sud-ouest qui atteint la mer par une pente douce comprise entre 0 et 20° (Illustration 26). Elle est bordée à l'ouest par l'estuaire de la rivière du Galion et à l'est par celui de la ravine de Rivière-Sens. Entre les deux premières rangées de bâtiments qui font face à la mer, la pente s'accroît et atteint 40 à 60° sur environ 100 m de longueur le long du versant (Illustration 27). Cet escarpement de pente modérée et d'une hauteur moyenne de 10 m est parallèle au littoral. Cette falaise morte se situe à environ 60 m des enrochements et divise le site d'étude en deux parties : une partie aval, en pied de cet escarpement dont l'altitude moyenne est de 5 m, et une partie amont, au-dessus de cet escarpement dont l'altitude varie entre 15 et 20 m.

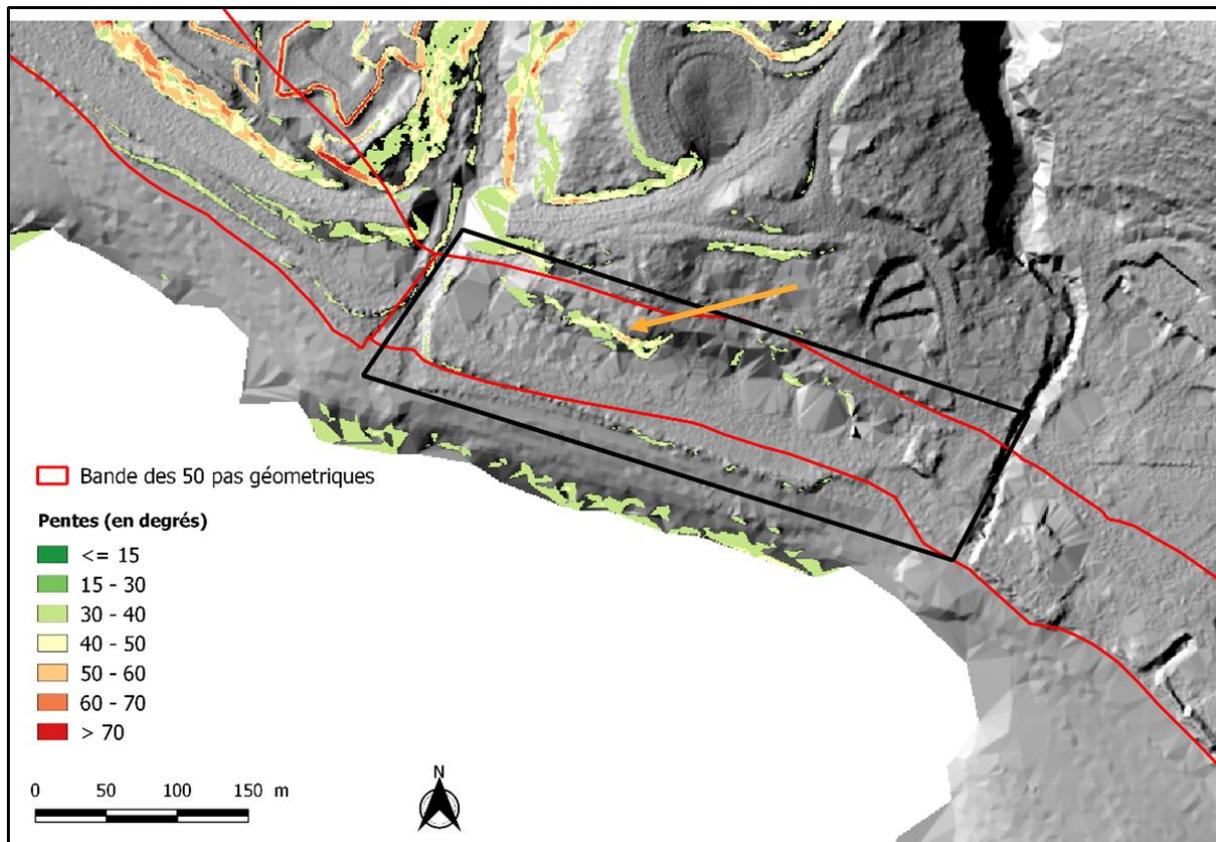


Illustration 26 – Carte des pentes du site pilote de Rivière-Sens (d'après Litto3D® - © IGN 2013). La flèche orange pointe sur l'escarpement (L : 100 m , H : 10 m au maximum).



Illustration 27 – Quartier de Rivière-Sens, vu depuis le littoral, à la morphologie assez plane avant un ressaut topographique entre les deux premières rangées de maisons.

3.2.2. Description et analyse historique des aléas naturels

Arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle

La commune a fait l'objet, à ce jour, de 16 arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (Tableau 2) pour des phénomènes de mouvements de terrain (autres que liés à la problématique « retrait-gonflement des argiles »), pour des chocs mécaniques liés à l'action des vagues et pour des inondations (source : www.georisques.gouv.fr).

Nature de l'arrêté	Date	Phénomène météorologique associé
Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	16/08/2007	(O) Dean
	15/10/2008	(O) Omar
Inondations, coulées de boue, éboulements, glissements ou affaissements de terrain consécutifs au passage de l'ouragan Marilyn	13/09/1995	(O) Marilyn
Inondations, coulées de boue, éboulements, glissements ou affaissements de terrain et chocs mécaniques liés à l'action des vagues consécutifs au passage de l'ouragan Luis	03/09/1995	(O) Luis
Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	05/10/2010	
	16/11/1999	(O) Lenny

Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	17/09/2017	(O) Maria
Inondations et coulées de boue	10/10/1990	(O) Klaus
	19/10/1998	
	12/09/2004	(T) Jeanne
	18/06/2010	
	06/12/2010	
	12/10/2012	(T) Raphaël
Mouvement de terrain	17/09/2017	(O) Maria
	11/10/2012	(T) Raphaël
	17/09/2017	(O) Maria

Tableau 2 – Nature des phénomènes, dates d'occurrence et épisodes météorologiques remarquables associés aux arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de Gourbeyre (O = Ouragan et T = Tempête Tropicale).

Dynamique du trait de côte

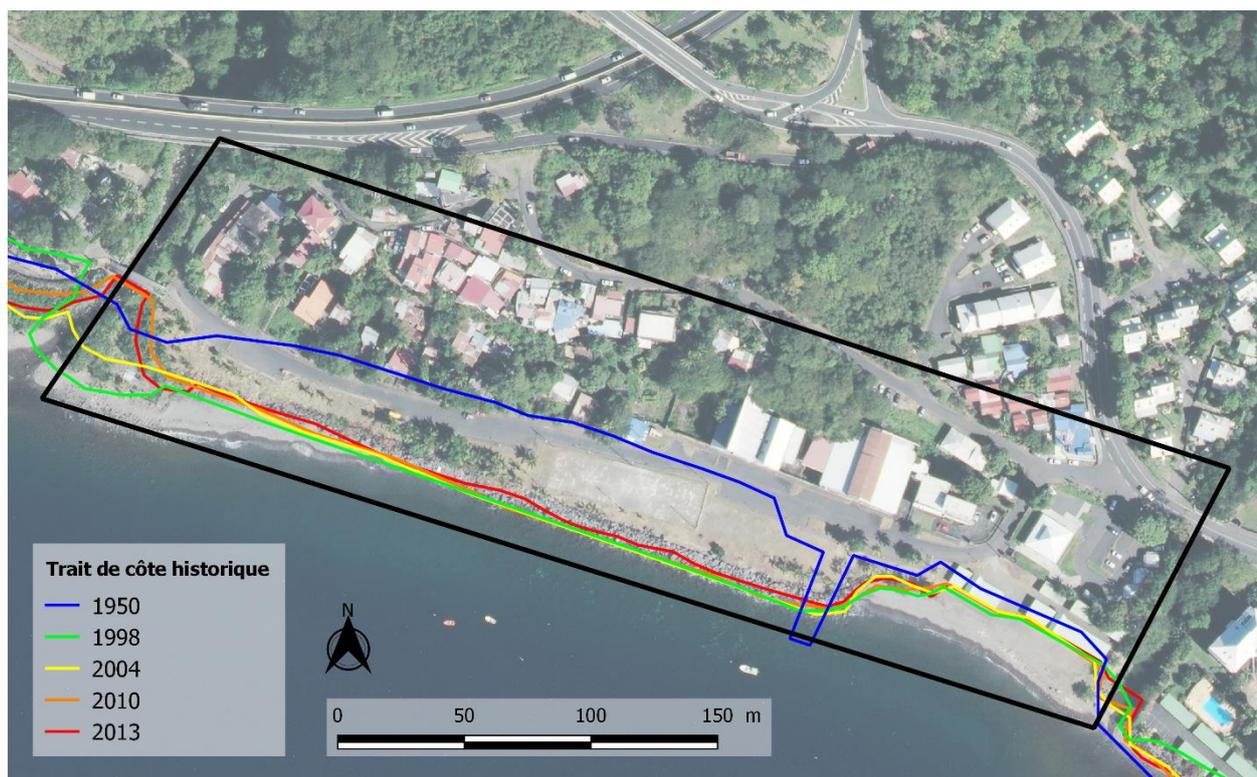


Illustration 28 – Comparaison des traits de côte digitalisés à partir des orthophotographies © IGN 1950, 1998, 2004, 2010 et 2013 (d'après Guillen et al., 2017).

D'après les traits de côte digitalisés à partir des photographies aériennes de 1950, 1998, 2004, 2010 et 2013, l'évolution historique (Illustration 28) met en évidence une avancée entre 1950 et 1998 comprise entre 20 et 40 m. Il s'agit en effet d'un espace gagné sur la mer, protégé par un perré en enrochement qui a permis de stabiliser le trait de côte dans ce secteur.

Mouvements de terrain

Les bases de données nationales sur les mouvements de terrains et sur les cavités souterraines (www.georisques.gouv.fr), ne mentionnent pas de mouvement de terrain ou la présence de cavités au voisinage du site pilote.

Cependant, des phénomènes d'érosion de berges peuvent se produire sur les deux cours d'eau encadrant le site pilote. En 1999, le passage du cyclone Lenny et les fortes pluies associées ont entraîné une défluviation de la rivière du Galion (Illustration 29). A l'heure actuelle, la rive gauche de cette rivière est protégée par un enrochement libre (pas d'information sur le gestionnaire de l'ouvrage, son entretien et sa conception).



Illustration 29 – Défluviation au niveau de l'exutoire de la rivière du Galion et érosion de la berge en rive gauche, liée au passage de l'ouragan Lenny ayant généré de fortes pluies en 1999.

Submersion marine et choc mécanique des vagues

D'après le retour d'expérience sur les événements cycloniques passés, ce site est régulièrement exposé à la submersion marine par franchissement de paquets de mer et au choc mécanique des vagues avec projection de matériaux en cas de forte houle.

Parmi les événements historiques ayant généré des submersions marines avec des impacts documentés, sont identifiés les ouragans Omar (Chauvet, 2008) et Maria (Legendre et Guillen, 2017).

Chauvet (2008) indique que l'ensemble de la frange littorale a été inondé par la mer et que des dommages significatifs ont été occasionnés aux enrochements (Illustration 30). De nombreux débris ont également été projetés sur la route témoignant de l'impact des vagues dans ce secteur (Illustration 31).

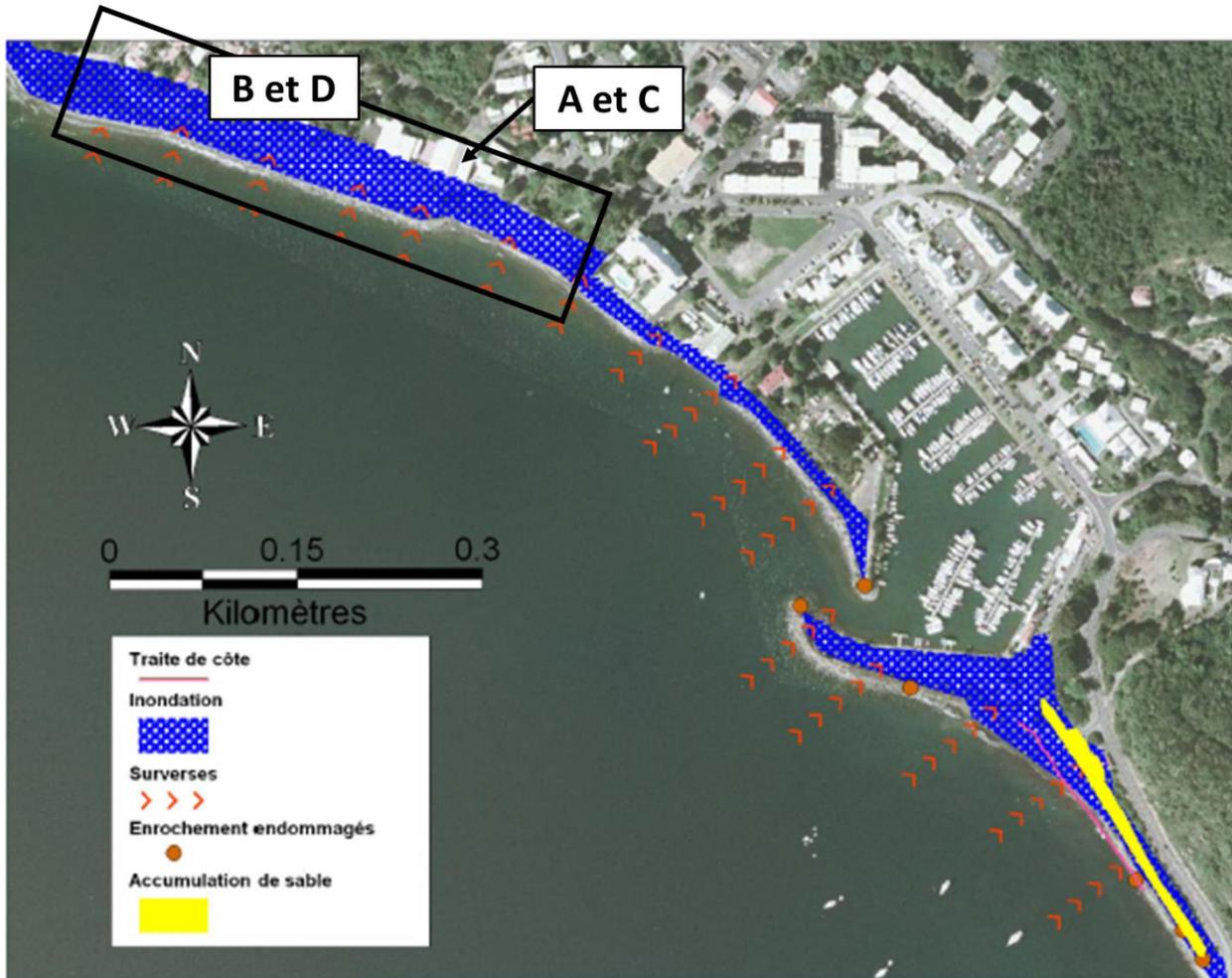


Illustration 30 – Cartographie des impacts relevés suite au passage de l'ouragan Omar (Chauvet, 2008) et localisation des photos de l'illustration 31 et de l'illustration 32.



Illustration 31 – Phénomènes observés lors du passage de l'ouragan Omar, en 2008 (Chauvet, 2008) : Submersion localement observée dans les bâtiments de l'IRPM (Institut Régional de Pêche et de Marine (Photo A) - Projection de matériaux sur la route et jusqu'à la limite des habitations, liée au déferlement des vagues à la côte (Photo B).

Legendre et Guillen (2017) témoignent également de désordres importants dans ce secteur, liés à la submersion marine et aux chocs mécaniques des vagues lors du passage de l'ouragan Maria (Illustration 32):

- blocs d'enrochement > 1 m³ déplacés sur quelques mètres ;
- apport de sable et projection importante de galets jusqu'à 50 - 70 m de distance de l'enrochement ;
- endommagement de la voirie (route, promenade, trottoirs, bancs et lampadaires) ;
- traces de laisses de mer jusqu'à 50 - 70 m de distance du rivage et avec des hauteurs d'eau pouvant atteindre localement 1 m dans des cuvettes.



Illustration 32 – Phénomènes observés lors du passage de l'ouragan Maria en 2017 (Legendre et Guillen, 2017) : Laisse de submersion localement observée (Photo C) (la flèche indiquant le niveau d'eau atteint) - Projection de matériaux sur et de l'autre côté de la route (Photo D), le bâtiment étant déjà situé à plus de 30 mètres de l'enrochement.

Inondation

Le site pilote étant localisé entre les embouchures de deux rivières (la rivière du Galion à l'ouest et la Rivière Sens à l'est), des inondations historiques ont déjà été observées à proximité de ces cours d'eau.

En 1963, lors du passage de la tempête Héléna, le compte-rendu de la préfecture⁴ signale qu'une crue de la Rivière-Sens a emporté le pont, coupant temporairement l'accès à la centrale électrique.

Le rapport de présentation du PPR de la commune identifie, au niveau de la rivière du Galion, que « des débordements, liés en particulier à la présence d'un gué et à l'influence du niveau marin, sont observés de part et d'autre du lit avec des vitesses importantes. »

⁴ http://amicale-des-ouragans.org/atlas_guadeloupe/dossiers/helena1963/helena1963_cr_prefecture.pdf

3.2.3. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa

Recul du trait de côte

Le littoral de ce secteur est protégé par un perré en enrochement qui permet de figer la position du trait de côte sur le long terme. Cependant, il est nécessaire de tenir compte d'une défaillance de l'ouvrage de protection en cas d'évènement de forte intensité. Ce choix est conforme à la méthodologie de la DGPR (2014) relative à l'élaboration des PPRL.

La caractérisation des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa recul du trait de côte, ne prend en compte que le recul instantané et brutal lié à un évènement météorologique majeur. Ce recul instantané a été défini sur la base d'une analyse à dire d'expert à partir des observations historiques, des retours d'expérience sur des évènements passés et en prenant en compte l'exposition du site à la houle. **Sur le site pilote de Rivière-Sens, la zone de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa recul du trait de côte est estimée à 10 m en arrière de l'ouvrage en cas de défaillance de l'enrochement et 20 m au niveau de la plage non protégée (Illustration 33).**



Illustration 33 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associée à l'aléa recul du trait de côte sur le site pilote de Rivière-Sens à Gourbeyre.

Mouvements de terrain

- **Erosion de berges**

L'érosion de berges est un mouvement de terrain à cinétique rapide, et dans le cas présent, il se produit dans des formations alluvionnaires quaternaires, assez peu consolidées. Cet aléa, déjà observé par le passé, est présent de part et d'autre des deux cours d'eau identifiés sur le site pilote.

Le scénario considéré est une érosion de berges ponctuelle (un seul évènement), avec une **probabilité d'occurrence élevée et intensité faible à moyenne**, pouvant entraîner un recul de la berge de l'ordre de quelques mètres. Ce scénario de référence a été défini sur la base d'une analyse à dire d'expert à partir des observations historiques, des retours d'expérience sur des évènements de références et en prenant en compte la nature géologique des formations constituant cette berge (formations alluvionnaires quaternaires assez peu consolidées) et de la hauteur des berges au niveau de la zone d'étude (< 3 m). La présence d'un enrochement libre en rive gauche de la rivière du Galion est à noter, mais son état et entretien étant incertains, cet ouvrage n'est pas pris en compte.

Etant donné le caractère soudain et irréversible de l'érosion de berges, la zone de risque naturel grave et prévisible est définie comme comprenant le lit mineur des cours d'eau et une bande supplémentaire de 5 m, prise à partir du haut des berges.

- **Eboulement de falaise**

Il existe aussi sur le site d'étude, un aléa mouvement de terrain à cinétique rapide de type chute de blocs pouvant affecter l'escarpement observé entre les deux premières rangées de maisons faisant face à la mer.

Ce phénomène concerne des formations d'avalanches de débris, constituée de blocs de lave non altérés (blocs d'andésite décimétriques – 10^{-3} à 10^{-2} m³), dans une matrice argileuse, peu hydrothermalisée et relativement indurée. On observe entre les premières rangées de maisons et l'escarpement, quelques évidences de chutes de blocs de volumes faibles (< 0,1 m³).

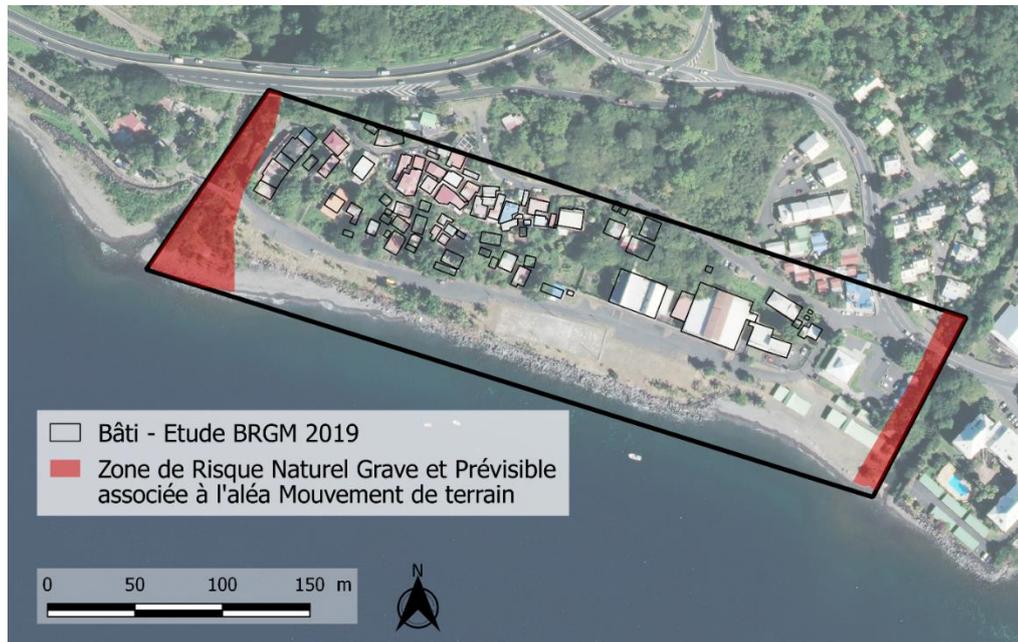


Illustration 34 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa mouvement de terrain sur le site pilote de Rivière-Sens à Gourbeyre.

Le scénario considéré est un phénomène de chute de blocs soudain (à cinétique rapide), avec une **probabilité d'occurrence moyenne et une intensité faible**, pouvant remobiliser un faible volume (< 0,5 m³) en pied d'escarpement. Ce scénario de référence a été défini sur la base d'une analyse à dire d'expert à partir des observations historiques, de la nature géologique des formations et la prédisposition de cet escarpement à générer des instabilités de ce type, de la

hauteur (10 m au maximum) et de la végétalisation de l'escarpement et de l'existence d'enjeux en tête et en pied.

Le risque naturel grave et prévisible associé aux mouvements de terrain repose sur la caractérisation des zones pouvant être impactées par des phénomènes dont l'intensité est forte et dont la dangerosité vis-à-vis des vies humaines est importante (Nachbaur et al., 2015 et Legendre et al., 2019).

Dans le cas de ce site d'étude, le long de cet escarpement, le phénomène de chute de bloc est caractérisé de faible à moyen et ne présente donc pas un risque naturel grave et prévisible.

La caractérisation de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa mouvement de terrain ne concerne donc que le phénomène d'érosion de berges (Illustration 34).

Submersion marine et choc mécanique des vagues

D'après les retours d'expérience historiques et les témoignages recueillis, le site est exposé à la submersion par franchissement de paquets de mer et à l'aléa choc mécanique des vagues avec projection de matériaux.

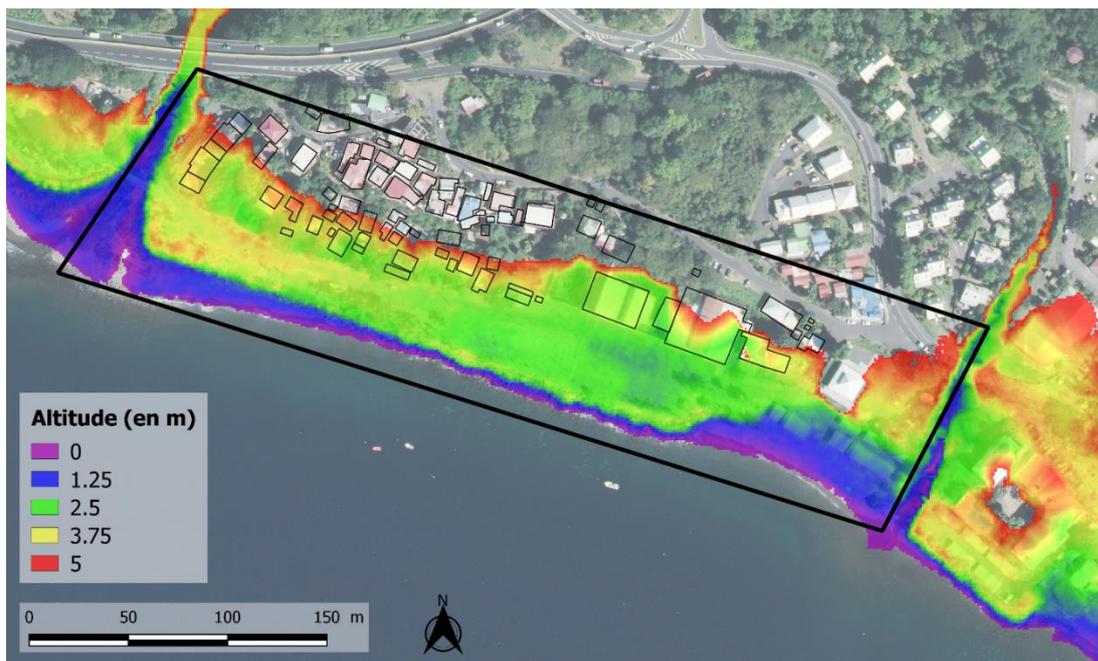


Illustration 35 – Analyse morphologique du site pilote de Rivière-Sens, mettant en évidence la bande littorale située à une altitude inférieure à 5 m (Litto3D® - ©IGN et SHOM 2013). En arrière de la route, quelques zones plus basses sont identifiées (en vert).

- ***Inondation par submersion marine***

La cartographie de l'aléa submersion marine a été réalisée à dire d'expert selon les informations disponibles sur les événements passés (cf. 3.2.2 Submersion marine et choc mécanique des vagues) et une analyse topographique du secteur étudié.

Une grande partie du secteur est située à une altitude comprise entre 2,5 et à 5 m, à savoir la bande littorale (entre 50 et 100 m de largeur, à partir du trait de côte). Des points bas sont notés en arrière de la route (en vert sur l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), mais de superficie plutôt faible.

Les franchissements de paquets de mer sont susceptibles de submerger l'ensemble de la frange littorale. Cependant les hauteurs d'eau sont estimées à dire d'expert comme moyennes (< 1 m) avec une dynamique lente des écoulements dans les secteurs d'accumulation situés plus en retrait. L'aléa submersion marine est donc jugé moyen sur une partie du site.

D'après la méthodologie de caractérisation du risque naturel grave et prévisible, l'aléa moyen n'est pas concerné, il n'y a donc pas de risque naturel grave et prévisible relatif à l'aléa inondation par submersion marine sur le site de Rivière-Sens.

- **Choc mécanique des vagues**

En revanche, le site pilote est exposé à un aléa fort pour le choc mécanique des vagues avec projection de matériaux. Sur la base d'une analyse à dire d'expert prenant en compte les événements historiques et l'exposition aux conditions hydrodynamiques, la zone présentant un risque de choc mécanique des vagues, grave et prévisible est définie sur une bande de 50 m à partir du haut de plage (Illustration 36).

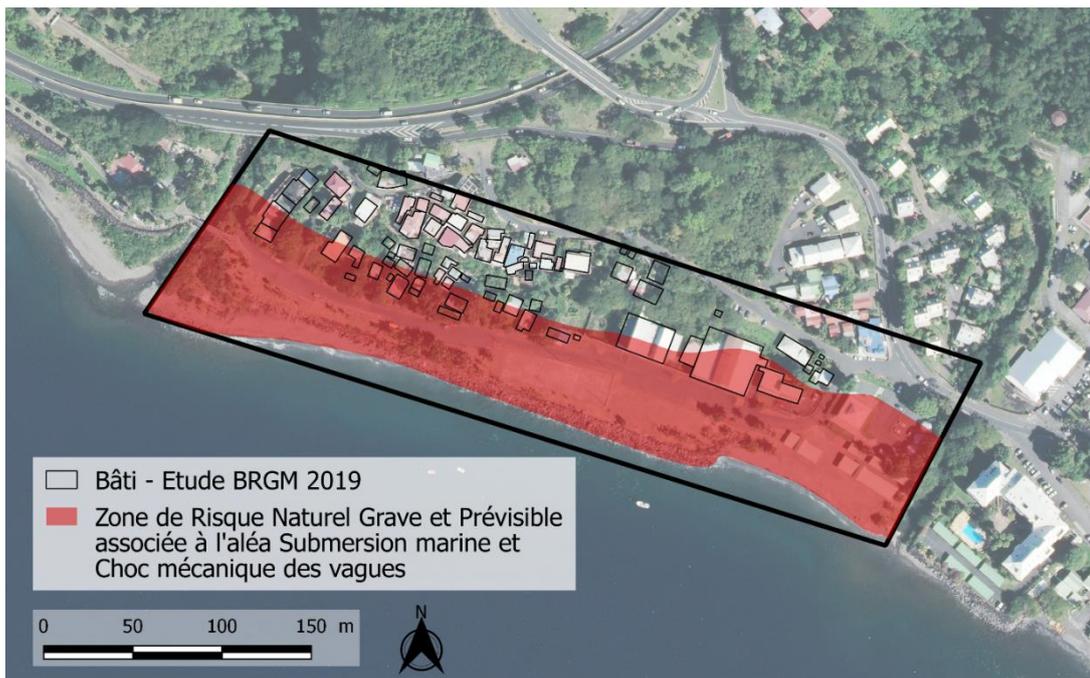


Illustration 36 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa choc mécanique des vagues (submersion marine) sur le site pilote de Rivière-Sens à Gourbeyre.

Inondation

Deux rivières ont été identifiées dans la zone d'étude : le Galion et la Rivière Sens. Elles drainent respectivement des bassins versants de 1040 ha et de 762 ha. Elles rejoignent la mer à l'ouest de la marina.

La caractérisation de l'aléa inondation à l'échelle de la zone d'étude, a été réalisée par SAFEGE et les détails de cette étude (SAFEGE, 2018 - 18MAG083) sont décrits plus dans l'Annexe 2.

La cartographie des hauteurs d'eau montre qu'il y a des débordements importants de la rivière du Galion sur la partie ouest de la zone d'étude, impactant l'ensemble des maisons situées dans les parties basses. Les hauteurs d'eau sont globalement inférieures à 1 m. Une zone très localisée est particulièrement touchée avec des hauteurs d'eau supérieures à 1 m. Les vitesses constatées dans les zones inondées sont relativement importantes : de l'ordre de 0,50 m.s⁻¹ à 1 m.s⁻¹.

Aucun enjeu majeur, sur notre site d'étude, n'est affecté par les débordements de la Rivière Sens.

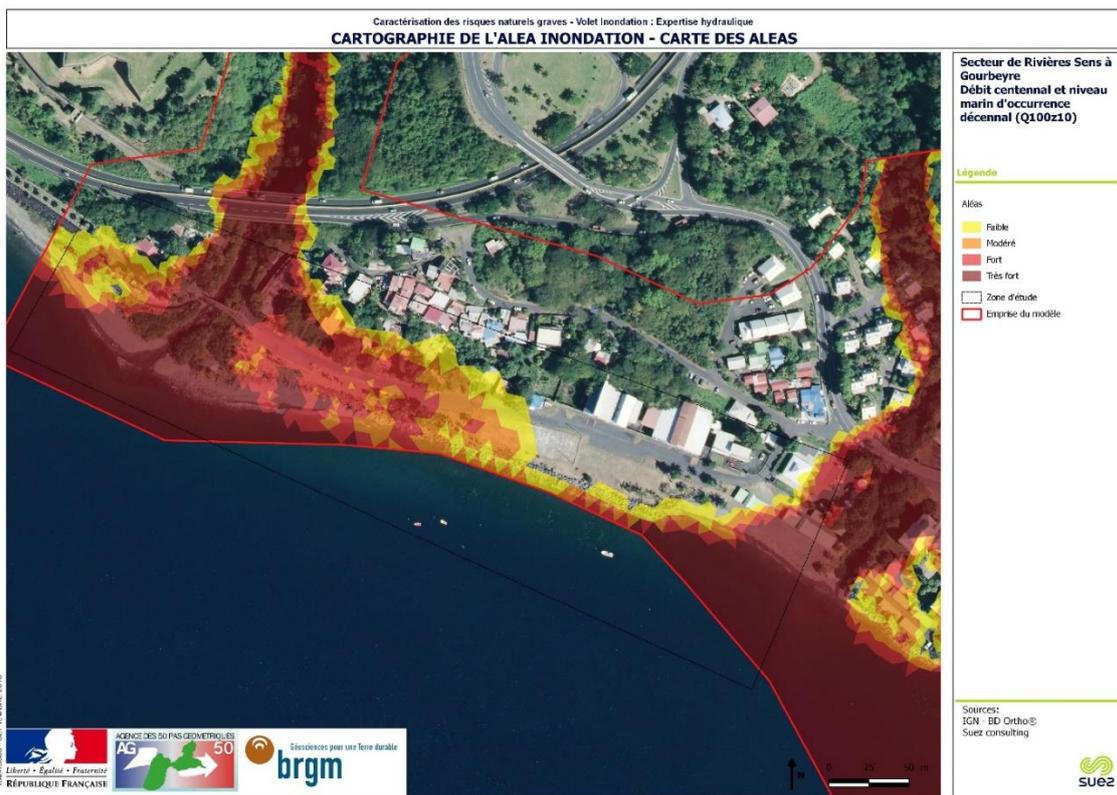


Illustration 37 – Cartographie de l'aléa inondation pour le site de Rivière-Sens obtenue à partir du croisement entre les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau modélisées pour un débit centennal et un niveau marin décennal (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).

Les tests de sensibilité entre un niveau marin en aval retenu pour une occurrence décennale (+ 0,40 m NGG) et centennale (+ 0,70 m NGG) montrent qu'il n'y a pas de variations significatives des surfaces inondées, ni des hauteurs d'eaux et des vitesses d'écoulement selon les deux scénarios étudiés. La prise en compte du niveau marin est donc sans impact pour la caractérisation de la zone présentant un risque inondation grave et prévisible. Ceci peut s'expliquer par les éléments suivants :

- L'altimétrie des différentes zones d'étude, en dehors des cours d'eau, est supérieure aux cotes avals retenues ;
- Les débits générés par les occurrences de pluie décennale et centennale sont tels que les inondations sont générées en premier lieu par des débordements des ravines et remplissent intégralement les zones basses des différents sites.

Les bâtis situés dans la partie ouest de notre site d'étude et à proximité directe de la rivière du Galion sont soumis à un aléa inondation que l'on peut caractériser de fort à très fort (Illustration 37).

Notre cartographie des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa inondation par débordement de cours d'eau (Illustration 38) repose sur la caractérisation d'une intensité forte de ce phénomène naturel.

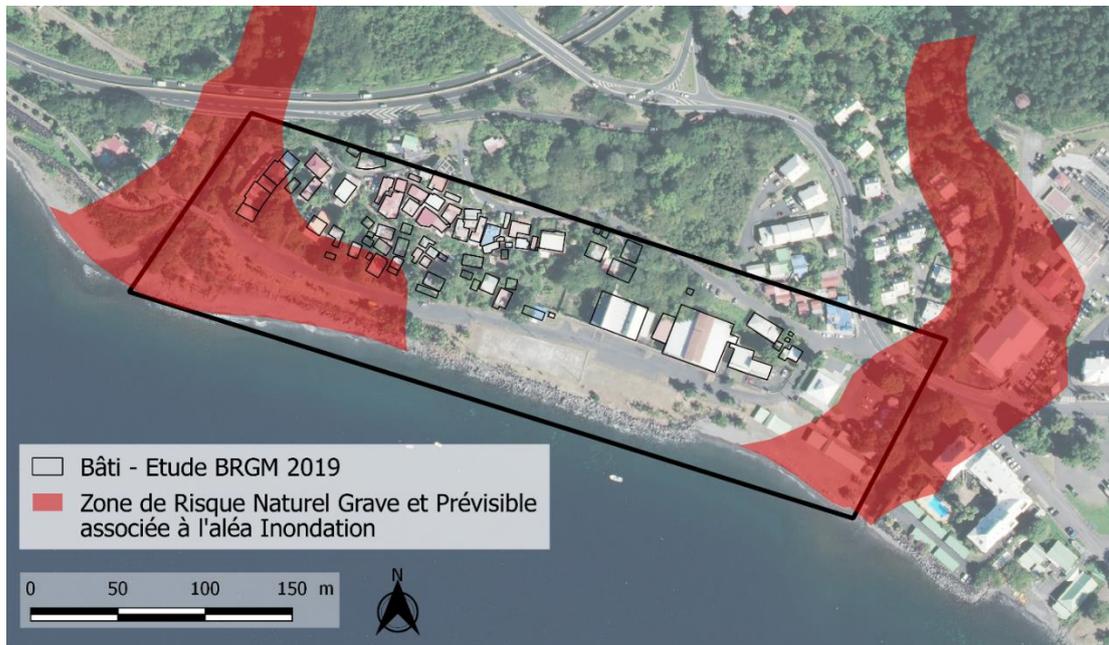


Illustration 38 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa inondation sur le site pilote de Rivière-Sens à Gourbeyre.

Cartographie intégrée du risque naturel grave et prévisible

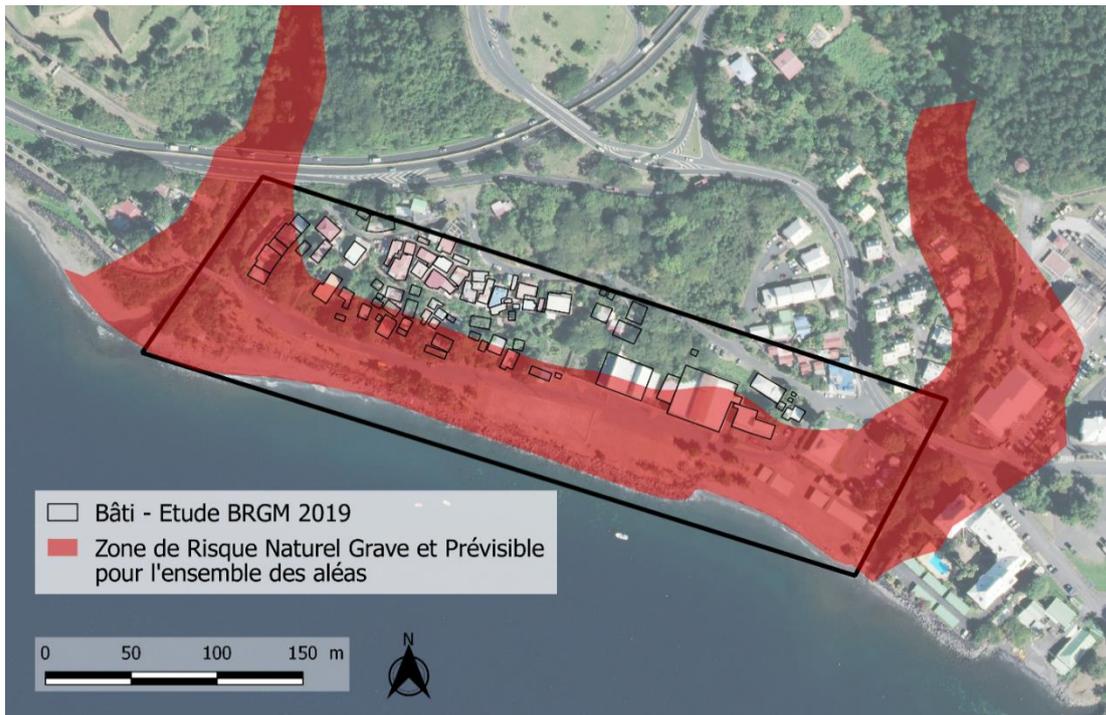


Illustration 39 – Cartographie intégrée de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible pour l'ensemble des aléas sur le site d'étude de Rivière-Sens à Gourbeyre.

D'après l'analyse et la cartographie des différents aléas, le site de Rivière-Sens est exposé à des phénomènes d'intensité fortes à très fortes et dont la dangerosité vis-à-vis des vies humaines est importante, pour les aléas inondation par débordement de cours d'eau, recul du trait de côte et choc mécanique des vagues. L'illustration 39 synthétise, pour les différents phénomènes naturels pris en compte, les zones de risques naturels graves et prévisibles dans une cartographie intégrée.

3.2.4. Caractérisation de la menace pour la vie humaine

Les aléas choc mécanique des vagues et recul du trait de côte, sont caractérisés comme des phénomènes soudains se produisant avec une cinétique brutale et pouvant impacter structurellement les bâtis exposés (2.1.3 Aléa submersion marine et 2.1.4 Aléa recul du trait de côte). Face à ces phénomènes, les populations exposées ne peuvent se mettre en sécurité dans leur propre habitation, ce qui implique une menace pour la vie humaine.

Selon notre méthodologie (Illustration 9), l'ensemble des bâtiments (14) présents dans les zones de danger associées au choc mécanique des vagues et au recul du trait de côte est considéré comme présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine. Parmi ces bâtiments, plusieurs semblent abandonnés.

En ce qui concerne l'aléa inondation, la méthodologie développée dans les chapitres précédents (§ 2.2 Caractérisation de la menace pour les vies humaines) et synthétisée par l'illustration 9, propose d'analyser 7 critères successifs pour caractériser la présence (ou non) d'une menace pour la vie humaine.

Critère n°1 : Zone présentant un risque naturel grave et prévisible

Le croisement entre la cartographie de la zone caractérisée par un risque d'inondation grave et prévisible et l'identification du bâti permet de retenir 3 bâtiments dans cette zone de danger. Les autres bâtiments sont, soit déjà caractérisés par une menace pour la vie humaine (aléas recul du trait de côte ou choc mécanique des vagues), soit des ruines abandonnées (Enquête 2017 de l'Agence des 50 pas géométriques).

Critère n°2 : Surveillance et Vigilance

Pour les aléas météorologiques (fortes pluies et orage, mer dangereuse à la côte et cyclones), auxquels l'inondation peut être rattachée, des systèmes de vigilance existent sur le territoire, à l'échelle du bassin atlantique nord (NHC) et à l'échelle de l'archipel (Météo-France).

Critère n°3 : Préparation à la gestion de crise et Information préventive

Un dispositif ORSEC phénomène météorologique existe sur le territoire de la Guadeloupe, et plus localement, la commune de Gourbeyre est dotée d'un Plan Communal de Sauvegarde, datant de 2012. Le PCS de de la commune de Gourbeyre décrit notamment l'organisation de son « dispositif communal de crise » au travers de plusieurs fiche d'actions et de fiches réflexe, d'inventaire des ressources (matériels, personnels, ...) disponibles, de procédures de réception et de diffusion de l'alerte à la population, etc.

Le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) de la commune de Gourbeyre décrit l'organisation de l'évacuation et de l'accueil de la population face aux risques cycloniques (submersion marine) et inondation (moyens d'alerte, hébergements des sinistrés, procédure d'évacuation). Des abris sûrs sont également identifiés sur la commune, en cas de cyclone, mais le plus proche est situé à plus d'un kilomètre du site-pilote. L'un des bâtiments (IRPM : Institut Régional de Pêche et de Marine) situé dans l'est du site pilote est également repéré comme « à éviter en cas de cyclone ».

En complément, le site pilote de Rivière-Sens est identifié comme un secteur à évacuer en cas de tsunami. La procédure d'évacuation de ce quartier consiste alors à « se diriger dans les hauteurs, suivre les sentiers du Houëlmont », avec comme point de rassemblement, le stade Lucien GERVILLE REACHE à Bisdary.

Même si l'existence d'un PCS ne garantit pas que, dans le cas de l'occurrence d'un événement extrême, les secours ne soient pas saturés et ne soient dans l'impossibilité d'intervenir sur certains secteurs, la mise en sécurité des populations de jour ne peut se faire correctement que si la situation a été anticipée (2.2.2 Préparation à la gestion de crise). A ce titre, on peut considérer que la gestion de la crise a été anticipée par la commune. Il est à noter que le PCS de la commune de Gourbeyre date de 2012 et qu'une actualisation serait pertinente notamment pour mettre à jour les personnes référentes.

Une information préventive existe au niveau du département : DDRM (2014) et au niveau de la commune : DICRIM (2008).

Critère n°4 : Occupation nocturne

Le croisement entre la cartographie de la zone caractérisée par un risque d'inondation grave et prévisible et l'identification du bâti permet de retenir 3 bâtiments dans cette zone de danger. Les 3 bâtiments analysés présentent une occupation nocturne.

Critère n°5 : Bâti adapté

En complément des données déjà existantes, une étude sur la vulnérabilité du bâti a été réalisée en 2018 par le bureau d'études INGEROP (INGEROP, 2019. Rapport MM3825 - Annexe 3).

Sur le site pilote de Rivière-Sens, les 3 bâtiments concernés par un risque d'inondation grave et prévisible ont fait l'objet d'un diagnostic de vulnérabilité.

Les 3 bâtiments expertisés présentent plusieurs critères (surélévation du premier plancher et donc hauteur d'eau attendues à l'intérieur du bâti < 1 m, risque d'affouillement faible, pas de risque structurel pour le bâti, etc.) qui permettent de caractériser comme faible leur vulnérabilité face à l'inondation par débordement de cours d'eau.

Critère n° 6 : Accessibilité des secours et possibilités de mise à l'abri en cas d'urgence

Si on réalise cette analyse à l'échelle des 3 bâtiments exposées à un risque d'inondation grave et prévisible :

- L'accès des secours peut se faire par la rue Jean Aubert (exposée à l'aléa inondation), et si c'est possible, par la route littorale, exposée conjointement aux aléas submersion marine, inondation, recul du trait de côte et choc mécanique des vagues.
- L'accès à la rue Jean Aubert permet en quelques dizaines de mètres de distance de sortir de la zone d'inondation. Deux des bâtiments présentent aussi une sortie extérieure orientée à l'opposé de la maison par rapport à la rivière du Galion et qui permet d'accéder rapidement, en quelques dizaines de mètres de distance, à des zones naturellement surélevées, non inondables et construites. La troisième située le long de la route a un accès quasi-direct à la partie de route non inondable.
- D'après le PCS, des abris sûrs sont également identifiés sur la commune en cas de cyclone, mais le plus proche est situé à un kilomètre du site-pilote.

Toutefois, si on réalise cette analyse à l'échelle du bassin de risque, soit l'ensemble de la partie basse proche du littoral (altitude inférieure à 5 m) et au pied de l'escarpement, on analyse :

- Un risque d'isolement des quelques bâtiments (situés en dehors des zones présentant un risque naturel grave et prévisible) si les deux routes d'accès (route littorale et rue Jean Aubert) ne sont plus praticables ;
- Une accessibilité pouvant être rendue complexe pour les secours et l'évacuation d'urgence car les deux routes d'accès sont exposées par endroits aux aléas inondation, submersion marine, choc mécanique des vagues, recul du trait de côte et érosion de berges.

Un projet d'aménagement, porté par l'AG50 et dont la définition est en cours de finalisation, propose justement de prendre en compte ces éléments pouvant être problématiques pour l'accessibilité des secours et les possibilités de mise à l'abri en cas d'urgence et donc de réduire la menace pour la vie humaine sur ces zones exposées à des risques naturels graves et prévisibles.

Nous n'interprétons donc pas de menaces pour la vie humaine pour les 3 bâtiments exposés à un risque inondation grave et prévisible sur le site d'étude de Rivière-Sens.

Conclusion sur le risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine

En conclusion, seuls les bâtis (14) situés dans les zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa submersion (chocs mécaniques des vagues) induisent une menace pour la vie humaine au niveau du site d'étude de Rivière-Sens (Illustration 40).

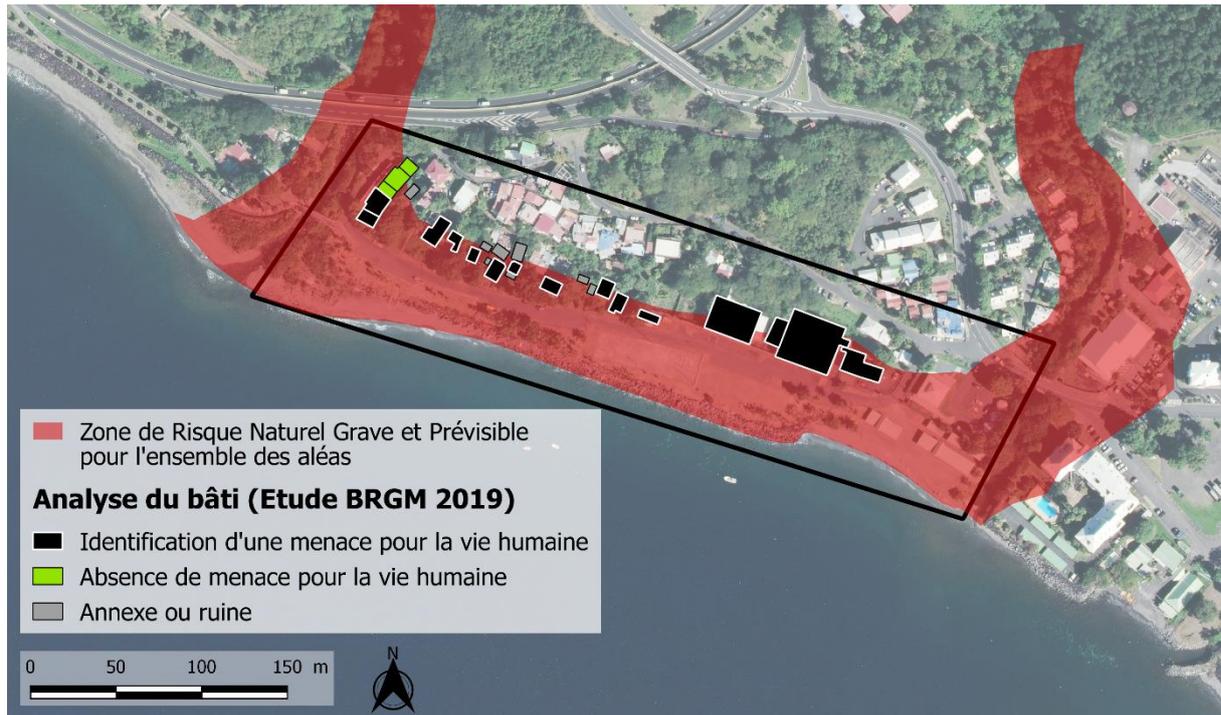


Illustration 40 – Cartographie du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines sur le site d'étude de Rivière-Sens à Gourbeyre.

3.3. CENTRE-BOURG – POINTE-NOIRE

3.3.1. Contexte

Localisation géographique

Le site pilote du bourg de Pointe-Noire est situé dans le secteur sud du centre-bourg, le long de la Route Nationale 2 (Illustration 41). Sur sa bordure ouest, il est exposé à la mer des Caraïbes. Les parcelles concernées sont situées sur la section cadastrale AO. La rivière Caillou traverse le secteur nord du site pour se jeter dans la mer.

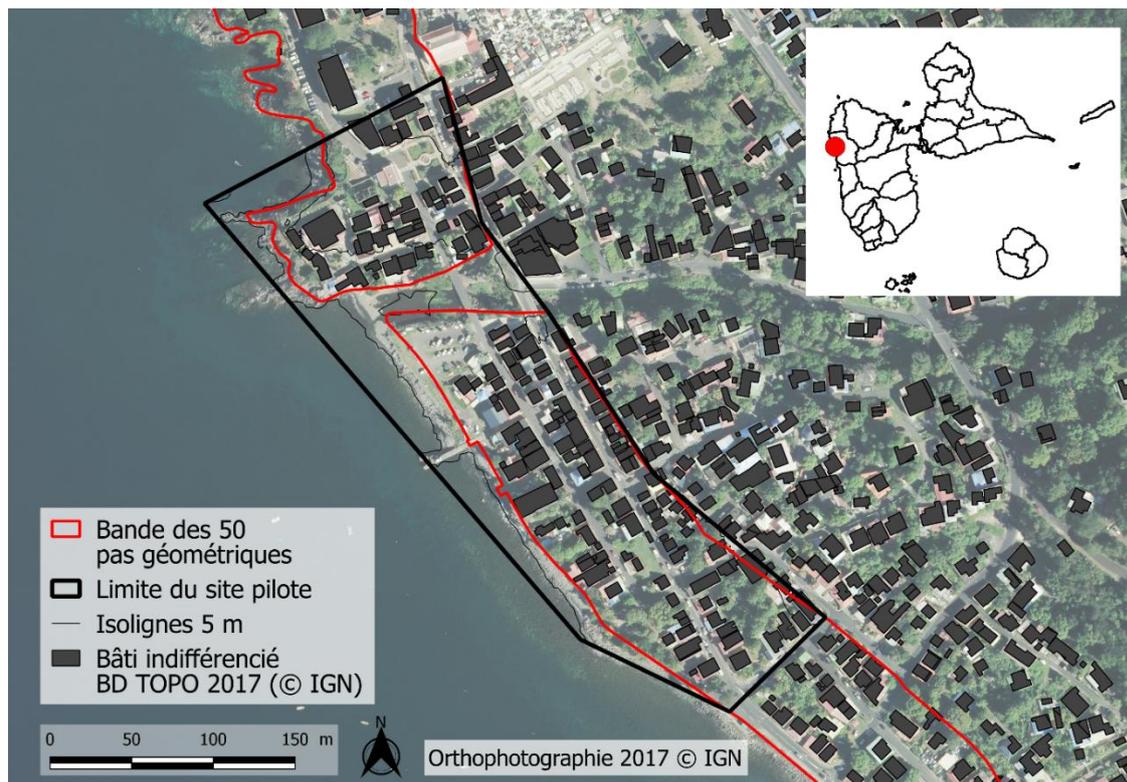


Illustration 41 – Localisation générale du site pilote du bourg de Pointe-Noire (en noir) et zone des 50 pas géométriques (en rouge) (© IGN 2017).

Contexte géologique et morphologique

D'après la carte géologique de la Basse-Terre à 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966⁵), le site pilote du bourg de Pointe-Noire se situe sur des formations quaternaires constituées de sables et galets des plages (a_s), composées de sable coquillier en faibles proportions, de sable volcanique noir et de galets d'origine à la fois volcanique (d'origine andésitique) et récifale, et d'alluvions de rivières (a_a) (Illustration 42). La majorité de ces éléments constituant ces formations détritiques est issue de l'altération des roches volcaniques situées à l'amont du site.

Une intrusion magmatique en filon (dyke) probablement andésitique, de plusieurs mètres à dizaines de mètres de large, recoupe la partie nord de notre site pilote du bourg de Pointe-Noire. Elle constitue la rive droite de la rivière de la rivière Caillou dans sa partie aval au niveau de son embouchure.

⁵ de Reynal de Saint-Michel A. (1966), Notice explicative des feuilles de Basse-Terre et des Saintes - Carte géologique au 1/50 000, Département de la Guadeloupe, BRGM

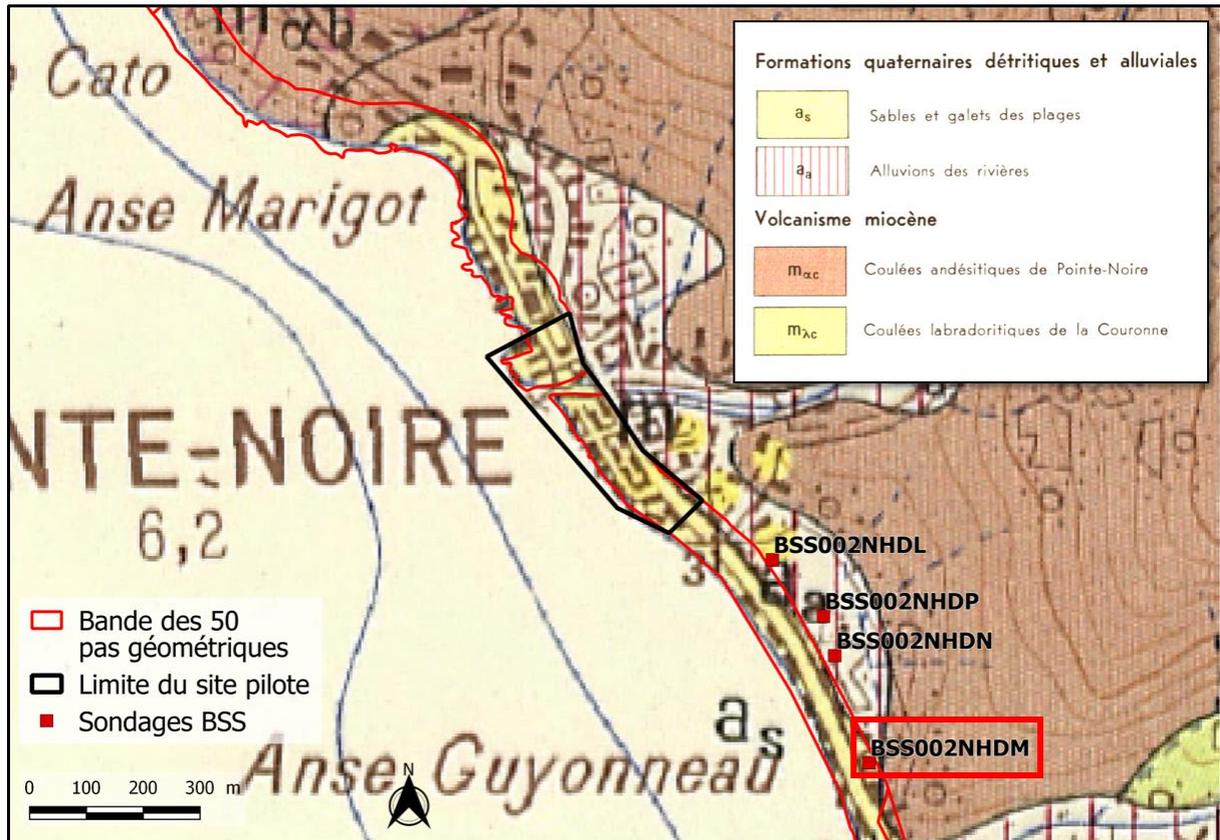


Illustration 42 – Localisation du site d'étude (en noir) sur un extrait de la carte géologique de la Basse-Terre à 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966) et localisation des sondages (celui décrit est encadré en rouge) situés à proximité du site pilote, extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) (<http://infoterre.brgm.fr/>)

Le sondage extrait de la Banque des Données du Sous-sol (BSS) est situé à une distance de 700 m autour du site pilote (Illustration 42) et est situé sur les mêmes alluvions que le site pilote. Ce sondage est noté BSS002NHDM (ANNEXE 1). Il permet d'identifier une succession de dépôts de sables de plages a_s .

Du point de vue morphologique, le site représente une plaine côtière alluviale qui s'étend vers le sud-ouest (Illustration 43). La quasi-totalité du secteur est située à une altitude inférieure à 5 m (Illustration 44), hormis sur l'extrémité nord où l'altitude atteint 10 à 15 m. Des pentes moyennes (entre 40 et 60°) sont identifiées au niveau des berges de la rivière Caillou.



Illustration 43 – Vue générale (depuis la jetée) de la façade littorale du bourg de Pointe-Noire et des habitations directement présentes sur le front de mer.

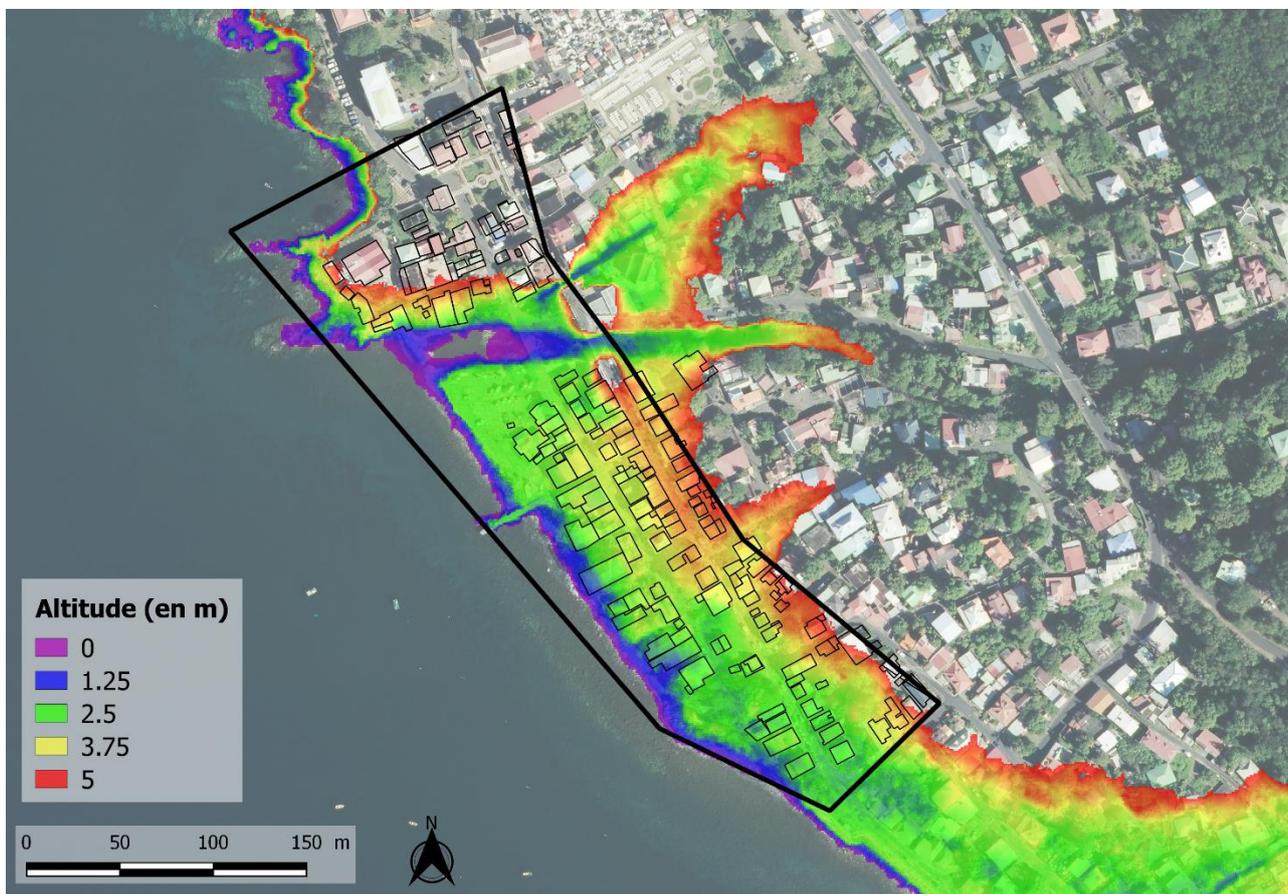


Illustration 44 – Analyse morphologique du site pilote du centre-bourg de Pointe-Noire, mettant en évidence la zone littorale située à une altitude inférieure à 5 m (Litto3D® - ©IGN et SHOM 2013).

3.3.2. Description et analyse historique des aléas naturels

Arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle

La commune de Pointe-Noire a fait l'objet, à ce jour, de 12 arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (Tableau 3) pour des phénomènes de mouvements de terrain autres que ceux liés à la problématique « retrait-gonflement des argiles », pour des chocs mécaniques liés à l'action des vagues et pour des inondations (source : www.georisques.gouv.fr).

Nature de l'arrêté	Date	Phénomène météorologique associé
Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	14/10/2008	(O) Omar
Inondations, coulées de boue, éboulements, glissements ou affaissements de terrain consécutifs au passage de l'ouragan Marilyn	13/09/1995	(O) Marilyn
Inondations, coulées de boue, éboulements, glissements ou affaissements de terrain et chocs mécaniques liés à l'action des vagues consécutifs au passage de l'ouragan Luis	03/09/1995	(O) Luis
Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	16/11/1999	(O) Lenny
	17/09/2017	(O) Maria
Inondations et coulées de boue	17/11/1999	(O) Lenny
	13/09/2004	(T) Jeanne
	15/08/2007	(O) Dean
	05/10/2010	
	17/09/2017	(O) Maria
Mouvements de terrain	13/09/2004	(T) Jeanne

Tableau 3 – Nature des phénomènes, dates d'occurrence et épisodes météorologiques remarquables associés aux arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de Pointe-Noire (O = Ouragan et T = Tempête Tropicale).

Mouvements de terrain

Les bases de données nationales sur les mouvements de terrains et sur les cavités souterraines (www.georisques.gouv.fr), ne mentionnent pas de mouvement de terrain ou la présence de cavités au voisinage du site pilote.

Dynamique du trait de côte sur le long terme

Le littoral du bourg de Pointe-Noire est constitué d'une plage de galets et de nombreux aménagements en haut de plage liés à la présence d'habitations. D'après l'analyse historique de l'évolution de la position du trait de côte sur le long terme (1950 – 2013), il est observé une avancée comprise entre 15 et 20 m entre 1998 et 2004, au niveau de la rive gauche de l'exutoire

de la rivière Caillou. Cette avancée est probablement liée aux différents aménagements réalisés afin de canaliser l'exutoire de la rivière. Plus au sud, le trait de côte est relativement stable sur la période 1950-2013 (Guillen et al., 2017 ; Illustration 45).

Parmi les événements historiques les plus récents, cette portion du littoral a été particulièrement affectée par le passage des cyclones Lenny en 1999 (Martin et Mompelat, 2000) et Omar en 2008 (Chauvet, 2008).



Illustration 45 – Comparaison des traits de côte digitalisés à partir des orthophotographies © IGN 1950, 1998, 2004, 2010 et 2013 (Guillen et al., 2017).

Submersion marine et choc mécanique des vagues

Le secteur du bourg de Pointe-Noire est exposé au risque de submersion marine par franchissement de paquets de mer ainsi qu'à l'aléa choc mécanique des vagues avec projection de matériaux en cas de forte houle.

Les évènements pour lesquels les impacts sont le mieux documentés concernent le passage des ouragans Lenny (Martin et Mompelat, 2000) et Omar (Chauvet, 2008).

Martin et Mompelat (2000) rapportent de nombreux dommages dans ce secteur en lien avec la submersion marine (Illustration 46). De nombreuses habitations du bord de mer sont détruites et six habitations en rive gauche de l'embouchure de la rivière Caillou sont emportées. Des dommages importants sont aussi relevés en lien avec la projection de matériaux qui ont défoncé les ouvertures des habitations situées en première ligne.

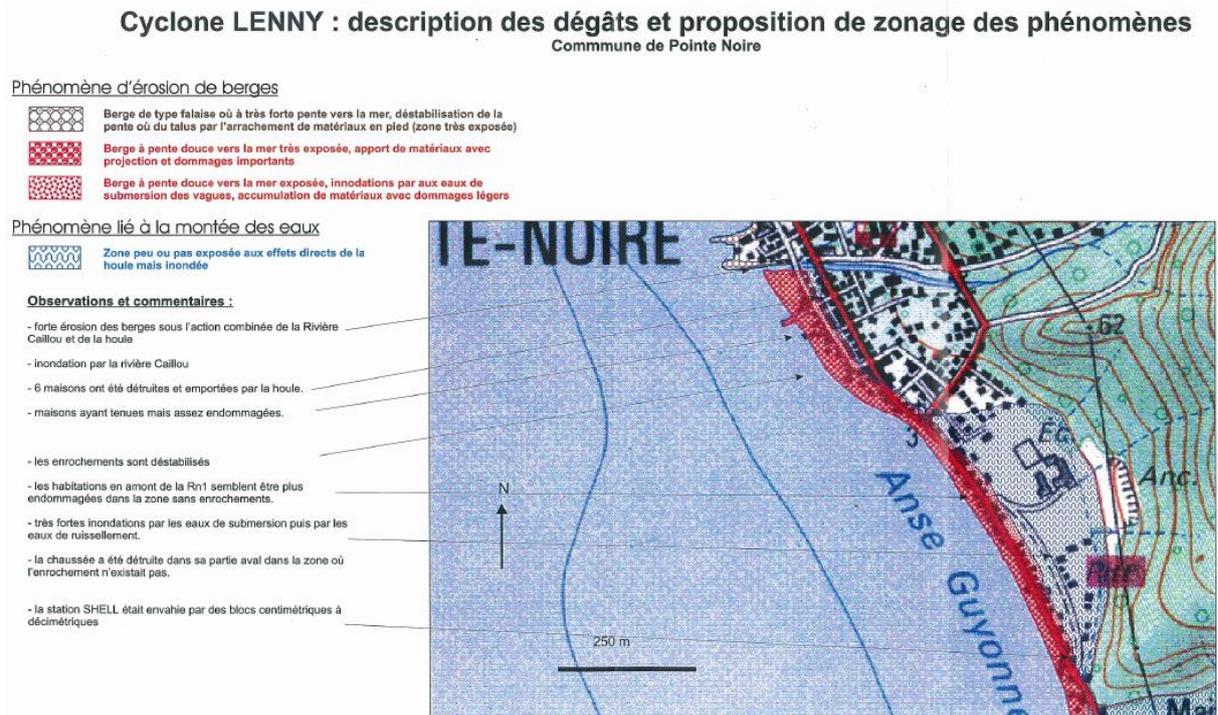


Illustration 46 – Impacts de l'ouragan Lenny sur le bourg de Pointe-Noire (Martin et Mompelat, 2000).

De plus, suite au passage de l'ouragan Omar, Chauvet (2008) indique qu'aux abords de la rivière Caillou, les traces de submersion et de projections de blocs sont manifestes jusqu'à la route, à une trentaine de mètres du rivage. Des accumulations de blocs se sont formées sur le rivage qui a été partiellement submergé (Illustration 47).

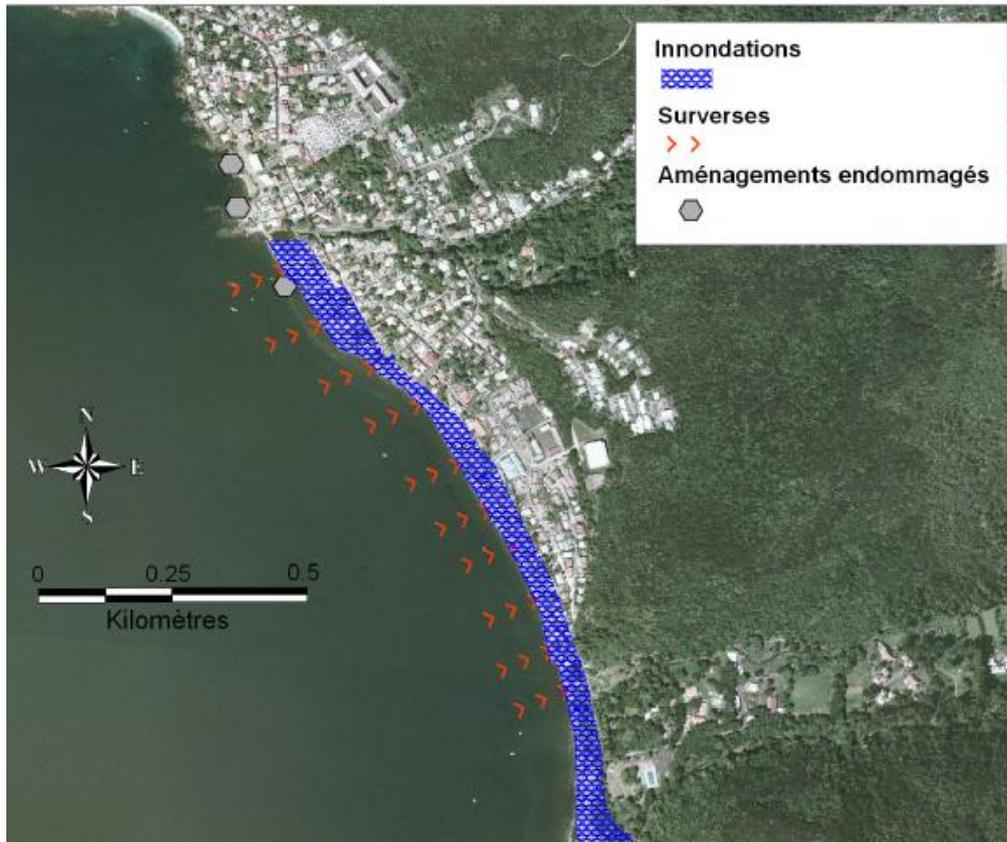


Illustration 47 – Cartographie des impacts relevés suite au passage de l'ouragan Omar (Chauvet, 2008).

Inondation

Le site pilote du bourg de Pointe-Noire est traversé par la rivière Caillou, dont l'embouchure est située dans la partie nord de la zone d'étude. Des inondations historiques ont déjà été observées à proximité de ces cours d'eau (Lenny, Marilyn, Jeanne, etc.).

En 1999, lors du passage de Lenny, six habitations en rive gauche de la rivière Caillou ont été emportées par la crue. La rivière Caillou est sortie de son lit à son embouchure, inondant la rive gauche (archives BRGM photo et vidéo, Illustration 48).

Au sujet des inondations sur la commune de Pointe-Noire, le rapport de présentation du PPR de la commune décrit notamment: « Avec ses débordements lors du passage de Marilyn, la crue liée au passage de Jeanne restera longtemps dans les mémoires. Cette crue, d'un caractère torrentiel très marqué, s'est caractérisée par un transport solide très important de blocs et d'arbres arrachés aux berges. Les débordements les plus importants se sont produits principalement sur la rive gauche, en rive droite le parapet béton a toutefois été submergé. »

« Lors du dernier événement météo, la berge rive droite entre les deux derniers ponts a été arrachée par la violence des flux et totalement submergée sous un torrent de plus d'un mètre cinquante de haut bousculant murs et entraînant un gros véhicule sur une habitation. »



Illustration 48 – Embouchure de la rivière Caillou après le passage de Lenny en 1999 ayant généré des inondations par débordement de cours d'eau.

3.3.3. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa

Mouvements de terrain

La topographie relativement plane du centre-bourg de Pointe-Noire (plaine côtière alluviale) fait que le seul aléa mouvement de terrain à considérer potentiellement, est l'érosion de berges le long de la rivière Caillou (Illustration 44).

- ***Erosion de berges***

L'érosion de berges est un mouvement de terrain à cinétique rapide et dans le cas présent, il se produit dans des formations alluvionnaires quaternaires, par nature peu consolidées. Cet aléa, déjà observé par le passé, est présent de part et d'autre de la rivière Caillou.

Le scénario considéré est une érosion de berges ponctuelle (un seul évènement), avec une probabilité d'occurrence élevée et une intensité faible à moyenne, pouvant entraîner un recul de la berge de l'ordre de quelques mètres. Ce scénario de référence a été défini sur la base d'une analyse à dire d'expert à partir des observations historiques, des retours d'expérience sur des évènements de références et en prenant en compte la nature géologique des formations constituant cette berge (formations alluvionnaires quaternaires peu consolidées) et la hauteur des berges au niveau de la zone d'étude (< 5 m). Le lit de la rivière a été aménagé (bétonné) et les deux rives sont partiellement protégées par des enrochements libres. Toutefois, leurs états et leurs entretiens étant incertains, ils ne peuvent être pris en compte.

Etant donné le caractère soudain et irréversible de l'érosion de berges, la zone de risque naturel grave et prévisible associée est définie comme comprenant le lit mineur du cours d'eau et une bande supplémentaire de 5 m, prise à partir du haut des berges (Illustration 49).

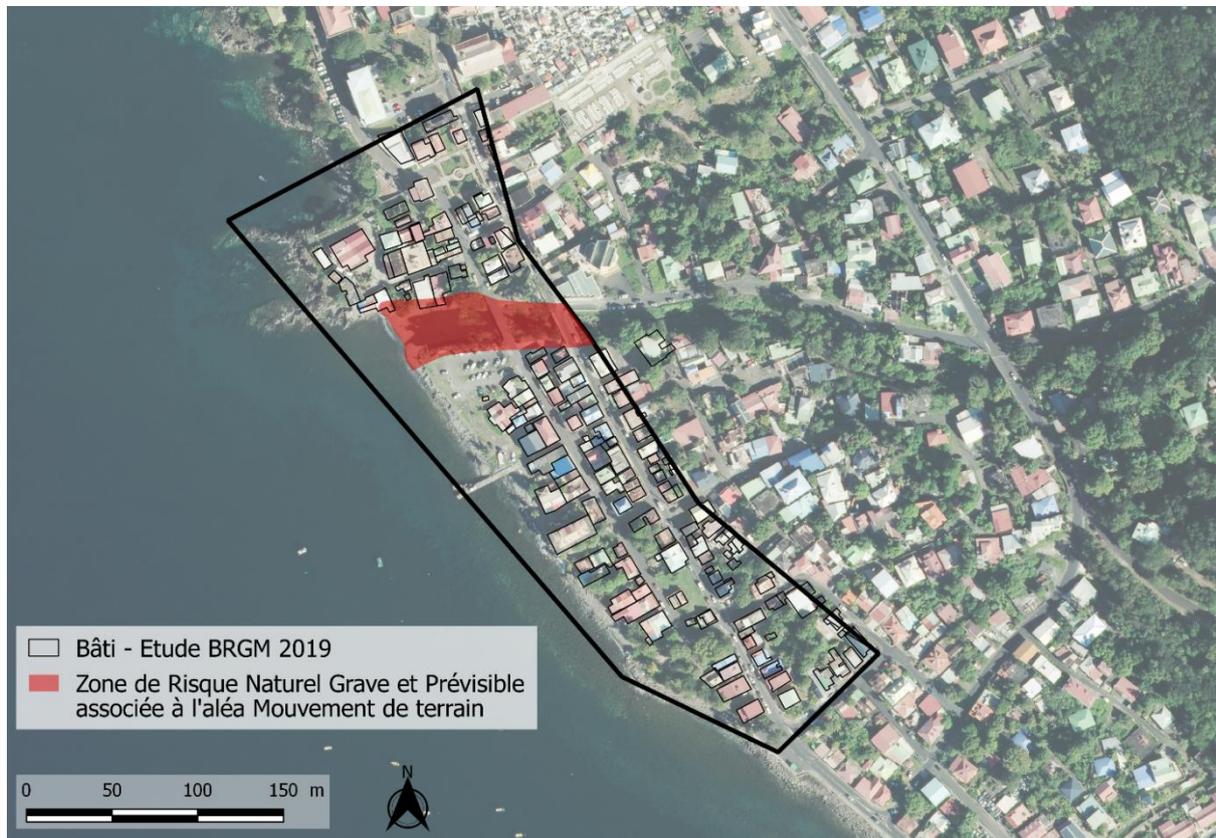


Illustration 49 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associée à l'aléa mouvement de terrain sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.

Submersion marine et choc mécanique des vagues

D'après les événements historiques, le site est principalement exposé à des phénomènes de submersion marine par franchissement de paquets de mer ainsi qu'au choc mécanique des vagues avec projection de matériaux dans la partie du site située au sud de la rivière Caillou.

- **Inondation par submersion marine**

D'après les informations recueillies sur les événements historiques et l'analyse à dire d'expert qui a été réalisée sur le site pilote, l'intensité de l'aléa submersion marine est qualifiée de moyenne pour les franchissements de paquets de mer à l'arrière du site (dynamique des écoulements lente et hauteur d'eau < à 1 m).

- **Choc mécanique des vagues**

En revanche, le site est exposé à un aléa fort pour le choc mécanique des vagues sur la partie sud du site (plage de galets et altitude basse < à 3 m). Sur la base d'une analyse à dire d'expert prenant en compte les événements historiques et l'exposition aux conditions hydrodynamiques, la zone présentant un risque de choc mécanique des vagues avec projections de matériaux, grave et prévisible est caractérisée par une bande de 40 à 50 m à partir du haut de plage sur la

partie sud. Sur la partie nord où l'altitude est plus élevée (autour de 5-6 m), cette zone correspond à une bande d'environ 10 m de large (Illustration 50).

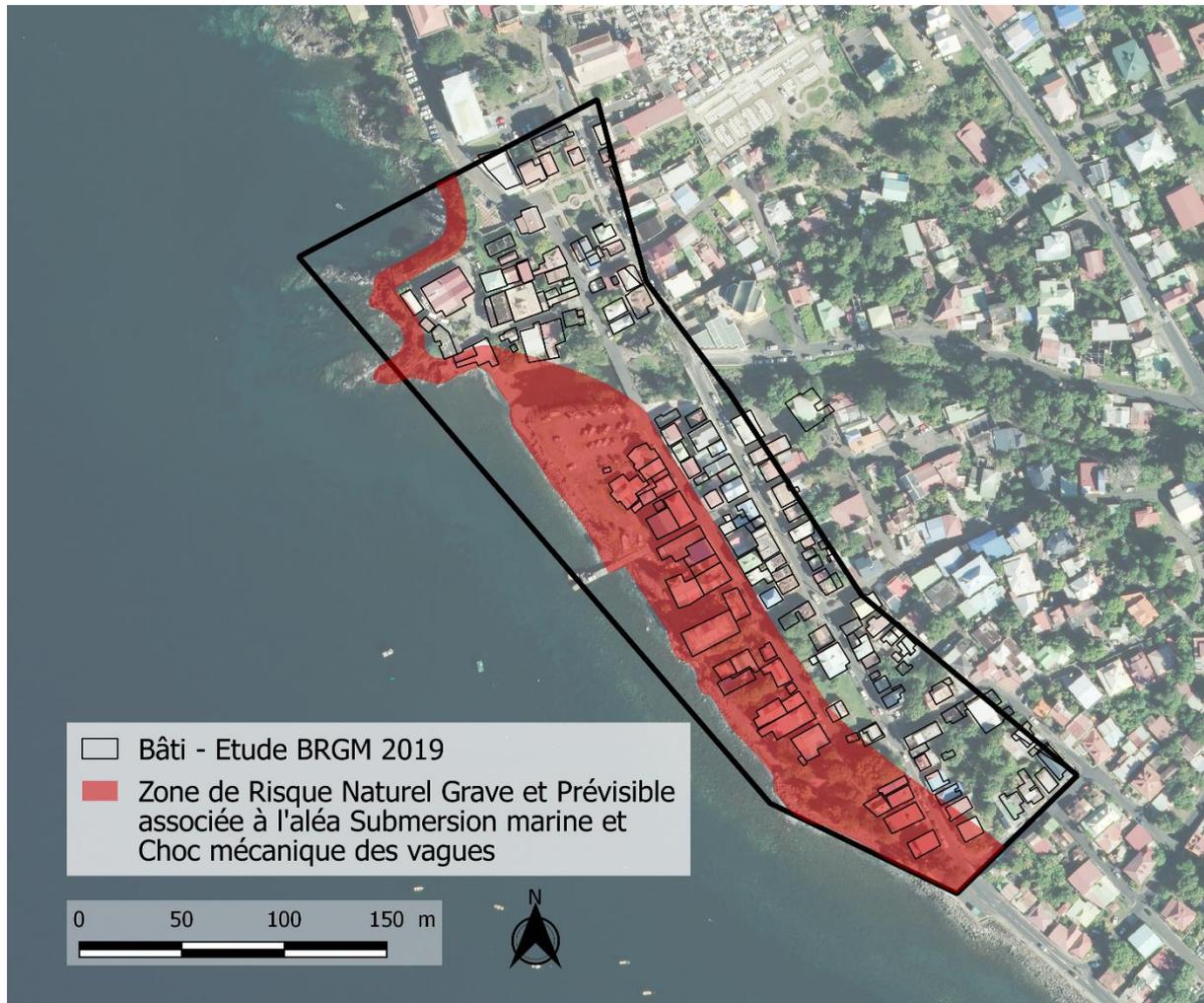


Illustration 50 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa choc mécanique des vagues (submersion marine) sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.

Recul du trait de côte

Le littoral du centre-bourg de Pointe-Noire est rocheux au nord de la rivière Caillou et forme une côte basse meuble au sud, constituée de sables et de galets quaternaire avec des aménagements de protection individuelle (principalement des murs verticaux et enrochements libres) dont le dimensionnement nous semble peu cohérent vis-à-vis de l'aléa redouté et sans continuité spatiale.

La caractérisation des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa recul du trait de côte, ne prend en compte que le recul instantané, soudain, ponctuel et irréversible lié à un événement météorologique majeur. Ce recul instantané a été défini sur la base d'une analyse à dire d'expert à partir des observations historiques, des retours d'expérience sur des événements passés et en prenant en compte l'exposition du site à la houle, **sur une bande de 10 m de large à partir du haut de plage** (Illustration 51) pour l'ensemble des côtes basses meubles du site.

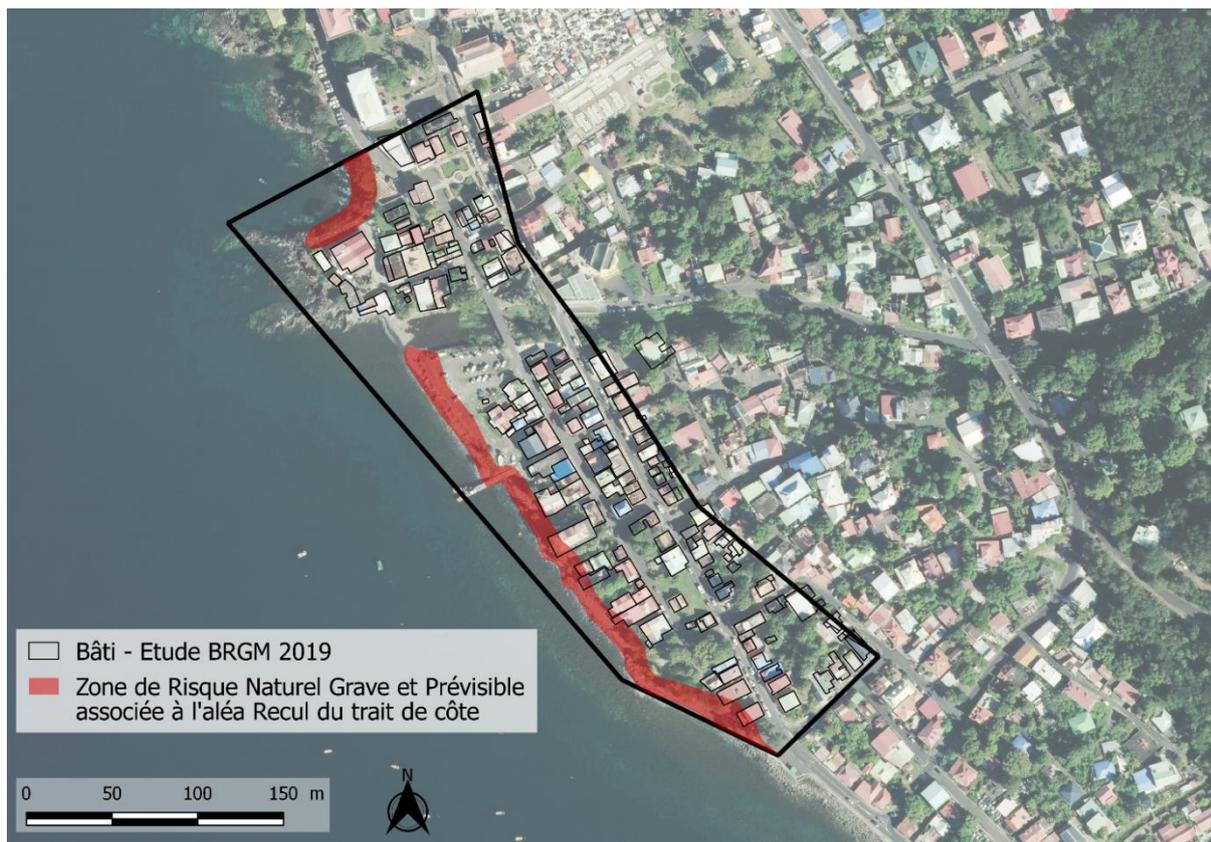


Illustration 51 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa recul du trait de côte sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.

Inondation

Une seule rivière est identifiée dans la zone d'étude : la rivière Caillou. Elle est susceptible de générer des inondations par débordement de cours d'eau. Elle draine un bassin versant de 691 ha. Son exutoire en mer se situe au centre du bourg de la commune.

La caractérisation de l'aléa inondation à l'échelle de la zone d'étude, a été réalisée par SAFEGE et les détails de cette étude (SAFEGE, 2018 - 18MAG083) sont décrits plus dans l'Annexe 2.

La cartographie des hauteurs d'eau montre qu'il y a des débordements importants de la rivière Caillou. Deux points de débordement impactent particulièrement le site pilote du bourg de Pointe-Noire :

- le premier est situé à quelques mètres en amont du pont de la RN2 (point de débordement identifié même avec une crue décennale) ;
- le second est situé plus en amont du bourg, hors zone d'étude, mais est à l'origine d'une seconde zone d'écoulement des eaux avec des vitesses et des hauteurs importantes.

L'ensemble des enjeux identifiés sur le site pilote, en rive gauche de la rivière Caillou, est exposé à des hauteurs d'eau allant de faibles (moins de 50 cm) à très importantes (supérieur à 1 m). Plusieurs bâtis sont fortement exposés à des hauteurs d'eau comprises entre 1 et 2 m. Sur l'ensemble du site pilote en rive gauche de la rivière Caillou, le secteur est exposé à des vitesses importantes supérieures à 1 m.s^{-1} (Illustration 52).

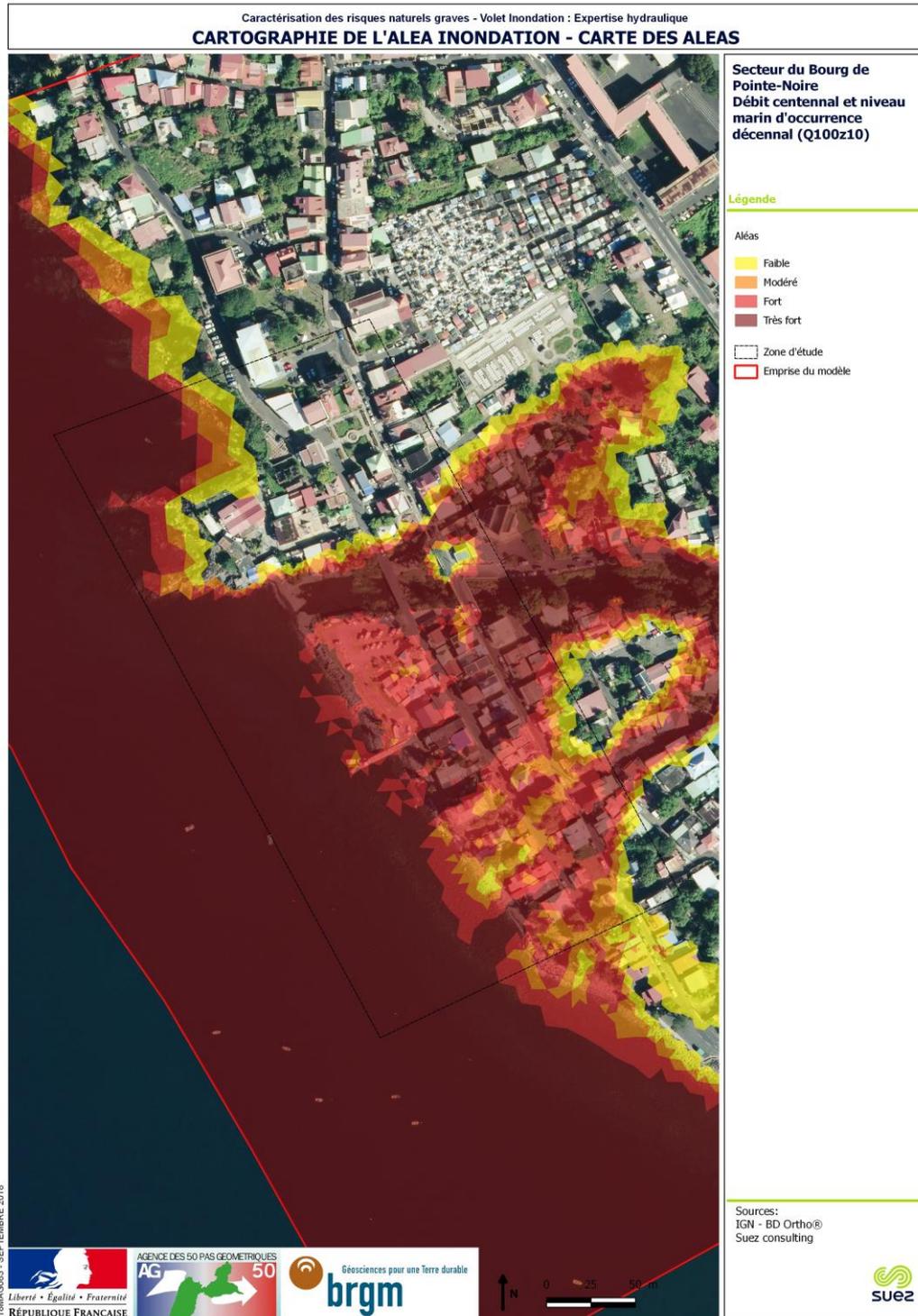


Illustration 52 – Cartographie de l'aléa inondation pour le site du bourg de Pointe-Noire obtenue à partir du croisement entre les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau modélisées pour un débit centennal et un niveau marin décennal (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).

Les tests de sensibilité réalisés entre les niveaux marins retenus pour une occurrence décennale (+ 0,20 m NGG) et centennale (+ 0,50 m NGG) montrent que le niveau aval n'impacte pas ou peu l'emprise et la dynamique des inondations. Ceci peut s'expliquer par les éléments suivants :

- L'altitude des différentes zones d'étude, en dehors des cours d'eau, est supérieure aux cotes avals retenues.

- Les débits générés par les occurrences de pluie décennale et centennale sont tels que les inondations sont générées en premier lieu par des débordements des ravines et remplissent intégralement les zones basses des différents sites.

Notre cartographie des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa inondation par débordement de cours d'eau repose sur la caractérisation d'une intensité forte de ce phénomène naturel (Illustration 53).

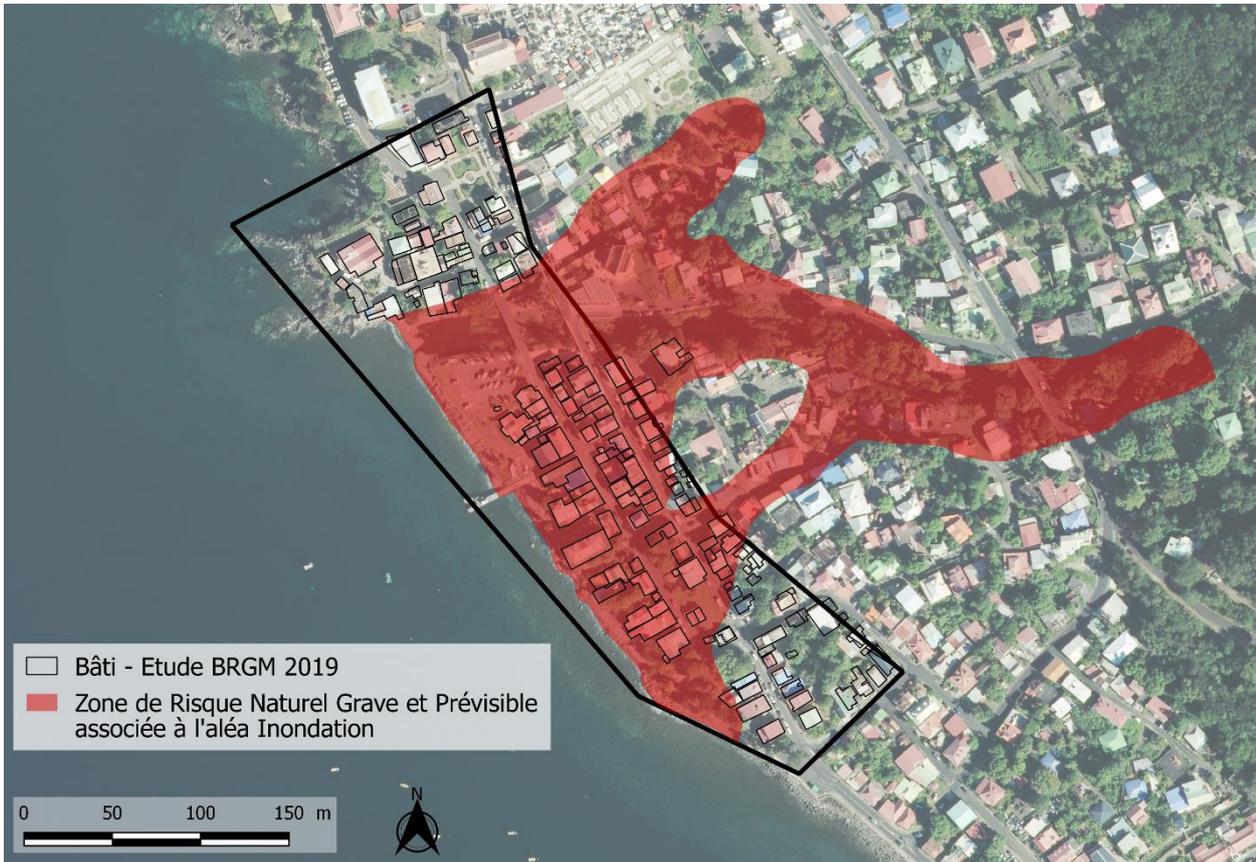


Illustration 53 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associée à l'aléa inondation sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.

Cartographie intégrée du risque naturel grave et prévisible

L'analyse et la cartographie des différents aléas présents sur le site pilote du Centre Bourg de Pointe-Noire montrent que l'on peut s'attendre à des intensités fortes à très fortes pour des phénomènes de mouvements de terrain (érosion de berge), de recul du trait de côte, de submersion marine et de choc mécanique des vagues et d'inondation par débordement de cours d'eau, pour lesquels la dangerosité vis-à-vis des vies humaines est importante. L'illustration 54 synthétise, pour les différents phénomènes naturels pris en compte, les zones de risques naturels graves et prévisibles.

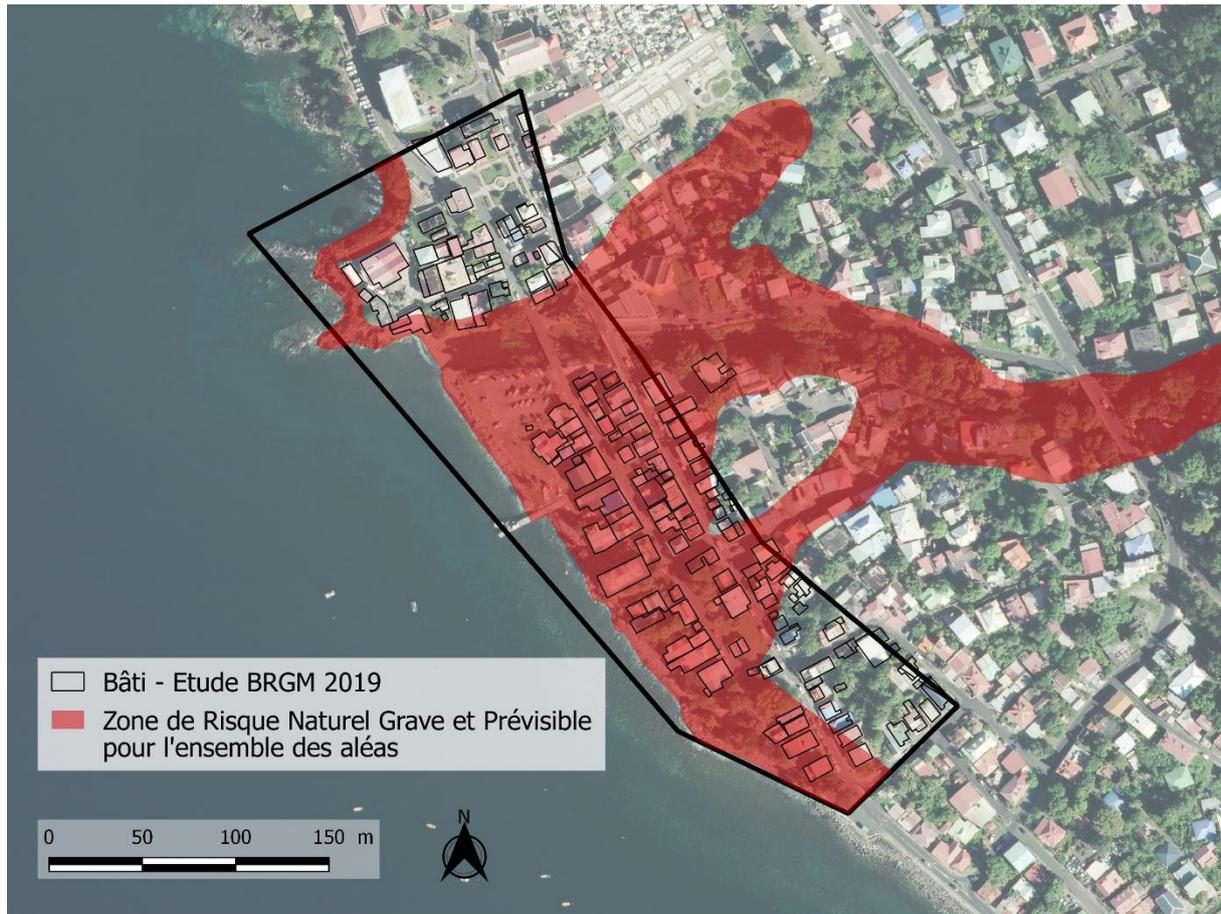


Illustration 54 – Cartographie intégrée de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible pour l'ensemble des aléas sur le site pilote du bourg de Pointe-Noire.

3.3.4. Caractérisation de la menace pour la vie humaine

Les aléas choc mécanique des vagues, recul du trait de côte et érosion de berge, sont caractérisés comme des phénomènes soudains se produisant avec une cinétique brutale et pouvant impacter structurellement les bâtis exposés (§ 2.1.2 Aléa mouvement de terrain, § 2.1.3 Aléa submersion marine et § 2.1.4 Aléa recul du trait de côte). Les populations exposées ne peuvent se mettre en sécurité dans leur propre habitation, ce qui implique une menace pour la vie humaine (32 bâtiments).

Selon notre méthodologie (Illustration 9), l'ensemble des bâtiments (32) présents dans les zones de danger associées au choc mécanique des vagues et au recul du trait de côte est considéré comme présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine. Parmi ces bâtiments, plusieurs semblent abandonnés.

En ce qui concerne l'aléa inondation, la méthodologie développée dans les chapitres précédents (§ 2.2 Caractérisation de la menace pour les vies humaines) et synthétisée par l'illustration 9, propose d'analyser 7 critères successifs pour caractériser la présence (ou non) d'une menace pour la vie humaine.

Critère n°1 : Zone présentant un risque naturel grave et prévisible

Le croisement entre la cartographie de la zone caractérisée par un risque d'inondation grave et prévisible et l'identification du bâti permet de retenir 41 bâtiments dans cette zone de danger. Les autres bâtiments sont, soit déjà caractérisés par une menace pour la vie humaine (aléas recul du trait de côte ou choc mécanique des vagues- pour 32 bâtiments), soit des ruines abandonnées (Enquête 2007 de l'AG50 – pour 16 bâtiments).

Critère n°2 : Surveillance et vigilance

Pour les aléas météorologiques (fortes pluies et orages, mer dangereuse à la côte et cyclones), auxquels l'inondation peut être rattachée, des systèmes de vigilance existent sur le territoire, à l'échelle du bassin atlantique nord (NHC) et à l'échelle de l'archipel (Météo-France).

Critère n°3 : Préparation à la gestion de crise et Information préventive

Un dispositif ORSEC phénomène météorologique existe sur le territoire de la Guadeloupe et localement, la commune de Pointe-Noire est dotée d'un Plan Communal de Sauvegarde, datant de 2018. Le PCS est très récent et décrit notamment l'organisation de la « cellule de crise communale » (composition, localisation, procédure de réception et de diffusion de l'alerte à la population, ...) aux travers de fiches actions, de fiches supports et de fiches missions. Il prend aussi en compte un certain nombre de scénarios dont le risque de mouvements de terrain, d'inondation et de submersion marine.

Des abris sûrs sont également identifiés dans la commune, en cas de cyclone, l'un d'eux étant situé à moins de 300 m du site d'étude, hors zone inondable (collège de Pointe-Noire).

Même si l'existence d'un PCS ne garantit pas que, dans le cas de l'occurrence d'un événement extrême, les secours ne soient pas saturés et ne soient dans l'impossibilité d'intervenir sur certains secteurs, la mise en sécurité des populations de jour ne peut se faire correctement que si la situation a été anticipée (2.2.2 Préparation à la gestion de crise) et à ce titre, on peut considérer que la gestion de la crise a été anticipée par la commune.

Une information préventive existe au niveau du département : DDRM (2014) et au niveau de la commune : DICRIM (2008).

Critère n°4 : Occupation nocturne

Les 41 bâtiments analysés présentent une occupation nocturne.

Critère n°5 : Bâti adapté

En complément des données déjà existantes, une étude sur la vulnérabilité du bâti a été réalisée en 2018 par le bureau d'études INGEROP (INGEROP, 2019. Rapport MM3825 - Annexe 3).

Certains de ces bâtiments (19) présentent plusieurs critères (surélévation du premier plancher et donc hauteur d'eau à l'intérieur < 1 m, risque d'affouillement faible, risque structurel nul ou faible et présence d'un niveau refuge) qui permettent de caractériser comme faible à moyenne la vulnérabilité de ces bâtiments face à l'inondation par débordement de cours d'eau.

Pour les autres bâtiments (22), la vulnérabilité forte qui leur est attribuée est liée à des critères comme :

- l'absence de niveau refuge pour une hauteur d'eau supérieure à 1 m à l'intérieur du bâtiment ;

- la présence d'un niveau refuge mais avec une forte vulnérabilité structurelle par rapport à la capacité de résistance du bâtiment.

Critère n° 6 : Accessibilité des secours et possibilités de mise à l'abri en cas d'urgence

Si on réalise cette analyse à l'échelle individuelle des 22 bâtiments exposés à un risque d'inondation grave et prévisible, elles ont toutes au moins un accès direct aux voies de circulation. Le principal problème repose sur le fait que ces axes de circulation peuvent être inondés avec une dynamique d'écoulement potentiellement importante. L'évacuation des personnes et l'accès des secours en cours de phénomène s'en trouveront complexifiés.

Pour les bâtiments situés au nord de la rivière Caillou, l'évacuation peut se faire en remontant la rue Jean Ignace ou la rue de la République et rejoindre l'abri sûr identifié dans le PCS de la commune (collège).

Pour les bâtiments situés au sud de la rivière Caillou, l'évacuation peut se faire en se dirigeant vers le sud-est, le long des rues Maxime Jean et Saint-Jean, puis le long de la rue Joseph Dierle, pour ne pas longer le littoral. Un troisième pont, situé plus en amont, pourrait être utilisé (si le passage est praticable) pour rejoindre le collège (abri sûr).

Toutefois, si on réalise cette analyse à l'échelle du bassin de risque, soit l'ensemble de la partie basse proche du littoral (altitude inférieure à 5 m), on retient :

- Un risque d'isolement des bâtiments situés entre la rivière et le deuxième axe d'écoulement majeur en cas d'inondation par débordement de la rivière Caillou (hors site d'étude et hors zone présentant un risque naturel grave et prévisible) ;
- Une accessibilité pouvant être rendue complexe pour les secours et l'évacuation d'urgence car une grande partie du site d'étude risque d'être inondée et trois accès sur 4 sont exposés aux aléas inondation ou choc mécanique des vagues.

Conclusion sur le risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine

En conclusion, 54 bâtiments situés dans les zones présentant un risque naturel grave et prévisible pour les aléas choc mécaniques des vagues et recul du trait de côte (32 bâtiments) et inondation par débordement de cours d'eau (22) sont considérées comme étant en situation de menace pour la vie humaine au niveau du site d'étude du bourg de Pointe-Noire.

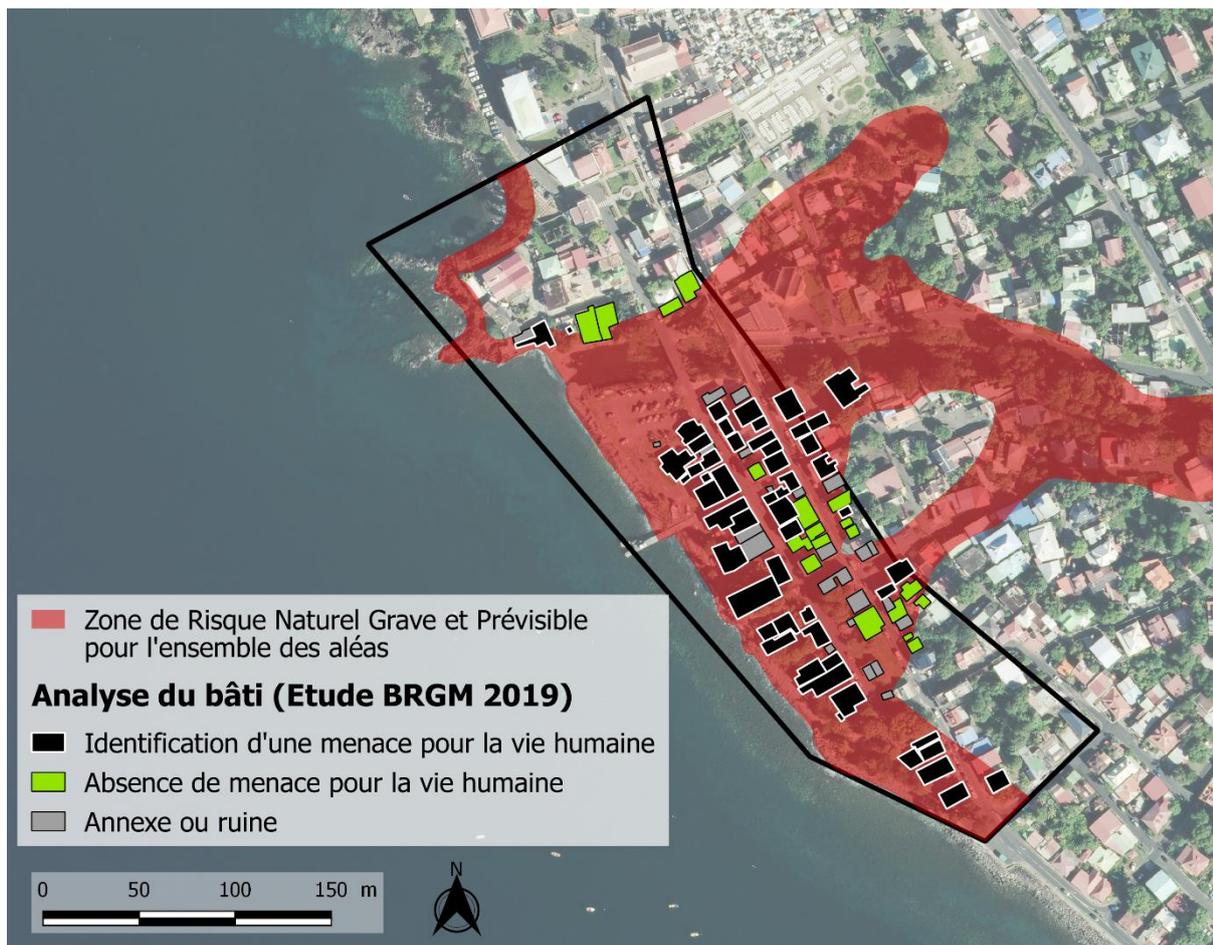


Illustration 55 – Cartographie du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines sur le site pilote du Centre Bourg de Pointe-Noire.

3.4. PLAGE CARAÏBE – POINTE-NOIRE

3.4.1. Contexte

Localisation géographique

La plage Caraïbe de Pointe-Noire se situe entre la Pointe Botrel et la Pointe à l'Aiguille, en rive droite de la rivière Grande Plaine, entre la Route Nationale 2 et le littoral (Illustration 56). Une route communale permet d'y accéder. Ce site pilote est exposé à la mer des Caraïbes sur sa bordure ouest. Les zones concernées font partie de la section cadastrale BE.

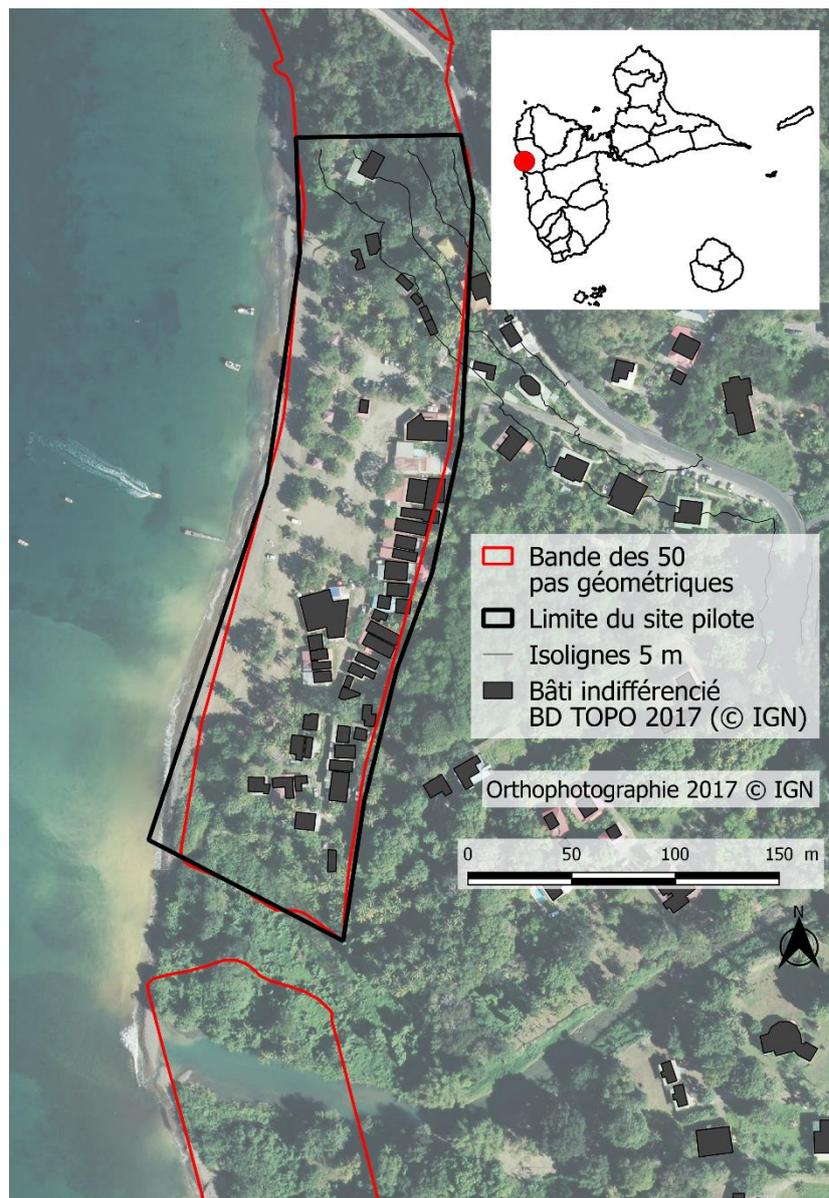


Illustration 56 – Localisation générale du site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire (cadre noir) et zone des 50 pas géométriques (en rouge) (© IGN 2017).

Contexte géologique et morphologique

D'après la carte géologique de la Basse-Terre à 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966⁶), le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire se situe sur des formations quaternaires constituées de sables et galets des plages (a_s) composée de sable coquillier en faibles proportions, de sable volcanique noir et de galets d'origine à la fois volcanique (d'origine andésitique) et récifale, et d'alluvions de rivières (a_a) (Illustration 57). La majorité de ces éléments constituant ces formations détritiques est issue de l'altération des roches volcaniques situées à l'amont du site.

D'ailleurs, l'extrémité nord du site pilote est caractérisée par des formations volcaniques anciennes de type coulées de lave andésitique associées à la mise en place de Gros Morne.

Au niveau du site pilote, de Reynal de Saint-Michel (1966) décrit des calcaires meuliérisés en roches volantes notées m. Cette roche est composée de blocs de roches calcaires silicifiées. La notice géologique mentionne : « *Les calcaires silicifiés sont également fréquents en galets dans le lit des rivières Petite Plaine et Grande Plaine, au sud de Pointe-Noire, sur le versant occidental de la Basse-Terre. Transportés par ruissellement, ils s'accumulent sur la plage de Pointe-Noire dont ils constituent une part importante.* ».

⁶ de Reynal de Saint-Michel A. (1966), Notice explicative des feuilles de Basse-Terre et des Saintes - Carte géologique au 1/50 000, Département de la Guadeloupe, BRGM

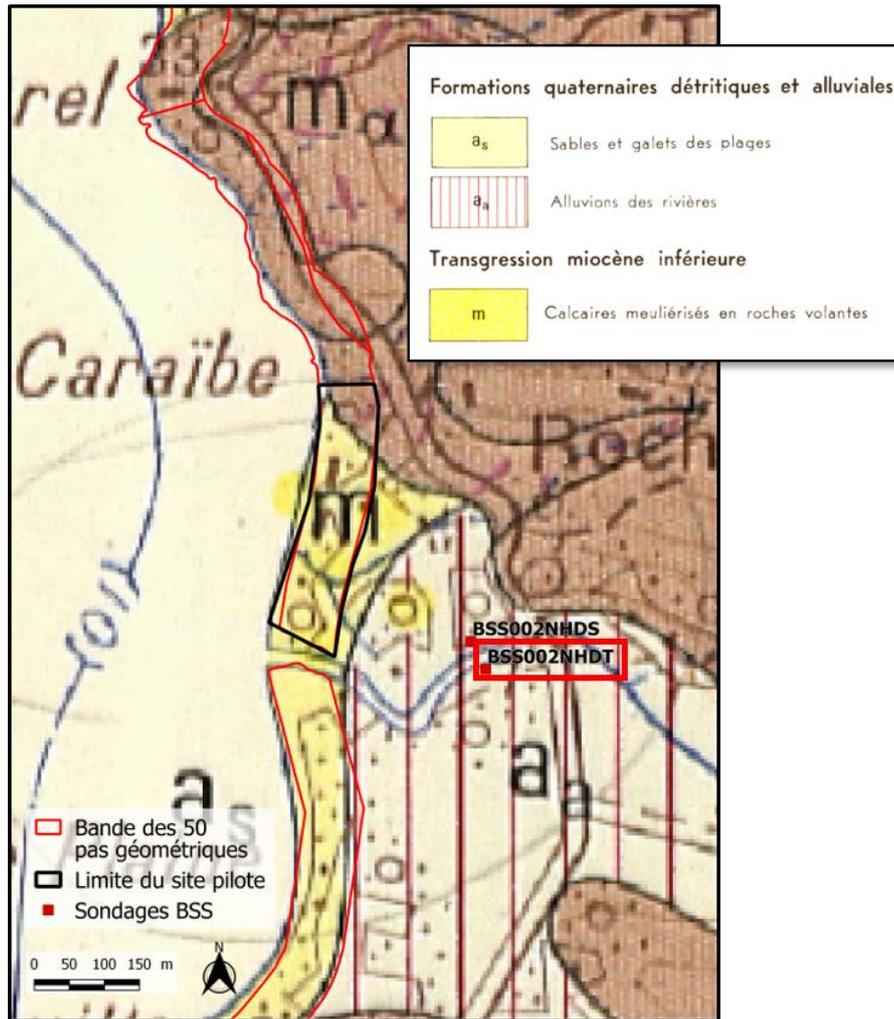


Illustration 57 – Localisation du site d'étude (en noir) sur un extrait de la carte géologique de la Basse-Terre au 1/50 000 (de Reynal de Saint-Michel, 1966) et localisation des sondages (celui décrit est encadré en rouge) situés à proximité du site pilote, extraits de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) (<http://infoterre.brgm.fr/>).

Les sondages voisins du site (Illustration 57), extraits de la Banque de Données du Sous-Sol (BSS) dans un rayon de 400 m autour du site pilote de la plage Caraïbe à Pointe-Noire sont situés dans des alluvions de rivières, notées a_a . Il s'agit des sondages BSS002NHDS et BSS002NHDT (ANNEXE 1). Leur localisation n'est pas dans la même formation géologique que le site pilote.

Du point de vue morphologique, il s'agit d'une plaine côtière alluviale. La quasi-totalité du secteur est située à une altitude inférieure à 3 m (Illustration 58), hormis l'extrémité nord-est, vers la RN 2, qui culmine à environ 15 m. Une zone basse rétro littorale (< 2 m d'altitude) (Illustration 59) est identifiée derrière les habitations, marquant une zone d'expansion des crues de la rivière Grande Plaine.

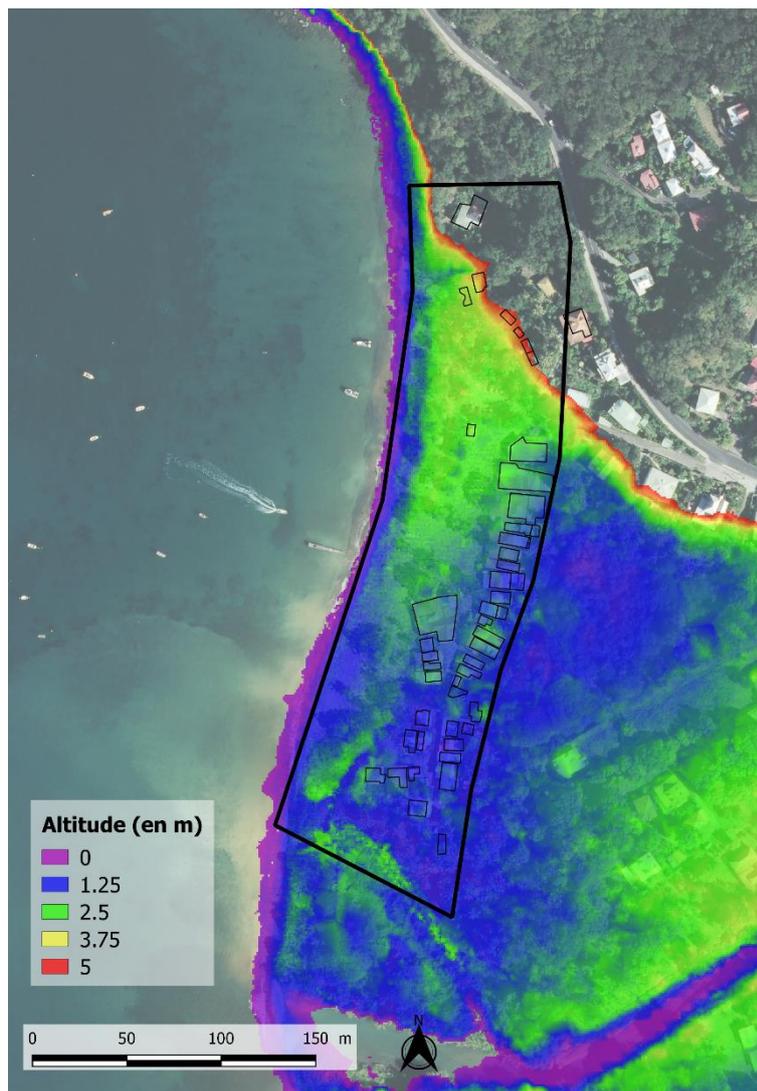


Illustration 58 – Analyse morphologique du site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire, mettant en évidence la zone littorale située à une altitude inférieure à 5 m (Litto3D® - ©IGN et SHOM 2013).



Illustration 59 – Topographie plane de la bande littorale (altitude 2-3 m) du site pilote de Plage Caraïbe, à Pointe-Noire.

3.4.2. Description et analyse historique des aléas naturels

Arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle

La commune de Pointe-Noire a fait l'objet, à ce jour, de 12 arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (Tableau 4) pour des phénomènes de mouvement de terrain (autres que ceux liés à la problématique « retrait-gonflement des argiles »), pour des chocs mécaniques liés à l'action des vagues et pour des inondations (source : www.georisques.gouv.fr).

Nature de l'arrêté	Date	Phénomène météorologique associé
Chocs mécaniques liés à l'action des vagues	14/10/2008	(O) Omar
Inondations, coulées de boue, éboulements, glissements ou affaissements de terrain consécutifs au passage de l'ouragan Marilyn	13/09/1995	(O) Marilyn
Inondations, coulées de boue, éboulements, glissements ou affaissements de terrain et chocs mécaniques liés à l'action des vagues consécutifs au passage de l'ouragan Luis	03/09/1995	(O) Luis

Inondations et chocs mécaniques liés à l'action des vagues	16/11/1999	(O) Lenny
	17/09/2017	(O) Maria
Inondations et coulées de boue	17/11/1999	(O) Lenny
	13/09/2004	(T) Jeanne
	15/08/2007	(O) Dean
	05/10/2010	
	17/09/2017	(O) Maria
Mouvements de terrain	13/09/2004	(T) Jeanne

Tableau 4 – Nature des phénomènes, dates d'occurrence et épisodes météorologiques remarquables associés aux arrêtés de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle sur la commune de Pointe-Noire (O = Ouragan et T = Tempête Tropicale).

Mouvements de terrain

Les bases de données nationales sur les mouvements de terrains et sur les cavités souterraines (www.georisques.gouv.fr), ne mentionnent pas de mouvement de terrain ou la présence de cavités répertoriées au voisinage du site pilote.

Dynamique du trait de côte sur le long terme

Le littoral de l'Anse Caraïbe forme une côte basse meuble de sable et de galets. D'après l'analyse historique de l'évolution de la position du trait de côte sur le long terme (1950 – 2013), la plage Caraïbe de Pointe-Noire est en équilibre dynamique avec une variabilité de la position du trait de côte pouvant atteindre entre 5 et 10 m (Guillen et al., 2017 ; Illustration 60).

Cependant, Mompelat et Martin (2000) indiquent que la plage de l'Anse Caraïbe a reculé d'une vingtaine de mètres suite au passage de Lenny.

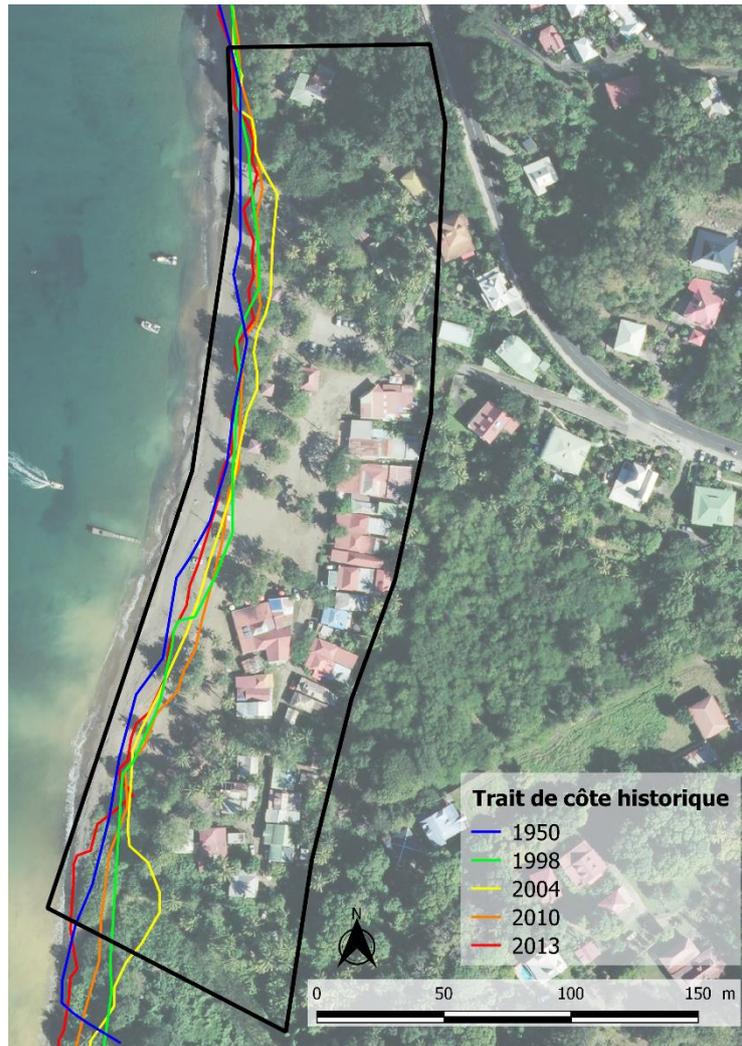


Illustration 60 – Comparaison des traits de côte digitalisés à partir des orthophotographies © IGN de 1950, 1998, 2004, 2010 et 2013 (Guillen et al., 2017).

Inondation

Le site pilote de Plage Caraïbe est traversé au nord par deux petites ravines intermittentes et non nommées drainant des bassins versants de petite taille (18 ha et 30 ha), la ravine Cramier (81 ha) et surtout la rivière Grande Plaine (> 1500 ha). L'ensemble de ces ravines se jette dans une vaste zone humide partiellement aménagée, en arrière de la plage, avant de rejoindre la mer des Caraïbes.

Nous n'avons pu obtenir que très peu d'informations historiques mais des inondations ont déjà été observées à proximité de ces cours d'eau et notamment au cours du passage du cyclone Lenny en 1999 (Illustration 61).



Illustration 61 – Embouchure de la rivière Grande Plaine après le cyclone Lenny en 1999 et maisons ayant été inondées en rive droite.

Submersion marine et choc mécanique des vagues

La plage de l’Anse Caraïbe a été impactée par plusieurs épisodes de submersions marines en lien avec le passage de cyclones qui ont affecté la côte sous le vent, dont Lenny en 1999 (Mompelat et Martin, 2000) et Omar en 2008 (Chauvet, 2008).

Dans leur rapport d’expertise, Mompelat et Martin (2000) indiquent que la submersion marine a atteint des terrains situés en arrière plage (Illustration 62).



Illustration 62 – Impacts du cyclone Lenny en 1999 sur le littoral de la plage Caraïbe à Pointe-Noire (BRGM).

Par ailleurs, Chauvet (2008) rapporte, d’après les témoignages recueillis sur place, qu’une quantité importante de sable et de débris végétaux avaient été apportés par les paquets de mer jusqu’au niveau de bungalows en arrière de la plage. La carte ci-après présente les impacts relevés suite au passage d’Omar (Illustration 63).

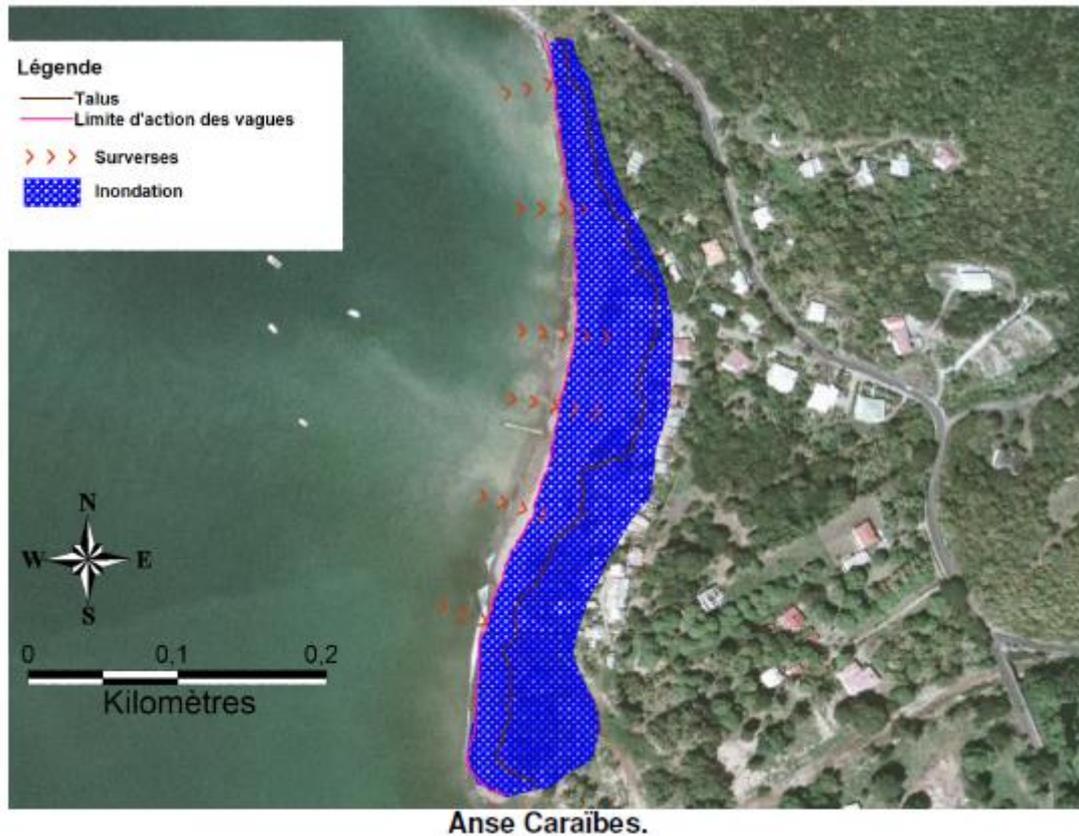


Illustration 63 – Cartographie des impacts relevés suite au passage de l'ouragan Omar (Chauvet, 2008).

3.4.3. Caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour chaque aléa

Mouvements de terrain

On n'identifie pas de phénomène de mouvement de terrain grave et prévisible sur cette plaine côtière alluviale.

Les phénomènes d'érosion de berges et de divagation du lit, sont considérés comme de faible intensité.

Submersion marine et choc mécanique des vagues

D'après la connaissance des événements historiques, le site de la plage Caraïbe est principalement exposé au phénomène de submersion marine par franchissement de paquets de mer et au choc mécanique des vagues avec projections de matériaux.

- ***Inondation par submersion marine***

D'après les informations recueillies sur les événements historiques et l'analyse à dire d'expert qui a été réalisée sur le site pilote, l'intensité de l'aléa submersion marine par franchissement de paquets de mer est qualifié de faible à moyen à l'arrière du littoral, avec une dynamique de submersion lente à moyenne et des hauteurs d'eau inférieures à 1 m.

- ***Choc mécanique des vagues***

En revanche, le site est exposé à un aléa fort pour le choc mécanique des vagues. Sur la base d'une analyse à dire d'expert prenant en compte les événements historiques et l'exposition aux conditions hydrodynamiques, la zone présentant un risque de choc mécanique des vagues avec projections de matériaux, grave et prévisible est interprétée sur une bande de 50 m à partir du haut de plage (Illustration 64).

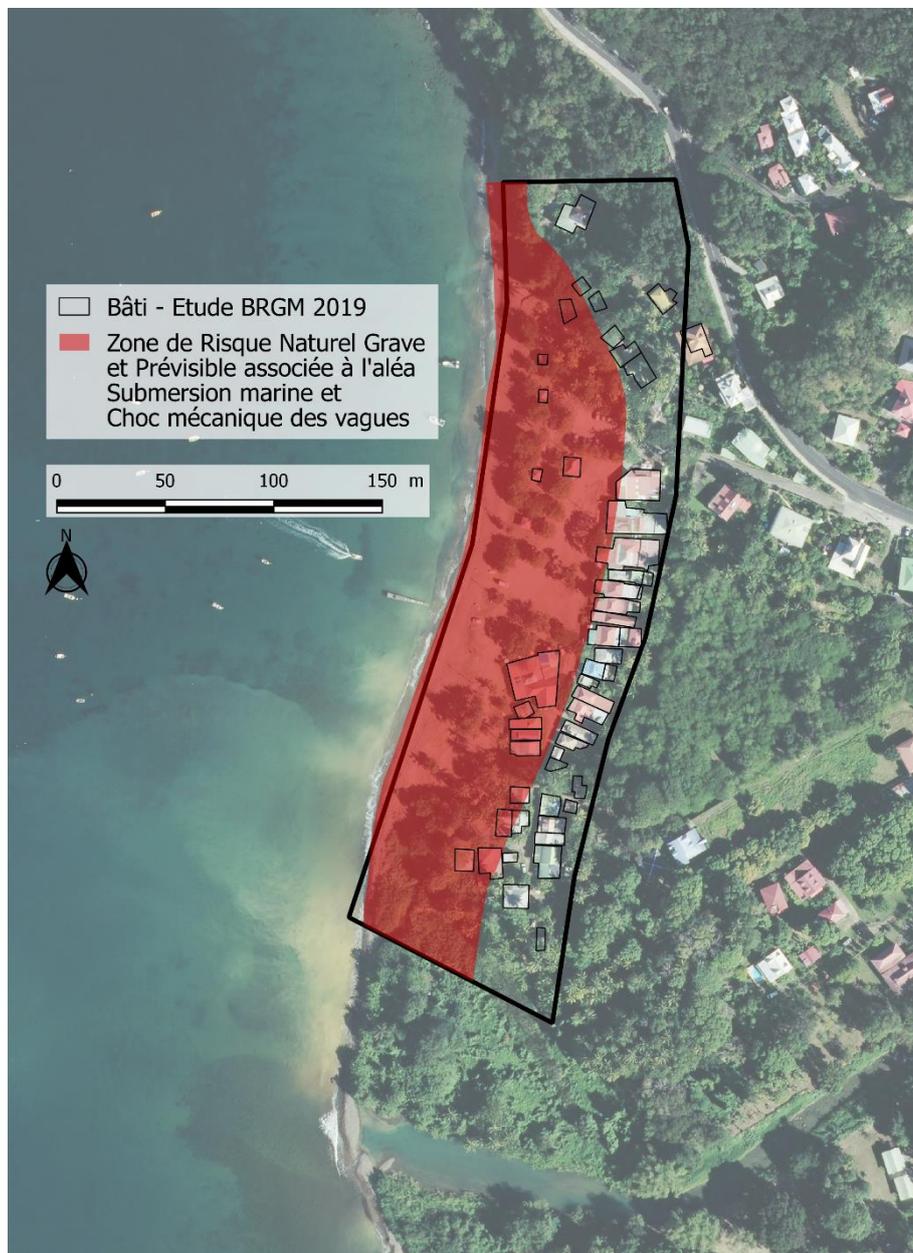


Illustration 64 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa choc mécanique des vagues (submersion marine) sur le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire.

Recul du trait de côte

La caractérisation des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa recul du trait de côte, ne prend en compte que le recul instantané et brutal lié à un événement météorologique majeur. Ce recul instantané a été défini sur la base d'une analyse à dire d'expert à partir des observations historiques, des retours d'expérience suite au passage de Lenny en 1999 (Mompelat et Martin,

2000) et en prenant en compte l'exposition de site à la houle, **sur une bande de 20 m de large à partir du haut de plage** (Illustration 65).

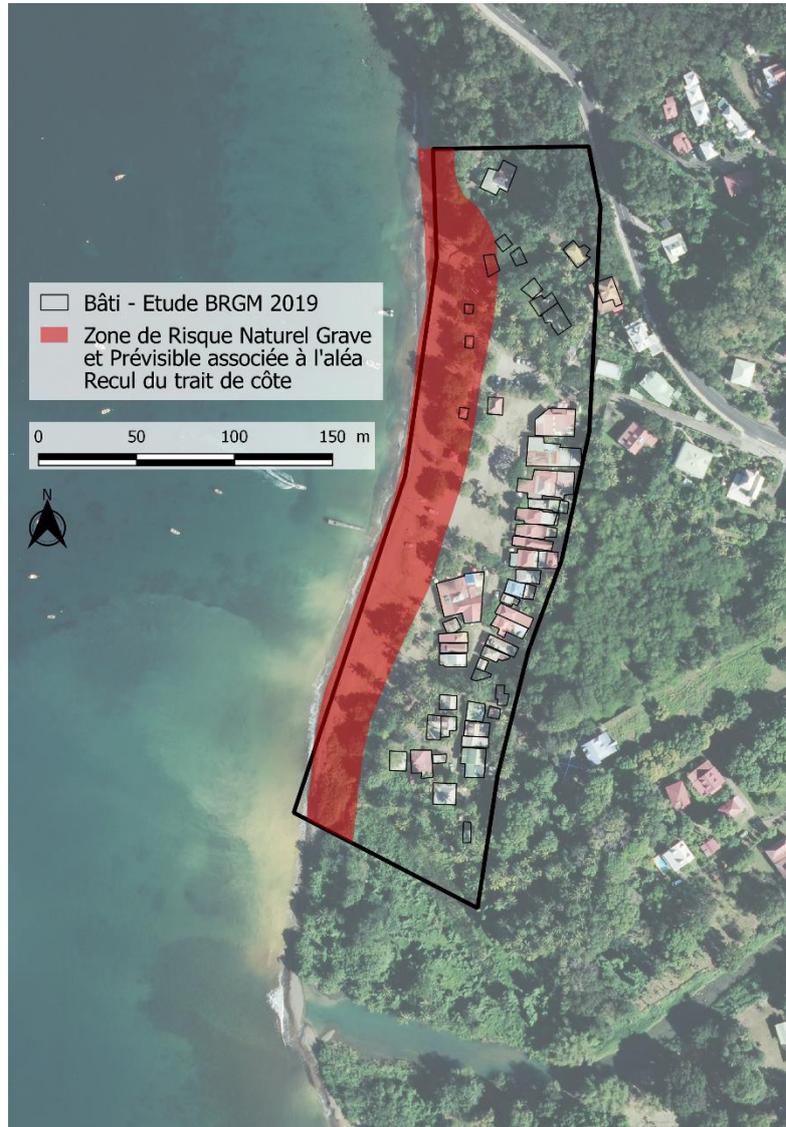


Illustration 65 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa recul du trait de côte sur le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire.

Inondation

Quatre ravines ont été prises en compte pour caractériser l'aléa inondation au niveau du site pilote de plage Caraïbe : deux ravines au nord (Ravine Dupot – BV3 et BV4) drainant des bassins versants de petite taille (30 ha et 18 ha), la ravine Cramier au sud et en limite de notre zone d'étude (81 ha - BV2), et la plus importante, la rivière Grande Plaine (1457 ha - BV1). L'ensemble de ces ravines se jette dans une vaste zone humide partiellement aménagée avant de rejoindre la mer des Caraïbes.

La caractérisation de l'aléa inondation à l'échelle de la zone d'étude, a été réalisée par SAFEGE et les détails de cette étude (SAFEGE, 2018 - 18MAG083) sont décrits plus dans l'Annexe 2.

La cartographie des hauteurs d'eau montre qu'il y a des débordements sur l'ensemble du site pilote, que ce soit pour une occurrence de débit décennal ou une occurrence de débit centennal. Les débordements proviennent principalement de la rivière Grande Plaine (BV1). Les ravines périphériques contribuent à la marge à l'inondation du reste de la zone d'étude.

Pour la partie nord du site pilote, au nord de la rivière de Grande Plaine, les enjeux sont exposés à des hauteurs d'eau allant de moins de 50 cm à 1 m et à des vitesses d'écoulements modérées inférieures à $0,5 \text{ m.s}^{-1}$. Cette partie du site pilote est caractérisée par un aléa faible à moyen (Illustration 66).

Par contre, la partie sud du site pilote, entre la rivière Grande Plaine (BV1) et la ravine Dupot (BV3), est plus exposée, avec des hauteurs d'eau supérieures à 1 m (jusqu'à 2 m) et des vitesses supérieures à $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ (voir supérieures à 1 m.s^{-1}). Cette partie du site pilote est caractérisée par un aléa fort à très fort (Illustration 66).

Les tests de sensibilité effectués entre des niveaux marins d'occurrences décennale (+ 0,20 m NGG) et centennale (+ 0,60 m NGG) montrent que le niveau aval n'impacte pas ou peu la dynamique des inondations et l'étendue de la zone inondable.

Notre cartographie des zones de risque naturel grave et prévisible pour l'aléa inondation par débordement de cours d'eau repose sur la caractérisation d'une intensité forte à très forte de ce phénomène naturel (Illustration 67). Cette intensité est définie à partir d'un croisement entre la hauteur d'eau ($> 1 \text{ m}$), la vitesse d'écoulement ($> 0,5 \text{ m.s}^{-1}$) ainsi que la vitesse de montée des eaux et la durée du phénomène.

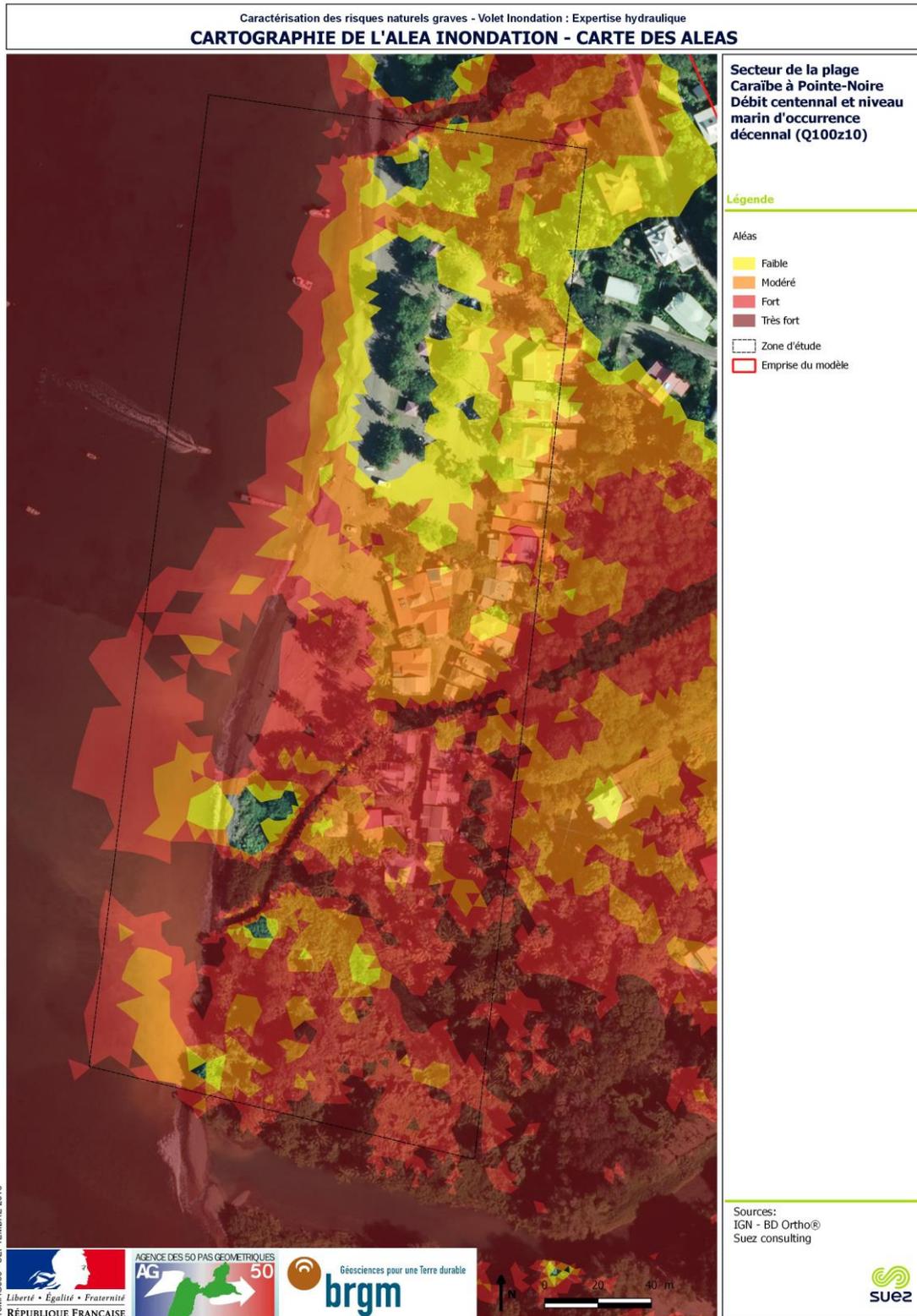


Illustration 66 – Cartographie de l'aléa inondation pour le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire obtenue à partir du croisement entre les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau modélisées pour un débit centennal et un niveau d'eau décennal (SAFEGE, 2018 - 18MAG083).

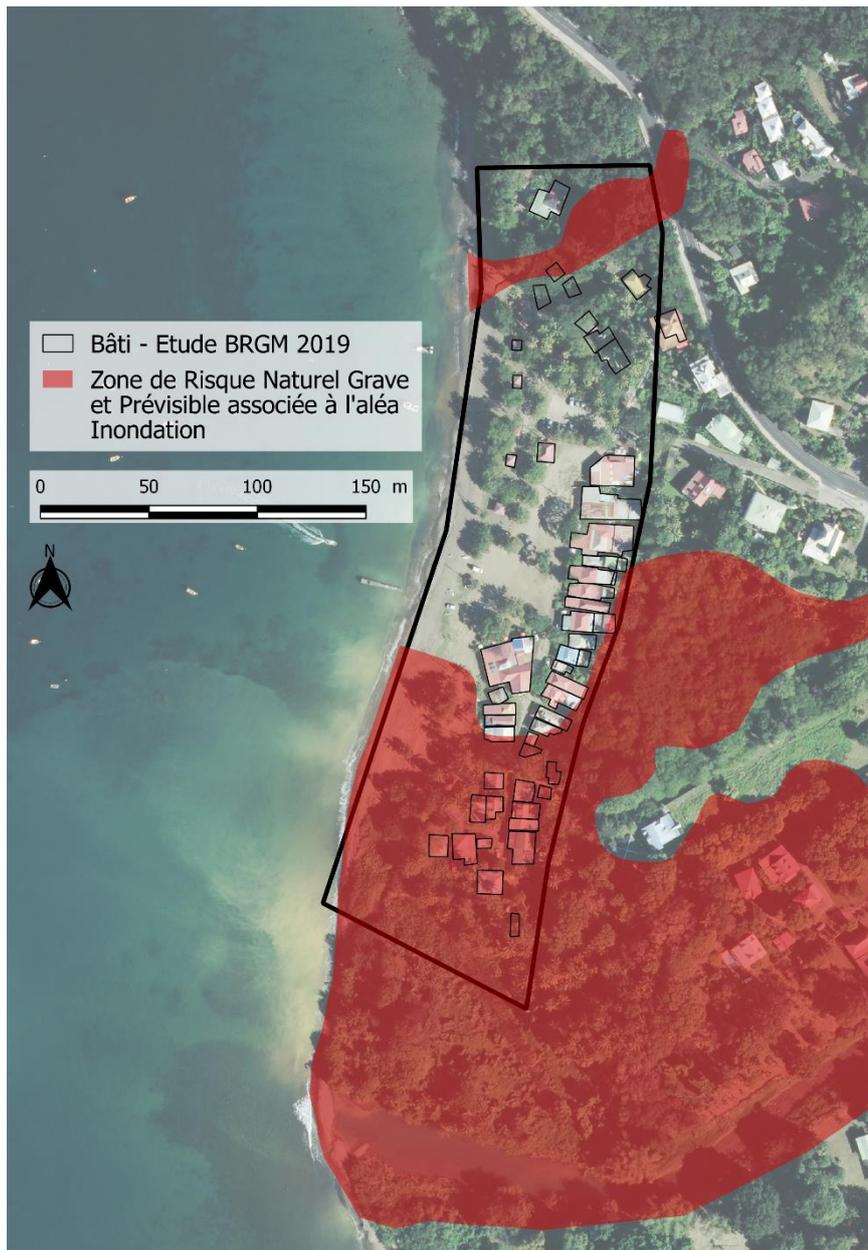


Illustration 67 – Cartographie de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible associé à l'aléa inondation sur le site pilote de la plage Caraïbe à Pointe-Noire.

Cartographie intégrée du risque naturel grave et prévisible

L'analyse et la cartographie des différents aléas présents sur le site pilote de plage Caraïbe à Pointe-Noire montrent que l'on peut s'attendre à des intensités fortes à très fortes pour des phénomènes de recul du trait de côte, de submersion marine et de choc mécanique des vagues et d'inondation par débordement de cours d'eau, dont la dangerosité vis-à-vis des vies humaines est importante. L'illustration 68 synthétise, pour les différents phénomènes pris en compte, les zones de risques naturels graves et prévisibles.

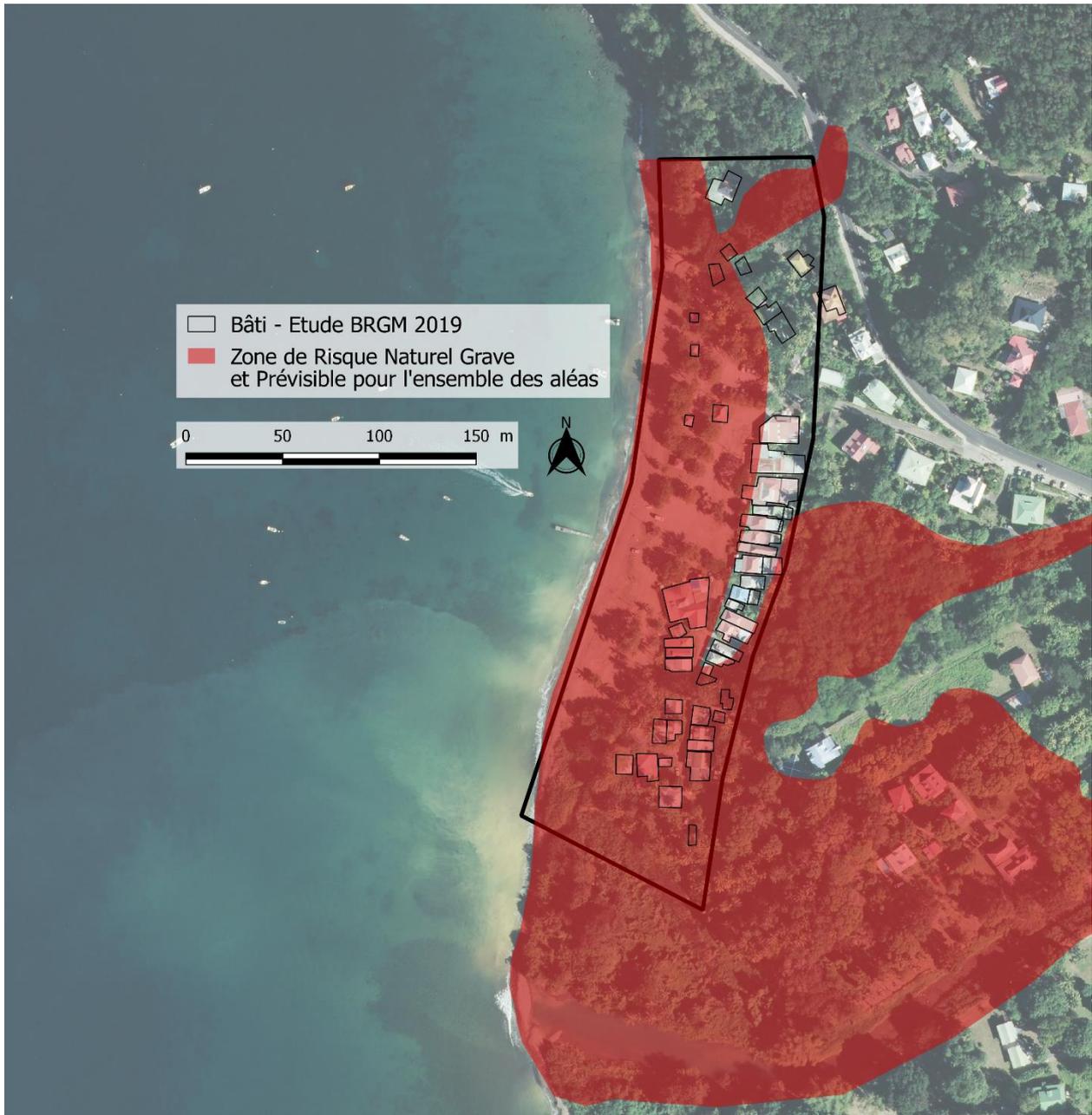


Illustration 68 – Cartographie intégrée de la zone présentant un risque naturel grave et prévisible pour l'ensemble des aléas sur le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire.

3.4.4. Caractérisation de la menace pour la vie humaine

Les aléas choc mécanique des vagues et recul du trait de côte, sont caractérisés comme des phénomènes soudains se produisant avec une cinétique brutale et pouvant impacter structurellement les bâtis exposés (§ 2.1.3 Aléa submersion marine et § 2.1.4 Aléa recul du trait de côte). Face à ces phénomènes, les populations exposées ne peuvent se mettre en sécurité dans leur propre habitation, ce qui implique une menace pour la vie humaine.

Selon notre méthodologie (Illustration 9), l'ensemble des bâtiments (8) présents dans les zones de danger associées au choc mécanique des vagues et au recul du trait de côte est considéré comme présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine. Parmi ces bâtiments, plusieurs semblent abandonnés.

En ce qui concerne l'aléa inondation, la méthodologie développée dans les chapitres précédents (§ 2.2 Caractérisation de la menace pour les vies humaines) et synthétisée par l'illustration 9, propose d'analyser 7 critères successifs pour caractériser la présence (ou non) d'une menace pour la vie humaine.

Critère n°1 : Zone présentant un risque naturel grave et prévisible

Le croisement entre la cartographie de la zone caractérisée par un risque d'inondation grave et prévisible et l'identification du bâti permet de retenir 15 bâtiments dans cette zone de danger.

Critère n°2 : Surveillance et vigilance

Pour les aléas météorologiques (fortes pluies et orage, mer dangereuse à la côte et cyclones), auxquels l'inondation peut être rattachée, des systèmes de vigilance existent sur le territoire, à l'échelle du bassin atlantique nord (NHC) et à l'échelle de l'archipel (Météo-France).

Critère n°3 : Préparation à la gestion de crise et Information préventive

Un dispositif ORSEC phénomène météorologique existe sur le territoire de la Guadeloupe, et plus localement, la commune de Pointe-Noire est dotée d'un Plan Communal de Sauvegarde, datant de 2018. Le PCS très récent et décrit notamment l'organisation de la « cellule de crise communale » (composition, localisation, procédure de réception et de diffusion de l'alerte à la population, ...) aux travers de fiche actions, de fiches supports et de fiches missions. Il prend aussi en compte un certain nombre de scénarios dont le risque de mouvement de terrain, d'inondation et de submersion marine.

Des abris sûrs sont également identifiés sur la commune, en cas de cyclone, l'un d'eux étant situé à plus de 800 m (école d'Acomat, située hors zone inondable, mais nécessitant de traverser une zone inondable pour y accéder).

Même si l'existence d'un PCS ne garantit pas que dans le cas de l'occurrence d'un événement extrême, les secours ne soient pas saturés et ne soient dans l'impossibilité d'intervenir sur certains secteurs, la mise en sécurité des populations de jour ne peut se faire correctement que si la situation a été anticipée (2.2.2 Préparation à la gestion de crise) et à ce titre, on peut considérer que la gestion de la crise a été anticipée par la commune.

Une information préventive existe au niveau du département : DDRM (2014) et au niveau de la commune : DICRIM (2008).

Critère n°4 : Occupation nocturne

Les 15 bâtiments analysés présentent une occupation nocturne potentielle.

Critère n°5 : Bâti adapté

En complément des données déjà existantes, une étude sur la vulnérabilité du bâti a été réalisée en 2018 par le bureau d'études INGEROP (INGEROP, 2019. Rapport MM3825 - Annexe 3).

Deux de ces bâtiments situés en zone de danger présentent plusieurs critères (surélévation du premier plancher et donc une hauteur d'eau à l'intérieur < 0,5 m, risque d'affouillement faible, risque structurel nul ou faible, ...) qui permettent de caractériser comme faible la vulnérabilité de ces bâtiments face à l'inondation par débordement de cours d'eau.

Pour les autres bâtiments, la vulnérabilité forte qui leur est attribuée est liée à des critères comme :

- l'absence de niveau refuge pour les bâtiment avec une hauteur d'eau supérieure à 1 m à l'intérieur du bâti ;
- une analyse du bâti faisant apparaître une forte vulnérabilité structurelle pour résister à la dynamique de l'écoulement ;
- un risque d'affouillement élevée (fondations non adaptées à la nature du sol) ;

Critère n° 6 : Accessibilité des secours et possibilités de mise à l'abri en cas d'urgence

Si on réalise cette analyse à l'échelle des bâtiments exposées à un risque d'inondation grave et prévisible, elles ont toutes au moins un accès direct aux voies de circulation. Le principal problème repose sur le fait que ces axes de circulation sont en mauvais état (pas de route, juste un chemin sur des formations sableuses) et risquent d'être inondés. En effet, une grande partie du secteur est concernée par de l'aléa inondation moyen (hauteur d'eau entre 0,5 et 1 m) et de l'aléa submersion marine moyen (hauteur d'eau entre 0,5 et 1 m). L'évacuation des personnes en cours de phénomène et l'accès des secours s'en trouveront complexifiés.

De plus, pour les habitations situées au sud de la ravine Dupot (BV3), le seul accès se fait en traversant un gué potentiellement submergé si le cours d'eau entre en crue. Cette partie du quartier risque donc de se retrouver enclavée en cas d'inondation. 7 bâtiments sont concernés.

Pour les habitations situées au nord de la ravine Dupot, la sortie de la zone d'inondation se fait en suivant le chemin jusqu'à rejoindre le chemin de la Plage Caraïbe, menant à la nationale 2. L'abri sûr en cas de cyclone identifié dans le PCS se trouve ensuite à plus de 800 m (école d'Acomat).

Toutefois, si on réalise cette analyse à l'échelle du bassin de risque, soit l'ensemble de la partie basse proche du littoral (altitude inférieure à 5 m) et au pied de l'escarpement, on analyse :

- Un ensemble urbain incohérent du fait, entre autres, d'une urbanisation hétérogène et d'un certain nombre de maisons en ruine et abandonnées ;
- Un risque d'isolement des bâtiments (situés au sud de la ravine Dupot) si le seul accès (gué) est impraticable ;
- Une accessibilité pouvant être rendue complexe pour les secours et l'évacuation d'urgence car le seul chemin d'accès est exposé localement aux aléas inondation (fort et moyen) et submersion marine (fort et moyen).

Nous interprétons donc une menace pour la vie humaine pour les 13 bâtiments exposés à un risque inondation grave et prévisible sur le site d'étude de Plage Caraïbe à Pointe-Noire.

Conclusion sur le risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine

En conclusion, 21 bâtiments situées dans les zones présentant un risque naturel grave et prévisible pour les aléas submersion marine (choc mécanique des vagues) (8) et inondation par débordement de cours d'eau (13) sont considérées comme étant en situation de menace pour la vie humaine au niveau du site d'étude de Plage Caraïbe à Pointe-Noire (Illustration 69).

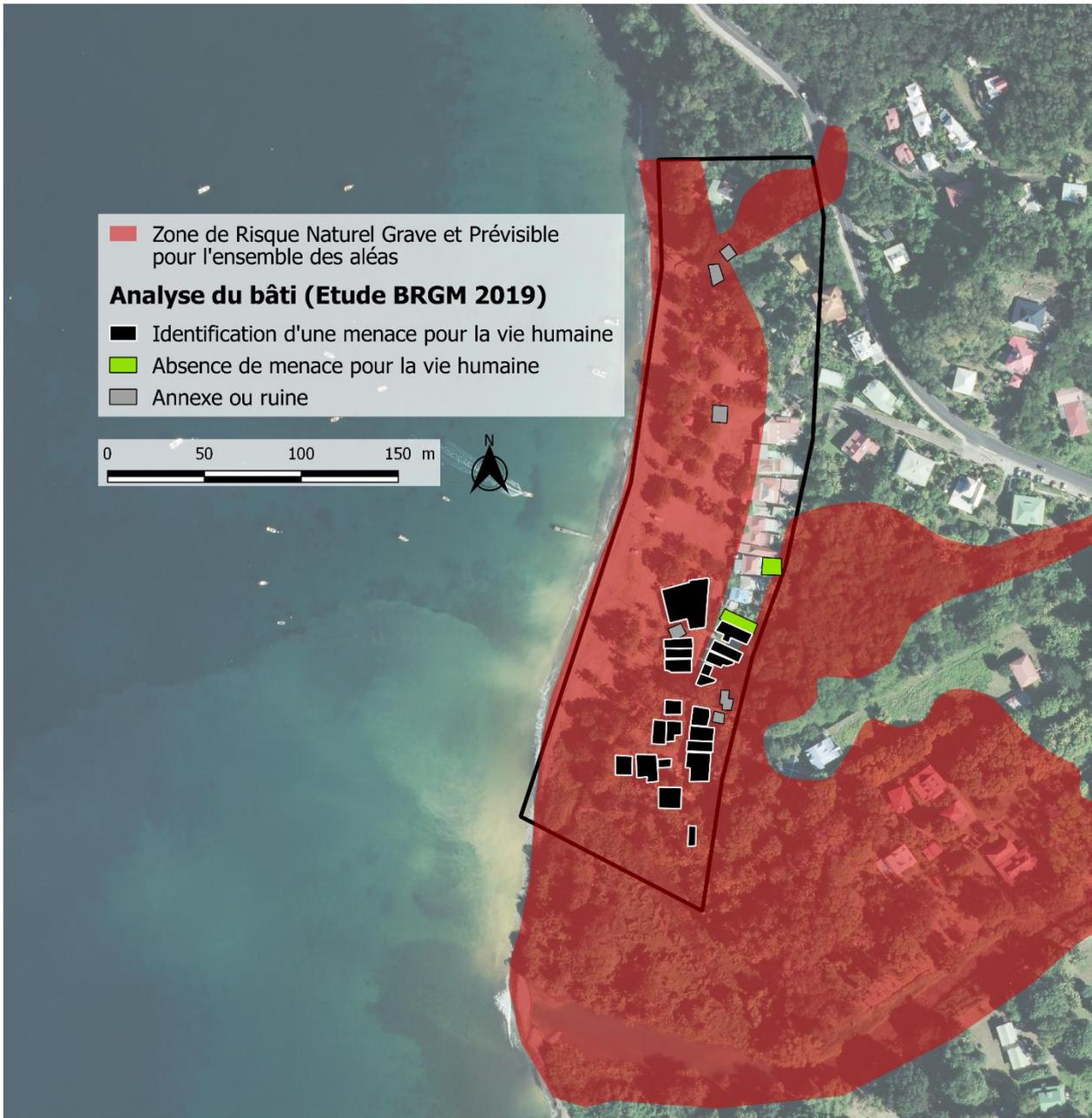


Illustration 69 – Cartographie du risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines sur le site pilote de Plage Caraïbe à Pointe-Noire.

4. Bilan

Dans cette étude, le BRGM a cherché à (1) définir une méthode pour caractériser les zones exposées à un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines et (2) appliquer cette méthodologie sur quatre sites pilotes en Guadeloupe présentant différents contextes géologiques et géomorphologiques (Centre-Bourg et Plage Caraïbe à Pointe-Noire, Rivière-Sens à Gourbeyre et Carangaise-Poirier à Capesterre-Belle-Eau).

En s'appuyant sur les premières réflexions de Nachbaur et al. (2015), notre interprétation d'un « risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine » implique :

- Que le risque soit « **prévisible** », ce qui fixe donc la typologie des phénomènes naturels à prendre en compte ;
- Que le risque soit « **grave** », ce qui fixe donc l'intensité du phénomène redouté et de ses effets ;
- L'existence d'une « **menace** », signifiant qu'il existe des « indices qui laissent prévoir quelque chose de dangereux » ;
- Que cette menace soit « **pour la vie humaine** » évoquant d'abord le caractère dangereux d'un événement, soit dans notre cas, l'existence d'un phénomène naturel grave et prévisible. Elle évoque par ailleurs, l'exposition de l'Homme face à cette menace avec des conséquences potentiellement irréversibles.

La démarche développée par le BRGM cherche à définir dans un premier temps les zones présentant un risque naturel grave et prévisible (§ 2.1 Caractérisation de la zone de risque naturel grave et prévisible) et dans un second temps à caractériser, à l'intérieur de ces zones de danger, les bâtiments présentant une menace pour la vie humaine, à travers l'analyse de leur vulnérabilité (§ 2.2 Caractérisation de la menace pour les vies humaines).

Ainsi, un « risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines » correspond à une menace induite par un phénomène naturel connu, de forte intensité et ayant des conséquences irréversibles sur la vie humaine.

Un logigramme d'aide à la décision (Illustration 9) explique de manière synthétique la méthodologie proposée pour identifier les bâtiments menaçant ou non la vie humaine dans les zones présentant un Risque Naturel Grave et Prévisible (RNGP) pour les différents phénomènes naturels.

La première étape de la démarche consiste donc à **évaluer les zones présentant un risque naturel grave et prévisible** et ce, pour chaque phénomène redouté. Notre approche repose sur un travail à une échelle compatible avec les objectifs de valorisation (échelle proposée : 1/5 000). Elle garantit en outre la prise en compte des nouvelles données qui ont pu être produites récemment (modèle numérique de terrain, orthophotographies, retour d'expérience sur les événements historiques récents, modélisation numérique, ...). Les critères proposés pour caractériser, par aléa, ces zones « de danger » (présentant un « risque naturel grave et prévisible ») restent en cohérence avec les guides méthodologiques nationaux d'élaboration des Plans de Prévention des Risques Naturels (MATE et MTEL, 1999a ; 1999b, MEDDE, 2014a ; 2014b).

La deuxième étape de la démarche consiste à caractériser la **menace pour les vies humaines** à l'intérieur des zones présentant un (ou plusieurs) risque(s) naturel(s) grave(s) et prévisible(s) **sur la base d'une analyse**, via plusieurs critères objectifs, de la vulnérabilité des personnes

exposées. Le concept de vulnérabilité des personnes est fonction (1) de l'intensité du phénomène et (2) de facteurs de sensibilité intrinsèques et extrinsèques à cette personne :

- La sensibilité intrinsèque se compose de facteurs perceptifs (niveau de perception du danger), de facteurs cognitifs (connaissance des moyens de s'en protéger) et de facteurs de mobilité (capacité de mobilité face au danger) ;
- La sensibilité extrinsèque se compose de facteurs de protection physique (apportés par les structures environnantes) et de facteurs conjoncturels, techniques ou fonctionnels (efficacité des mesures et moyens d'alerte, d'évacuation, de sauvegarde, de secours, etc.).

C'est l'ensemble de ces critères qu'il est proposé d'agrèger pour l'aide à la décision :

- **Critères d'exposition des personnes** : nécessite la présence d'enjeux. Seuls sont considérés les enjeux bâtis, dans la présente démarche ;
- **Critères de vulnérabilité des personnes** : La notion de vulnérabilité des personnes relève notamment d'une appréciation de la capacité individuelle de se mettre à l'abri par soi-même qui dépasse le cadre de cette étude. En effet, en fonction de leur condition physique et l'environnement socio-économique, les personnes ne sont pas exposées de la même façon aux risques naturels et cette exposition peut évoluer dans le temps (Nachbaur et al., 2015). Les critères suivants sont proposés pour rendre compte de cette vulnérabilité :
 - **Vulnérabilité du bâti** (« Bâti » dans le logigramme) : Possibilité de se mettre à l'abri dans un bâtiment sûr et/ou d'en sortir en cas d'évacuation (e.g., présence d'un étage refuge, ouverture sur l'extérieur, ...) et évaluation de la résistance du bâti (nature des matériaux de construction, état général du bâti, présence de fondations, etc.) ;
 - **Préparation et gestion de la crise** : Moyens et outils collectifs existants pour la sauvegarde des populations vivant dans ces zones présentant un risque naturel grave et prévisible :
 - Systèmes de surveillance et de vigilance (vigilance météorologique, ...) ;
 - Diffusion de l'alerte à la population (ORSEC et PCS) ;
 - Mesures de sauvegardes à l'échelle communale (PCS) ;
 - Information préventive des populations (DDRM, DICRIM, réunions publiques, ...) ;
 - **Critères d'accessibilité des secours et de possibilité de mise à l'abri en cas d'urgence** (« Mesures de Secours » dans le logigramme) : Analyse de ces éléments, à l'échelle de l'ensemble de la zone. Elle permet de prendre en compte les capacités d'accès des secours à la zone et de mise à l'abri des populations en cas d'évacuation d'urgence. Les principaux critères utilisés pour évaluer ces éléments sont :
 - La présence d'un ensemble urbain cohérent et homogène (pour éviter l'isolement du bâti au sein du secteur) ;
 - L'accessibilité des voies de communication pour les secours et l'évacuation d'urgence ;
 - La proximité d'une zone refuge en cas d'évacuation d'urgence.

La méthodologie proposée dans le cadre de cette étude et les premières applications de la méthodologie font apparaître que :

- 1- Dans certaines configurations, des mesures de réduction de l'aléa qui n'engendrent pas de sur-aléas, pourraient permettre pour certains bâtiments de ne plus être concernés par un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines ;
- 2- Pour certains aléas (inondation par débordement de cours d'eau et submersion marine), les bâtis n'ayant pas d'occupation nocturne (majoritairement à vocation économique), peuvent ne pas être concernés par ce risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines. Dans le cas d'un événement naturel prévisible (phénomènes cycloniques), s'il existe des dispositifs de vigilance (vigilance météorologique par exemple) et de gestion de crise (dispositions spécifiques du plan ORSEC pour les phénomènes climatiques et Plan Communal de Sauvegarde), ces bâtiments auront été évacués en amont du phénomène. C'est à ces conditions qu'il est envisageable de conserver des bâtiments dans des zones présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines, s'il n'y a pas d'occupation nocturne ;
- 3- L'information préventive des populations vivant dans des zones exposées à un risque naturel grave et prévisible est très importante pour développer la conscience du risque et diffuser les consignes de comportements.

L'application de la méthodologie développée par le BRGM et décrite dans ce rapport permet d'identifier les bâtis présentant un risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines (cf. § 3.1 à 3.4) :

- Sur le site pilote de Carangaise - Poirier, à Capesterre-Belle-Eau : 46 dont 41 associés à un aléa mouvement de terrain et 5 associés à un aléa d'inondation par débordement de cours d'eau ;
- Sur le site pilote de Rivière-Sens, à Gourbeyre : 14, tous associés à un aléa submersion marine (choc mécanique des vagues) ;
- Sur le site pilote du centre-bourg de Pointe-Noire : 54 dont 32 associés à un aléa submersion marine (choc mécanique des vagues) et 22 associés à un aléa inondation par débordement de cours d'eau ;
- Sur le site pilote de Plage Caraïbe, à Pointe-Noire : 21 dont 8 associés à un aléa submersion marine (choc mécanique des vagues) et 13 associés à un aléa inondation par débordement de cours d'eau.

5. Discussions et perspectives

Ce rapport synthétise les réflexions et les résultats de la première phase de l'étude « Caractérisation du risque naturel grave et prévisible menaçant la vie humaine », visant à établir une méthodologie de caractérisation générique à l'échelle de la Guadeloupe. La seconde phase de ce projet doit permettre ultérieurement, d'appliquer cette méthodologie à l'ensemble des sites dont l'AG50 a la gestion, sous réserve qu'elle ait été validée par l'AG50, la DEAL Guadeloupe et la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR).

Dans cet objectif, nous formulons les quelques recommandations et commentaires suivants :

- Nous avons basé notre réflexion sur la notion de « risque naturel grave et prévisible menaçant les vies humaines » qui correspond à une menace induite par un phénomène naturel connu, de forte intensité et ayant des conséquences irréversibles sur la vie humaine. Il serait important d'acter une seule terminologie pour ne pas avoir plusieurs interprétations possibles en fonction des textes pris comme référence :
 - o La loi Letchimy (n° 2011-725 du 23 juin 2011) introduit la notion de « zone exposée à un risque naturel prévisible menaçant **gravement** des vies humaines » ;
 - o La loi d'actualisation du droit des Outre-mer (n° 2015-1268 du 14 octobre 2015) fait évoluer cette notion en « zone exposée à un risque naturel **grave** et prévisible menaçant des vies humaines » ;
 - o Le guide relatif à la mobilisation du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM) de mars 2019 introduit « une zone exposée à un **aléa** naturel menaçant **gravement** des vies humaines » puis une « zone exposée à un **risque** menaçant **gravement** les vies humaines » avant de revenir à la même notion que la loi Letchimy : « une zone exposée à un **risque naturel prévisible** menaçant **gravement** des vies humaines ».
- La caractérisation du risque naturel grave et prévisible pour les aléas inondation et submersion marine nécessite de déterminer les paramètres hydrodynamiques (hauteur d'eau, vitesse d'écoulement, etc.) à partir de modélisations numériques de scénarios de référence.

Dans le cadre de ce projet, il n'était pas prévu de réaliser ces modélisations numériques. Cependant pour l'aléa inondation, cela est apparu indispensable et réalisable à partir des données existantes (obtenues notamment récemment dans le cadre de la cartographie de l'aléa inondation pour la révision des PPR).

Pour l'aléa submersion marine, la modélisation numérique nécessitait un travail préalable conséquent qui n'était pas compatible avec ce projet. La caractérisation du risque submersion marine grave et prévisible a reposé sur une analyse à dire d'expert, intégrant des données historiques bien documentées sur les sites pilotes. Cependant, dans une perspective d'application à l'ensemble du littoral, des données nouvelles issues de modélisation numériques seront nécessaires pour une caractérisation de l'intensité de l'aléa.
- Certains critères comme la préparation à la gestion de crise et l'accessibilité des secours sont moins tangibles et sont plus difficiles à évaluer. Il ressort de cette étude qu'une concertation avec les services en charge de la protection civile, des secours et des mesures de sauvegarde, est nécessaire pour évaluer ces critères spécifiques.
- Des données fines et actualisées sur le bâti (emprise, vocation, occupation, présence et accessibilité d'un étage refuge, possibilité d'échappatoire, structure et état du bâti, ...) sont nécessaires pour une meilleure évaluation de leur vulnérabilité. Par ailleurs le changement de vocation d'un bâti professionnel vers un bâti résidentiel (avec occupation nocturne) dans

une zone présentant un risque naturel grave et prévisible, ne doit pas être autorisée sans analyse de la menace pour la vie humaine.

6. Bibliographie

- Becerra S., Peltier A. (2011)**, L'information préventive pour réduire la vulnérabilité aux risques d'inondation, élaboration et efficacité d'une réponse sociale. Le changement climatique: Du méta-risque à la méta-gouvernance, Stéphane La Branche, Tec & Doc Lavoisier.
- Boudon G., Dagain J., Semet M., et Westercamp D. (1988)**, carte géologique du massif volcanique de la Soufrière au 1/20 000 ème, BRGM ;
- Capesterre-Belle-Eau (2013)**, Plan Communal de Sauvegarde.
- Chauvet M. et Joseph.B. (2008)**, Caractérisation des impacts de la houle liée à l'ouragan « Omar » sur la Côte sous le Vent de la Guadeloupe (Octobre 2008). Rapport final. BRGM/RP-56869-FR, 115 p.
- DDE Guadeloupe (2004)**, Plan de prévention des risques naturels prévisibles, Rapport de présentation – Commune de Pointe-Noire (GEOTER, GEOTER International et ACSES - GTR/DDEG/0405-226/3)
- De Reynal De Saint Michel A. (1966)**, Notice Explicative des Feuilles de Basse-Terre et des Saintes – Carte géologique au 1/ 50 000^{ème} Département de la Guadeloupe, BRGM ;
- Garnier C., Guillen L. (2017)**, Avis sur la stabilité d'une falaise à Carangaise, Capesterre-Belle-Eau (97130). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-67078-FR. 38 p., 17 ill., 2 ann
- Gourbeyre (2012)**, Plan Communal de Sauvegarde.
- Guillen L., Pallardy., Legendre Y., De La Torre Y., Loireau C. (2017)**, Morphodynamique du littoral guadeloupéen. Phase 1 : Définition et mise en place d'un réseau d'observation et de suivi du trait de côte. Évaluation historique du trait de côte guadeloupéen. Rapport Final. BRGM/RP-66653-FR.
- Legendre Y. et Guillen L. (2017)**, Caractérisation des impacts liés à la houle sur le littoral guadeloupéen au passage de l'ouragan Maria. Rapport final. BRGM/RP-67519-FR, 187 p., 25 ill., 10 tab., 4 ann.
- Martin R. et Mompelat J.M. (2000)**, Les conséquences de la houle générée par le cyclone Lenny sur la Côte Sous le Vent de la Guadeloupe. BRGM/RP-50169-FR, 77 p. 4 vol., 6 pht.
- Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et Ministère de l'équipement, des transports et du logement (1999)**, Plans de prévention des risques naturels (PPR) – Risques d'inondation – Guide méthodologique.
- Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et Ministère de l'équipement, des transports et du logement (1999)**, Plans de prévention des risques naturels (PPR) – Risques de mouvements de terrain – Guide méthodologique.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, Direction Générale de la Prévention des Risques, Service des Risques Naturels et Hydrauliques (2014)**, Plans de prévention des risques littoraux (PPRL). Guide méthodologique

Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer et Ministère du logement et de l'habitat durable (2016), Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) : Guide général

Ministère de l'Économie et des Finances, Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère de l'Intérieur (2019) Note technique du 11 février 2019 relative au Fonds de prévention des risques naturels majeurs (NOR : ECOT1904359C)

Ministère de l'Économie et des Finances, Ministère de la Transition écologique et solidaire et Ministère de l'Intérieur (2019) Guide relatif à la mobilisation du Fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM)

Nachbaur A., Lecacheux S., Fontaine M., Le Roy M., Garcin M. (2015), Expertise des études d'aléas réalisées pour l'Agence des 50 pas géométriques de Guadeloupe et applicabilité de la loi Letchimy. Rapport final. BRGM/RP- 62204-FR, p 119, 63 illustrations, 1 annexe

Pointe-Noire (2018), Plan Communal de Sauvegarde.

Préfecture de la région Guadeloupe (2014), Dossier départemental des Risques Majeurs en Guadeloupe. Édition 2014

Préfecture de la région Guadeloupe et Direction Départementale de l'Équipement (2006), Plan de prévention des risques naturels prévisibles, Rapport de présentation – Commune de Capesterre-Belle-Eau. (IMSRN et BCEOM)

Préfecture de la région Guadeloupe et Direction Départementale de l'Équipement (2003), Plan de prévention des risques naturels prévisibles, Rapport de présentation – Commune de Gourbeyre (GEOTER International et BCEOM - GTI/DDEG/0103-24)

Krien Y., Dudon B., et Zahibo N. (2015), Probabilistic hurricane-induced storm surge hazard assessment in Guadeloupe, Lesser Antilles. Natural Hazards and Earth System Sciences, 15, 1711-1720, 2015.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Guadeloupe

Parc d'activités Colin
La Lézarde

97170 Petit-Bourg – Guadeloupe

Tél. : 05 90 41 35 48