

Document public



Rapport d'expertise :

Diagnostic des risques géologiques – Chemin Gonzague à Sainte-Suzanne

BRGM/RP-66920-FR
Avril, 2017

Cadre de l'expertise :

- Appuis aux administrations Appuis à la police de l'eau
Catastrophe naturelle Autre

Date de réalisation de l'expertise : 18/04/2017

Localisation géographique du sujet de l'expertise : Chemin Gonzague, Parcelle BC145, Grande Rivière Saint-Jean, Sainte-Suzanne

Auteurs BRGM : A. Rey

Demandeur : Commune de Sainte-Suzanne



Géosciences pour une Terre durable

brgm

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

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM. Il constitue un tout indissociable et complet ; une exploitation partielle ou sortie du contexte particulier de l'expertise n'engage pas la responsabilité du BRGM.

La diffusion des rapports publics est soumise aux conditions de communicabilité des documents, définie en accord avec le demandeur. Aucune diffusion du présent document vers des tiers identifiés ne sera volontairement engagée par le BRGM sans notification explicite du demandeur.

Le BRGM a mis en place un dispositif de déontologie visant à développer une culture de l'intégrité et de la responsabilité dans le quotidien de tous ses salariés.

Après examen, il est ressorti qu'il n'existait aucun lien d'intérêt :

- ***entre le BRGM et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise,***
- ***entre les salariés du BRGM qui seront impliqués et l'objet ou les différentes parties prenantes de la présente expertise.***

susceptible de compromettre l'indépendance et l'impartialité du BRGM dans la réalisation de cette expertise.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Vérificateur :	Date : 09/05/2017
Nom : P. Stollsteiner	
Approbateur :	Date : 15/05/2017
Nom : S. Bès de Berc	Directrice BRGM Réunion

Mots-clés : expertise, érosion de berges, inondation, risques naturels, La Réunion, Sainte-Suzanne, Grande Rivière Saint-Jean.

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

Rey A., (2017) – Diagnostic des risques géologiques – Chemin Gonzague à Sainte-Suzanne. Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-66920-FR. 24 p., 16 Ill.

© BRGM, 2017, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Sommaire

1. Introduction	5
2. Contexte général	5
2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	5
2.2. CONTEXTE CLIMATIQUE.....	7
2.3. CONTEXTE HYDRAULIQUE.....	8
2.4. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE.....	9
2.5. ALEA INONDATION ET EROSION	11
2.6. HISTORIQUE	13
3. Constat	17
4. Diagnostic et risques résiduels	20
4.1. ORIGINE DES DESORDRES.....	20
4.2. RISQUES RESIDUELS.....	22
5. Recommandations	22

Liste des figures

Illustration 1 – Localisation de la parcelle expertisée en rive gauche de la Grande Rivière Saint-Jean (scan25 ©IGN2010).....	6
Illustration 2 – Localisation de la parcelle BC145 (orthophotos 2011 ©IGN, isolignes 5m issues du MNT 2011 ©IGN).....	6
Illustration 3 – Trajectoire de la tempête tropicale modérée Carlos et situation le 10/02/2017 (source : http://www.meteofrance.re/cyclone/activite-cyclonique-en-cours/dirre/CARLOS)	7
Illustration 4 – Débits de crue estimés par la méthode rationnelle retenue dans les études PGRI de la Grande Rivière Saint-Jean (source : Artélia, décembre 2011, rapport PGRI phases 2 et 3)	8
Illustration 5 – Profil en long de la Grande Rivière Saint-Jean (source : Artélia, décembre 2011, rapport PGRI phases 2 et 3).....	8
Illustration 6 – Courbe marquée de la Grande Rivière Saint-Jean vue depuis la parcelle BC145 (prise de photo).....	10
Illustration 7 – Configuration géomorphologique de la berge en rive gauche au niveau de la parcelle BC145	10
Illustration 8 –Cartographies de l’aléa inondation, mouvement de terrain et du zonage réglementaire du risque du PPR approuvé de Sainte-Suzanne au niveau de la parcelle BC145 (cercle rouge).....	12

Illustration 9 – Comparaison des photographies aériennes du secteur. 2011 à gauche et 1949 à droite. Parcelle BC145 encerclée en rouge (http://remonterletemps.ign.fr/comparer/basic?x=55.644888&y=-20.935065&z=18&layer1=ORTHOIMAGERY.ORTHOPHOTOS&layer2=ORTHOIMAGERY.ORTHOPHOTO S.1950-1965&mode=doubleMap).....	15
Illustration 10 – Talus résiduel après le sinistre avec dispositifs de rejets d'eau concentrés	18
Illustration 11 – Dalle fissurée en recul du talus instable et en pied de la varangue	18
Illustration 12 – Portion de mur résiduel en berge et recul observé lors du sinistre	19
Illustration 13 – Fissuration significative dans la dalle de la cour en recul du sommet de berge à l'aval de la zone sinistrée.....	19
Illustration 14 – Laisse de crue à environ 3m au-dessus du niveau d'eau, en rive gauche peu avant le coude marqué au droit de la parcelle BC145	21
Illustration 15 – Préconisation d'Artélia dans le cadre des études PGRI (extrait du rapport PGRI – phase 4)	23
Illustration 16 – Proposition d'aménagement	24

1. Introduction

La commune de Sainte-Suzanne a sollicité le 07/04/2017, le BRGM Réunion pour réaliser un diagnostic de risques suite à un effondrement de berge récent (suite au passage de la tempête Carlos en février 2017) et à l'érosion permanente en rive droite de la Grande Rivière Saint-Jean au niveau de la parcelle BC145 à l'extrémité du Chemin Gonzague sur le territoire de Sainte-Suzanne.

Le développement de l'érosion à l'extrados du méandre marqué de la rivière dans ce secteur est connu des riverains depuis plusieurs années (phénomène identifié dans l'étude PGRI de la Grande Rivière Saint-Jean¹) et s'est accentuée avec l'effondrement d'une partie de la berge en février 2017, mettant dorénavant en péril une habitation implantée à moins de 3 m en recul du sommet de berge.

Les objectifs de la mission d'expertise du BRGM sont les suivants :

- Identifier si possible les causes de l'instabilité constatée et des phénomènes redoutés ;
- Evaluer le niveau de risques résiduels ;
- Etablir des recommandations en matière de sécurisation et préciser les coûts de réalisation comparativement aux premières estimations établies dans le cadre du PGRI.

Ce diagnostic a été établi par un intervenant du BRGM Réunion. Il s'appuie sur des observations visuelles effectuées au niveau de la parcelle BC145 et aux abords, réalisées le 18/04/2017 de 9h30 à 12h, en présence de représentants de la commune de Sainte-Suzanne, de la DEAL Réunion (service SPRINR) et de riverains dont le propriétaire de la parcelle BC145.

En complément, une analyse des informations disponibles relatives au contexte général est menée au travers de la consultation des bases de données accessibles (étude PGRI de la Grande Rivière Saint-Jean notamment).

Le diagnostic et les recommandations faites ne concernent que les zones observées lors de l'expertise du 18/04/2017 aux abords immédiats de la parcelle BC145. Ce rapport d'expertise ne constitue pas une étude géotechnique de détail mais pointe les éléments pouvant porter atteinte à la sécurité des personnes en particulier et des biens au droit du site expertisé. Il vise également à apporter les premières recommandations en matière de sécurisation, sur la base du diagnostic établi, recommandations qui ont pour partie au moins vocation à être complétées/précisées dans le cadre d'études complémentaires spécifiques.

2. Contexte général

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La parcelle BC145 est située sur le Chemin Gonzague en rive gauche de la Grande Rivière Saint-Jean dans le secteur de Commune Bègue les Bas sur le territoire de Sainte-Suzanne, entre le pont de la RN2 à l'amont et celui de la RN2002 à l'aval (cf. Illustration 1). La parcelle se situe approximativement au PK-950 sur le profil en long de la Grande Rivière Saint-Jean (cf. Illustration 5). La Grande Rivière Saint-Jean, dans ce secteur constitue la limite communale entre Sainte-Suzanne à l'Ouest et Saint-André à l'Est. Deux habitations sont présentes sur la parcelle BC145 située en recul du sommet de berge.

¹ Artélia- Mascareignes Géologie (2012) – Etude générale (PGRI) du bassin versant de la Grande Rivière Saint-Jean – Phase 4 – Elaboration d'une stratégie de gestion du risque d'inondation. 42p.

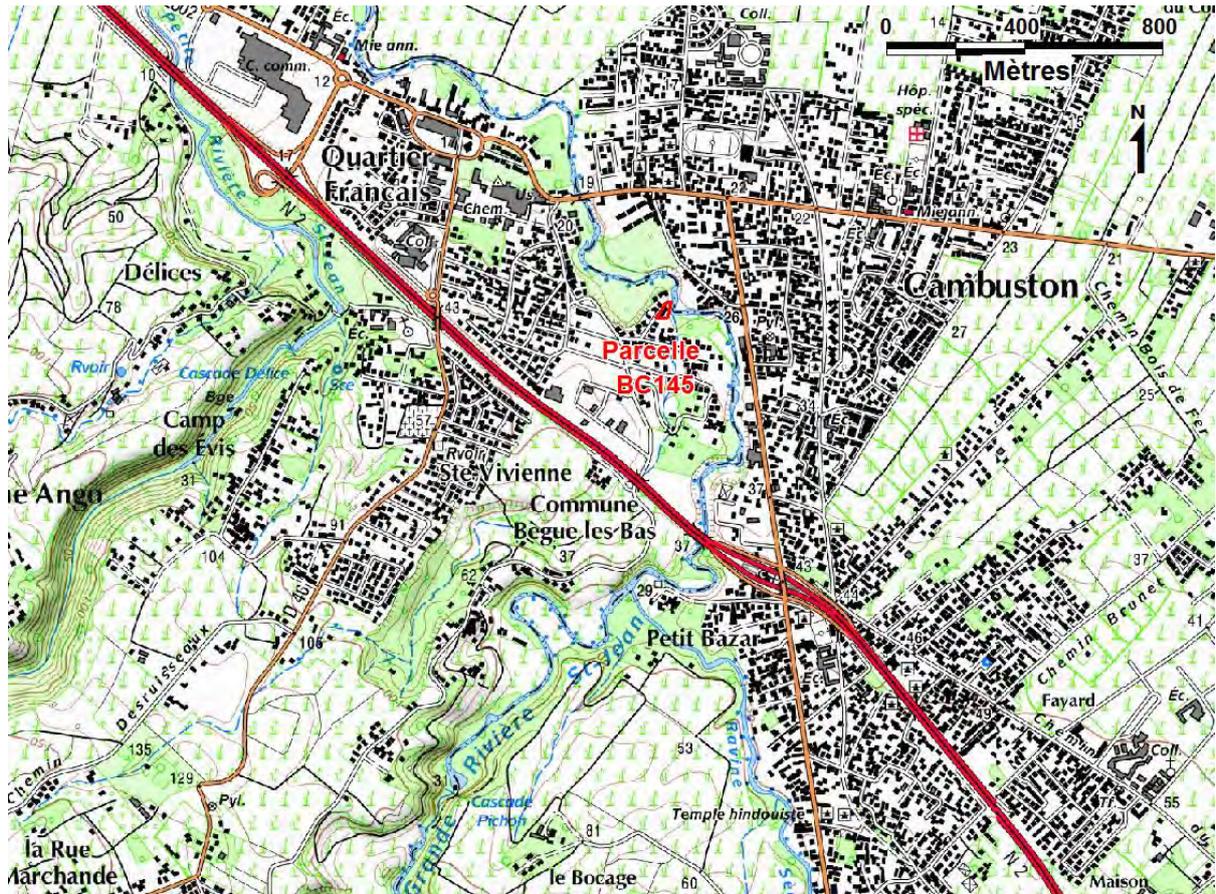


Illustration 1 – Localisation de la parcelle expertisée en rive gauche de la Grande Rivière Saint-Jean (scan25 ©IGN2010)



Illustration 2 – Localisation de la parcelle BC145 (orthophotos 2011 ©IGN, isolignes 5m issues du MNT 2011 ©IGN)

2.2. CONTEXTE CLIMATIQUE

La tempête tropicale modérée Carlos est passée au plus près des côtes de La Réunion, dans l'après-midi du mardi 7 février 2017, à une distance d'environ 105 km au nord-ouest.

D'après le bulletin spécial d'information de Météo France émis en fin de journée du 7 février 2017, dès la fin du passage de la tempête tropicale modérée Carlos au plus près des côtes réunionnaises, les premières observations climatiques sont les suivantes (extrait du bulletin de Météo France) :

« Conformément à son statut de tempête tropicale modérée, CARLOS a généré un épisode que l'on qualifiera également de "modéré", en tout cas pour une île comme La Réunion, qui a connu par le passé moult épisodes autrement plus virulents. Conformément aux prévisions, les vents sont restés en deçà du seuil des conditions cycloniques (150 km/h), avec des vents rentrant dans la catégorie des vents forts (et gérés comme tels par les Vigilances Vents forts du Plan Evénements Météorologiques Dangereux), i.e. des vents dépassant localement les 100 km/h en pointe. Les régions Nord à Nord-Ouest et Sud, ainsi que les Hauts exposés, ont été les plus ventilés. On a relevé sur le réseau de Météo-France les rafales maximales suivantes : 105 km/h à Pierrefonds, 91 km/h à Gillot, 102 km/h à La Plaine des Cafres. En altitude on a dépassé localement les 120 km/h : on a mesuré 131 km/h au gîte du volcan (Pas de Bellecombe) et 128 km/h au Maïdo. La moitié nord-est du département a été bien arrosée, et cet arrosage était attendu et le bienvenu après des semaines de temps anormalement sec : on a relevé en 24h (de 17h à 17h) les précipitations suivantes : 442 mm au Gîte du volcan, 482 mm à Cilaos, 285 mm à Salazie Village, 208 mm à Aurère, 202 mm à La Plaine des Fougères, 142 mm au Colosse/St-André, 165 mm à La Plaine des Palmistes, 107 mm à La Plaine des Cafres, 295 mm à La Crête/St-Joseph, 110 mm à Gillot. Ces précipitations n'ont rien d'exceptionnel pour ces régions au vent. Sur les zones Ouest et Sud, sous le vent, les pluies ont été nettement plus faibles. »

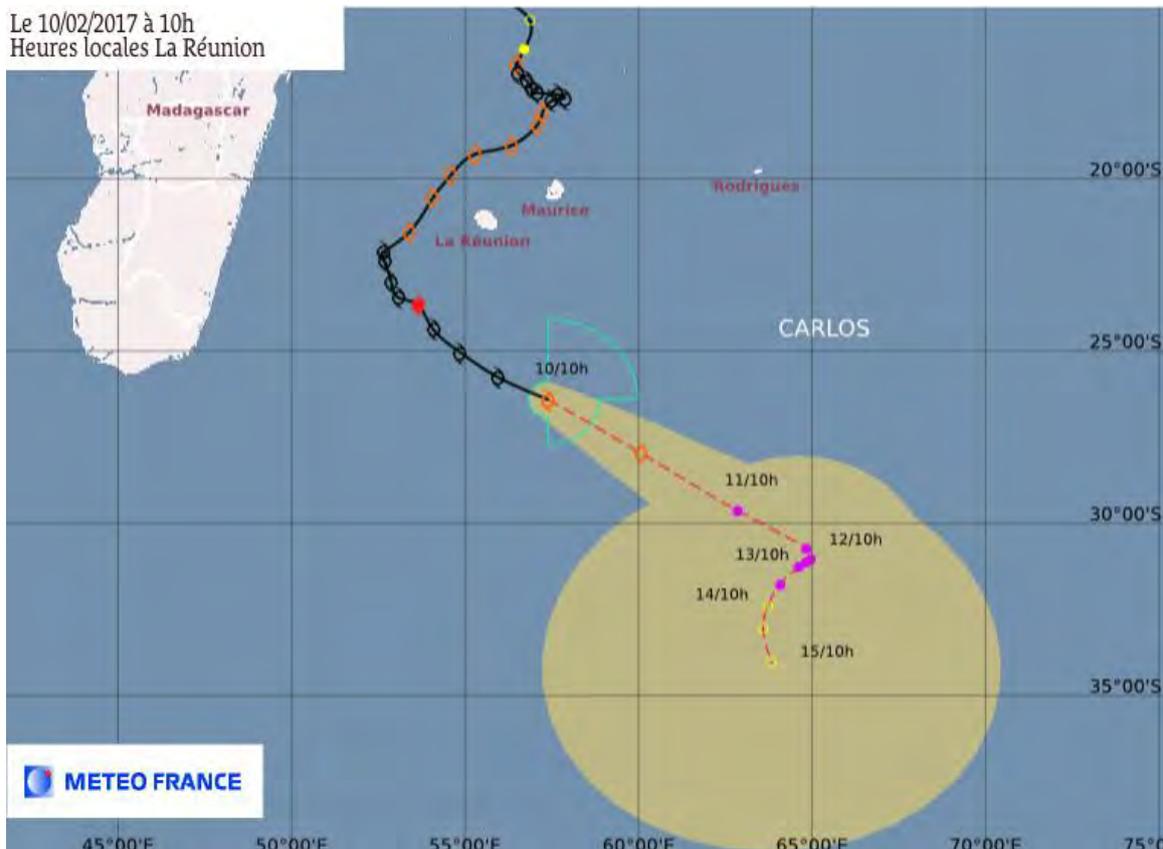


Illustration 3 – Trajectoire de la tempête tropicale modérée Carlos et situation le 10/02/2017 (source : <http://www.meteofrance.re/cyclone/activite-cyclonique-en-cours/dirre/CARLOS>)

2.3. CONTEXTE HYDRAULIQUE

La Grande Rivière Saint-Jean a fait l'objet des phases d'étude du PGRI, menées par Artélia entre 2009 et 2012. L'évaluation du débit pour différentes occurrences de crue issue du rapport des phases 2 et 3 du PGRI mentionne à l'issue de l'analyse hydrologique menée que les débits caractéristiques de crue estimés par la méthode rationnelle sont à retenir pour la Grande Rivière Saint-Jean. Pour une occurrence centennale, le débit est de l'ordre de **550 m³/s** au niveau du pont de la RN2002, situé à environ 600 m à l'aval de la zone d'étude (263 m³/s pour une crue d'occurrence décennale).

Point de calcul	S (km ²)	Tc (h)	ITC _{10 ans} (mm/h) (Menciol)	ITC _{100 ans} (mm/h) (Menciol)	Q _{10ans} (m ³ /s)	Q _{SD10ans} (m ³ /s/km ²)	Q _{30ans} (m ³ /s)	Q _{50ans} (m ³ /s)	Q _{100ans} (m ³ /s)	Q _{SD100ans} (m ³ /s/km ²)
Ravine Sèche	7,95	1,5 (1,3-1,9)	78	115	98 (82-130)	12,3	133	159	193 (148-232)	24,2
Petite Rivière Saint-Jean	10,95	1,5 (1,3- 2)	78	115	156 (128-207)	14,2	212	265	321 (242-386)	29,3
Grande Riv. St Jean en amont de la confluence avec la Ptte RSJ	23,9	2,3 (1,5-3,1)	66	103	263 (213-389)	11,0	366	443	547 (398-713)	22,9
Grande Riv. St Jean en aval de la confluence avec la Ptte RSJ	34,9	2,4 (1,5-3,3)	65	102	385 (309-580)	11,0	538	652	806 (580-1062)	23,1
Ruisseau Emmanuel	5,15	1,2 (1-1,5)	85	121	71 (60-95)	13,8	95	113	136 (107-163)	26,4
Ruisseau du Foutac	1,7	0,8 (0,5-1)	99	134	20 (17-30)	11,9	26	31	37 (30-45)	21,5
Station OLE de Grand Bras	2	0,7 (0,4-0,7)	104	139	49 (46-74)	24,3	63	79	93 (81-116)	46,3

Illustration 4 – Débits de crue estimés par la méthode rationnelle retenue dans les études PGRI de la Grande Rivière Saint-Jean (source : Artélia, décembre 2011, rapport PGRI phases 2 et 3)

Le profil en long de la rivière dans le secteur d'étude est très peu marqué (de l'ordre de 1 % au droit de la parcelle BC145) expliquant les nombreux méandres de la rivière dans cette partie aval de son bassin versant et de fortes hauteurs d'eau lors des crues.

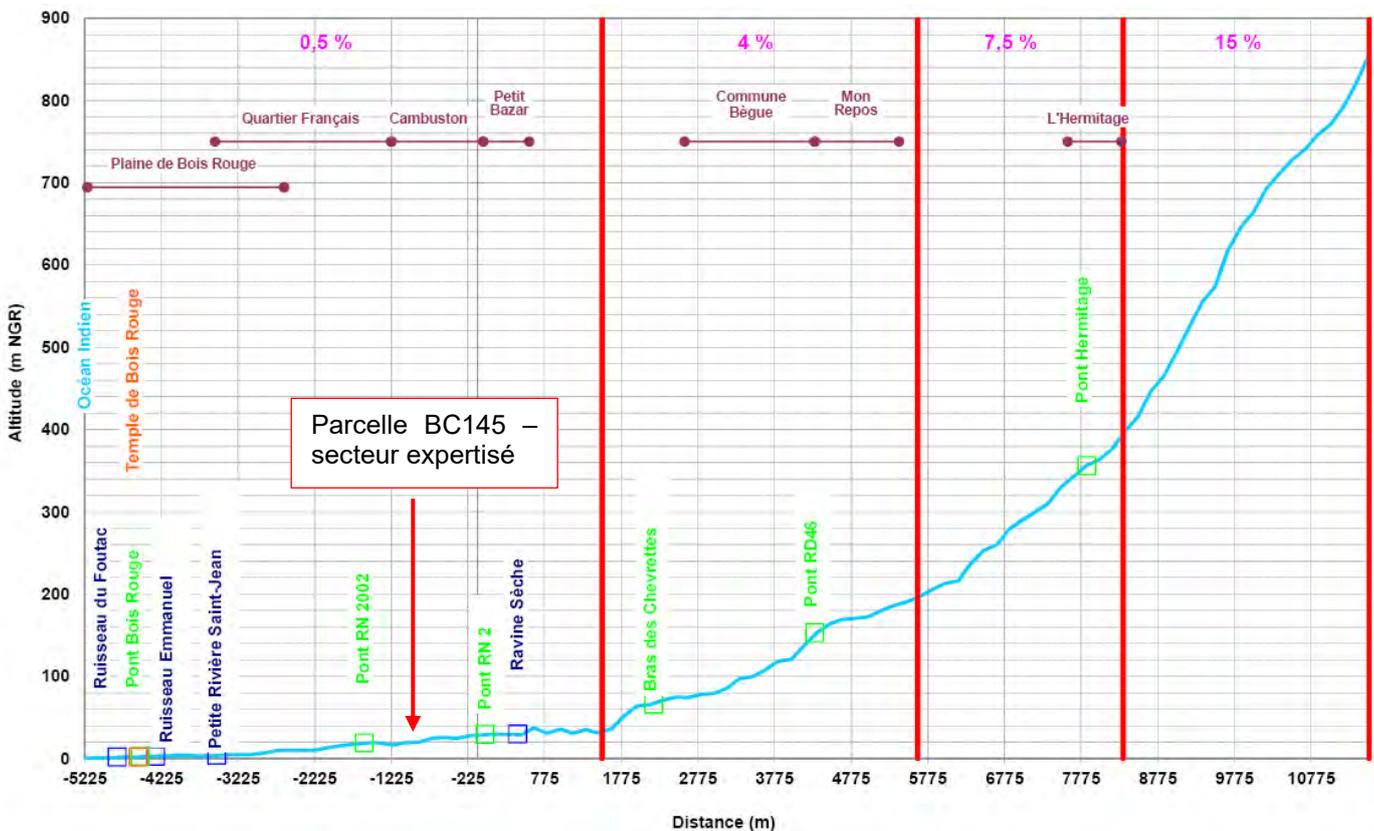


Illustration 5 – Profil en long de la Grande Rivière Saint-Jean (source : Artélia, décembre 2011, rapport PGRI phases 2 et 3)

La Grande Rivière Saint-Jean, du fait de la nature des sols au sein de son bassin versant et des pentes d'encaissement observées, ne présente pas un fort transport solide comme certains cours d'eau de La Réunion. Les matériaux transportés sont essentiellement des éléments de petite taille, avec de rares blocs (0 à 200 mm en règle générale). Les terrains érodés sont principalement les limons bruns que l'on retrouve à l'affleurement dans le bassin versant, qui sont relativement tendres et facilement érodables. Ces fines transportées se déposent en terrasses alluviales dans la partie aval la moins pentu du cours d'eau. Au droit du site expertisé, du fait du positionnement à l'extrados, les quelques dépôts observés correspondent à des blocs alluvionnaires de 200 à 300 mm de diamètre (cf. Illustration 7). Sur la rive opposée, à l'intrados du méandre une terrasse alluviale apparaît, recouverte de végétation (cf. Illustration 6).

D'après les données enregistrées par la station radar installée sur le pont de la RN2002 (station DEAL suivi par la cellule de veille hydrologique), lors du passage de la tempête Carlos, **le débit maximum enregistré le 7 février est de 89 m³/s** (à 10h le matin), avec une hauteur d'eau de l'ordre de 2,22 m à cet endroit. Cette valeur de débit, bien inférieure à la crue décennale ($Q_{10} = 263 \text{ m}^3/\text{s}$), correspond à une valeur d'occurrence à peine annuelle.

2.4. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE

D'après le PGRI de la Grande Rivière Saint-Jean², l'analyse géomorphologique de la rivière entre la confluence avec la Ravine Sèche à l'amont et le pont de la RN2002 à l'aval montre que le cours d'eau coule dans un lit encaissé dans les limons bruns compacts et dans une formation argileuse à blocs de taille métrique. Ces deux formations disparaissent progressivement vers l'aval.

Lors de la visite de terrain, la formation limoneuse est visible en rive gauche, en pied de berge, avec également des dépôts alluvionnaires ponctuels. Les dépôts alluvionnaires plutôt grossiers sont visibles dans le lit et à l'intrados du coude sur la rive opposée côté Saint-André.

Les observations montrent également la présence de niveaux de remblai sur la rive gauche au droit de la parcelle BC145, initialement soutenu par un mur de soutènement, qui a été détruit suite à la crue lors du passage de la tempête Carlos en février 2017. Seul un tronçon de cet ouvrage est encore visible en berge. Les niveaux de remblais mis à jour au droit de la parcelle BC145 sont visibles sur toute la hauteur de la berge qui dans ce secteur présente une hauteur de l'ordre de 6 à 7 m. D'après les témoignages, confirmés par l'analyse historique de la morphologie du secteur, ces remblais sont peu étendus et limités à l'emprise du remblai à l'arrière du mur de soutènement positionné en berge (sur quelques mètres en recul, avec une épaisseur décroissante en recul).

La construction de mur et le remblaiement à l'arrière a engendré un fort raidissement de la berge, même après l'effondrement partiel de l'ouvrage (remblai frottant avec des éléments hétérogènes de béton et de gravats).

Plus à l'aval, la berge montre des niveaux limoneux en pied de berge, assez compact générant une berge quasi verticale sur quelques mètres de hauteur, avec une végétation type bambou masquant la partie sommitale de la berge.

La parcelle est située à l'extrados d'un coude très marqué de la rivière (à angle droit). Le lit est large de près de 40 à 50 m dans ce secteur avec un lit vif, en eau lors de l'expertise, s'écoulant sur une largeur d'environ 10 m à l'amont du méandre et 15 à 20m au droit de la parcelle BC145. Cette configuration morphologique est naturellement propice au développement de l'érosion à l'extrados (en rive gauche, parcelle BC145) et aux dépôts alluvionnaires en rive droite (côté Saint-André).

² Artélia- Mascareignes Géologie (2012) – Etude générale (PGRI) du bassin versant de la Grande Rivière Saint-Jean – Phases 2 et 3 – Fonctionnement hydrogéomorphologique des cours d'eau et caractérisation des zones à enjeux et de leur fonctionnement. 309p.

La configuration morphologique de la berge est variable d'amont en aval au niveau du coude avec une berge aux pentes peu marquée à l'amont, puis un raidissement marqué au niveau du coude au droit de la parcelle BC145 et une hauteur plus importante (de l'ordre de 7 m), puis en sortie de coude, la berge reste subverticale avec une hauteur qui diminue progressivement vers l'aval.



Illustration 6 – Courbe marquée de la Grande Rivière Saint-Jean vue depuis la parcelle BC145 (prise de photo)



Illustration 7 – Configuration géomorphologique de la berge en rive gauche au niveau de la parcelle BC145

D'après les témoignages recueillis auprès du représentant de la mairie de Sainte-Suzanne, confirmés par la DEAL, des travaux de confortement de berges ont été réalisés au début des années 2000, sur la rive droite dans ce secteur. D'après le rapport du PGRI (étude phases 2 et 3, Artélia, 2011), il s'agit d'enrochements libres sur un linéaire de 70 m au niveau d'un coude pour lutter contre les érosions et protéger quelques habitations en recul, sans signe de déstabilisation

lors des visites de terrain effectuées dans le cadre des études du PGRI La densité de végétation dans le lit n'a pas permis de les distinguer précisément sur site lors de la présente expertise.

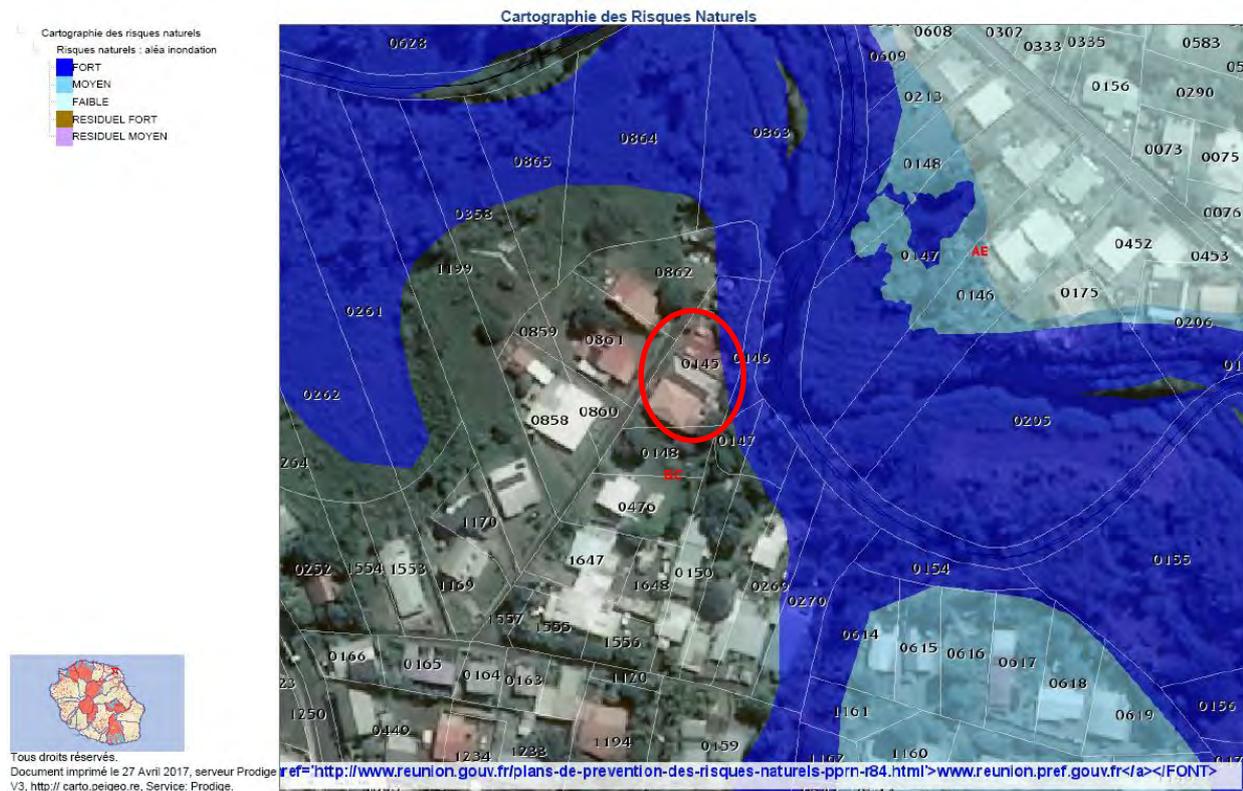
D'après les témoignages recueillis, ces travaux ont nécessité la création d'une piste d'accès empruntant le lit de la Grande Rivière Saint-Jean depuis le Chemin Gonzague, à l'aval de la parcelle BC145 (environ 100 à 200 m à l'aval, où la berge est peu marquée).

2.5. ALEA INONDATION ET EROSION

D'après le PPR inondation et mouvements de terrain de la commune de Sainte-Suzanne, approuvé le 26 juin 2015, qui intègre notamment les phénomènes d'inondation par débordement de cours d'eau pour une occurrence de crue centennale et les phénomènes d'érosion de berge, la parcelle BC145 est classée en zone R1 au niveau du lit et jusqu'en sommet de berge puis en B2u en recul (zone d'aléa moyen MVT considérée comme sécurisable, dotée d'un principe de constructibilité sous réserve du respect de prescriptions, notamment la réalisation d'une étude géotechnique préalable pour définir les ouvrages de confortement nécessaires).

D'après les études PGRI de la Grande Rivière Saint-Jean, le secteur en rive gauche de la Grande Rivière Saint-Jean au niveau de la parcelle BC145 présente les caractéristiques suivantes :

- Présence de matériaux meubles très affouillables (niveau rouge pour l'érodabilité des matériaux).
- le secteur n'est pas considéré comme inondable que ce soit pour une crue d'occurrence décennale, centennale et même exceptionnelle.



Diagnostic des risques géologiques – Chemin Gonzague à Sainte-Suzanne

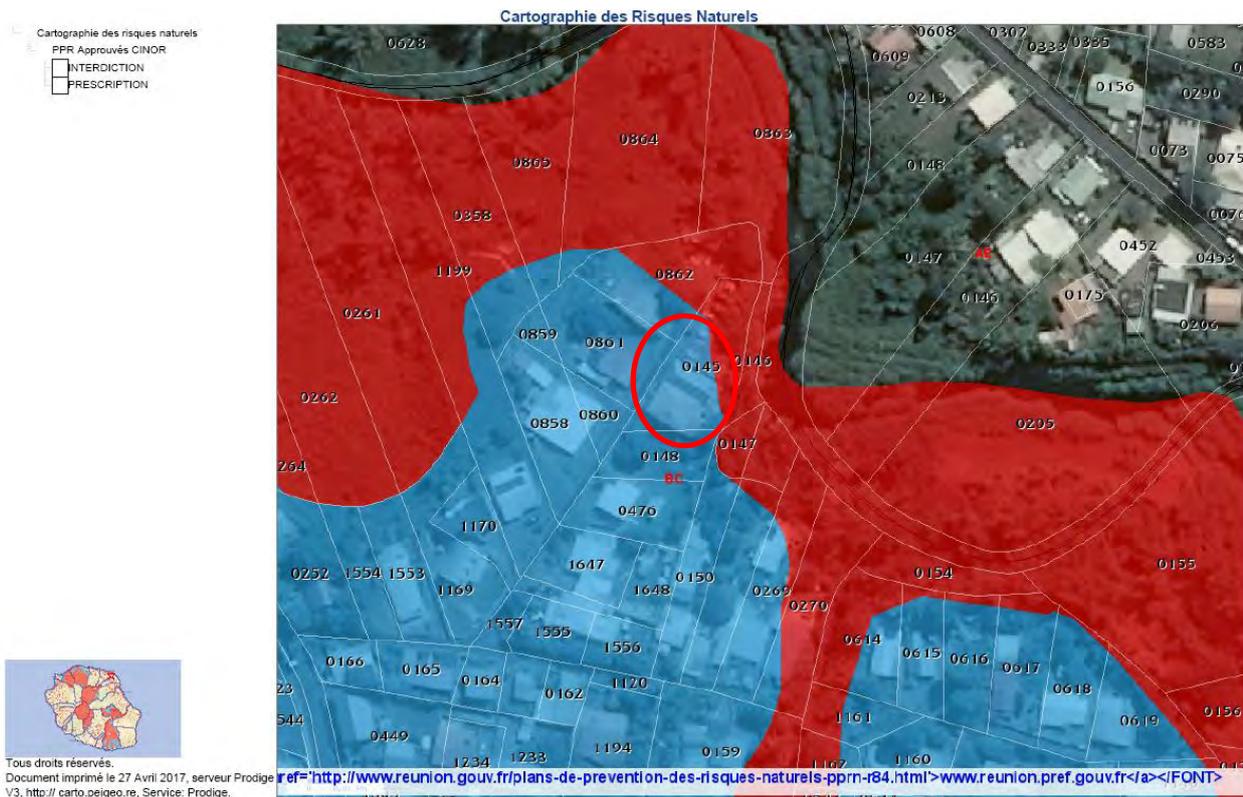
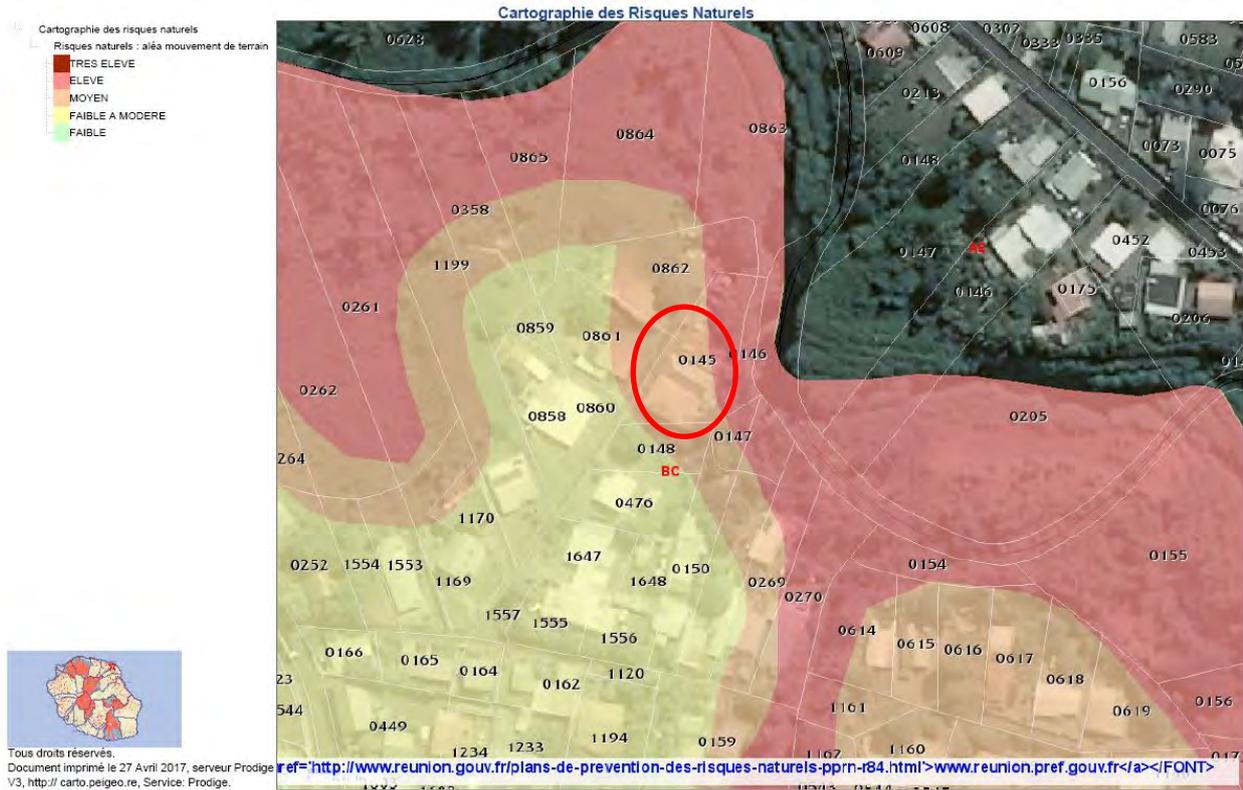


Illustration 8 – Cartographies de l'aléa inondation, mouvement de terrain et du zonage réglementaire du risque du PPR approuvé de Sainte-Suzanne au niveau de la parcelle BC145 (cercle rouge)

2.6. HISTORIQUE

La base de données nationale sur les mouvements de terrains (www.georisques.gouv.fr), gérée par le BRGM, ne mentionne pas d'évènement à proximité du secteur.

L'analyse des photos aériennes anciennes disponibles (<http://remonterletemps.ign.fr>) ne montrent pas d'évolution majeure en termes de recul érosif vers l'ouest, vers la parcelle BC145, entre les clichés de 1949 et celui de 2011. Toutefois, malgré l'imprécision relative à la résolution des clichés, il semble que la berge ait « progressée » vers le lit durant cette période ce qui pourrait correspondre aux travaux de construction du mur et de remblaiement ponctuel à l'arrière pour créer une plateforme plane plus importante au niveau de la parcelle BC145.

L'analyse comparative des clichés permet également de distinguer une accentuation du coude dans ce secteur avec une orientation de l'axe du lit au niveau de l'attaque de la courbure du lit vers l'Ouest-Sud-Ouest sur le cliché de 2011 alors qu'en 1949 l'axe est plus orienté Ouest-Nord-Ouest à l'entrée du coude.

Cette inflexion du lit, peut être liée à une activité érosive durant la période mais semble induite par les travaux en rive droite côté Saint-André dans les années 2000 qui ont nécessité l'accès au lit par l'aval, avec la création d'une piste de chantier dans le lit depuis du Chemin Gonzague et à l'aval de la parcelle BC145.

Ces travaux ont-ils modifié l'axe d'écoulement du lit mineur. La comparaison des clichés montre une évolution de l'axe du lit avec un recul marqué vers le Sud (décalage de l'axe du lit de près de 25 à 30 m), à l'amorce du coude formé par la rivière aux abords de la parcelle BC145.



Illustration 9 – Comparaison des photographies aériennes du secteur. 2011 à gauche et 1949 à droite. Parcelle BC145 encadrée en rouge (<http://remonterletemps.ign.fr/comparer/basic?x=55.644888&y=-20.935065&z=18&layer1=ORTHOIMAGERY.ORTHOPHOTOS&layer2=ORTHOIMAGERY.ORTHOPHOTOS.1950-1965&mode=doubleMap>)

3. Constat

Description de l'évènement (cf. Illustration 10 à Illustration 13) :

- **Type de phénomène constaté** : érosion de berge entraînant un effondrement partiel de la berge.
- **Date** : février 2017 (date précise non connue). D'après les témoignages de l'occupant d'une des maisons de la parcelle BC145, lors de premières fortes crues en décembre 2016, des premiers désordres ont été observés, puis lors de la crue suite au passage de la tempête Carlos, le mur a cédé.
- **Volume éboulé / emprises** : environ 20 à 30 m³ mobilisés, sur environ 5 à 10 m de linéaire, suite à la rupture d'un mur maçonné et avec l'entraînement de bambous initialement positionnés en sommet de berge.
- **Description de la zone impactée** :

Comme précisé précédemment, la berge, haute d'environ 6,50 à 7 m a été renforcée par le riverain (occupant de la parcelle BC145) par la construction d'un mur en maçonnerie dont le pied est positionné en pied de berge (hors d'eau lors de la visite). Cet ouvrage est partiellement détruit avec un tronçon d'ouvrage visible au niveau de la berge. Au droit du sinistre, les matériaux de remblai ainsi qu'une partie de la dalle de couverture en béton ont été entraînés sur quelques mètres (3 m au maximum) lors de la chute du mur formant un talus résiduel avec une forte pente (supérieur à 1H/1V). Les terrains naturels sont masqués, recouverts par les remblais. En recul immédiat de la zone sinistrée, la dalle en béton couvrant le sol s'est affaissée entraînant un basculement vers la rivière et une fracture ouverte (taille centimétrique) au pied de la pièce de la maison d'habitation la plus proche du talus (varangue couverte). La fissure ouverte (approximativement la façade de la pièce) est située à environ 2,50 à 3 m en recul du sommet du talus résiduel généré par le sinistre au niveau de la berge.

Ces désordres (fissuration dans les dalles en béton revêtant le sol en recul de la berge) se développent sur un linéaire important de l'ordre de 25 à 30 m, au droit de la zone sinistrée principale mais également vers l'aval avec une distance de recul par rapport au sommet de berge plus importante encore vers l'aval, témoignant d'un probable sous-cavage sous la dalle, en partie masqué par la végétation type bambou présente en sommet de berge.

La maison d'habitation est située à 3 m en recul du sommet du talus résiduel (pièce correspondant à une varangue fermée) puis à environ 5 à 6 m pour la maison d'habitation principale. La maison, ainsi que la varangue fermée ne montre pas de désordres structurels en lien avec le sinistre (pas de fissuration dans les dalles au sol, ni dans les murs porteurs).

- **Facteurs aggravants** :

La présence de nombreux matériaux divers stockés sur les portions de dalles fissurées, en train de basculer vers la rivière participent à aggraver la stabilité de la berge en jouant un rôle de surcharge. Les bambous en tête de talus, pour la partie à l'aval du sinistre joue également ce rôle de surcharge.

L'absence de système de gestion des eaux pluviales, principalement pour les toitures du bâti situé en recul participe, lors de chaque pluie au développement du ravinement à la surface du talus résiduel, ce qui aggrave l'instabilité de la berge. Ce phénomène est accentué par des tôles ondulées posées au sol sous les toitures qui favorisent la concentration des eaux de ruissellement rejetées vers le talus instable.

- **Domages** : Aucune victime n'est à déplorer.

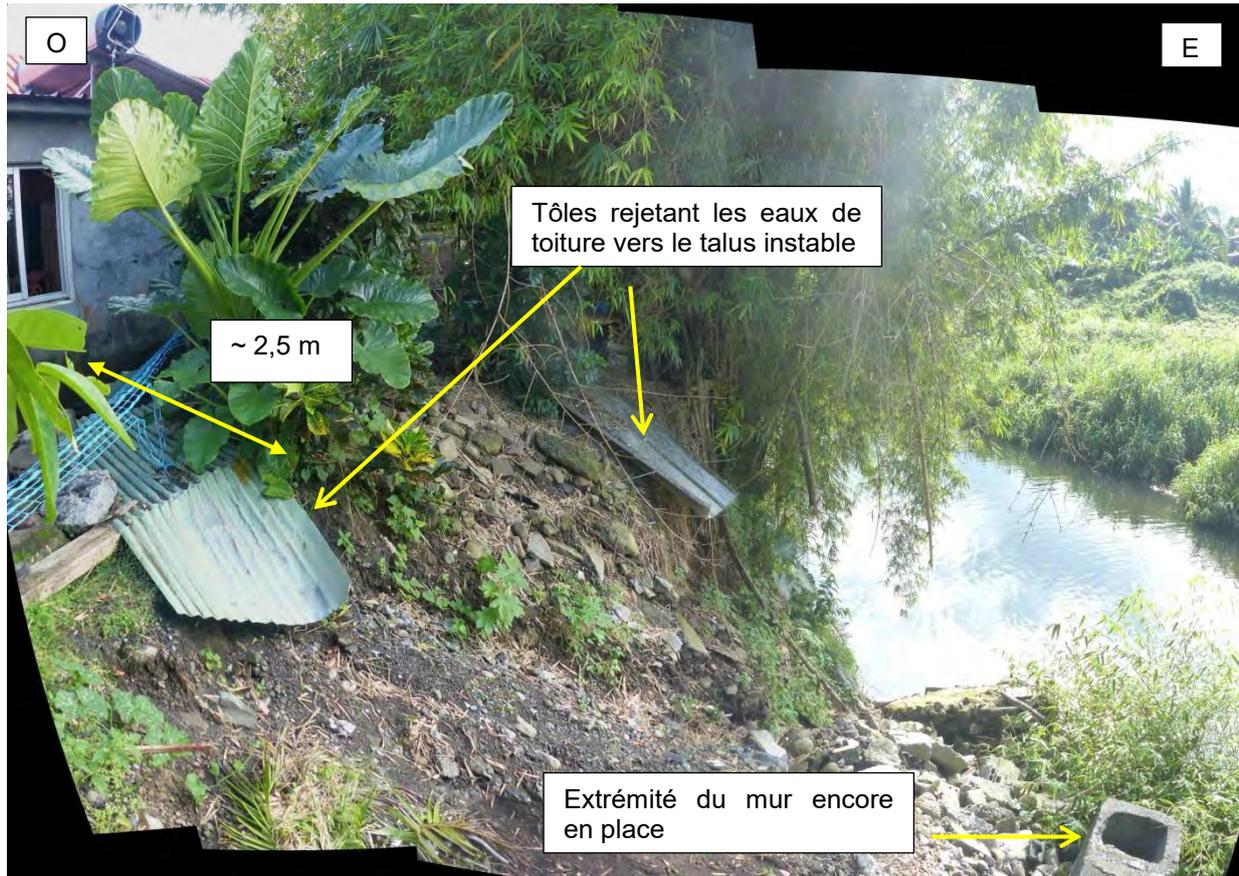


Illustration 10 – Talus résiduel après le sinistre avec dispositifs de rejets d'eau concentrés



Illustration 11 – Dalle fissurée en recul du talus instable et en pied de la varangue



Illustration 12 – Portion de mur résiduel en berge et recul observé lors du sinistre



Illustration 13 – Fissuration significative dans la dalle de la cour en recul du sommet de berge à l'aval de la zone sinistrée

4. Diagnostic et risques résiduels

4.1. ORIGINE DES DESORDRES

La configuration du lit de la Grande Rivière Saint-Jean dans ce secteur au profil en long très peu pentu favorise la création de méandres marqués avec une érosion accrue à l'extrados de chaque coude, lors des crues de la rivière, comme au droit de la parcelle BC145. Le positionnement de la parcelle au droit du coude très marqué avec un écoulement arrivant de manière frontale à la berge favorise le développement des désordres érosifs sur la berge, comme celui observé suite aux crues de février 2017.

L'écoulement en crue dans ce secteur génère des hauteurs d'eau potentiellement très importantes. Une laisse de crue identifiée à près de 3 m de hauteur par rapport au niveau d'eau observé le jour de l'expertise, correspondant à la crue lors du passage de la tempête Carlos en février 2017 (cf. Illustration 14). Ces fortes hauteurs d'eau associées à des vitesses de plusieurs m/s participent à éroder les terrains même sur des berges redressées d'hauteur importante comme au droit de la parcelle BC145.

L'ouvrage de soutènement réalisé par le riverain et gagné sur la berge avec des remblais à l'arrière constituait une réponse afin de se prémunir de ces désordres. Toutefois, ces travaux ponctuels ne permettent pas d'assurer une protection efficace et durable, comme en témoigne l'effondrement d'une partie du mur.

Même si la construction d'une protection ponctuelle en amont (en rive droite, côté Saint-André), associée à la réalisation d'une piste dans le lit a probablement accéléré son évolution locale et favorisé un écoulement plus orienté vers le coude au droit de la parcelle BC145, le lit de cette rivière va continuer naturellement à évoluer du fait de ses caractéristiques, notamment de pente et de sol.

Enfin, la présence de matériaux très érodables en berge en rive gauche (limons bruns et alluvions fines, rarement grossières), notamment de part et d'autre de la zone sinistré (amont immédiat du coude et à l'aval), favorise également le développement de l'érosion sur le long terme, avec des affouillements progressifs qui peuvent se développer lors de chaque crue. Ces phénomènes participent à progressivement affouiller les points durs comme les ouvrages de soutènement réalisés en berge et à terme générer des instabilités comme celle observée au droit de la parcelle BC145.

L'effondrement du mur au droit de la parcelle BC145 est ainsi probablement le résultat d'un sapement significatif à la base du mur, suite à des crues répétées, voire en périphérie en cas d'absence de mur en retour. Suite à la dernière crue lors du passage de la tempête Carlos (pourtant non significative en terme de valeur caractéristique de débit, probablement de l'ordre d'une crue annuelle), l'ouvrage a ensuite cédé sous son propre poids entraînant les matériaux de remblais à l'arrière et générant les désordres observés (fissures et basculement des dalles en recul du talus résiduel au niveau de la zone sinistrée et à l'aval immédiat).

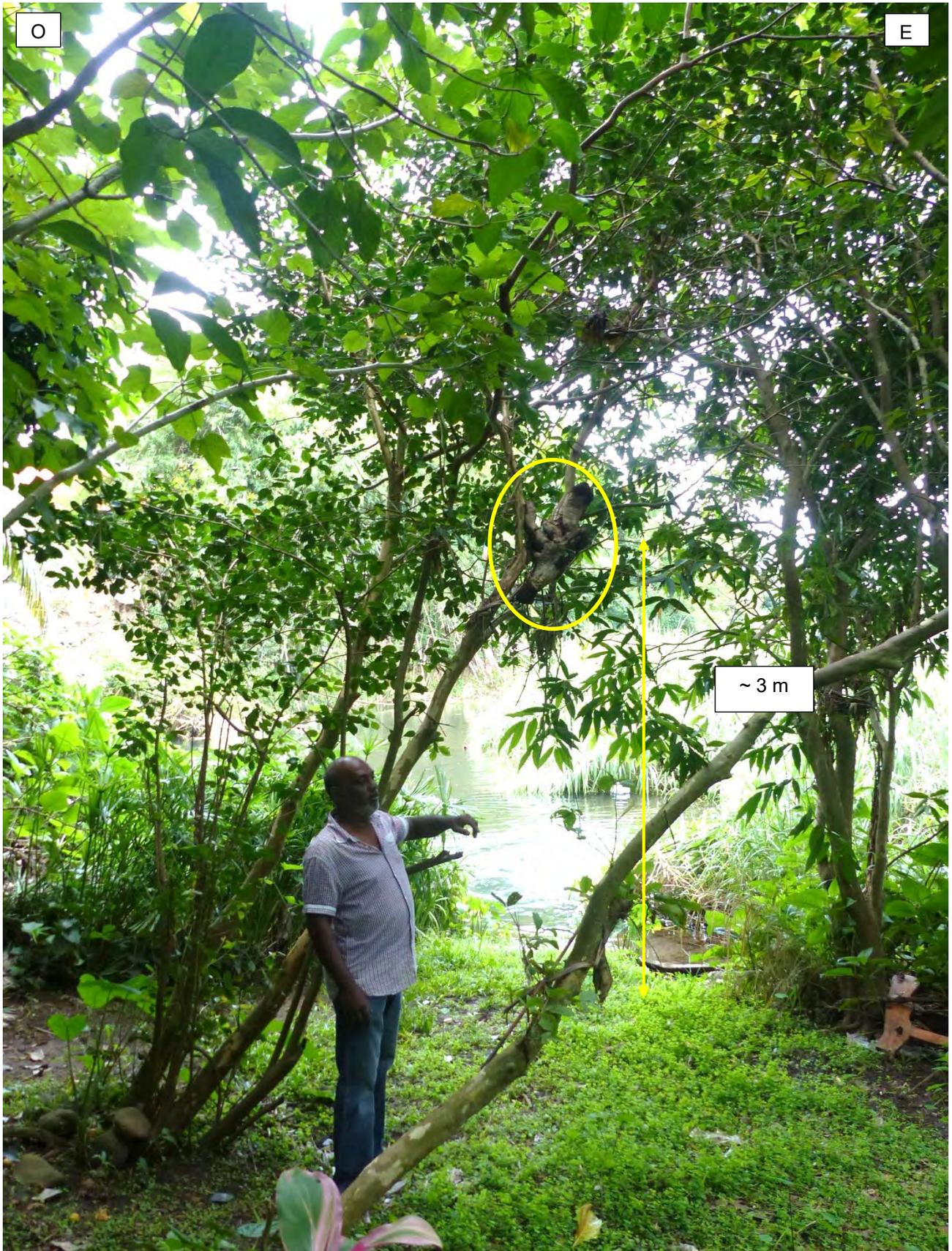


Illustration 14 – Laisse de crue à environ 3m au-dessus du niveau d'eau, en rive gauche peu avant le coude marqué au droit de la parcelle BC145

4.2. RISQUES RESIDUELS

Etant donné la stabilité précaire de la berge, que ce soit au niveau du talus résiduel suite au sinistre de février 2017, mais aussi vers l'aval, sur un linéaire estimé d'environ 25 à 30 m le long de la rivière au niveau de la parcelle BC145, ses occupants sont directement exposés à un effondrement de la bande de terrain située en recul immédiat du sommet de berge, notamment au droit des portions de dalles affectées de désordres et partiellement sous cavées.

Ces terrains en recul immédiat du sommet de berge (3 à 5 m selon) peuvent s'effondrer dans le lit de la rivière dès les prochaines crues et en cas de poursuite de l'action érosive, qui, étant donné le contexte du secteur, est fortement favorisée par la nature des terrains en place (limons, alluvions fines et remblais) et le positionnement à l'extrados d'un coude marqué de la rivière.

Le recul vers le sud de l'axe du lit, constaté par comparaison entre les clichés de photographies aériennes historiques et ceux récents va également se poursuivre lors des prochaines crues du fait de la nature des formations en place (limons facilement érodables). Toutefois, dans ce secteur à l'amorce du coude marqué, aucun enjeu n'est présent en berge et en recul immédiat au niveau des parcelles BC147, BC150 à BC152 (habitation située à plus de 30 m en recul, parcelle BC150, cf. Illustration 16).

En l'absence de risque d'inondation submergeant la berge et venant inonder les parcelles en recul (non identifié au PPR de Sainte-Suzanne, ni au PGRI pour les différentes occurrences de crue étudiées), le risque érosif constitue le principal aléa du secteur. Dans ce cadre, seules les parcelles BC145, BC146, BC147 et dans une moindre mesure BC152 sont directement concernées par le risque érosif (seule la parcelle BC145 est bâtie).

Au-delà de la parcelle BC145, sur les autres parcelles citées, aucun désordre significatif et pouvant générer un risque résiduel important pour les occupants n'a été relevé. Ces parcelles, situées le long du coude marqué de la rivière restent soumises à un aléa fort érosion avec un risque de recul lors de chaque forte crue.

Par ailleurs, à plus long terme, l'évolution probable du lit de la Grand Rivière Saint-Jean concernera également les parcelles situées au droit du coude immédiatement à l'aval (parcelles BC863 et BC864 à l'intrados et surtout celles à l'extrados côté Saint-André).

5. Recommandations

Le diagnostic et les recommandations faites ne concernent que les zones observées lors de l'expertise du 18/04/2017. Les crues de la Grande Rivière Saint-Jean génèrent un risque d'érosion très élevé sur l'ensemble de son linéaire, notamment entre le pont de la RN2 et jusqu'à la confluence avec la Petite Rivière Saint-Jean, aussi d'autres événements peuvent survenir dans la zone sans qu'il ait été possible de les anticiper lors de la présente expertise.

Malgré l'occurrence des désordres survenue il y a plusieurs semaines et la sortie de la saison des pluies (risque de crue limité dans les semaines à venir), il est conseillé, en attendant la mise en place de mesures de sécurisation plus durables, de mettre en place les mesures urgentes suivantes :

- ✓ **Condamner l'accès à la bande de terrain en recul immédiat du sommet de berge au niveau de la parcelle BC145.** L'espace à condamner correspond aux portions de dalles situées entre les fissures ouvertes et le sommet de berge (largeur de 3 à 5 m sur 15 à 20 m de long, cf. Illustration 11 et Illustration 13) ;
- ✓ Evacuer tous les matériaux situés au sein de cette zone afin d'éviter toute surcharge. Un élagage des bambous en sommet de berge est également à prévoir et va également dans le sens d'un allègement des charges appliquées ;

- ✓ Mettre en place un système de gestion des eaux de toitures (gouttières et descentes d'eau) afin de rejeter les eaux en dehors de la zone sinistrée ;
- ✓ **Surveiller régulièrement l'évolution du talus afin d'adapter les mesures concernant l'occupation de la parcelle BC145 (fréquence mensuelle et après chaque crue significative). Il s'agit d'évaluer le recul érosif par des inspections visuelles régulières. En cas d'évolution notoire, les mesures d'occupation du bâtiment situé en recul devront être renforcées dans les plus brefs délais (condamnation de l'accès à la varangue, évacuation temporaire, etc).**

Pour une sécurisation durable du secteur expertisé :

Ce secteur a d'ores et déjà été identifié dans l'étude PGRI (point d'érosion n°1, rapport PGRI phase 4, avril 2012³) où les mesures préconisées étaient les suivantes :

POINT D'EROSION N°1

Le linéaire de berge concerné par l'érosion atteint près de 30 m. Le talus est actuellement abrupt, instable et haut (7,5 m). La présence locale de bambous permet encore de retenir ponctuellement les matériaux.

L'intervention préconisée consiste à adoucir le talus existant (avec apport de matériaux), à protéger le pied de berge à l'aide d'une carapace en enrochements libres, à végétaliser le talus puis à évacuer une partie des sédiments qui se sont déposés dans l'intrados du méandre pour maintenir la section hydraulique du lit mineur.

Cette mesure de protection est évaluée à 150 000 € HT environ tandis que la mesure de prévention s'établit à près de 160 000 € (acquisition habitation).

Illustration 15 – Préconisation d'Artélia dans le cadre des études PGRI (extrait du rapport PGRI – phase 4)

Ces mesures restent adaptées à la situation constatée lors de la présente expertise. Il convient d'établir une analyse coût-bénéfice en comparant une solution de protection ponctuelle à l'acquisition des biens de la parcelle BC145 (et donc l'évacuation par les occupants).

La solution de protection consiste à mettre en œuvre :

- ✓ **Une protection en enrochements libres** le long de la berge, sur un linéaire d'environ 50 à 60 m en intégrant l'amorce du coude afin d'éviter tout risque d'affouillement périphérique, et sur une hauteur non négligeable d'au moins 4 m étant donné les fortes hauteurs d'eau prévisibles. A ce stade, comparativement à l'approche étudiée dans le cadre du PGRI pour ce secteur, l'estimation financière établie (150 000 € HT, cf. Illustration 15) devra être réévaluée et vraisemblablement revue à la hausse, au regard notamment de :
 - la nécessité d'augmenter le linéaire de protection ;
 - la hauteur significative de protection à prévoir ;
 - l'absence d'accès depuis la parcelle pour la réalisation des travaux et la nécessité d'une intervention depuis le lit de la rivière impliquant la réalisation d'une piste d'accès.
- ✓ **Une intervention dans le lit de la rivière afin de curer les sédiments et matériaux accumulés à l'intrados**, afin d'augmenter la section du lit mineur dans ce secteur et ainsi limiter l'impact des crues sur l'extrados. **Dans ce cadre la création d'un chenal d'évacuation « coupant » le coude marqué, pour les fortes crues est à étudier et à envisager dès que possible, avant la prochaine saison des pluies.**

³ Artélia (2012), Etude générale (PGRI) du bassin versant de la Grande Rivière Saint-Jean, Phase 4, Elaboration d'une stratégie de gestion du risque d'inondation. 42p.



Illustration 16 – Proposition d'aménagement

Si la réalisation de cette protection peut être localement satisfaisante, il serait toutefois préférable d'envisager un aménagement global de l'ensemble de ce tronçon (situé entre les 2 ponts (RN2 à l'amont et RN2002 à l'aval), présentant de nombreux coudes). En effet, de même que la protection réalisée en amont (côté Saint-André) a modifié les écoulements au droit des parcelles étudiées dans la présente expertise, les travaux de protection préconisés pour ces parcelles étudiées, va accélérer l'évolution naturelle du lit notamment au droit du coude aval. Dans cette hypothèse, il apparaît souhaitable de réaliser une étude hydraulique sur la totalité de ce tronçon. Celle-ci permettra de déterminer, localiser et dimensionner l'ensemble des aménagements nécessaires (protections, recalibrage et coût global) pour sécuriser durablement le lit de la Grande Rivière Saint-Jean dans ce secteur urbanisé.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tel. 02 38 64 34 34

Direction Régionale Réunion
5, rue Sainte-Anne – CS 51016
97 404 Saint-Denis - Cédex
Tél. : 02 62 21 22 14