

Document public

**Expertise et recommandations pour
gérer l'érosion des plages de la Pointe
Faula (commune du Vauclin), de
l'Anse Figuier (commune du Rivière
Pilote) et de Grande Anse (commune
des Anses d'Arlet). Martinique.**

Rapport final

BRGM/RP-68186-FR

Septembre 2018



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Expertise et recommandations pour gérer l'érosion des plages de la Pointe Faula (commune du Vauclin), de l'Anse Figuier (commune du Rivière Pilote) et de Grande Anse (commune des Anses d'Arlet). Martinique.

Rapport final

BRGM/RP-68186-FR
Septembre 2018

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2017 AP17FDF009

Y. Balouin, A. Nachbaur et M. Lombard

Vérificateur :

Nom : Manuel MOISAN
Fonction : Chef de projet Littoral
Date : 29/08/2018

Signature :



Approbateur :

Nom : Benoit VITTECOQ
Fonction : Directeur BRGM
Martinique
Date : 04/09/2018

Signature :



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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : expertise, recul du trait de côte, érosion, suivi, atténuateur de houles, Anse Figuier, Grande Anse des Anses d'Arlet, Pointe Faula, Fréfré.

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

Balouin, Y., Nachbaur, A. et Lombard, M. (2018) – Expertise et recommandations pour gérer l'érosion des plages de la Pointe Faula, l'Anse Figuier et Grande Anse d'Arlet. Rapport final. BRGM/RP-68186-FR, 73 p., 59 ill., 2 ann.

Synthèse

Le volcanisme tropical d'environ 1000 km², la Martinique présente un linéaire côtier d'environ 450 km et plus d'une centaine de plages. Or, localement l'érosion observée est importante et les communes souhaiteraient connaître les actions à mener. C'est pourquoi, la DEAL de Martinique et le BRGM ont mis en place une convention d'accompagnement à la gestion de l'érosion du littoral martiniquais.

Dans le cadre de cette convention, des expertises ont été réalisées sur trois plages particulièrement fréquentées afin d'identifier les moyens de gestion les plus adaptés : La plage de Grande Anse (commune des Anses d'Arlet), la plage de la Pointe Faula (commune du Vauclin) et celle de l'Anse Figuier (commune de Rivière Pilote).

Sur ces trois plages, l'expertise s'est appuyée sur un diagnostic réalisé sur le terrain en octobre 2017, sur les documents techniques disponibles et sur des mesures de terrain réalisées dans le cadre de ce projet (profils transversaux et trait de côte). Ces mesures ont été comparées aux données topographiques et photographiques existantes pour apprécier la dynamique saisonnière et pluri-annuelles de ces plages sachant que les indicateurs permettant d'apprécier la dynamique sédimentaire d'une plage sont à la fois la position du jet de rive (limite entre la mer et le sable) et la limite de végétation de haut de plage.

Ces expertises ont d'abord visé à comprendre le fonctionnement de chacune de ces plages. D'après leur exposition aux conditions hydrodynamiques, deux d'entre elles sont des plages de poches peu évolutives (Plage de Grand Anse et Plage d'Anse Figuier) qui contrastent avec le site de Pointe Faula, de part et d'autres d'une pointe sableuse et particulièrement exposé aux houles. C'est sur ce site que l'érosion est la plus marquée avec un recul de l'ordre de 10 m sur les 10 dernières années.

Sur les 3 sites expertisés, la disparition de la forêt littorale au détriment d'un sol nu a participé au recul chronique constaté depuis 1951 et atteignant entre 15 et 20 m en 60 ans. A plus court terme, des pratiques anthropiques non adaptées sont systématiquement en jeu dans l'aggravation de l'érosion à court terme : muret de haut de plage, enrochement, ramassage des algues ... Et de manière générale, sur les trois sites, il a été mis en évidence de mauvaises pratiques de gestion des écoulements de surface participant au départ de sable. Or, ces mauvaises pratiques, individuelles et collectives, pourraient facilement être enrayerées par une campagne d'information dédiée expliquant leur effet néfaste sur le littoral.

A l'inverse, certaines configurations se sont avérées favorables à la bonne gestion du stock sédimentaire. Les aménagements « transparents » (c'est-à-dire qui ne perturbent pas le transit sédimentaire, comme les structures légères sur pilotis) sont adaptées à des plages peu évolutives comme celle de Grande Anse. Le non-ramassage des algues (sargasses) participant à maintenir le stock sédimentaire en place et a conduit, en l'occurrence sur la plage de Fréfré, à une significative avancée du trait de côte (entre 10 et 15 m entre 2014 et 2017).

Des préconisations ont été proposées pour chacune de ces plages sachant que la réinstauration sur le haut et l'arrière plage d'une végétalisation psammophile¹ inspirée des enclos de végétalisation que met en place l'ONF (exemple sur les plages des Salines et de l'Anse Michel), reste la mesure la plus efficace à long terme.

De cette étude ressortent deux sites qui mériteraient de constituer des observatoires expérimentaux (c'est-à-dire associé à un protocole de suivi régulier) pour le suivi des bonnes pratiques de gestion de l'érosion en Martinique :

- L'anse Frégré, préservée de toute intervention anthropique, permettant de suivre et quantifier l'effet protecteur des algues sur le littoral ;
- La plage d'Anse Figuier, la seule en Martinique équipée d'un dispositif atténuateur de houle.

A ce sujet, il ressort de l'étude que ce type d'ouvrage (atténuateur de houle) n'est pas à exclure systématiquement mais doit être envisagé dans certaines configurations particulières, soit les portions de plages où l'érosion est majoritairement liée à l'attaque frontale des houles et pas à la dérive littorale. Par ailleurs, son installation doit être encadrer strictement (pour ne pas entraver la reconstruction naturelle des plages après tempête par exemple) et être nécessairement accompagné d'un suivi à l'échelle de la cellule sédimentaire.

¹ relatif aux espèces se développant préférentiellement sur des substrats sableux

Sommaire

1. Introduction	11
2. Connaissance et données disponibles pour appuyer l'expertise	13
2.1. FACTEURS PHYSIQUES MÉTÉO-MARINS	13
2.1.1. Contexte météorologique	13
2.1.2. Données marégraphiques	14
2.1.3. Régime de houle le long du littoral	14
2.1.4. Puissance longitudinale de la houle devant chaque plage	16
2.2. CONNAISSANCE SUR LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DU LITTORAL MARTINICAIS	17
2.2.1. Historique de la position du trait de côte	17
2.2.2. Caractérisation des cellules hydro-sédimentaires	18
2.3. OUTILS UTILISÉS POUR SUIVRE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE	18
2.3.1. Indicateur de mobilité du trait de côte	18
2.3.2. Profils topo-bathymétriques perpendiculaires au trait de côte	19
3. L'érosion de la Pointe Faula au Vauclin : diagnostic et recommandations	21
3.1. CONTEXTE	21
3.1.1. Cellules sédimentaires concernées	21
3.1.2. Contexte géologique	21
3.1.3. Contexte géomorphologique	22
3.2. DESCRIPTION DE CES PLAGES	24
3.2.1. Anthropisation du littoral	24
3.2.2. Végétation littorale	25
3.2.3. Ramassage des sargasses	26
3.3. MOBILITÉ DU TRAIT DE CÔTE ET DU PROFIL DE PLAGE	27
3.3.1. Évolution multi-décennale du trait de côte (indicateur : limite de végétation)	27
3.3.2. Évolution récente du trait de côte (2010-2017)	30
3.3.3. Évolution topo-bathymétrique récente	33
3.4. OBSERVATIONS LORS DE LA MISSION D'EXPERTISE DU 17 OCTOBRE 2017	37
3.4.1. Érosion de la partie nord du site	37
3.4.2. Fort ravinement	39
3.5. RÉSULTATS DE L'EXPERTISE	40
3.5.1. Schéma de fonctionnement de la plage de Pointe Faula	40

3.5.2. Diagnostic d'accrétion Chez Fréfré	42
3.5.3. Diagnostic d'érosion sur la Pointe Faula	42
3.6. RECOMMANDATIONS	44
3.6.1. Rappel des objectifs de gestion	44
3.6.2. Recommandations de gestion sur la plage de la Pointe Faula	44
3.6.3. Recommandations de gestion Chez Fréfré	45
4. Efficience du dispositif atténuateur de houle installé sur la plage de l'Anse Figuiier : diagnostic et recommandations	47
4.1. CONTEXTE	47
4.1.1. Cellule sédimentaire concernée	47
4.1.2. Contexte géologique	47
4.1.3. Contexte géomorphologique	48
4.2. PRÉSENTATION DE L'ATTÉNUATEUR DE HOULE INSTALLÉ EN 2011	49
4.3. MOBILITÉ DU TRAIT DE CÔTE ET DU PROFIL DE PLAGE	52
4.3.1. Évolution multi-décennale du trait de côte (indicateur : limite de végétation) 52	
4.3.2. Évolution récente du trait de côte	53
4.3.3. Évolution topo-bathymétrique récente	53
4.4. CONCLUSION DE L'EXPERTISE SUR LA PLAGE DE L'ANSE FIGUIER	54
4.4.1. Dynamique sédimentaire de la plage de l'Anse Figuiier	54
4.4.2. Conclusion sur l'efficacité de l'atténuateur de houle à Anse Figuiier	55
4.4.3. Enseignements et préconisations	56
5. Impact des aménagements anthropiques sur la dynamique sédimentaire de la plage de Grande Anse : diagnostic et préconisations	57
5.1. CONTEXTE	57
5.1.1. Cellule sédimentaire concernée	57
5.1.2. Contexte géologique	58
5.1.3. Géomorphologie de Grande Anse d'Arlet	58
5.2. MOBILITÉ DU TRAIT DE CÔTE	60
5.2.1. Évolution historique	60
5.2.2. Évolution topo-bathymétrique récente	61
5.3. OBSERVATIONS LORS DE LA MISSION D'EXPERTISE DU 17 OCTOBRE 2017 63	
5.4. CONCLUSION DE L'EXPERTISE SUR LA PLAGE DE GRANDE ANSE	70
5.4.1. Dynamique hydro-sédimentaire	70
5.4.2. Préconisations	71

6. Conclusion	73
7. Bibliographie	75

Liste des Illustrations

Illustration 1 : Localisation des trois plages expertisées	11
Illustration 2 : Rose des vents au Vauclin (Météo-France).	14
Illustration 3 : Régime de houle au large du Vauclin (Nachbaur et al., 2015).....	15
Illustration 4 : Régime de houle au large de l'Anse Figuier (Nachbaur et al., 2015).....	16
Illustration 5 : Régime de houle au large des Anses d'Arlet (Nachbaur et al., 2015).....	16
Illustration 6 : Evaluation de la puissance moyenne de la houle devant chaque anse sableuse (extrait rapport RP-64499-FR)	17
Illustration 7 : Cellules et fonctionnement hydro-sédimentaires caractérisées sur la presqu'île de Sainte Anne (extrait rapport RP-64499-FR)	18
Illustration 8 : Données disponibles pour mesurer l'évolution de la position du trait de côte.....	19
Illustration 9 : Campagnes topographiques disponibles pour le levé des profils topo-bathymétrique	19
Illustration 10 : Cellule et fonctionnement hydro-sédimentaire de Pointe Faula et Fréfré (extrait rapport RP-64499-FR)	21
Illustration 11 : Contexte géologique des sites étudiés d'après la carte géologique au 1/50 000 de la Martinique (Westercamp, 1990)	22
Illustration 12 : Situation topo-bathymétrique des deux sites étudiés (Source : Litto 3D 2010 ©IGN)	23
Illustration 13 : Morphologie et bathymétrie du site de la Pointe Faula (Levé Litto 3D 2010 ©IGN)	24
Illustration 14 : Enrochement mis en place à l'extrémité nord de la plage.....	24
Illustration 15 : Végétation de haut de plage à la Pointe Faula.....	25
Illustration 16 : Végétation de haut de plage sur le site de Fréfré.....	25
Illustration 17 : Ramassage de sargasses à la Pointe Faula en septembre 2014 (©EspaceSud).26	
Illustration 18 : Ramassage de sargasses en juin 2017 à la Pointe Faula (©rci.fm)	26
Illustration 19 : Ramassage des sargasses à la Pointe Faula en février 2015 (©France-Antilles.com).	27
Illustration 20 : Occupation du sol à Pointe faula et Fréfré en 1951	28
Illustration 21 : Position du trait de côte (limite de la végétation) de 1951 à 2017.....	29
Illustration 22 : Evolution historique du trait de côte de limite de végétation entre 1951 et 2017 sur la plage Chez Fréfré	30
Illustration 23 : Evolution du trait de côte par rapport au jet de rive de 2010 (reporté en rouge) (en haut : secteur nord, en bas : secteur sud) – Images satellitales Google Earth. 31	

Illustration 24 : Images satellitales GoogleEarth mettant en évidence l'évolution récente dans le secteur nord du site. Cercle jaune : Zone de stockage des sargasses le 18/09/2015 et encoche d'érosion le 08/02/2017	32
Illustration 25 : Evolution de la plage de Chez Frégré d'après l'observation des images satellites de Google Earth entre 2003 et 2017.....	33
Illustration 26 : Profils topo-bathymétriques – Campagne UAG (2016), BRGM (2017), BRGM (2018)	33
Illustration 27 : Evolution topo-bathymétrique des profils de plage de la Pointe Faula depuis 2010. En bleu est représentée l'amplitude de la marée qui oscille entre - 0.25 et + 0.56 m NGM sur le Vauclin	35
Illustration 28 : Evolution topo-bathymétrique des profils de plage Chez depuis 2010. En bleu est représentée l'amplitude de la marée qui oscille entre - 0.25 et + 0.56 m NGM sur le Vauclin	36
Illustration 29 : Carte de synthèse des observations du 17/10/2017 devant le site de l'UCPA ..	37
Illustration 30 : Affleurement mis à nu par l'érosion.....	38
Illustration 31 : Photographies de la partie nord du site de la Pointe Faula et de la zone sujette à l'érosion devant l'UCPA. Les numéros correspondent à ceux de la carte au-dessus pour la localisation.	39
Illustration 32 : Ravinement intense de l'arrière plage, tout le long de la plage	40
Illustration 33 : Photographie à la pointe sableuse du site montrant le ravinement par ruissellement sur la plage émergée.	40
Illustration 34 : Schéma de fonctionnement de l'hydrodynamique liée aux vagues, au vent et au ruissellement sur le site de la Pointe Faula.	41
Illustration 35 : Schéma de fonctionnement du transport sédimentaire sur le site de la Pointe Faula.	42
Illustration 36 : Facteur anthropique accentuant l'érosion sur la partie nord de la Pointe Faula	43
Illustration 37 : Cellule et fonctionnement hydro-sédimentaire de l'Anse Figuier (source modifiée : rapport RP-64499-FR)	47
Illustration 38 : Contexte géologique de la plage d'Anse Figuier d'après la carte géologique au 1/50 000 de la Martinique (Westercamp, 1990).....	48
Illustration 39 : Bathymétrie Litto3D© face à la plage de l'Anse Figuier	49
Illustration 40 : Schéma de l'aménagement qui avait été projeté (rapport INGEFRA, Juillet 2011). En bleu, l'« atténuateur » ; en blanc, la « butée de pied ».	50
Illustration 41 : Schéma de localisation des ouvrages @Stabiplage d'après les observations visuelles d'Impact Mer en Aout 2012.....	51
Illustration 42 : Evolution de la position de la limite de végétation à l'Anse Figuier entre 1951 et 2017	52
Illustration 43 : Faible mobilité de la limite du jet de rive de 2004 à 2017 sur la plage de l'Anse Figuier. En rouge, la limite de jet de rive de 2004.	53
Illustration 44 : Différentiel topo-bathymétrique entre 2010 (Litto3D) et 2017 (BRGM). Les secteurs en bleu indiquent de l'accrétion, les secteurs en jaune-rouge, de l'érosion. ...	54
Illustration 45 : Cellule et fonctionnement hydro-sédimentaire de Grande Anse d'Arlet (extrait rapport RP-64499-FR).....	57
Illustration 46 : Contexte géologique de la plage de Grand Anse d'après la carte géologique au 1/50 000 de la Martinique (Westercamp, 1990).....	58
Illustration 47 : Bathymétrie de l'avant-côte de Grande Anse d'Arlet (levé Litto3D© 2010).....	59

Illustration 48 : Evolution de la position du trait de côte (limite de végétation) à Grande Anse entre 1951 et 2017.	60
Illustration 49 : Localisation des profils topobathymétriques de juillet 2017	61
Illustration 50 : Profil topobathymétrique au large de Grand Anse.....	62
Illustration 51 : Photographies du secteur nord de Grande Anse d'Arlet (vue vers le nord). En haut, novembre 2014, au milieu : juillet 2017, en bas : octobre 2017.	64
Illustration 52 : Photographies de la partie centrale grande Anse d'Arlet. En haut : novembre 2014, en bas : octobre 2017.	65
Illustration 53 : Photographies dans la partie centrale de Grande Anse (vue vers le sud). En haut : novembre 2014, en bas : octobre 2017.....	66
Illustration 54 : Photographies du 17 Octobre 2017 montrant les impacts de l'ouragan MARIA sur les infrastructures touristiques.....	67
Illustration 55 : Photographies du 17 Octobre 2017 montrant l'extrémité nord de la plage a totalement disparue sur une dizaine de mètres et où la houle vient se réfléchir directement sur les murets de haut de plage	67
Illustration 56 : Effet des écoulements superficiels sur le départ de sable	68
Illustration 57 : Un durcissement du haut de plage par des chemins bétonnés.....	69
Illustration 58 : Muret de haut de plage à quelques mètres du rivage	69
Illustration 59 : Aménagement « transparent » vis-à-vis de la dérive littorale.....	70

1. Introduction

Ile volcanique tropicale d'environ 1000 km², la Martinique présente un linéaire côtier d'environ 450 km et plus d'une centaine de plages. Or, localement l'érosion observée est importante. Face à ces phénomènes, les communes sont souvent démunies et souhaiteraient connaître les actions à mener.

C'est pourquoi, la DEAL de Martinique et le BRGM ont mis en place une convention d'accompagnement à la gestion de l'érosion du littoral martiniquais.

L'objectif du premier volet de cette étude est la réalisation d'expertises sur trois plages à enjeux afin de proposer des recommandations de gestion adaptées. Localisées sur l'illustration 1, les plages concernées sont particulièrement fréquentées. Il s'agit de :

- La plage de Grande Anse des Anses d'Arlet caractérisée par un grand nombre d'aménagements touristiques installés sur le haut de plage. L'objectif sera d'évaluer l'impact de ces activités vis-à-vis de la dynamique sédimentaire de la plage ;
- La plage de la Pointe Faula qui présente les signes d'une forte érosion. L'objectif sera d'identifier les facteurs à l'origine de cette érosion puis de proposer des recommandations de gestion ;
- Pour lutter contre l'érosion, un dispositif d'atténuateur de houles a été installé sur la plage de l'Anse Figuier en juillet 2011. L'objectif est d'évaluer l'efficacité de ce type de dispositif.

Sur ces trois plages, l'expertise réalisée s'appuie sur un diagnostic visuel réalisé en octobre 2017, les documents techniques s'il en existe et des mesures de terrain (profils de plage, levé DGPS..).

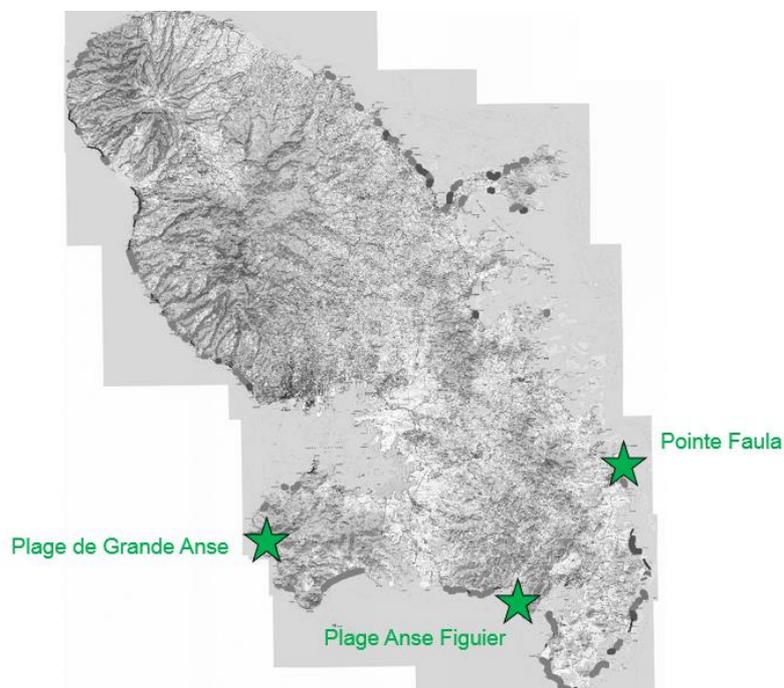


Illustration 1 : Localisation des trois plages expertisées

2. Connaissance et données disponibles pour appuyer l'expertise

La première tâche de la présente étude a consisté à recenser les données et connaissances disponibles pour appuyer le diagnostic, que cela concerne les forçages hydrodynamiques (houle, courants, niveaux d'eau, vents), la dynamique sédimentaire ou l'évolution historique de chaque plage.

2.1. FACTEURS PHYSIQUES MÉTÉO-MARINS

2.1.1. Contexte météorologique

La Martinique connaît un climat tropical, chaud et humide, présentant une saison sèche, le carême (de décembre à mai, centrée sur les mois de février/mars) et une saison humide, l'hivernage (de juin à novembre). Ces conditions climatiques sont directement liées aux positions respectives de l'anticyclone des Açores et de la Zone de Convergence Inter Tropicale (ZCIT).

La Martinique est soumise aux alizés toute l'année. En provenance constante de l'Est/Nord-Est à l'Est (exemple : Illustration 2), ces vents soufflent en moyenne à une vitesse de 7 m/s (soit 25 km/h). Plus en détails :

- Pendant le carême, l'anticyclone des Açores et la ZCIT migrent vers le Sud. Les alizés sont soutenus et réguliers, susceptibles notamment de se renforcer de décembre à Février (11 à 19 m/s) et de générer ainsi de plus fortes houles. Le climat est relativement sec et moins chaud que durant l'hivernage ;
- Pendant l'hivernage, l'anticyclone des Açores remonte vers l'Atlantique nord, les alizés diminuent. La ZCIT remonte vers 10° de latitude Nord et la Martinique est soumise à des pluies fréquentes.

A cela s'ajoute les cyclones qui peuvent parcourir l'arc caribéen pendant la saison cyclonique, de juillet à mi-novembre. Les vents peuvent alors dépasser les 150 km/h avec des précipitations qui peuvent atteindre les 1000 mm d'eau par jour.

Plusieurs stations de mesures de Météo-France sont présentes à la Martinique : Trois-Ilets Pagerie, Sainte-Marie Pérou, Grand-Rivière, Saint-Pierre, Sainte-Anne Seci, Vauclin, Trinité-Caravelle, Anse d'Arlet, Lamentin, Saint-Joseph et la Lézarde.

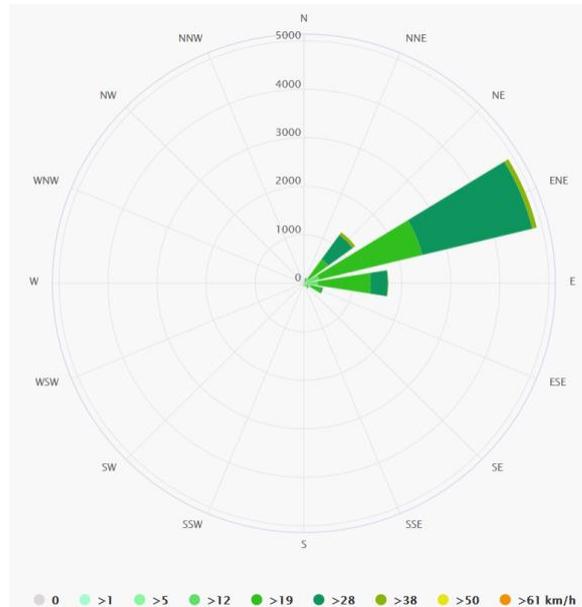


Illustration 2 : Rose des vents au Vauclin (Météo-France).

2.1.2. Données marégraphiques

Les marées en Martinique sont d'amplitude microtidale avec un marnage moyen de 45 cm (niveau de la moyenne des plus hautes mers journalières de 75 cm contre niveau de la moyenne des plus basses mers journalières de 30 cm) (SHOM, 2016). L'amplitude des marées d'équinoxe peut atteindre 90 cm. Le niveau moyen marin est de 55 cm (par rapport au zéro hydrographique). Les marées sont de type semi-diurne à inégalités diurnes : il y a deux pleines mers et deux basses mers par jour avec des hauteurs d'eau différentes.

Plusieurs points de mesures sont disponibles autour de la Martinique :

- Sur la côte Est : La Trinité, Le François, Le Robert, Le Vauclin, Cap Chevalier ;
- Sur la côte Ouest : Le Prêcheur, Saint Pierre, Fort-de-France, Sainte-Luce, Le Marin.

Les données sont disponibles sur le site de l'Unesco : <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/station.php?code=iero>.

2.1.3. Régime de houle le long du littoral

En Martinique, trois régimes de houle peuvent être rencontrés :

- La houle de nord-est à sud-est dite d'alizés est très fréquente mais peu énergétique (période inférieure à 10 sec) ;
- La houle de nord à nord-ouest est peu fréquente (une dizaine d'occurrences par an environ) et d'énergie modérée. Elle est en général engendrée par des dépressions au nord de l'Atlantique ;
- La houle cyclonique est peu fréquente mais très énergétique (période supérieure à 10 sec). Elle est susceptible de toucher tous les secteurs côtiers de l'île.

Il existe autour de la Martinique trois houlographes du réseau Candhis (Centre d'Archivage National de Données de Houle In-Situ : <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>) :

- une au Nord à Basse Pointe (période de mesures du 31/12/1998 au 31/06/2017),
- une au Sud près de l'île de Sainte Lucie (période de mesures du 20/06/2007 à 2017) et
- une au large de la Baie de Fort de France (période de mesures du 21/11/2001 à 2017).

Pour chacune de ces bouées, les informations disponibles sont : les données des houles en temps réel au jour le jour et heure par heure, des graphes mensuels des hauteurs des vagues et de nombreuses données statistiques.

Dans le cadre du projet IOWAGA piloté par l'IFREMER, le modèle WW3 (WaveWatch III®) a été utilisé pour reconstituer les chroniques de vagues à partir des données historiques de vents. Ces données sont disponibles sur les Caraïbes avec plusieurs résolutions, permettant l'analyse des conditions au large ou à proximité des côtes.

A partir de ces données, une analyse statistique des conditions de vagues a permis de simuler les régimes de houle sur tout le littoral de l'île (cf. Rapport BRGM/RP-64499-FR, Nachbaur et al., 2015). Les illustrations 4 à 5 présentent les roses de houles obtenues sur les trois secteurs concernés par cette expertise.

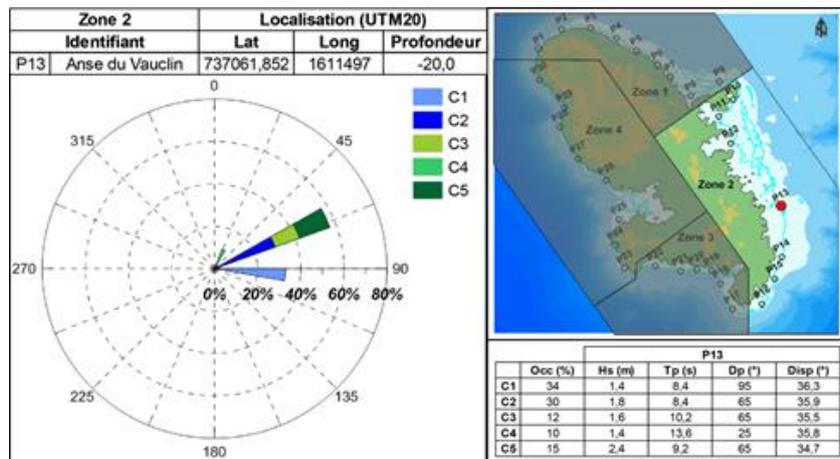


Illustration 3 : Régime de houle au large du Vauclin (Nachbaur et al., 2015)

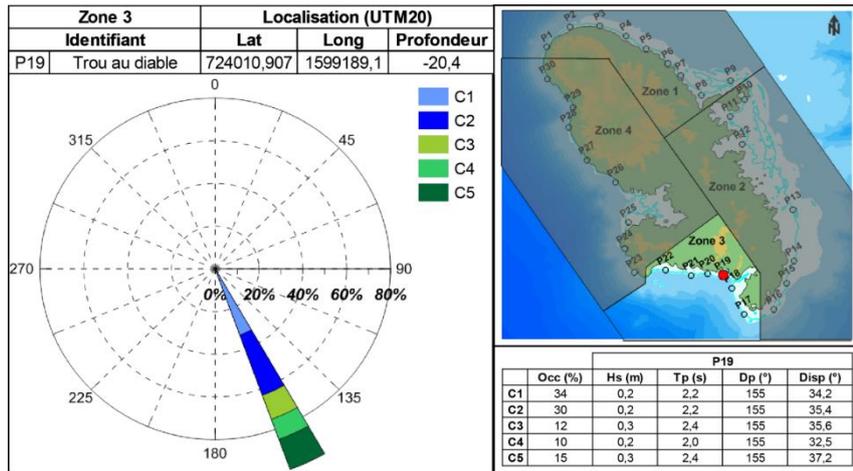


Illustration 4 : Régime de houle au large de l'Anse Figuier (Nachbaur et al., 2015)

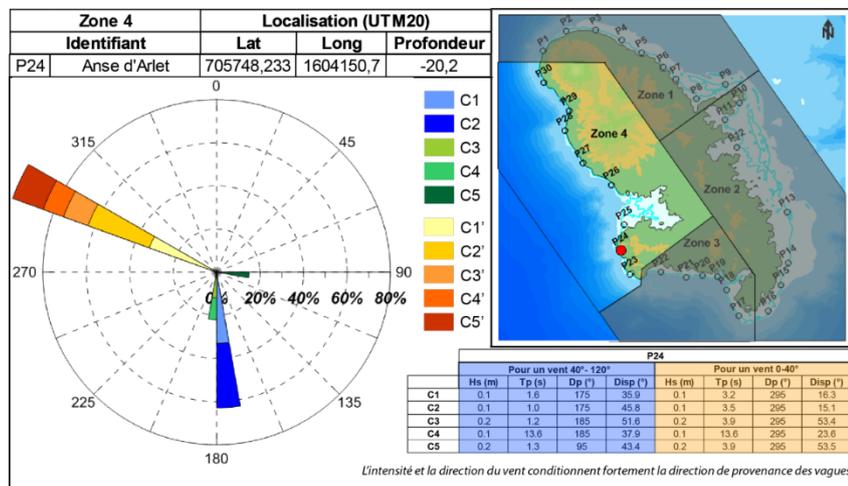


Illustration 5 : Régime de houle au large des Anses d'Arlet (Nachbaur et al., 2015)

2.1.4. Puissance longitudinale de la houle devant chaque plage

A partir des régimes de houles le long du littoral, la puissance moyenne de la houle a été estimée de manière statistique devant chaque plage, en tenant compte de la répartition temporelle des différentes classes de vagues le long du littoral (cf. BRGM/RP-64499-FR, Nachbaur et al., 2015).

L'illustration 6 présente les puissances obtenues au niveau de chaque plage. La puissance des houles est la plus forte au sud-est de l'île, entre Cap Chevalier et Macabou, lié à la forte exposition de cette côte et à la proximité de barrière récifale. Sur la côte nord atlantique, la puissance est atténuée par la largeur du plateau continental. Entre la pointe de la Caravelle et Macabou, la puissance est inférieure en raison de la forte dissipation de l'énergie des vagues en amont du point de mesure. Comme attendu, la cote Caraïbes et la côte Sud sont particulièrement protégées.

D'après cette étude, les plages de Grand Anse et d'Anse Figuier font donc partie des plages les moins exposées aux fortes houles ($P < 600 \text{ N/m}^2$ pour Grand Anse et entre 600 et 3 000 N/m^2 pour Anse Figuier) tandis que la plage de la Pointe Faula, située sur la côte atlantique, compte parmi les plus exposées ($P > 20\,000 \text{ N/m}^2$).

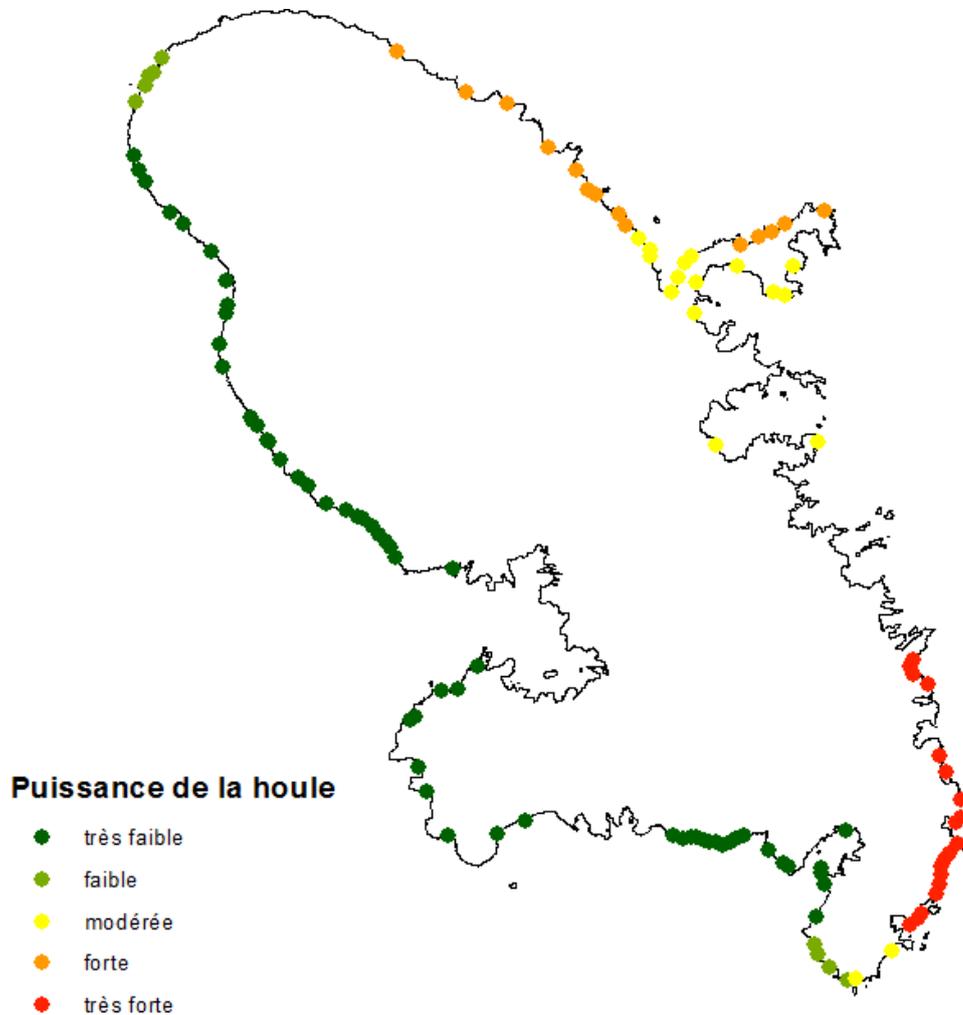


Illustration 6 : Evaluation de la puissance moyenne de la houle devant chaque anse sableuse (extrait rapport RP-64499-FR)

2.2. CONNAISSANCE SUR LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DU LITTORAL MARTINICAIS

2.2.1. Historique de la position du trait de côte

A la demande de la DEAL, le BRGM a mené une étude sur l'évolution historique de la position du trait de côte de la Martinique en 2015 (cf. BRGM/RP-61686-FR, Lemoigne et al., 2013 ; BRGM/RP-63238-FR, Nachbaur et al., 2014). Cette étude s'est basée sur les traits de côte digitalisés sous SIG sur les photographies orthorectifiées et géoréférencées de l'IGN : de 1951 (noir et blanc, de résolution 2 m), 2004 (couleur, de résolution 50 cm) et celle de 2010 (couleur, de résolution 30 cm).

2.2.2. Caractérisation des cellules hydro-sédimentaires

A la demande de la DEAL, le BRGM a délimité les « cellules sédimentaires » qui régissent le transfert sédimentaire le long du littoral martiniquais, c'est à dire les portions de côte indépendante les unes des autres en matière de circulations sédimentaires (cf. BRGM/RP-64499-FR, Nachbaur et al., 2015). Sur les 57 km de côtes sableuses, 92 cellules sédimentaires ont ainsi été caractérisées. A titre d'exemple, l'illustration 7 présente ces cellules sur la presqu'île de Sainte Anne.

Ces unités sédimentaires circonscrivent le système à considérer pour les présentes expertises.

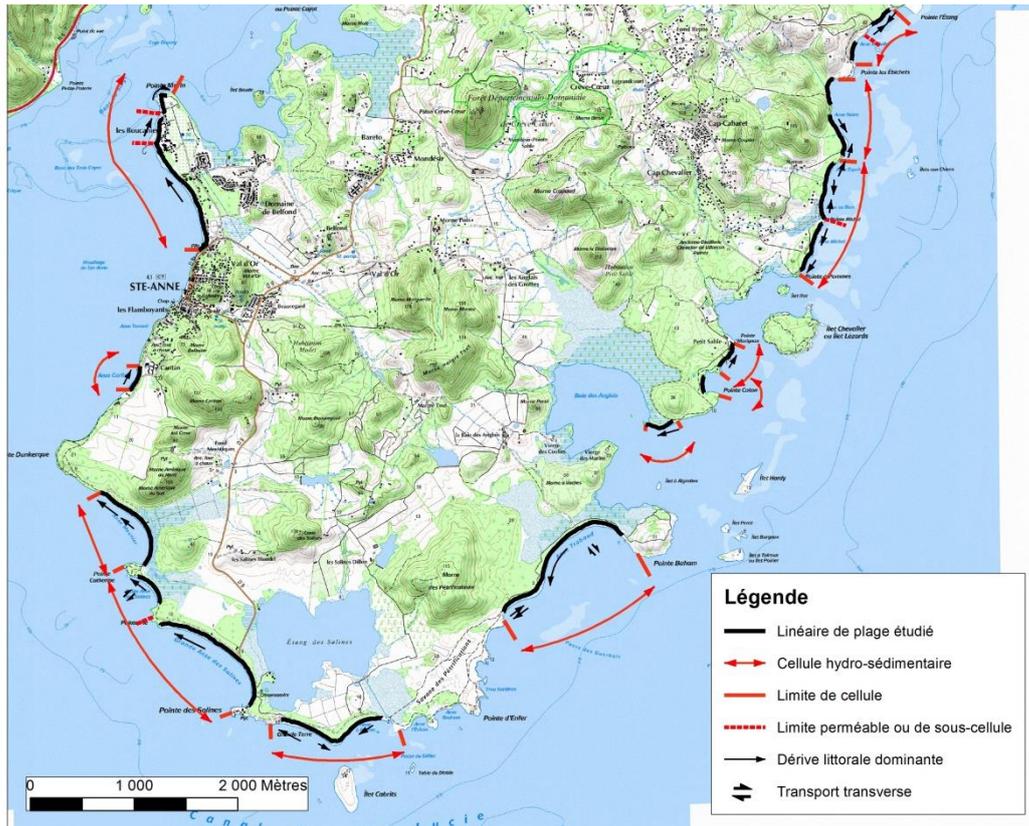


Illustration 7 : Cellules et fonctionnement hydro-sédimentaires caractérisées sur la presqu'île de Sainte Anne (extrait rapport RP-64499-FR)

2.3. OUTILS UTILISÉS POUR SUIVRE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

2.3.1. Indicateur de mobilité du trait de côte

Deux indicateurs complémentaires permettent de mesurer la dynamique des plages sableuses :

- La **limite de végétation** qui traduit généralement le phénomène érosif à long terme ;
- La **limite du jet de rive**, plus variable dans le temps et qui traduit des évolutions à plus court terme du trait de côte : saisonnières et/ou interannuelles et/ou événementielles (tempêtes tropicales).

Ces indicateurs sont soit repérés sur des photographies, soit directement relevés sur le terrain (cf. Illustration 8).

Source	Date	Couverture	Moyen	Précision planimétrique
IGN et Géomartinique	1951, 2004, 2010, 2017	Martinique	Orthophotos	50 cm
Google Earth		Martinique	Images satellites	?
BRGM	Juillet 2017	10 plages	DGPS	10 cm
BRGM	Avril 2018	10 plages	DGPS	10 cm

Illustration 8 : Données disponibles pour mesurer l'évolution de la position du trait de côte

2.3.2. Profils topo-bathymétriques perpendiculaires au trait de côte

Relever des profils topo-bathymétrique le long de transects perpendiculaires au trait de côte permet de caractériser la morphologie de la plage. La comparaison de ces profils à différentes dates permet de suivre l'évolution du stock sédimentaire de la plage. L'illustration 9 synthétise les différentes mesures disponibles.

En 2010, le levé ©Litto3D de l'IGN donne une mesure altimétrique de l'ensemble de l'île. La précision de cette mesure est de 20 cm en planimétrie et de 30 cm en altimétrie.

	Date	Couverture	Outil de mesure	Précision altimétrique
Litto3D	Fév-Mars 2010	Martinique	Lidar	30 cm
UA ²	Été 2016	10 plages	DGPS	10 cm ?
BRGM	Juillet 2017	10 plages	DGPS	10 cm
BRGM	Avril 2018	10 plages	DGPS	10 cm

Illustration 9 : Campagnes topographiques disponibles pour le levé des profils topo-bathymétrique

² Université des Antilles (ex UAG Université des Antilles Guyane)

3. L'érosion de la Pointe Faula au Vauclin : diagnostic et recommandations

3.1. CONTEXTE

3.1.1. Cellules sédimentaires concernées

L'objet de l'étude concerne deux cellules sédimentaires indépendantes, séparées par un promontoire rocheux interrompant le transit entre la plage de Pointe Faula et la baie de Fréfré (cf. Illustration 10).

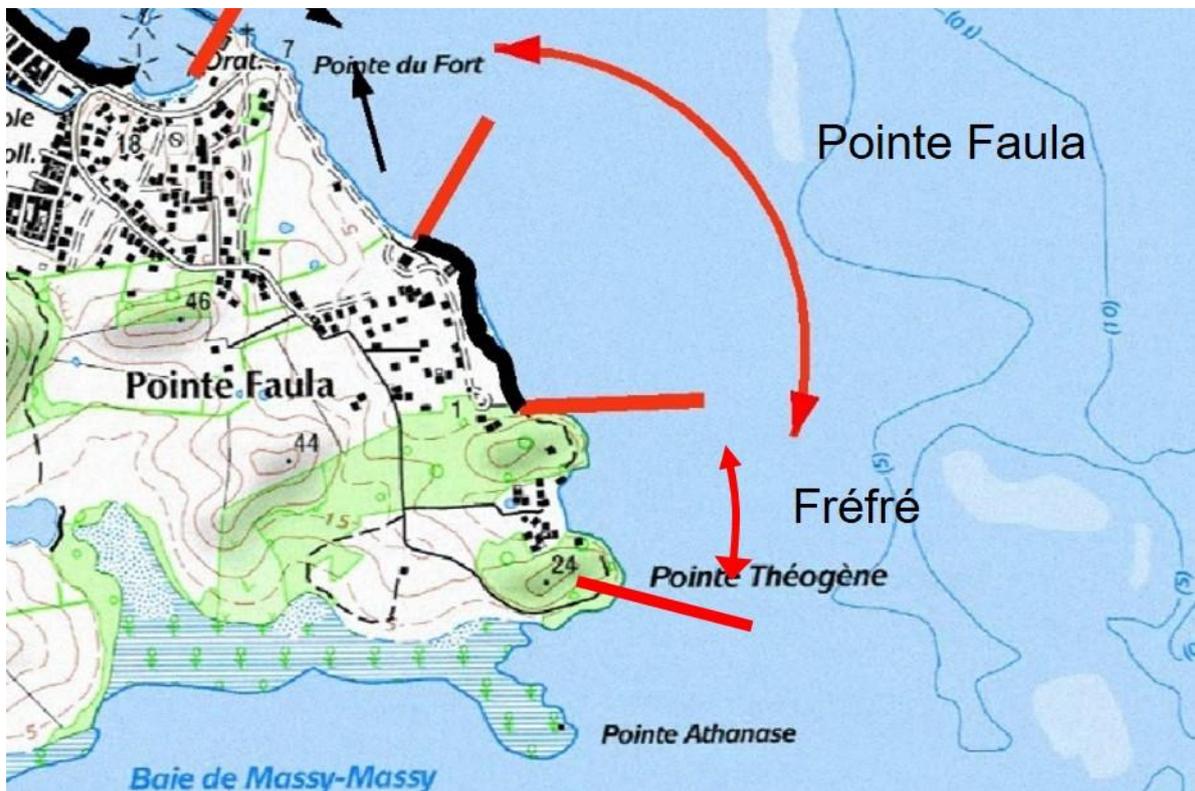


Illustration 10 : Cellule et fonctionnement hydro-sédimentaire de Pointe Faula et Fréfré (extrait rapport RP-64499-FR)

3.1.2. Contexte géologique

Les deux sites sont situés sur un même complexe récifal issue de la chaîne volcanique sous-marine de Vauclin Pitault (cf. Illustration 11). Ce complexe calcaire est recouvert localement par des formations basaltiques qui arment notamment les mornes qui encadrent le site de Fréfré. D'après la carte géologique (Westercamp, 1990), la plage *stricto sensu* s'étendrait sur plus de 200 m dans les terres.

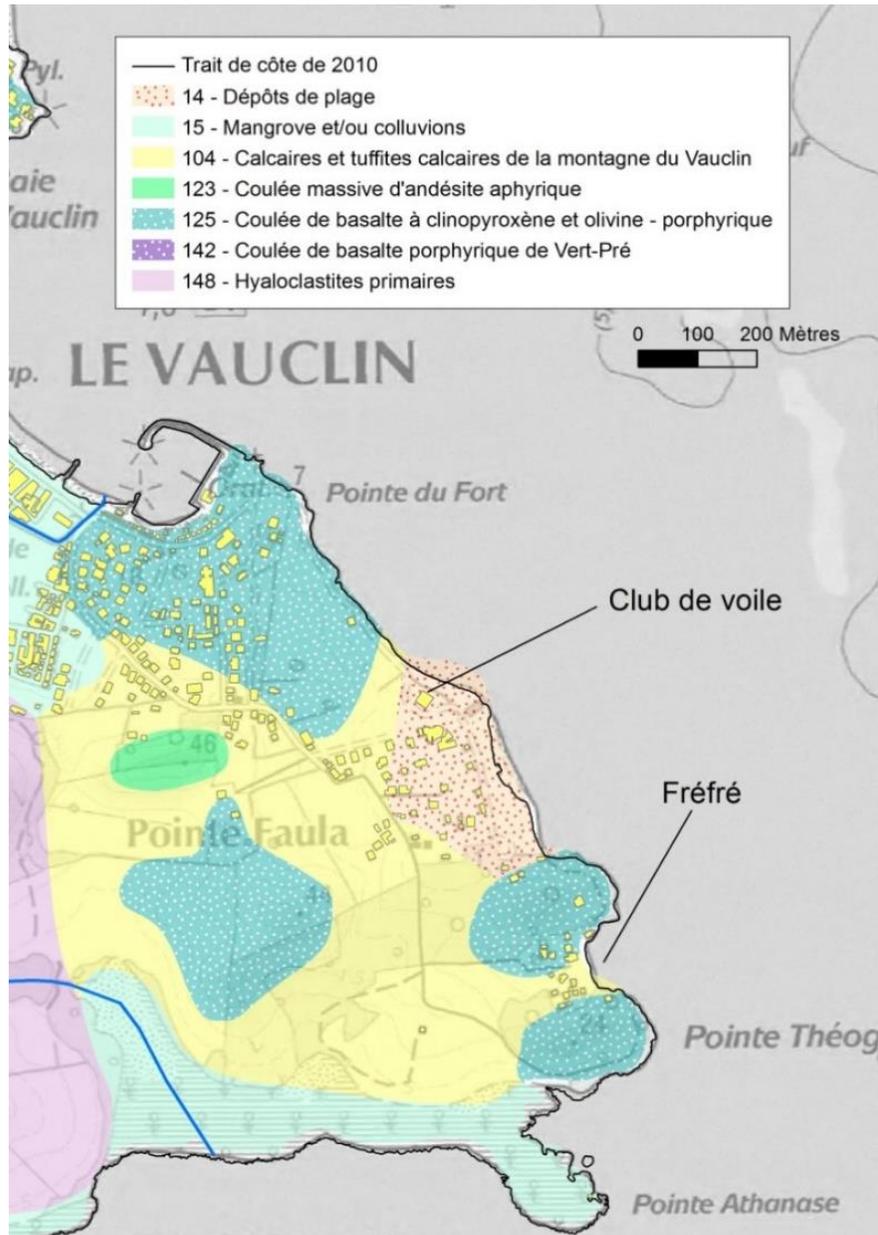


Illustration 11 : Contexte géologique des sites étudiés d'après la carte géologique au 1/50 000 de la Martinique (Westercamp, 1990)

3.1.3. Contexte géomorphologique

D'après l'allure topo-bathymétrique du secteur (cf. Illustration 12), la plateforme récifale sur laquelle se situent les deux sites étudiés se prolonge en mer jusqu'à plusieurs centaines de mètres. En effet, un plateau très peu profond (moins de 50 cm d'eau) s'étend jusqu'à 300 m de distance au large. Vu l'amplitude des marées, l'ensemble de cette partie (figurée en blanc sur l'illustration 12) est donc possiblement émergée lors des fortes coefficients de marée.

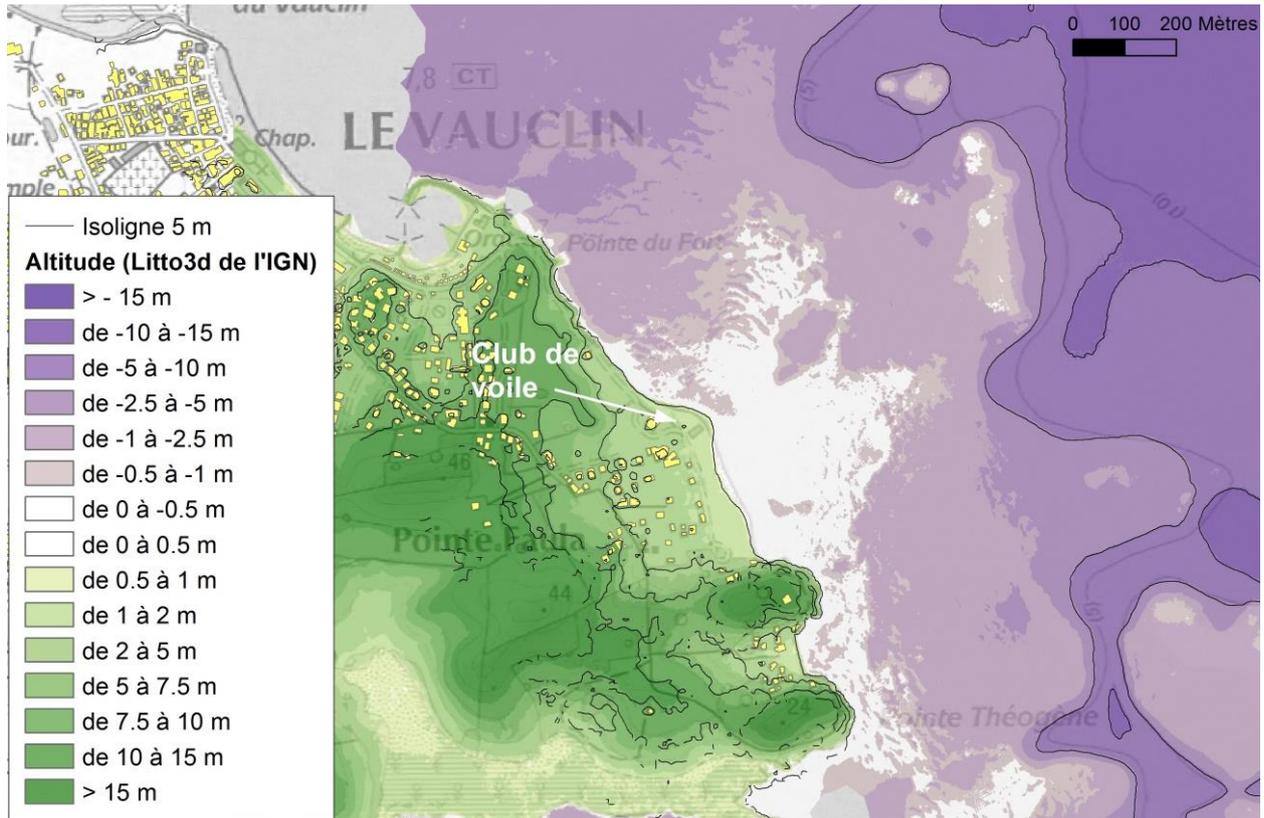


Illustration 12 : Situation topo-bathymétrique des deux sites étudiés (Source : Litto 3D 2010 ©IGN)

Le site de Pointe Faula, est plus précisément caractérisé par une bande récifale en forme de pointe vers le large (cf. Illustration 13). Sur la partie centrale du site, la bathymétrie est très faible (entre 0.2 et 0.3 m de hauteur d'eau) alors qu'au nord de la Pointe, le littoral s'approfondit plus rapidement atteignant 0.7 m à quelques mètres du trait de côte. Au sud du site, l'avant-côte est également légèrement plus profonde.

Dans un contexte normal d'abondance sédimentaire, cette morphologie du site devrait entraîner une avancée naturelle de la pointe, moins sujette aux courants générés par la houle.

L'illustration 13 présente l'allure de trois profils de plages. Une rupture de pente assez marquée de près d'1 m de hauteur est observée hormis dans la partie sud où la bathymétrie est plus irrégulière (variations de l'ordre de quelques dizaines de centimètres).

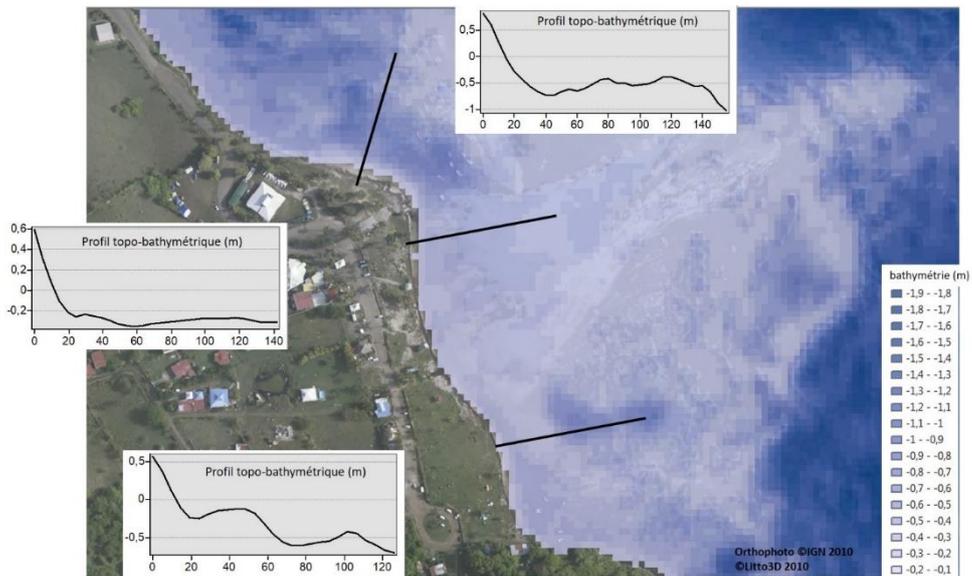


Illustration 13 : Morphologie et bathymétrie du site de la Pointe Faula (Levé Litto 3D 2010 ©IGN)

3.2. DESCRIPTION DE CES PLAGES

3.2.1. Anthropisation du littoral

Bien que très fréquentée notamment pour les sports nautiques, la plage de la Pointe Faula n'est pas anthropisée. Le seul bâtiment en dur à proximité est le centre nautique situé à 20 m en retrait du trait de côte.

A l'extrémité nord, la côte est protégée par des enrochements mis en place dans les années 2000 (cf. Illustration 14). Le reste du littoral est naturel.



Illustration 14 : Enrochement mis en place à l'extrémité nord de la plage

3.2.2. Végétation littorale

La végétation de haut de plage est constituée de végétation rase associée à une végétation pérenne diffuse constituée de gros arbres et de cocotiers (cf. Illustration 15).



Illustration 15 : Végétation de haut de plage à la Pointe Faula

Sur le site de Fréfré, la végétation est arbustive (cocotiers, arbres de taille moyenne de type catalpas, raisiniers) et herbacée (cf. Illustration 16).



Illustration 16 : Végétation de haut de plage sur le site de Fréfré

3.2.3. Ramassage des sargasses

La Martinique, et en particulier ces deux sites situés sur la côte au vent la plus exposée, a fait l'objet d'un échouage massif d'algues sargasses entre 2014 et 2017.

Dès 2014, pour limiter l'impact sur la population, ces algues ont fait l'objet de ramassage motorisé sur la plage de la Pointe Faula (cf. Illustration 17 et Illustration 18). A notre connaissance, aucune intervention n'a été entreprise sur l'Anse Frégré. Sur la plage de la Pointe Faula, ces algues ont ensuite été temporairement stockées sur le haut de plage au sud de la Pointe, avant d'être évacuées (Illustration 19).



Illustration 17 : Ramassage de sargasses à la Pointe Faula en septembre 2014 (©EspaceSud).

Une machine qui enlève les Sargasses en test à la Pointe Faula

[Vidéo] Le retour des algues sargasses sur la côte atlantique de la Martinique relance les expérimentations autour du ramassage de ces algues brunes. Mardi (27 juin 2017), une machine semblable à une moissonneuse-batteuse était en test sur la plage de la Pointe Faula au Vauclin.

RCLFM | le 28/06/2017 à 07:13
Par Karl Lorand et Daniel Zobéide



Les premiers tests ont eu lieu sur la plage de la Pointe Faula au Vauclin. ©D.Z.

Illustration 18 : Ramassage de sargasses en juin 2017 à la Pointe Faula (©rci.fm)



Illustration 19 : Ramassage des sargasses à la Pointe Faula en février 2015 (©France-Antilles.com).

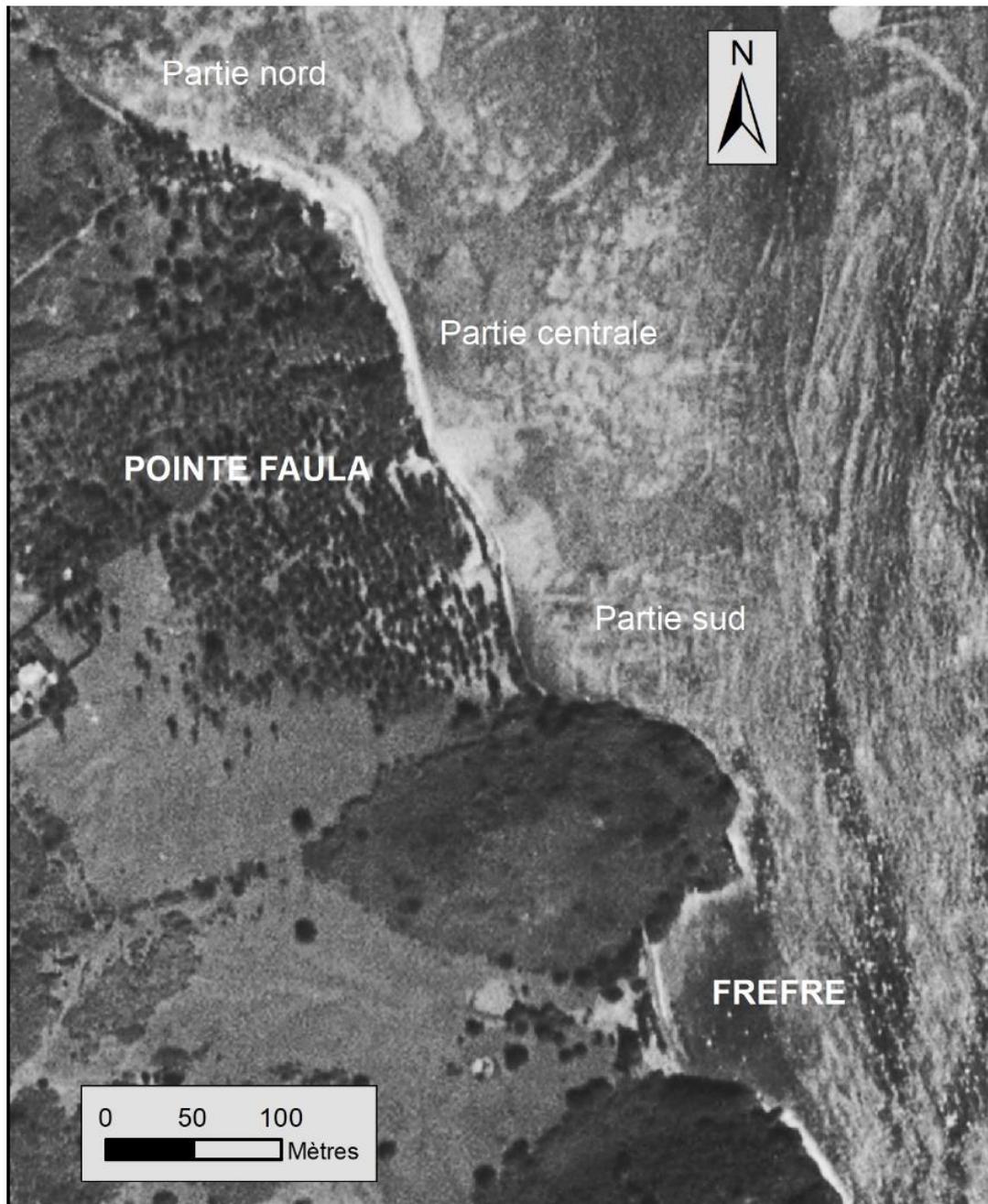
3.3. MOBILITÉ DU TRAIT DE CÔTE ET DU PROFIL DE PLAGE

3.3.1. Évolution multi-décennale du trait de côte (indicateur : limite de végétation)

Plage de la Pointe Faula

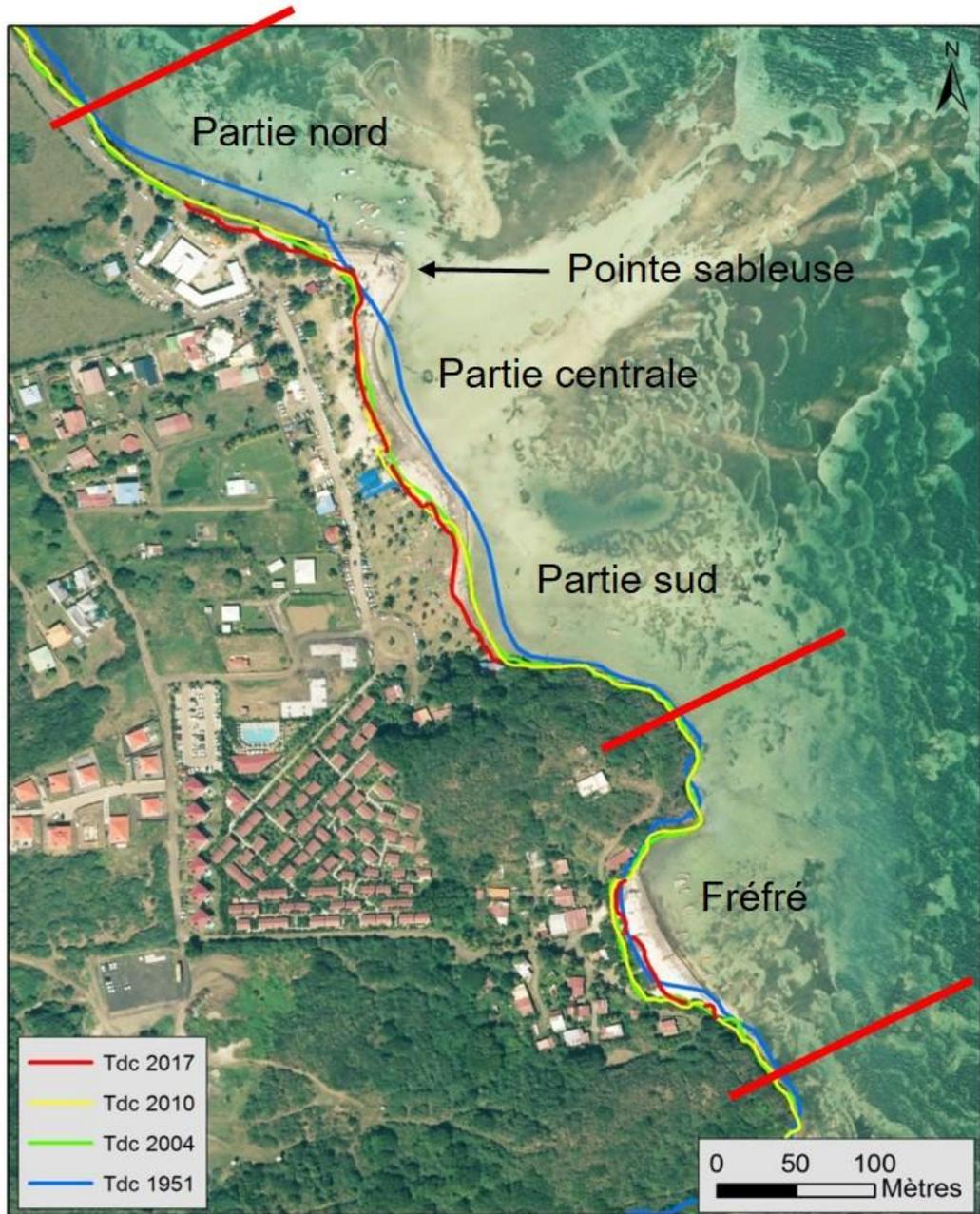
Sur la plage de la Pointe Faula, l'analyse des positions successives de la limite de végétation met en évidence un recul chronique de la plage depuis 1951 (cf. Illustration 21). Le recul entre 1951 et 2004 est de l'ordre de 15 m sur la partie nord du site et de l'ordre de 25 m sur la partie sud. Si la position du trait de côte semble se stabiliser entre 2004 et 2010, une évolution non négligeable est constatée entre 2010 et 2017. Seule la pointe sableuse conserve une position relativement stable dans le temps.

On constate par ailleurs, une évolution du couvert végétal avec une disparition de la forêt littorale qui s'étendait jusqu'à 150 m à l'intérieur des terres en 1951 à la Pointe Faula et qui n'existe plus en 2010 (cf. Illustration 20). Seuls quelques arbres isolés subsistent et une couverture herbacée.



Source : IGN BD Ortho 1951

Illustration 20 : Occupation du sol à Pointe faula et Fréfre en 1951



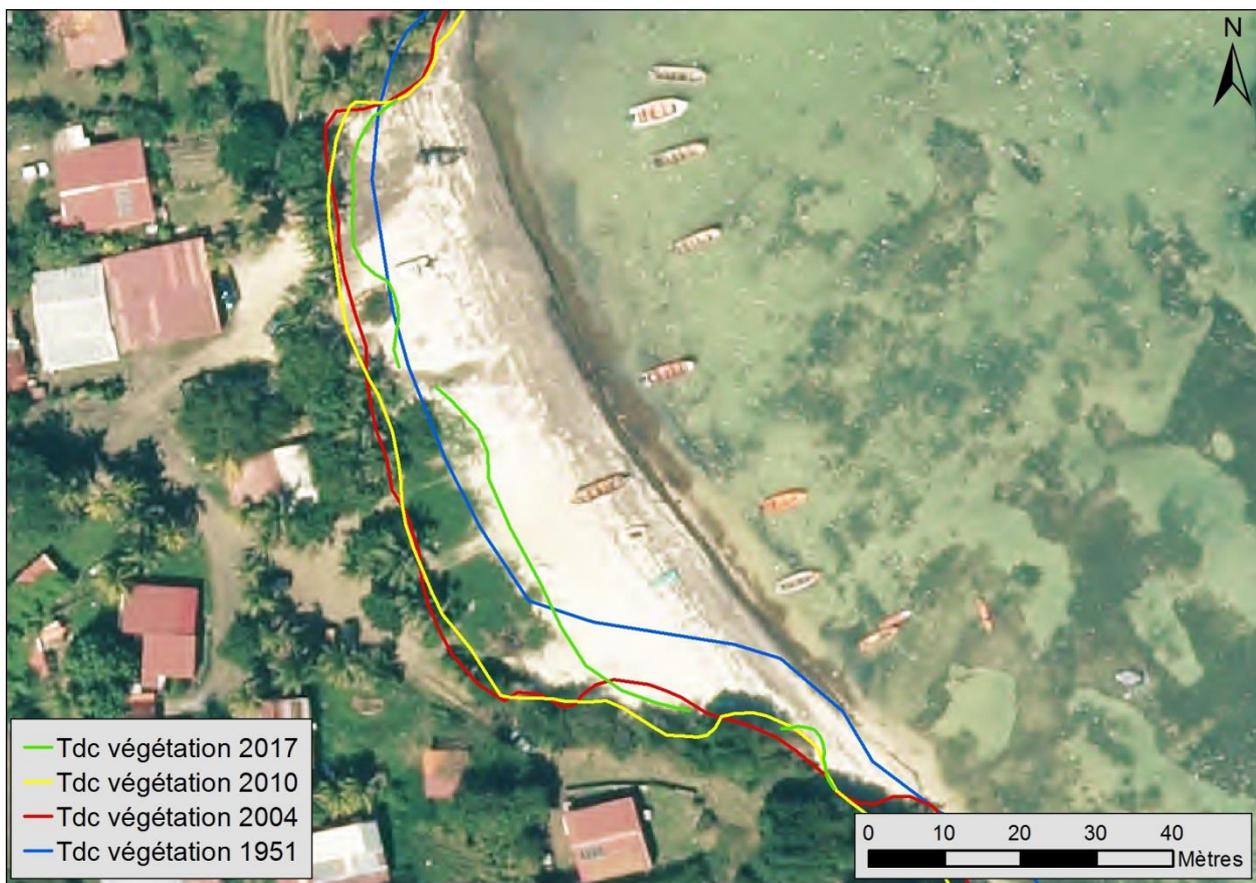
Source : IGN BD Ortho 2017

Illustration 21 : Position du trait de côte (limite de la végétation) de 1951 à 2017.

Anse Fréfré

Sur l'Anse Fréfré, la relative stabilité du trait de côte entre 1951 et 2004 contraste avec son avancée marquée entre 2004 et 2017 de 10 à 15 m.

L'illustration 22 montre l'évolution de la limite de végétation en 1951, 2004, 2010 et 2017. La position de la limite de végétation est restée relativement stable entre 2004 et 2010 mais a significativement avancé entre 2010 et 2017. Précisons que la végétation arborée est restée stable mais la végétation herbacée s'est étendue.



Source : BD Ortho 2017

Illustration 22 : Evolution historique du trait de côte de limite de végétation entre 1951 et 2017 sur la plage Chez Fréfré

3.3.2. Évolution récente du trait de côte (2010-2017)

Sur la période récente (2010-2017), les évolutions mettent en évidence une très forte variabilité de la largeur de plage, avec une forte mobilité de la limite « jet de rive » et « limite de végétation » (cf. Illustration 23 et Illustration 24). Cependant, il faut garder en tête que la variabilité naturelle de la limite de « jet de rive » peut être importante surtout dans des contextes de faible pente comme celui-ci. Ainsi, pour ce type de contexte, le marnage de 80 cm attendu au Vauclin entraîne

un déplacement de plusieurs mètres à quelques dizaines de mètres de la position du « jet de rive ».



Illustration 23 : Evolution du trait de côte par rapport au jet de rive de 2010 (reporté en rouge)
(en haut : secteur nord, en bas : secteur sud) – Images satellitaires Google Earth

Ainsi, au nord de la Pointe, on constate un recul marqué (autant du jet de rive que de la limite de végétation) entre 2013 et 2017 associé à une avancée progressive de la Pointe vers la mer. Ce recul apparaît essentiellement après 2013 alors que la Pointe avait déjà commencé son avancée depuis 2004. Plus précisément, une encoche d'érosion apparaît au nord de la Pointe à partir de septembre 2015 (cf. Illustration 24). Entre 2010 et 2013, on observe plutôt une légère avancée du jet de rive sur la partie nord.

Au sud de la Pointe, on note une avancée importante du jet de rive de la partie centrale et un léger recul à l'extrémité sud du site depuis 2010. Par contre, la limite de végétation est en fort recul entre 2013 et 2017 (cf. Illustration 23) ; on observe effectivement un clairsemage du couvert depuis 2014 avec la disparition de la végétation rase et également la disparition de plusieurs arbres (cf. Illustration 24). A noter que la disparition de la végétation rase est constatée sur le secteur où les sargasses étaient temporairement stockées lors du ramassage (en témoignent les banquettes de sargasses de la photo du 18/09/2015).



*Illustration 24 : Images satellitaires GoogleEarth mettant en évidence l'évolution récente dans le secteur nord du site.
Cercle jaune : Zone de stockage des sargasses le 18/09/2015 et encoche d'érosion le 08/02/2017*

Chez Fréfré

L'illustration 22 montre une avancée significative de la végétation herbacée entre 2010 et 2017.

D'après l'illustration 25, on observe plus précisément qu'entre 2003 et 2014, le jet de rive conserve une position relativement stable. En revanche, en septembre 2015, une accumulation massive de matériaux, de teinte brune (probablement algues et sargasses), est observée entre la limite de végétation et la position actuelle du jet de rive. Sur la photographie de février 2017, cette zone d'accumulation apparaît comme une étendue sableuse, de teinte claire.



Illustration 25 : Evolution de la plage de Chez Fréfré d'après l'observation des images satellites de Google Earth entre 2003 et 2017

3.3.3. Évolution topo-bathymétrique récente

Pour compléter les mesures de l'Université des Antilles faites sur le site en juillet-août 2016, des profils topo-bathymétriques ont été réalisés par le BRGM en juillet 2017 puis en janvier 2018. Ces profils sont représentés sur l'illustration 26.



Illustration 26 : Profils topo-bathymétriques – Campagne UAG (2016), BRGM (2017), BRGM (2018)

Suivre les variations verticales de la plage et de l'avant-plage permet de comprendre l'évolution morphologique de la plage. Les illustrations 27 et 28 comparent les profils de plage depuis 2010.

L'interprétation de ces graphiques est à rapporter à l'incertitude de ces campagnes de mesures. Celle de 2010, issu du levé ©Litto3D de l'IGN est associée à une incertitude altimétrique de 30 cm. Celle de 2017, issu d'un levé au DGPS du BRGM, est associée à une incertitude altimétrique de 10 cm. Il est donc difficile de mettre en évidence des évolutions inférieures à 40 cm.

Sur l'ensemble des profils, on note un abaissement de 50 cm environ de la plage émergée qui reste à moduler avec l'incertitude du Litto3D.

Pointe Faula

L'évolution des profils topo-bathymétriques depuis 2010 est cohérent avec la mobilité du trait de côte constatée entre 2010 et 2017 (et décrits dans le § 3.3.2).

En effet, dans la partie nord de la plage (cf. profil Faula P1 sur l'illustration 27), un abaissement significatif (jusqu'à 1,5 m) de l'intégralité du profil de plage (depuis le haut de plage jusqu'à la partie immergée) est constaté. Cet abaissement entraîne le recul de la ligne de rivage de l'ordre de 10 m constaté par ailleurs.

Dans la partie centrale, l'évolution 2010-2018 est beaucoup plus modérée (cf. profil P2 de l'illustration 27) : un abaissement de l'ordre de 50 cm de la plage aérienne est constaté alors que la plage immergée reste stable (de l'ordre de 10 cm, soit dans l'intervalle d'erreur de la mesure).

Enfin, au sud de la plage (cf. P3 de l'illustration 27), l'abaissement du profil aérien est de l'ordre de 50 cm et explique le recul du trait de côte (jet de rive) de l'ordre de 5 m constaté à cet endroit. La partie marine du profil présente un abaissement modéré non significatif.

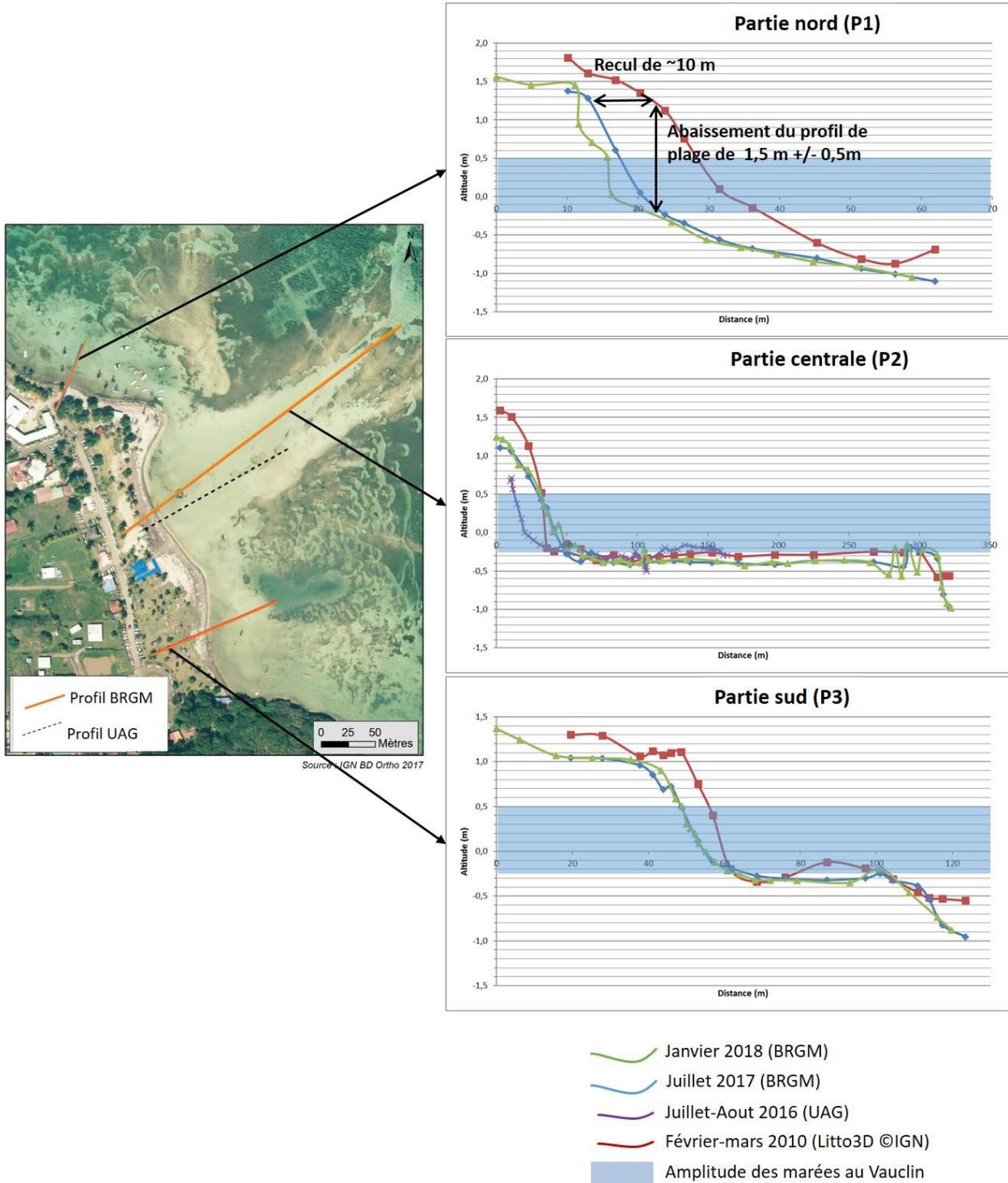


Illustration 27 : Evolution topo-bathymétrique des profils de plage de la Pointe Faula depuis 2010. En bleu est représentée l'amplitude de la marée qui oscille entre - 0.25 et + 0.56 m NGM sur le Vauclin

Chez Fréfré

Sur la plage Chez Fréfré située plus au sud, on note une variation importante du profil de la plage depuis 2010 (cf. Illustration 28). Le haut de plage présente un abaissement marqué (> 1 m) alors que le bas de plage présente une élévation significative (> 1 m) qui entraîne une avancée de la limite du jet de rive de l'ordre de 25 m. Le volume érodé en haut de plage semble inférieur à celui accumulé en bas de plage suggérant des apports considérables en provenance de l'avant-côte.

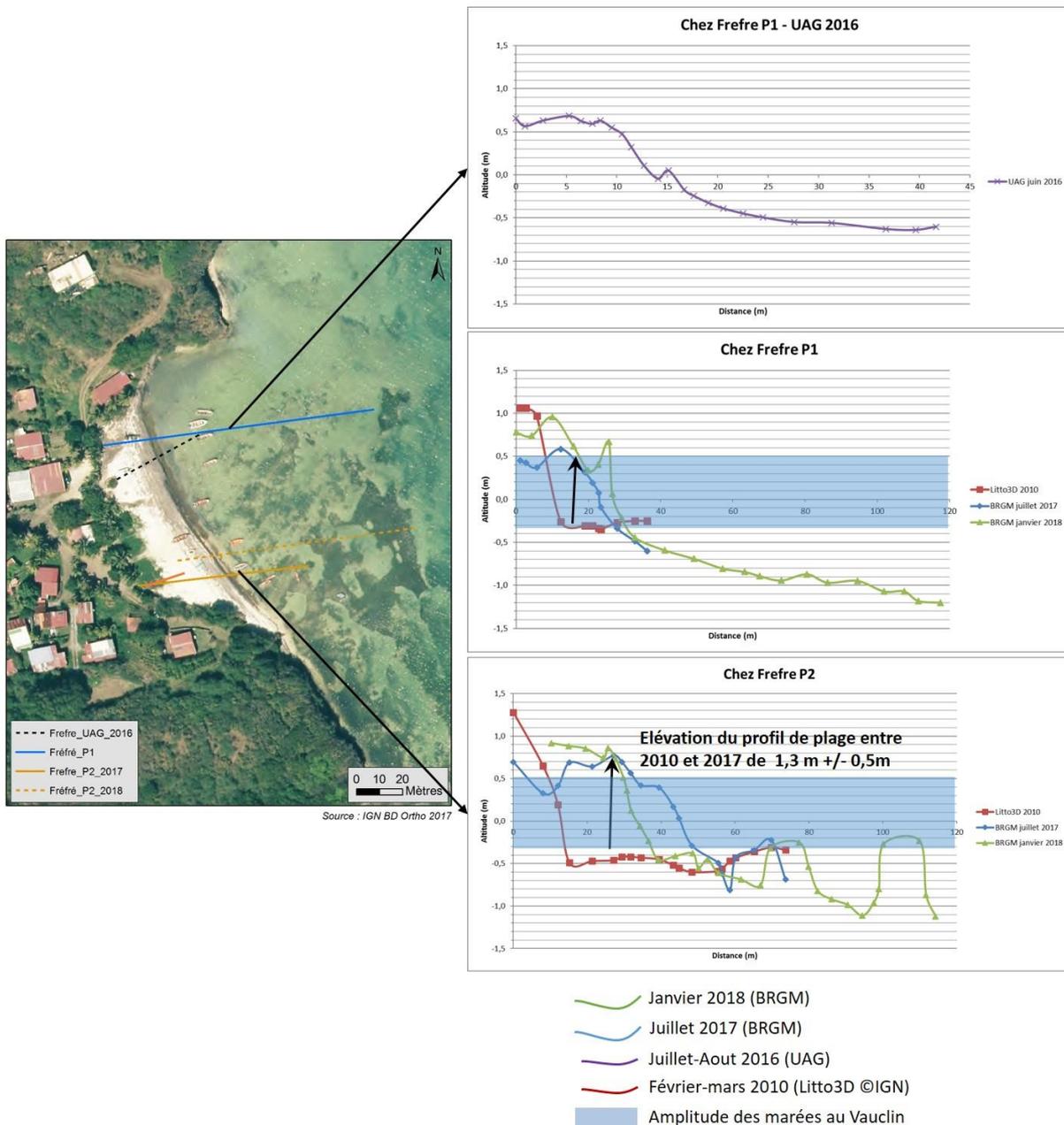


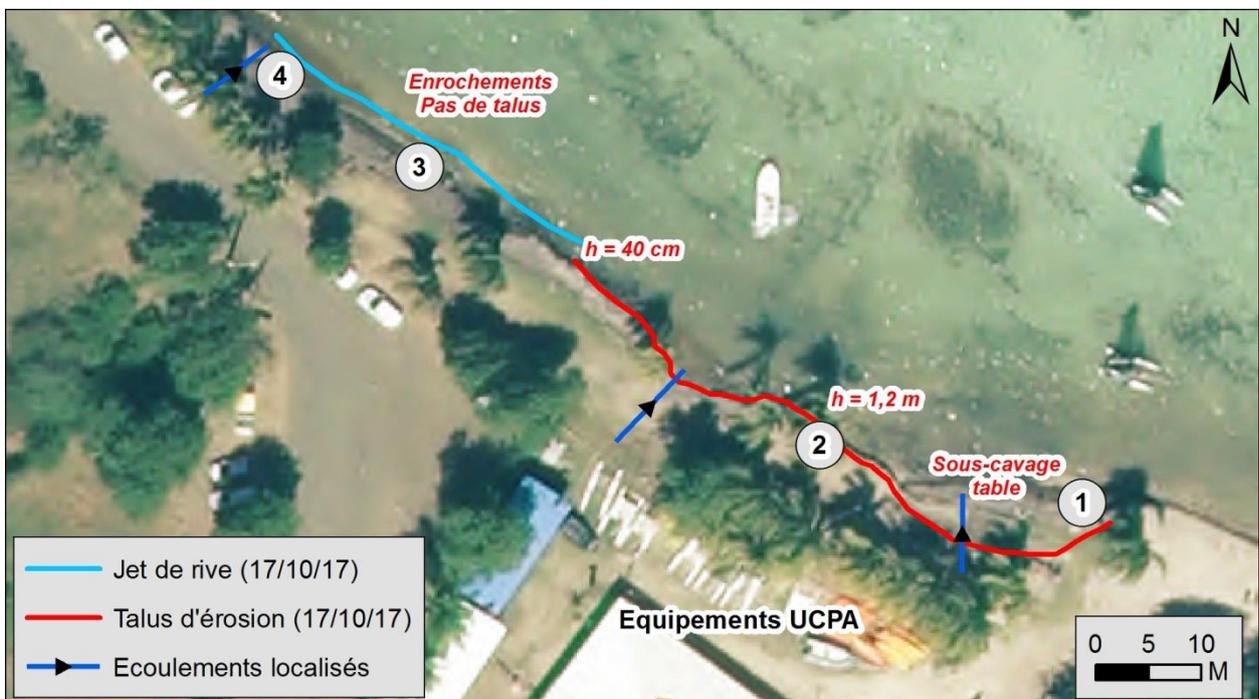
Illustration 28 : Evolution topo-bathymétrique des profils de plage Chez depuis 2010. En bleu est représentée l'amplitude de la marée qui oscille entre - 0.25 et + 0.56 m NGM sur le Vauclin

3.4. OBSERVATIONS LORS DE LA MISSION D'EXPERTISE DU 17 OCTOBRE 2017

La mission d'expertise sur site a eu lieu le mardi 17 Octobre 2017 peu après la marée haute du matin (niveau 30 cm au-dessus du niveau moyen des mers). Elle a permis de constater plusieurs phénomènes tels que l'érosion prononcée au nord du site et l'érosion par ruissellement liée aux fortes pluies.

3.4.1. Erosion de la partie nord du site

Un talus subvertical, d'une hauteur variable, allant de 40 cm à 1,2 m, est observé sur une longueur d'environ 60 m, devant les bâtiments et équipements sportifs de l'UCPA (Illustration 29). La distance minimale entre le talus et le grillage du centre nautique est d'environ 7 m. Une dalle béton, à l'endroit où est installée une table de pique-nique, est largement sous-cavée.



Source : IGN BD Ortho 2017

Illustration 29 : Carte de synthèse des observations du 17/10/2017 devant le site de l'UCPA

Les formations affleurantes sont des dépôts sédimentaires stratifiés relativement récents argilisés et consolidés, avec des blocs et galets éparses anguleux et volcaniques (Illustration 30). Le talus est surmonté d'une banquette d'algues de 20 cm d'épaisseur.



Illustration 30 : Affleurement mis à nu par l'érosion

L'érosion laisse affleurer localement le beachrock³ en pied de talus.

D'après les témoignages recueillis sur le site, cette érosion a commencé il y a environ quatre mois, après le ramassage des sargasses et n'est pas liée aux cyclones récents Irma et Maria. Le déferlement des vagues ce jour-là indique clairement une réfraction de la houle qui atteint la côte obliquement et génère une dérive littorale vers le sud-est en direction de la pointe.

La zone enrochée depuis 2002 au nord de la plage (cf. Illustration 29) n'est pas affectée par l'érosion.

³ *Un grès de plage (en anglais beachrock) est une roche sédimentaire qui se forme dans la zone littorale, par cimentation rapide du sable ou des débris coquillers ou coralliens sur une plage, parallèlement au rivage, au niveau de la zone de déferlement des vagues ou de balancement des marées. Ce sédiment de plage consolidé, en dalles plus ou moins épaisses, se rencontre fréquemment dans les mers coralliennes.*



Illustration 31 : Photographies de la partie nord du site de la Pointe Faula et de la zone sujette à l'érosion devant l'UCPA. Les numéros correspondent à ceux de la carte au-dessus pour la localisation.

3.4.2. Fort ravinement

L'ensemble du site de la Pointe Faula est concerné par temps pluvieux par des ruissellements importants entraînant un fort ravinement comme il a été constaté lors de la visite de terrain du 17/10/2017 et comme le montrent l'illustration 32 et l'illustration 33. Ce ravinement participe à la modification morphologique de la plage et à son érosion.

La pointe sableuse a été en grande partie érodée par le ruissellement qui entraîne par ailleurs un important transfert de sable de la plage vers l'avant-côte (Illustration 31). Le chemin parallèle à la plage a par ailleurs été récemment remplacé par une route à enrobés. Le ravinement de la plage émergée s'effectue sur la quasi-totalité du site avec une incision de la plage pouvant atteindre plus de 30 cm de haut.



Illustration 32 : Ravinement intense de l'arrière plage, tout le long de la plage



Illustration 33 : Photographie à la pointe sableuse du site montrant le ravinement par ruissellement sur la plage émergée.

3.5. RÉSULTATS DE L'EXPERTISE

3.5.1. Schéma de fonctionnement de la plage de Pointe Faula

L'analyse des conditions hydrodynamiques au large de la Pointe Faula et des évolutions morphologiques passées permet de dresser un schéma du fonctionnement de ce site (cf. Illustration 34).

Les facteurs d'évolution de la plage sont d'une part la houle et sa déformation à proximité de la côte et d'autre part, les effets du vent, notamment les alizés. En raison de la morphologie de l'avant-côte, la houle pénètre dans le secteur face à l'UCPA et s'oriente par réfraction vers le sud à proximité de la pointe Faula générant une dérive littorale orientée vers l'ESE sur la partie nord.

La partie centrale du site ayant des profondeurs d'eau très faibles est très peu affectée par le déferlement et la circulation liée aux vagues. En revanche, l'effet du vent en surface est non négligeable en raison de ce faible tirant d'eau ; il peut générer un courant susceptible de transporter le sédiment proche du littoral. A l'extrémité sud, selon l'orientation de la houle et du vent, on observe une circulation de la dérive littorale localement et ponctuellement orientée vers le nord.

Enfin, lors des fortes pluies, le ruissellement de surface est important et orienté perpendiculairement à la côte. La vitesse des écoulements diminue assez rapidement en mer mais le courant reste néanmoins suffisant pour éroder le sédiment présent et former un « delta d'embouchure » qui peut localement s'étendre sur plusieurs dizaines de mètres.

En résumé, ces facteurs d'évolution que sont les vagues et le vent vont générer un transport sédimentaire résiduel sur le littoral qui est globalement orienté vers l'ESE au nord de la pointe et vers le nord au sud de la pointe (cf. Illustration 35). A ce transport marin s'ajoute un transport transverse (ou cross-shore, soit perpendiculaire à la côte) plus événementiel lié à la présence de chenaux de ruissellement qui jouent un rôle important sur les évolutions à court-terme lors des fortes précipitations même si l'influence à long-terme sur la dynamique du site reste à étudier.



Illustration 34 : Schéma de fonctionnement de l'hydrodynamique liée aux vagues, au vent et au ruissellement sur le site de la Pointe Faula.



Illustration 35 : Schéma de fonctionnement du transport sédimentaire ur le site de la Pointe Faula.

3.5.2. Diagnostic d'accrétion Chez Frégré

L'avancée rapide du trait de côte entre 2015 et 2017 (10-15 m) est très probablement expliquée par l'échouage massif de sargasses, non ramassées sur cette plage. Plus qu'un rôle protecteur vis-à-vis de l'érosion de la plage, ce couvert végétal a conduit à une avancée du trait de côte. Ces algues ont vraisemblablement retenu/figé le sable apporté par la houle.

3.5.3. Diagnostic d'érosion sur la Pointe Faula

Au nord de la Pointe

La disparition de la forêt littorale au détriment d'un sol nu, participe à expliquer le recul chronique du trait de côte depuis 1951.

A plus court terme, la problématique d'érosion de la plage de la Pointe Faula et notamment de la partie nord, est liée au déficit chronique en sédiment lié à la présence d'enrochements installés au début des années 2000. En effet, le stock sableux est extrêmement faible car il n'y a pas de réalimentation depuis le nord (présence de falaise à la limite nord de la cellule hydrosédimentaire) et que les enrochements et la côte rocheuse induisent des phénomènes de réflexion qui favorisent le départ de sable. Ce stock sédimentaire est par ailleurs fortement remanié lors des fortes pluies en l'absence d'un système de gestion des eaux de ruissellement (cf. Illustration 36).

Face à ce déficit, la dérive littorale prélève en conséquence le stock sédimentaire au droit des installations de l'UCPA et les transporte vers l'extrémité de la Pointe. Bien qu'un bilan

sédimentaire ne soit pas disponible sur ce site, les volumes stockés à la Pointe semblent être du même ordre de grandeur que les volumes érodés devant l'UCPA.



Illustration 36 : Facteur anthropique accentuant l'érosion sur la partie nord de la Pointe Faula

Au sud de la Pointe

Deux facteurs peuvent expliquer l'abaissement du haut de plage constaté sur l'ensemble du site (50 cm) :

- l'absence de gestion des écoulements lors des fortes pluies qui implique un transfert sableux non négligeable de la plage émergée vers l'avant-côte ;
- le ramassage mécanisé des sargasses qui entraîne avec les algues une quantité non-négligeable de sable.

L'érosion de la partie centrale est probablement accentué par le piétinement des herbiers en mer et de la végétation sur le haut de plage, par les usagers qui sont concentrés sur cette partie de

la plage. La disparition de la végétation a très probablement été aggravé par le stockage massif des sargasses avant leur évacuation.

3.6. RECOMMANDATIONS

3.6.1. Rappel des objectifs de gestion

La plage de la Pointe Faula connaît une évolution naturelle pluri-décennale marquée par un recul progressif du trait de côte. Au nord de la Pointe, on note ainsi un recul de la limite de végétation de 20 m entre 1951 et 2017, soit 30 cm/an en moyenne et de l'ordre de 25 m depuis 1951 au sud de la Pointe. D'autres secteurs, comme la Pointe, présente une avancée.

L'évolution décennale est plus limitée. La limite du jet de rive présente même une relative stabilité depuis 2004, la majeure partie de la plage étant même en avancée. La partie nord présente néanmoins un recul qui menace des enjeux. Les enjeux menacés sont les canalisations d'évacuation des eaux usées et les installations de la base UCPA, sur un linéaire de côte de 60 m.

3.6.2. Recommandations de gestion sur la plage de la Pointe Faula

Bien que le recul du trait de côte (limite de végétation) soit significatif (25 m en 66 ans), la limite du jet de rive, et en conséquence la largeur de la plage, sont quasi-stables avec des alternances d'avancées et de reculs. La problématique d'érosion reste donc relativement limitée sur ce site. On note toutefois un abaissement de la plage et une diminution progressive du stock sédimentaire.

Seule l'extrémité nord de la cellule présente un front d'érosion marqué susceptible d'impacter les activités situées en arrière. Toute intervention de gestion sur ce secteur doit privilégier la restauration d'un transit littoral naturel, de manière à ne pas reporter l'érosion sur la côte adjacente. Parmi les solutions techniques existantes (fixation, ré-ensablement, atténuation), les préconisations suivantes peuvent être formulées :

- La fixation du secteur érodé par un enrochement ou autre type d'ouvrage rigide (géotextile) est à éviter. En effet, ce type de solution technique entraîne généralement une bonne protection locale mais également des effets induits néfastes : abaissement du profil au droit de l'ouvrage et report de l'érosion sur la zone adjacente ;
- Etant donné les stocks sédimentaires en jeu (de l'ordre de 1000 m³), un ré-ensablement de la zone la plus touchée semble le plus pertinent. Ce ré-ensablement peut s'effectuer par un système de by-pass (prélèvement en aval-transit pour déposer en amont-transit) depuis la pointe, ou provenir d'une autre source en sable à définir. Le sédiment utilisé doit avoir des caractéristiques proches de celles du sable natif.

Préserver la végétation de haut de plage est le meilleur moyen pour stabiliser le stock sédimentaire à moyen et long terme. Pour ce faire, certaines pratiques doivent être mieux encadrées et notamment celles liées aux ramassages des sargasses (ramassage manuelle à privilégier, stockages intermédiaires à prévoir hors zone végétalisée). La fréquentation du site mérite également d'être encadrée avec la création d'accès de plage adaptés pour éviter le piétinement du haut de plage par les usagers.

Au-delà de préserver la végétation existante, il est recommandé de réinstaurer, sur la plage, une végétalisation psammophile⁴ avec un ensemble étagé d'espèce à base d'essences adaptées : patate, pois et herbe bord de mer ; raisinier bord de mer ; olivier bord de mer ; poirier pays..., à l'image des enclos de végétalisation que met en place l'ONF sur différents sites (Exemple sur les plages des Salines et de l'Anse Michel).

En parallèle, un système de collecte des eaux en provenance de l'ensemble du bassin versant amont doit être mis en place pour limiter le fort dégraissage de la plage en période de fortes pluies.

3.6.3. Recommandations de gestion Chez Fréfré

Cette anse n'est pas en érosion. A l'inverse, cette anse est un site préservé de toute intervention anthropique permettant de confirmer l'effet protecteur des algues à des échéances annuelles. A ce titre, il mérite d'être préservé voire mis en valeur comme site de référence/étalon de mesure dans le suivi de l'évolution du trait de côte en Martinique.

⁴ relatif aux espèces se développant préférentiellement sur des substrats sableux

4. Efficience du dispositif atténuateur de houle installé sur la plage de l'Anse Figuiier : diagnostic et recommandations

4.1. CONTEXTE

4.1.1. Cellule sédimentaire concernée

L'objet de l'étude concerne la cellule sédimentaire de l'Anse Figuiier isolée du reste de la côte par deux promontoires rocheux (cf. Illustration 37).



Illustration 37 : Cellule et fonctionnement hydro-sédimentaire de l'Anse Figuiier
(source modifiée : rapport RP-64499-FR)

4.1.2. Contexte géologique

La plage est située à l'embouchure d'une dépression alluvionnaire (cf. Illustration 38) ayant incisé les formations andésitiques de la chaîne volcanique sous-marine du Vauclin-Pitault constituant les reliefs de part et d'autres. Cette incision se prolonge en mer.

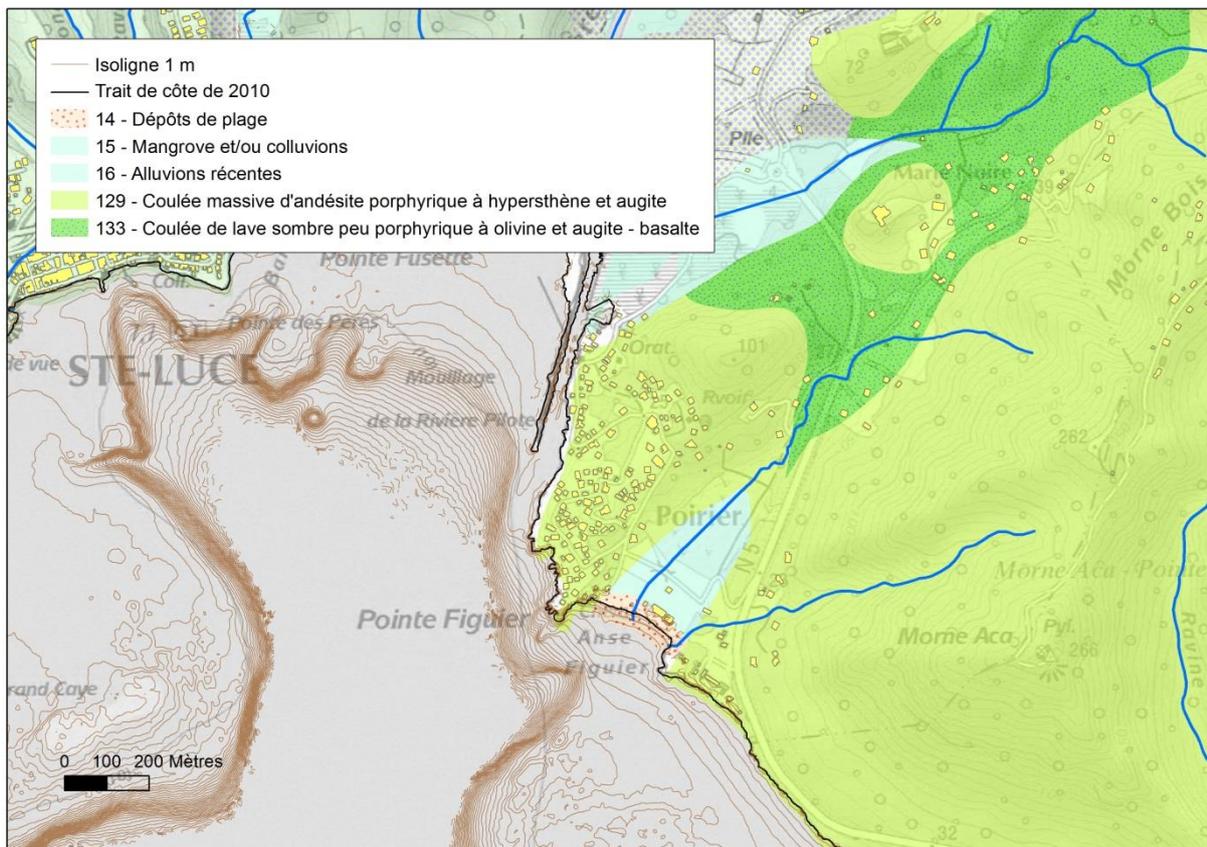


Illustration 38 : Contexte géologique de la plage d'Anse Figuier d'après la carte géologique au 1/50 000 de la Martinique (Westercamp, 1990)

4.1.3. Contexte géomorphologique

Comme le montre l'illustration 39, l'avant-côte de l'Anse Figuier est caractérisée par une vallée incisée très proche de la côte (rupture de pente à environ 150 m du trait de côte). Paradoxalement, cette incision ne se poursuit pas à proximité du littoral qui présente plutôt un relief au milieu du site, le séparant en deux baies. Ainsi, au centre de la baie, le proche avant-côte présente une pente très faible (3%) qui augmente fortement à 120 m du rivage tandis que dans la partie est de la baie, la pente reste faible (3%) jusqu'à plus de 500 m du rivage.

Ce relief sous-marin au milieu de la baie ne semble pas influencer la forme du trait de côte qui est quasi-rectiligne sur la totalité du site.

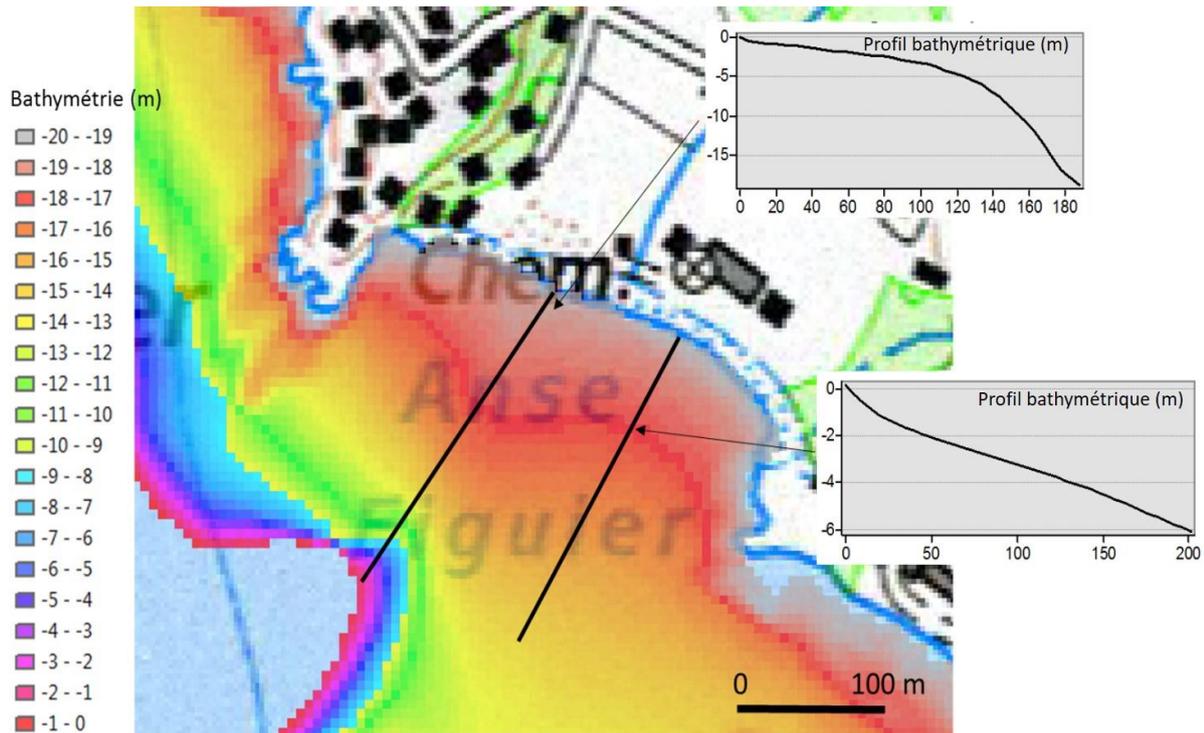


Illustration 39 : Bathymétrie Litto3D© face à la plage de l'Anse Figuiet

4.2. PRÉSENTATION DE L'ATTÉNUATEUR DE HOULE INSTALLÉ EN 2011

La plage de l'Anse Figuiet est la seule plage de Martinique qui dispose d'un système d'atténuateur de houle.

Information rapportée par la mairie

Une réunion a été programmée entre le BRGM et la mairie de Rivière-Pilote le mercredi 18 juillet 2017 pour obtenir des éléments sur la gestion communale de cette plage et mener à bien l'expertise.

D'après la mairie, l'installation de l'atténuateur de houle en 2011 a été conçu au départ pour lutter contre l'affleurement des platiers dans la partie immergée orientale de la plage. L'ouvrage ainsi qu'un rechargement de sable de 5 500 m³ ont été réalisés en 2011.

La mairie de Rivière-Pilote considère ce dispositif efficace puisqu'avant son installation, le platier affleurerait en permanence alors qu'à présent, il n'affleure que lors des fortes houles cycloniques. Au bout de quelques jours après la houle cyclonique, le rechargement naturel en sable recouvre à nouveau les rochers. Une bonne résilience de cette zone immergée de plage est constatée par la mairie. Aucun rechargement n'est entrepris.

Description du dispositif installé d'après le constructeur (INGEFRA, 2011)

Deux ouvrages en géotextile (©stabiilage) ont été immergés parallèlement au trait de côte, sur une centaine de mètres de linéaire chacun et d'une hauteur respective de 1 et 2 m (INGEFRA, 2011 et Illustration 40). Ces deux ouvrages n'ont pas la même fonction. Celui situé à l'ouest de la plage est un « atténuateur de houle »⁵ dont la fonction est de « traiter la cause de l'érosion : les attaques frontales de la houle » (INGEFRA, 2011) et l'autre, situé à l'est, a une fonction de butée de pied, soit de retenir les apports externes de sable prévus dans le cadre du projet (cf. Illustration 40 et Illustration 41).

En complément, un rechargement en sable de 9000 m³ était programmé sur la partie Est de l'anse (entre la butée de pied et la plage émergée) dans l'objectif qu'il se répartisse sur l'ensemble de la plage grâce à l'action des vagues (INGEFRA, 2011). Sur les 9000 m³ préconisés, 5500 m³ ont effectivement été mis en place en 2011 (information confirmée par l'entreprise elle-même et par la mairie). Le sable importé, décrit par Impact Mer comme « un sable blanc fin et compact (importé) », viendrait d'une extraction marine en Guadeloupe (carrière sous-marine de Petit Havre⁶).

A l'époque, les travaux sont justifiés par l'existence d'un « déferlement important sur la plage qui provoque l'export du matériel vers le large ». Le rapport INGEFRA de Juillet 2011 mentionne une dérive littorale d'Est en Ouest.



*Illustration 40 : Schéma de l'aménagement qui avait été projeté (rapport INGEFRA, Juillet 2011).
En bleu, l'« atténuateur » ; en blanc, la « butée de pied ».*

⁵ Au contact de l'atténuateur de houle, les trains de houle ralentissent et se déforment

⁶ Information confirmée par la Station Antillaise de Granulats lors d'une réunion réalisée avec la mairie de Saint-Anne

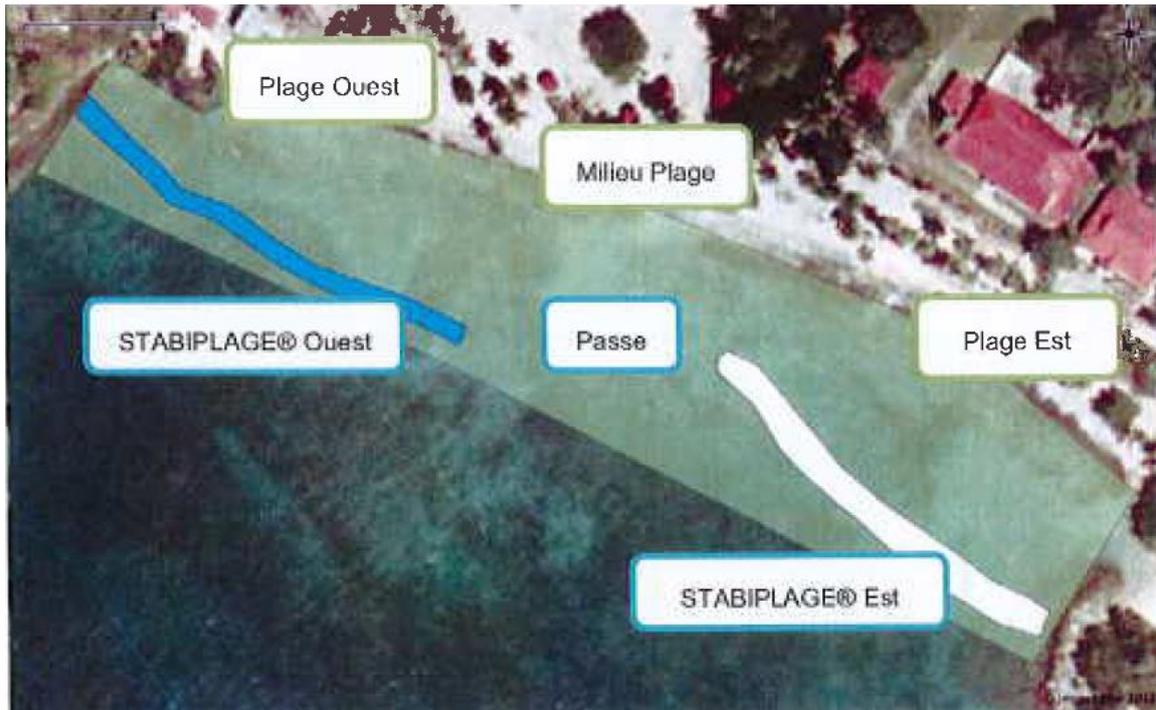


Illustration 41 : Schéma de localisation des ouvrages ©Stabiplage d'après les observations visuelles d'Impact Mer en Aout 2012.

Autres informations sur le dispositif

La DEAL avait souligné en 2011 que l'approche du constructeur était empirique puisqu'aucune étude (dynamique sédimentaire, hydrodynamique ..) n'avait été réalisée avant les travaux. La DEAL conclue que « *l'approche n'est pas de ce fait systématiquement infondée ni rejetée mais [qu'] elle ne peut en aucun cas permettre aux services instructeurs de se positionner dans leurs missions respectives pour émettre un avis, mesurer le réel impact du chantier sur le milieu ni accompagner les mesures compensatoires à envisager* ».

Aucun PV de réception de travaux ni compte-rendu sur leur réalisation n'a pu être consulté. La mission d'observation des biocénoses réalisée par Impact Mer en août 2012, avant et après le passage de la tempête ISAAC (22 août 2012) est le seul document qui décrit l'aménagement et ses effets. Plusieurs dysfonctionnements y sont décrits :

- En partie ouest, l'accentuation de marqueur d'érosion (escarpement et affleurement de substratum) déjà présent en octobre 2011 et juillet 2012. Impact Mer (2012) précise que l'escarpement qui concerne du sable importé, se situe au niveau d'une zone de ruissellement des eaux ;
- La mise à nu d'un substratum rocheux au milieu de la plage ;
- En partie est, la génération d'un l'escarpement de 40 à 70 cm qui était déjà présent sur le haut de plage en octobre 2011 mais qui avait disparu au profit d'un profil de plage en juillet 2012 ;
- Localement, l'affaissement et le déplacement de l'ouvrage Ouest (atténuateur) et l'affouillement, côté plage, de la structure Est ;
- La passe entre les deux ouvrages constitue une zone de transit sédimentaire qui a entraîné l'ensablement des herbiers derrière les ouvrages ;
- Des signes d'eutrophisation constatés en 2011 entre l'atténuateur et la plage sur la partie Ouest.

4.3. MOBILITÉ DU TRAIT DE CÔTE ET DU PROFIL DE PLAGE

4.3.1. Évolution multi-décennale du trait de côte (indicateur : limite de végétation)

La limite de végétation a reculé en moyenne de 17 m depuis 1951 (cf. Illustration 42 haut). La position depuis 2010 semble stable, voir localement en avancée sur la partie ouest (cf. Illustration 42 bas).

On constate par ailleurs, une évolution du couvert végétal avec une disparition de la forêt littorale qui s'étendait jusqu'à 60 m à l'intérieur des terres en 1951 et qui n'existe plus en 2010. Des cocotiers ont été plantés sur le haut de plage, sans végétation rase.



Source : IGN BD Ortho 1951



Source : BD Ortho 2017

Illustration 42 : Evolution de la position de la limite de végétation à l'Anse Figuiier entre 1951 et 2017

4.3.2. Évolution récente du trait de côte

La position du jet de rive évolue peu entre 2004 et 2017 (cf. Illustration 43). On note un recul d'environ 2 m entre 2004 et 2010, suivi d'une faible avancée jusqu'en 2013, puis jusqu'en 2017. La limite de jet de rive en 2017 présente une légère asymétrie, en recul vers l'ouest et en avancée à l'est de la plage. Ce type de basculement est typique des plages faiblement indentées⁷ très sensibles à de faibles variations de l'orientation de la houle.



Illustration 43 : Faible mobilité de la limite du jet de rive de 2004 à 2017 sur la plage de l'Anse Figuiet. En rouge, la limite de jet de rive de 2004.

4.3.3. Évolution topo-bathymétrique récente

Le levé bathymétrique réalisé par le BRGM en juillet 2017 permet de suivre l'évolution des stocks sédimentaires du site depuis 2010 en le comparant avec le levé Litto 3D de l'IGN. La comparaison topo-bathymétrique présentée sur l'illustration 44 met ainsi en évidence des secteurs en accumulation (teinte bleue) et des secteurs en érosion (teinte jaune-orange).

Il ressort une élévation moyenne de la plage émergée de l'ordre de 50 cm (incertitude du Litto3D de l'ordre de 20 à 30 cm), soit une augmentation de volume de l'ordre de 1 000 à 2 000 m³.

Dans la zone immergée, les secteurs qui apparaissent en accumulation correspondent aux ouvrages mis en place en 2011 et présentés au § 4.2. La zone immergée à l'ouest entre l'ouvrage et la plage a également connu une accumulation.

⁷ L'indentation est le ratio entre la profondeur de la plage au fond de la baie sur largeur de la baie

A l'est, la zone située entre la plage et l'ouvrage présente en revanche un abaissement altimétrique du profil de plage immergée de l'ordre de 50 cm ce qui correspond à un volume d'environ 700 m³.

Cette analyse est à moduler car elle compare l'état de la plage à deux instants donnés sans rendre compte des évolutions sédimentaires entre ces deux instants. Par ailleurs, les deux campagnes de mesures présentent des incertitudes de l'ordre de la mesure limitant la fiabilité des interprétations. Cependant, la tendance semble être représentative puisque les ouvrages apparaissent correctement.

Élévation moyenne de la plage émergée de l'ordre de 50 cm, soit ~ 1000 à 2000 m³.

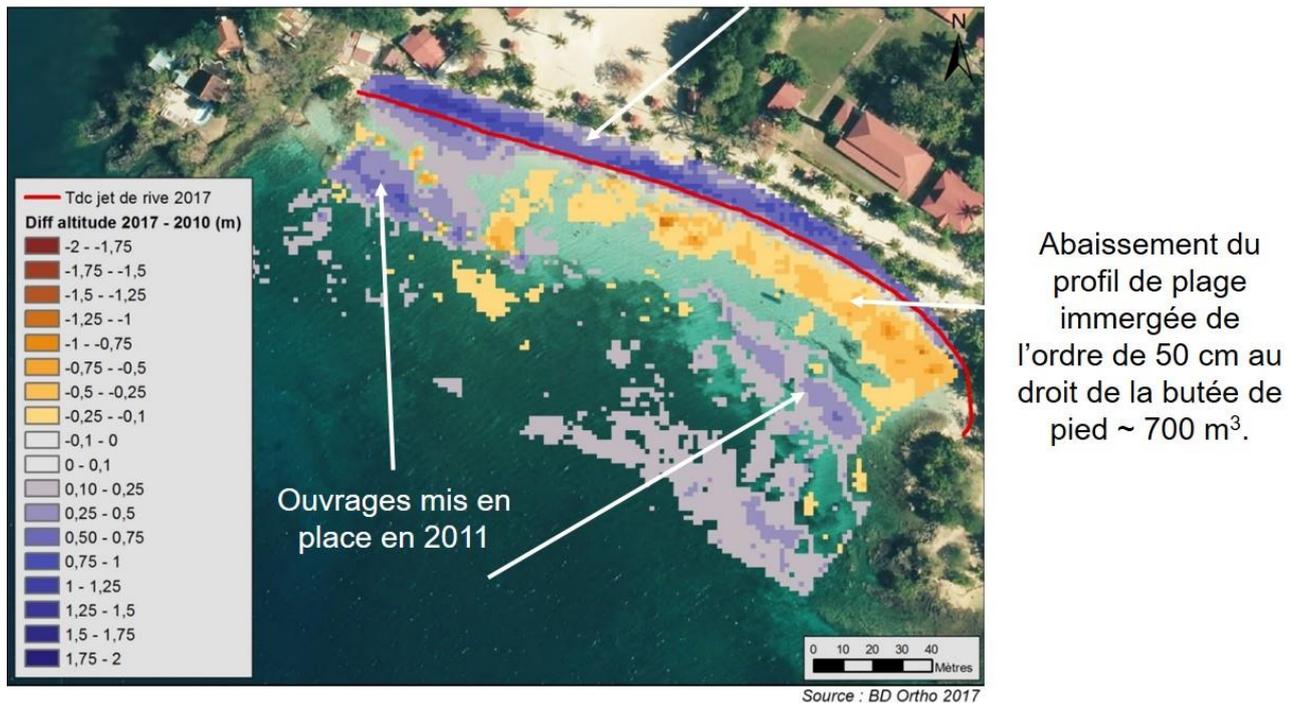


Illustration 44 : Différentiel topo-bathymétrique entre 2010 (Litto3D) et 2017 (BRGM). Les secteurs en bleu indiquent de l'accrétion, les secteurs en jaune-rouge, de l'érosion.

4.4. CONCLUSION DE L'EXPERTISE SUR LA PLAGE DE L'ANSE FIGUIER

4.4.1. Dynamique sédimentaire de la plage de l'Anse Figuier

La plage de l'Anse figuier connaît un recul du trait de côte modéré depuis de nombreuses décennies. La disparition de la forêt littorale participe sans doute à expliquer ce recul chronique depuis 1951.

Le fonctionnement en période de beau temps se caractérise par une évolution modérée et un basculement du sable vers l'est ou l'ouest selon la direction de provenance des faibles houles qui atteignent cette plage assez peu exposée. En effet, vu sa morphologie (longueur de plage supérieure à sa profondeur), la plage est fortement sensible à de faibles variations de l'orientation de la houle.

Depuis la mise en place de l'atténuateur en 2011, on ne note pas de modification majeure dans le fonctionnement de la plage qui poursuit son basculement naturel (voir par exemple image GoogleEarth de mars 2014) et le recul/avancée saisonniers du trait de côte.

En période de tempête, la surcote et l'action des vagues entraîne une érosion de la plage aérienne avec souvent l'apparition d'une marche d'érosion, la mise à nu du beachrock à proximité de la plage, voire le déracinement de cocotiers sur le haut de plage. La mise à nu régulière du « beachrock » fait donc partie du fonctionnement sédimentaire de cette plage sans que cela ne soit l'indice d'une érosion chronique. La reconstitution du stock sédimentaire se fait donc ensuite naturellement.

L'impact direct de la houle reste modéré comme en témoigne l'absence d'avancée du trait de côte en face du relief sous-marin au centre de la baie qui devrait pourtant concentrer l'énergie des vagues.

Des écoulements d'eau superficiel en provenance de l'arrière plage peuvent emporter par ravinement, une grande quantité de sable.

4.4.2. Conclusion sur l'efficacité de l'atténuateur de houle à Anse Figuier

L'objectif d'un atténuateur de houle est de diminuer l'énergie des vagues qui arrive à la plage (le déferlement s'effectuant sur le géotextile au large et non sur la plage). Ce dispositif est donc particulièrement adapté pour les plages où les tempêtes jouent un rôle érosif (Balouin et al., 2016). Citons l'exemple de l'atténuateur de houle implanté sur le littoral de Sète à Marseillan dont l'efficacité a été évaluée par le BRGM grâce à un suivi sur plusieurs années par vidéo numérique. L'étude conclue que le dispositif a eu « *des effets très positifs sur cette partie du littoral qui semble plus sable et beaucoup plus résilient aux tempêtes* » (Balouin et al., 2016, rapport BRGM/RP-65607-FR).

Or, l'impact des fortes houles, en dehors des événements extrêmes (type Isaac), est particulièrement limité sur la plage de l'Anse Figuier et donc, d'après l'expérience du BRGM sur d'autres sites, l'effet attendu d'un atténuateur de houle reste très limité dans le temps et probablement assez faible. Par ailleurs, les indices d'érosion (escarpement, affleurement rocheux...) mis en évidence un an après la mise en place des ouvrages, tendent à montrer que le rôle d'atténuation des fortes houles reste limité.

Concernant le bilan sédimentaire, le différentiel altimétrique entre 2010 et 2017 a mis en évidence une accumulation sur la plage émergée mais une disparition sur celle immergée principalement dans sa partie située à l'est. Le volume net accumulé sur la totalité du site est inférieur à 1000 m³. Vu le rechargement de 5 500 m³ réalisé lors des travaux (sachant que la mairie n'a pas pratiqué de rechargement depuis), 4 500 m³ aurait donc « disparus » de la cellule sédimentaire depuis l'implantation des ouvrages.

Ces sédiments « perdus » ont probablement transité vers le large par la passe (en témoigne l'ensablement des herbiers situés dans l'axe de la passe constaté en 2012) ce qui pose certaines questions quant à la résilience (reconstruction naturelle) de la plage après tempête. En effet, **il est peu probable que le sable expulsé par la passe pendant les tempêtes puisse revenir sur la plage** en raison de la présence des stabiplages, ce qui génère un double impact : la diminution du stock présent et l'ensablement/disparition des herbiers.

Aucun dispositif de suivi n'ayant été mis en place, l'appréciation de la vitesse de disparition du stock de sable n'est pas possible. Vu la configuration du dispositif, la disparition constatée ici paraît relativement définitive. Par ailleurs, aucune avancée du trait de côte n'a été constatée

depuis 2011. Cependant, la mairie affirme que le retour du sable sur la plage est plus rapide depuis l'implantation de l'ouvrage ce qui signifierait que l'ouvrage joue un rôle (pour lequel il n'a pas été conçu au départ) de rétention du sédiment et de réduction de la vitesse d'érosion du sable. Cependant, l'affaissement de l'ouvrage (hauteur < 0,5-0,75 m) a nécessairement modifié aujourd'hui l'efficacité initialement recherchée. La régularisation sédimentaire constatée aujourd'hui par la mairie est donc en partie naturelle.

En conclusion, l'évolution de la plage d'Anse Figuier, faiblement exposée la majeure partie du temps, ne semble pas résulter de la forte houle et les effets attendus d'un atténuateur restent très limités. Actuellement, et avec les observations disponibles, l'expertise du BRGM permet de conclure que le dispositif n'améliore pas la situation sédimentaire sur la plage. De plus, en fonctionnement non dégradé, deux conséquences néfastes possibles sont suspectées : l'altération des herbiers dans l'axe de la passe et la diminution du stock de sable limitant *a terme* la résilience post-tempête.

4.4.3. Enseignements et préconisations

Ce type d'ouvrage (atténuateur de houle) n'est pas à exclure systématiquement mais doit être envisagé dans certaines configurations particulières, soit les portions de plages où l'érosion est majoritairement liée à l'attaque frontale des houles et pas à la dérive littorale. Par ailleurs, son installation doit être encadrée strictement (pour ne pas entraver la reconstruction naturelle des plages après tempête par exemple) et être nécessairement accompagné d'un suivi à l'échelle de la cellule sédimentaire.

La plage d'Anse Figuier est la seule en Martinique équipée d'un atténuateur de houle ; elle constitue en ce sens, un site-pilote idéal pour un observatoire expérimental nécessitant la mise en place d'un protocole de suivi. Celui-ci doit viser à évaluer, pendant les tempêtes et avant/après les cyclones, la qualité des herbiers derrière les ouvrages, l'évolution saisonnière de la dynamique du stock sédimentaire et le rôle des ouvrages sur l'atténuation des houles. Un dispositif haute résolution et haute fréquence (vidéo ou appareil photo timeLapse) installé sur la plage permettrait de suivre en continu une partie de ces paramètres.

En parallèle de cet observatoire, l'efficacité de ce dispositif, si elle est avérée, est néanmoins, vouée à diminuer avec l'affaissement des ouvrages. Plusieurs mesures permettraient d'améliorer la résilience sédimentaire de cette plage à long terme :

- l'amélioration du dispositif de gestion des eaux de ruissellement pour conduire tous les écoulements de l'arrière plage vers des exutoires naturels ;
- la réinstauration sur le haut et l'arrière plage d'une végétalisation psammophile comme en 1951, avec un ensemble étagé d'espèce à base d'essences adaptées : patate, pois et herbe bord de mer ; raisinier bord de mer ; olivier bord de mer ; poirier pays.... Cette démarche peut s'inspirer des enclos de végétalisation que met en place l'ONF sur différents sites et qui permet de limiter le piétinement pour laisser la végétation s'installer.

En attendant, les pratiques de rechargement restent une solution court terme envisageable à condition qu'elles soient encadrées et optimales (contrôle granulométrique, facteur ruissellement). Il est possible en effet, que le sable importé en 2011 n'ait pas eu la granulométrie adaptée.

Par ailleurs, vu la fréquentation du site, une signalétique pédagogique visant à expliquer le fonctionnement sédimentaire de cette plage et notamment la mise à nu régulière et naturel du « beachrock » paraît pertinente..

5. Impact des aménagements anthropiques sur la dynamique sédimentaire de la plage de Grande Anse : diagnostic et préconisations

Située en plein cœur du bourg des Anses d'Arlet, la plage de Grand Anse est caractérisée par une très forte anthropisation de l'arrière plage avec des habitations installées directement sur le front de mer, sur tout le linéaire de la plage. Par ailleurs, devant ces habitations, le haut de plage est occupé par des restaurants et autres activités touristiques, dans la partie sud et centrale du site.

5.1. CONTEXTE

5.1.1. Cellule sédimentaire concernée

Située au fond d'une baie fermée, la plage de Grand Anse constitue une cellule sédimentaire autonome entre la Pointe Lézarde et le cap Salomon, comme le représente l'illustration 45.

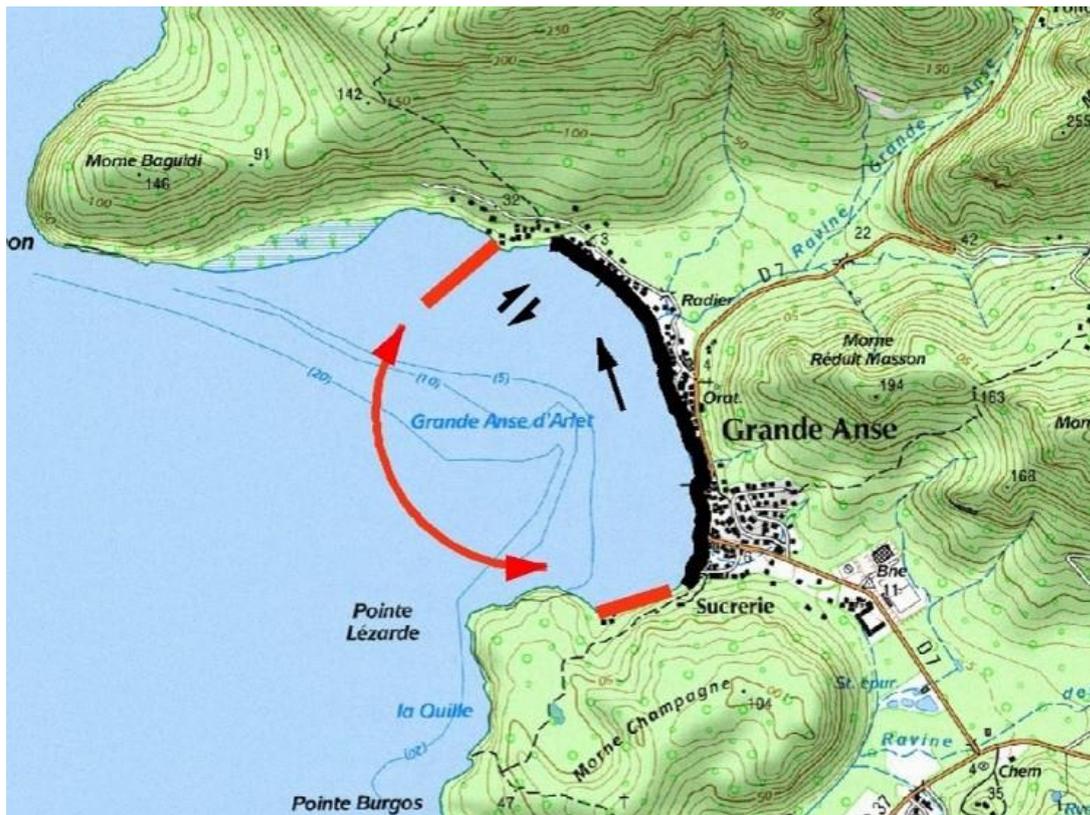


Illustration 45 : Cellule et fonctionnement hydro-sédimentaire de Grande Anse d'Arlet (extrait rapport RP-64499-FR)

5.1.2. Contexte géologique

La partie nord de la plage est située à l'embouchure d'une dépression alluvionnaire (cf. Illustration 46) dont l'incision se prolonge en mer. La partie sud est un cordon étroit en pied d'une coulée massive d'andésite plus ancienne, datant entre 7 à 8,5 Ma.

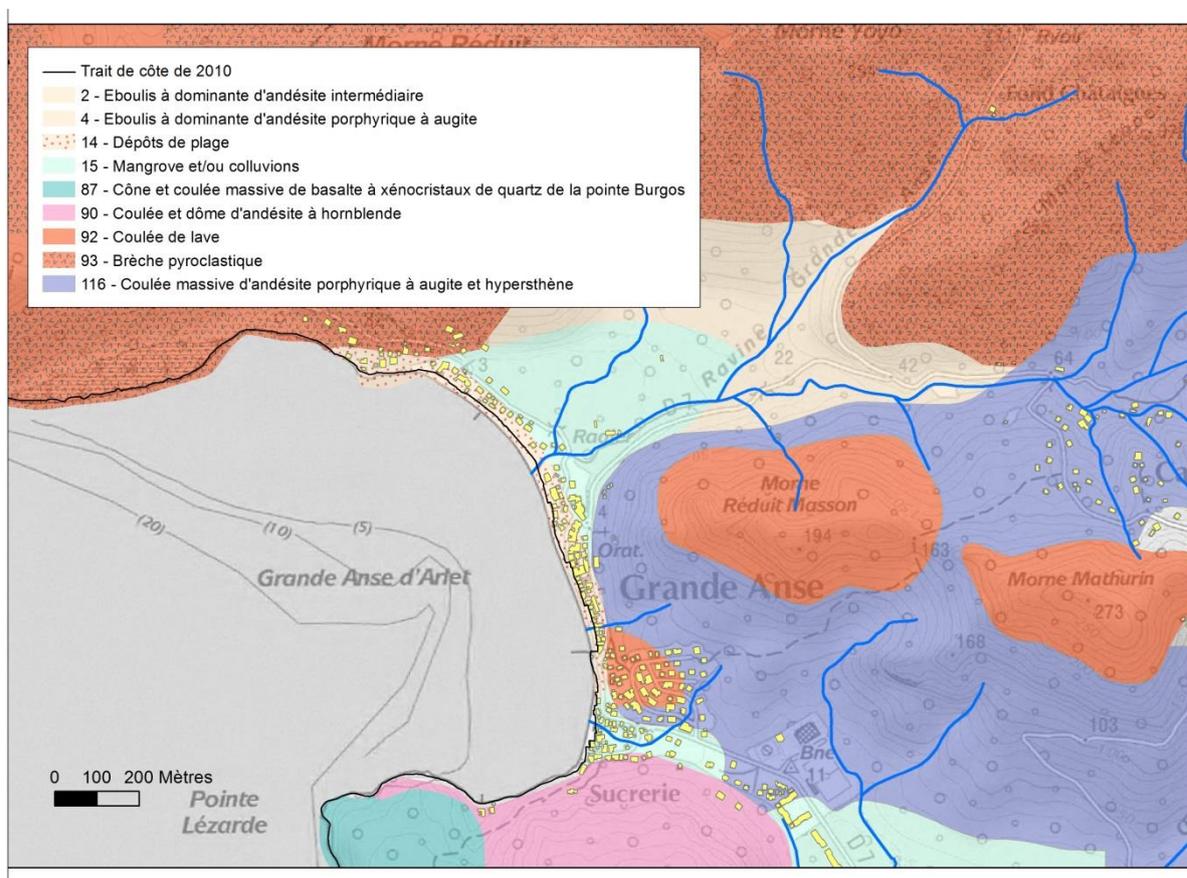


Illustration 46 : Contexte géologique de la plage de Grand Anse d'après la carte géologique au 1/50 000 de la Martinique (Westercamp, 1990)

5.1.3. Géomorphologie de Grande Anse d'Arlet

D'après l'illustration 47, l'avant-côte de Grande Anse est caractérisée par la présence d'une vallée incisée très proche de la côte (rupture de pente à environ 250 m du trait de côte). Ainsi, au centre de la baie, le proche avant-côte présente une pente très faible (3%) qui augmente fortement à 220 m du rivage tandis que dans la partie est de la baie, la pente reste faible (3%) jusqu'à plus de 500 m du rivage.

Cette incision est située dans le prolongement de la dépression alluvionnaire parcourue aujourd'hui par la ravine Grand Anse.

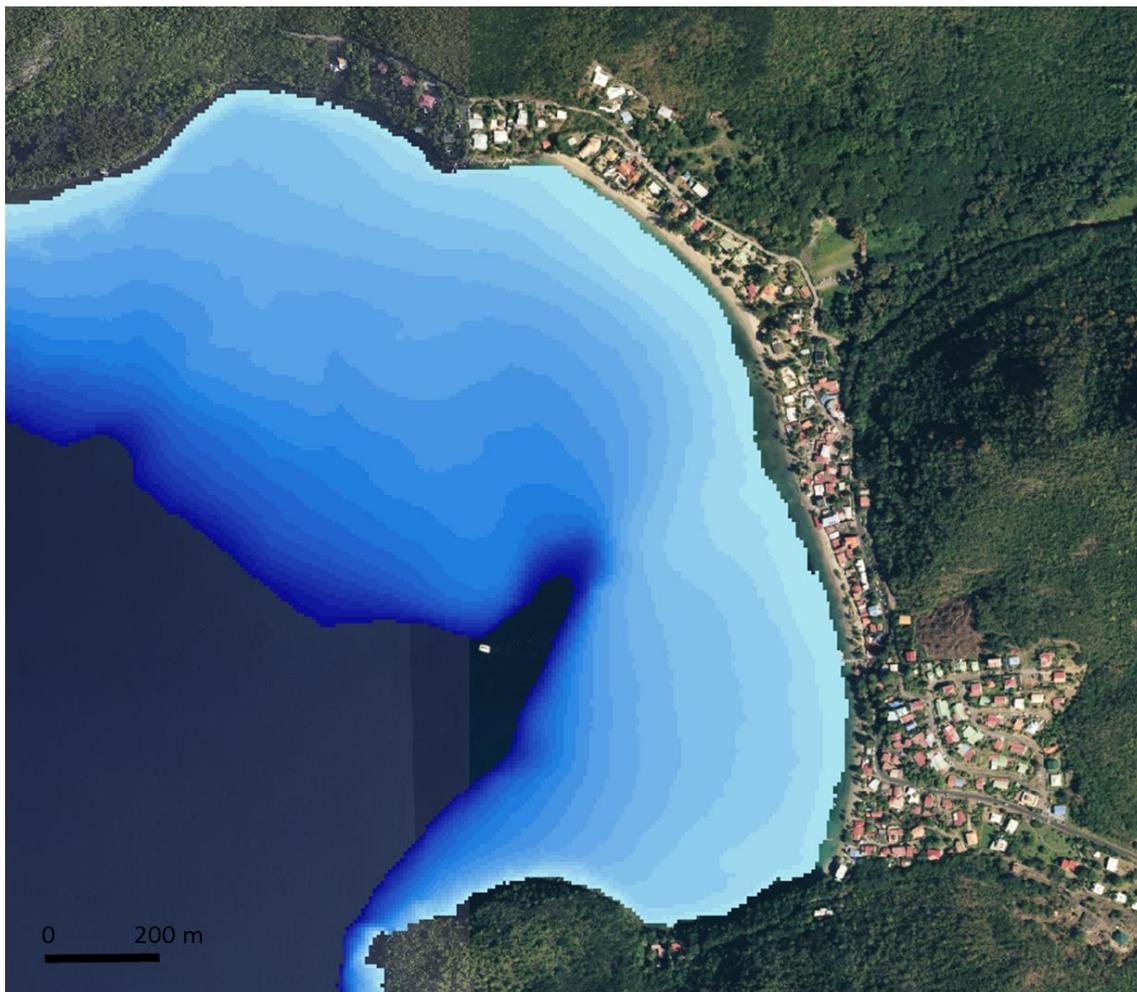
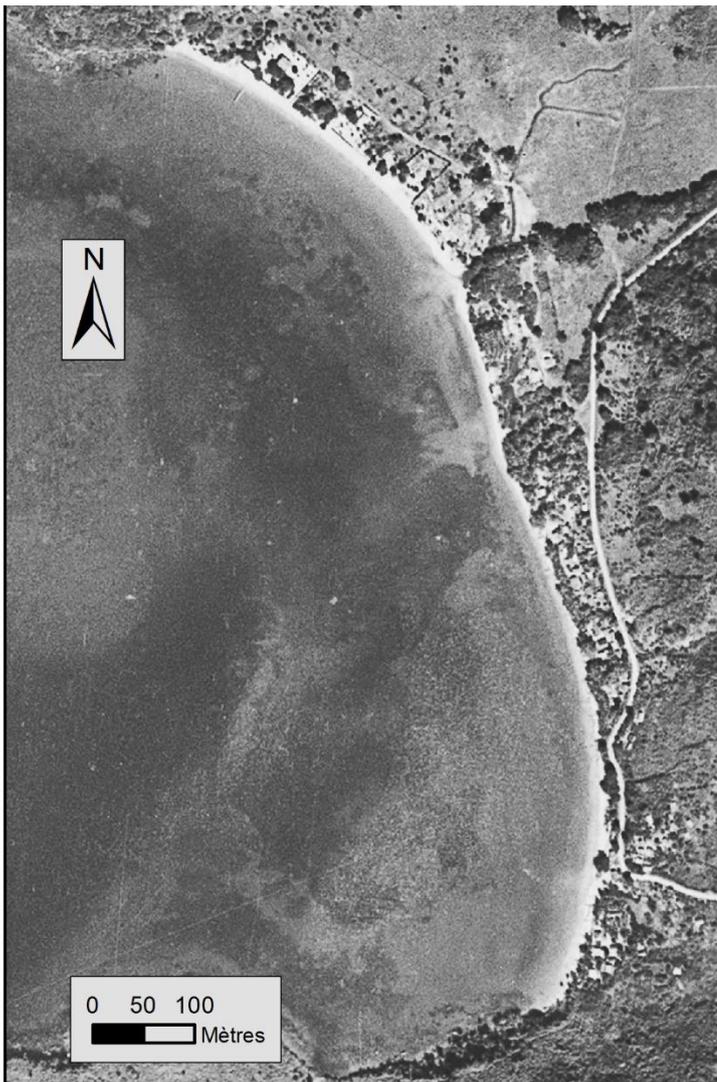


Illustration 47 : Bathymétrie de l'avant-côte de Grande Anse d'Arlet (levé Litto3D© 2010)

5.2. MOBILITÉ DU TRAIT DE CÔTE

5.2.1. Évolution historique

Le trait de côte (limite de végétation) n'évolue pas depuis 1951. Cependant, la largeur de la plage diminue légèrement, notamment au sud, comme en témoigne les photos de l'illustration 48.



Source : IGN BD Ortho 1951

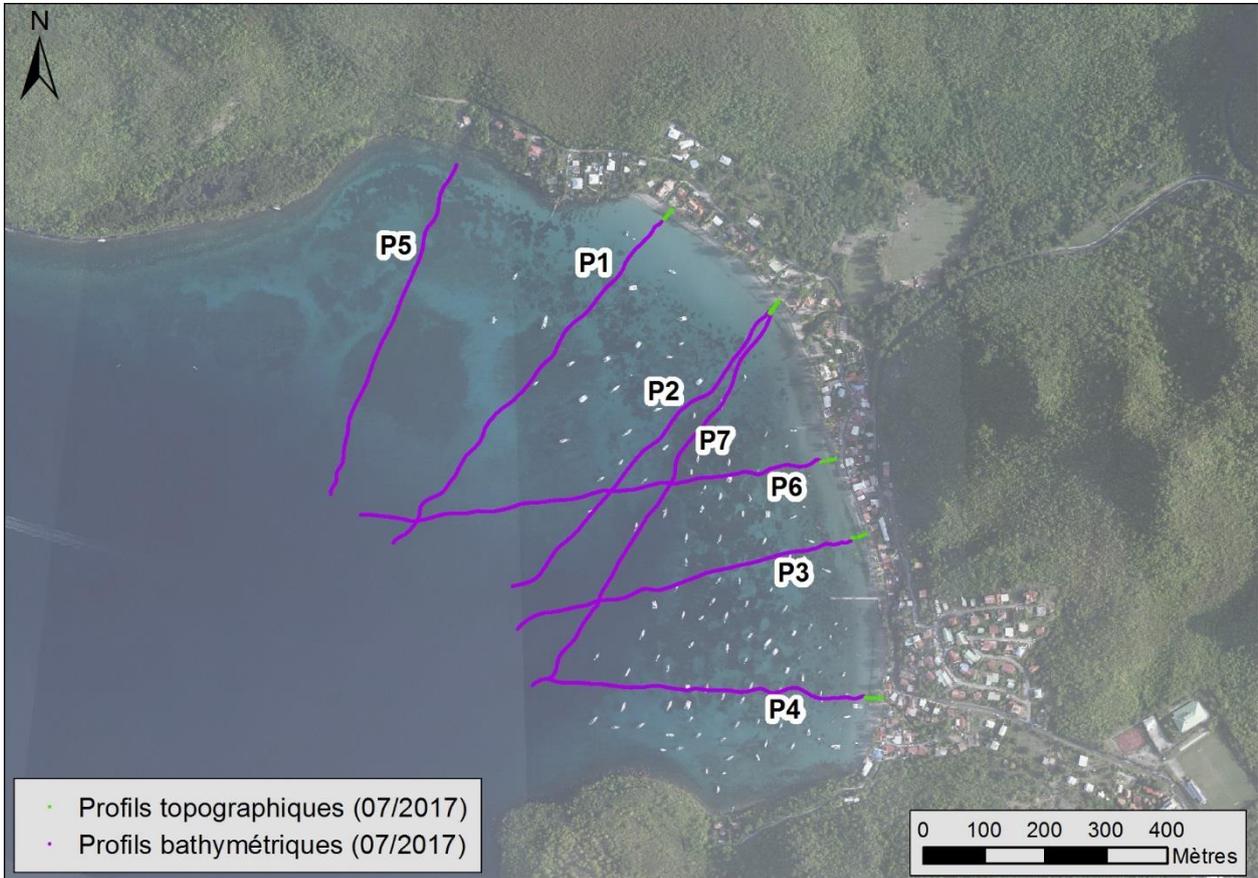


Source : BD Ortho 2017

Illustration 48 : Evolution de la position du trait de côte (limite de végétation) à Grande Anse entre 1951 et 2017.

5.2.2. Évolution topo-bathymétrique récente

Des levés topo-bathymétriques ont été réalisés en juillet 2017 (cf. Illustration 49).



Source : BD Ortho 2010

Illustration 49 : Localisation des profils topobathymétriques de juillet 2017

Comme le montre l'illustration 50, il n'y a pas d'évolution significative observée entre 2010 et 2017 sur les profils de plages étudiés. Les profils bathymétriques illustrent la forte rupture de pente entre 350 et 500 m du rivage au centre de la baie (profil P2 et P3 notamment) et le relief plongeant plus doux aux extrémités comme le long du profil P1 (cf. Illustration 50).

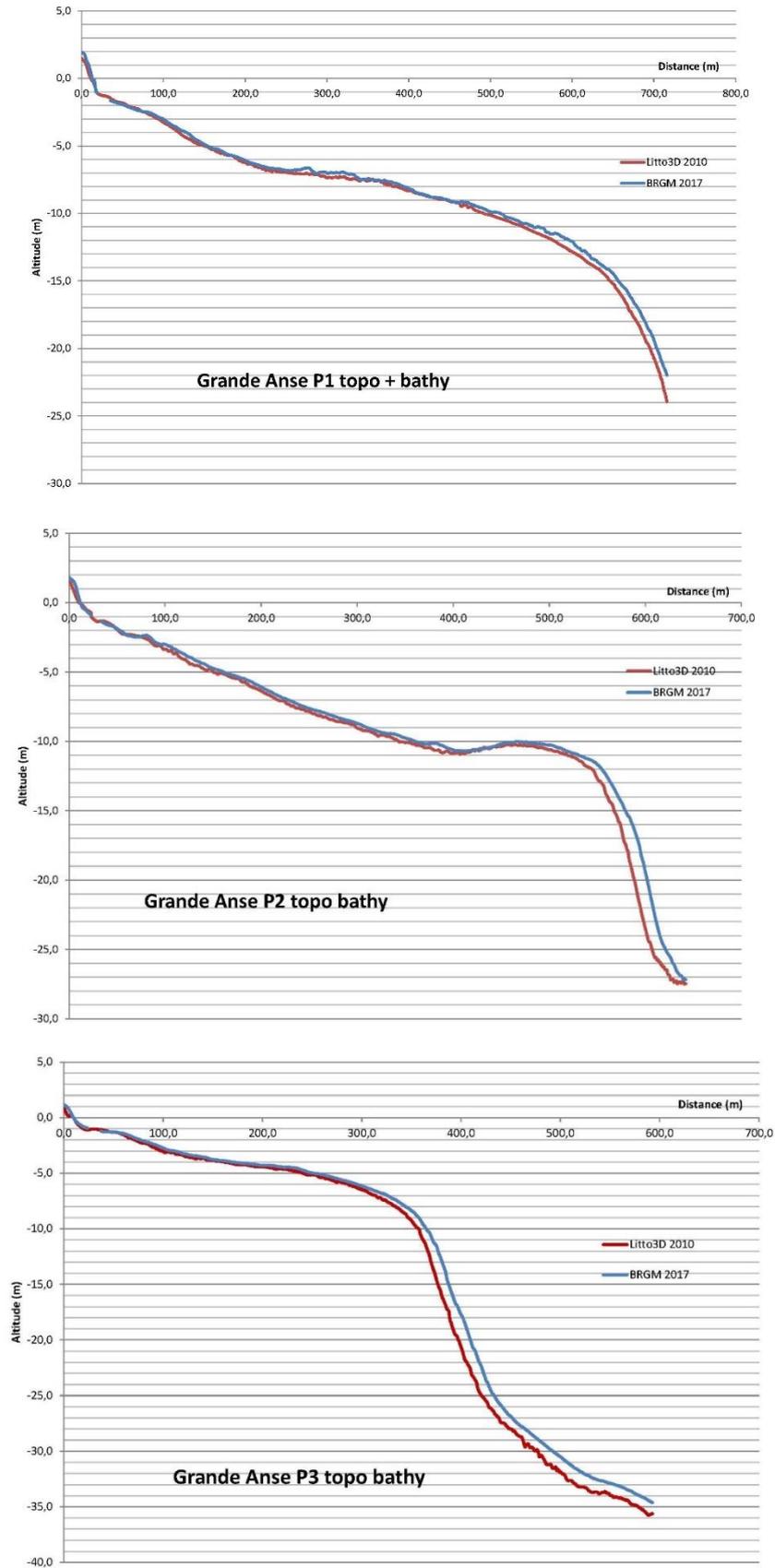


Illustration 50 : Profil topobathymétrique au large de Grand Anse

5.3. OBSERVATIONS LORS DE LA MISSION D'EXPERTISE DU 17 OCTOBRE 2017

Dynamique post cyclone

La visite de terrain a eu lieu le 17 octobre 2017, soit peu de temps après les passages des cyclones IRMA et MARIA. Elle a ainsi permis de préciser les impacts du cyclone MARIA par comparaison avec les observations de juillet 2017 (cf. Illustration 54).

Les impacts du cyclone MARIA ont été significatifs mais le rétrécissement de la plage est resté d'ampleur métrique sauf localement à l'extrémité nord du site où la plage a totalement disparue sur une dizaine de mètres et où la houle vient se réfléchir directement sur les murets de haut de plage (cf. Illustration 55). Lors de ces événements, le franchissement des vagues jusqu'à la route a été observé, en particulier dans la zone centrale (restaurants) et au sud. Ces franchissements expliquent les nombreux dommages aux infrastructures de plage et les dépôts massifs de sable sur la route et dans les restaurants.

Cette plage avait été affecté par la houle OMAR (2008) dans les mêmes proportions que le cyclone MARIA (cf. Annexe 1).

La comparaison entre les photographies prises en novembre 2014 et en juillet 2017 montre que la plage présente une morphologie identique sur tout le site entre ces deux dates.



*Illustration 51 : Photographies du secteur nord de Grande Anse d'Arlet (vue vers le nord).
En haut, novembre 2014, au milieu : juillet 2017, en bas : octobre 2017.*



*Illustration 52 : Photographies de la partie centrale grande Anse d'Arlet.
En haut : novembre 2014, en bas : octobre 2017.*



*Illustration 53 : Photographies dans la partie centrale de Grande Anse (vue vers le sud).
En haut : novembre 2014, en bas : octobre 2017.*



Illustration 54 : Photographies du 17 Octobre 2017 montrant les impacts de l'ouragan MARIA sur les infrastructures touristiques



Illustration 55 : Photographies du 17 Octobre 2017 montrant l'extrémité nord de la plage a totalement disparue sur une dizaine de mètres et où la houle vient se réfléchir directement sur les murets de haut de plage

Facteurs aggravants

En parcourant la plage, plusieurs facteurs anthropiques aggravants ont été observés :

- Des écoulements d'eau superficiel en provenance de la route et des habitations derrières qui emportent par ravinement une grande quantité de sable (cf. Illustration 56) ;

- Une artificialisation du haut de plage (conduisant notamment à une imperméabilisation) à une dizaine de mètres en arrière du trait de côte (cf. Illustration 57) ;
- Les murets de haut de plage délimitant les habitations privées à très proches distance du jet de rive (cf. Illustration 58).



Illustration 56 : Effet des écoulements superficiels sur le départ de sable



Illustration 57 : Un durcissement du haut de plage par des chemins bétonnés



Illustration 58 : Muret de haut de plage à quelques mètres du rivage

5.4. CONCLUSION DE L'EXPERTISE SUR LA PLAGE DE GRANDE ANSE

5.4.1. Dynamique hydro-sédimentaire

Malgré un recul (d'ordre métrique) suite à IRMA et MARIA et des franchissements avérés lors de ces événements, la plage de Grande Anse est une plage peu évolutive.

La dérive littorale est globalement orientée vers le nord et le relief sous-marin au milieu de la baie ne semble pas particulièrement influencer la dynamique sédimentaire de la baie.

Cependant, à l'extrémité nord du site, localement, les houles arrivent perpendiculairement au trait de côte : le transport de sable est majoritairement crosshore (alternativement, vers le large puis vers la côte). Cette portion est donc particulièrement vulnérable aux fortes tempêtes et en effet, la plage a totalement disparue sur une dizaine de mètres à cet endroit. Aujourd'hui, vu l'ampleur du départ de sable, la houle vient se réfléchir directement sur les murs de haut de plage. Ces murets constituent désormais un facteur aggravant vis-à-vis de l'érosion. On peut donc s'attendre à une érosion accentuée en période de tempête ou de cyclone lorsque l'élévation du niveau de la mer entraîne un battement des vagues sur le haut de plage.

Par ailleurs, les constructions légères sur pilotis telles que la plupart des restaurants installés sur le haut de plage (cf. exemple sur l'illustration 59), ne semblent jusque-là, pas perturber les transits sédimentaires.

Il est clair cependant que le durcissement du haut de plage ne permet pas au stock de plage de se reconstituer comme il le pourrait (cf. les paquets de mer qui ont atteint la route bétonnée) et qu'au contraire, comme les murets de haut de plage, ils réfléchissent les houles qui les atteignent et favorisent fortement ainsi le départ de sable. Les rejets d'eaux mal contrôlés sont également des facteurs aggravant la réduction du stock de sable.



Illustration 59 : Aménagement « transparent » vis-à-vis de la dérive littorale

5.4.2. Préconisations

Les reculs observés, quelques semaines après le passage de deux cyclones, restent modérés et aucune intervention ne semble nécessaire sur la plage de Grande-Anse d'autant que cette plage présente une dynamique sédimentaire en équilibre naturellement.

Il est cependant recommandé, à court terme, de revoir le dispositif de gestion des eaux en provenance des habitations et de la route en amont pour conduire ces écoulements vers des exutoires naturels et limiter au maximum les écoulements diffus sur le cordon littoral.

Le secteur nord devrait toutefois faire l'objet d'un suivi. En attendant que la plage ne se recharge naturellement, un rechargement temporaire du stock de sable à cet endroit permettrait de réduire le risque d'endommagement des murets.

Plus généralement, sur cette plage étroite, il serait souhaitable d'inciter à des aménagements « transparents » sur le haut de plage (c'est-à-dire qui ne perturbent pas le transit sédimentaire, comme les structures légères sur pilotis) autant pour les habitations que pour les aménagements touristiques, par des campagnes d'information adaptées.

Il est important de veiller à ce que les installations sur le haut de plage ne constituent pas un blocage vis-à-vis des transports sédimentaires. Le cordon sédimentaire reste en effet limité et donc vulnérable à toute mauvaise pratique.

En prévision de l'accentuation des conditions de forçage hydrodynamique par les effets du changement climatique, il serait particulièrement pertinent de restaurer le caractère naturel du haut de plage et notamment du chemin littoral, préservant ainsi l'attractivité touristique et favorisant le retour et le maintien du stock de sable.

6. Conclusion

Ces expertises ont permis de comprendre le fonctionnement de chacune de ces plages et d'identifier les moyens de gestions les plus efficaces.

Sur les trois sites expertisés, la disparition de la forêt littorale, au détriment d'un sol nu, a participé au recul chronique constaté depuis 1951 et atteignant entre 15 et 20 m en 60 ans. A plus court terme, des pratiques anthropiques non adaptées sont systématiquement en jeu dans l'aggravation de l'érosion à court terme : muret de haut de plage, enrochement, ramassage des algues, ... Et de manière générale, sur les trois sites, il a été mis en évidence de mauvaise pratique de gestion des écoulements de surface participant au départ de sable. Or, ces pratiques, individuelles et collectives, sont répandues simplement par méconnaissance de leur effet néfaste sur le littoral. Une information dédiée permettrait de les enrayer.

A l'inverse, certaines configurations et pratiques se sont avérées favorables à la bonne gestion du stock sédimentaire. Les aménagements « transparents » sur une plage peu évolutive comme celle de Grande Anse et le non-ramassage des algues (sargasses) qui, au-delà de maintenir le sable, a conduit à une significative avancée du trait de côte sur la plage de Fréfré (entre 10 et 15 m entre 2014 et 2017).

Des préconisations ont été proposées pour chacune de ces plages sachant que la réinstauration sur le haut et l'arrière plage d'une végétalisation psammophile reste la mesure la plus efficace à long terme. Cette démarche doit être associée à la création d'accès de plage adaptés pour éviter le piétinement du haut de plage par les usagers.

De cette étude ressortent deux sites qui mériteraient de constituer des observatoires expérimentaux (c'est-à-dire associé à un protocole de suivi) pour le suivi des bonnes pratiques de gestion de l'érosion en Martinique :

- L'anse Fréfré, préservée de toute intervention anthropique, permettant de suivre et quantifier l'effet protecteur des algues sur le littoral ;
- La plage d'Anse Figuier, la seule en Martinique équipée d'un dispositif atténuateur de houle.

A ce sujet, il ressort de l'étude que ce type d'ouvrage (atténuateur de houle) n'est pas à exclure systématiquement mais doit être envisagé dans certaines configurations particulières, soit les portions de plages où l'érosion est majoritairement liée à l'attaque frontale des houles et pas à la dérive littorale. Par ailleurs, son installation doit être encadrée strictement (pour ne pas entraver la reconstruction naturelle des plages après tempête par exemple) et être nécessairement accompagné d'un suivi à l'échelle de la cellule sédimentaire.

7. Bibliographie

Balouin Y., Colombet Y et Longuevill F. (2016). Suivi par vidéo numérique de l'expérimentation de technique de protection du littoral du lido de Sète à Marseillan. Rapport final BRGM/RP-65607-FR, 61 p., 51 ill.

Barras AV., Koller M.M. (2010) – État du littoral de la Martinique un an après le cyclone DEAN (17 août 2007) et suite à l'épisode de houle cyclonique OMAR (16 octobre 2008). Rapport BRGM/RP-57555-FR 61 p., 48 illustrations, 4 annexes hors-rapport.

DEAL (2011). Réhabilitation de la plage de l'Anse Figuier. Rapport de visite et relevé d'observations. DEAL-SPEB-MML-Murièle Cidalise-Montaise.

Ingefra (2011). Réhabilitation de la plage de l'Anse Figuier. Dossier réglementaire au titre de la loi sur l'Eau. 73745E. Juillet 2011 + addendum d'août 2011.

Lemoigne B., Paulineau M., Nachbaur A., Stépanian A. (2013). Etablissement d'un état de référence du trait de côte de la Martinique : situation en 2010 et évolution historique depuis 1951. Rapport final. BRGM/RP-61686-FR, 85 p., 31 ill., 2 ann.

Nachbaur A., Balouin Y., Nicolae Lerma A., Douris L., Pedreros R. (2015) – Définition des cellules sédimentaires du littoral martiniquais. Rapport final. BRGM/RP-64499-FR, 95 p., 46 ill., 2 ann., CD.

Nachbaur A., Paulineau M., Le Roy M. (2014). Evolution multidécennale (1951 – 2010) et décennale (2004 – 2010) du trait de côte de la Martinique. Rapport final. BRGM/RP-63238-FR, 95 p., 66 ill., 2 ann.

Westercamp D., Pelletier B., Thibaut P.M., Traineau H. (1990) – Carte géologique France (1/50 000), feuille Martinique. – Orléans : BRGM – Notice explicative par Westercamp D., Andreieff P., Bouysse P., Cottez S., Battistini R. (1989), 246 p.

Annexe 1 Impact de la houle OMAR (2008) sur la plage de Grand Anse

*État du littoral de la Martinique un an après
le cyclone DEAN (17 août 2007) et suite à l'épisode de houle
cyclonique OMAR (16 octobre 2008)*

Barras et Koller, 2010, BRGM/RP-57555-FR



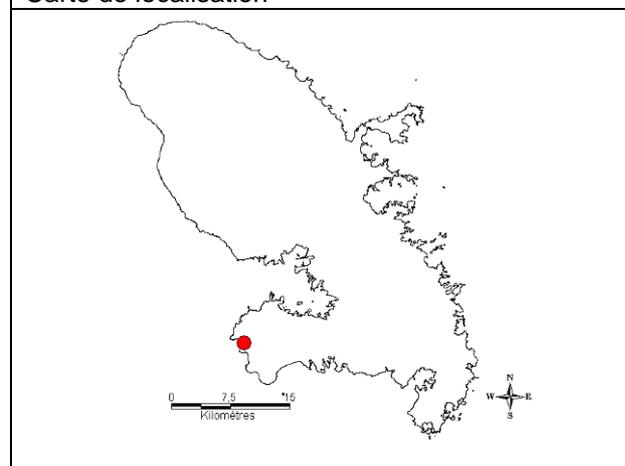
2008

Cote :	Caraïbe	Sud	No trace :	29-30
Nom :	Grande Anse	Commune :	Anse d'Arlet	No WP :
				WP 227-267

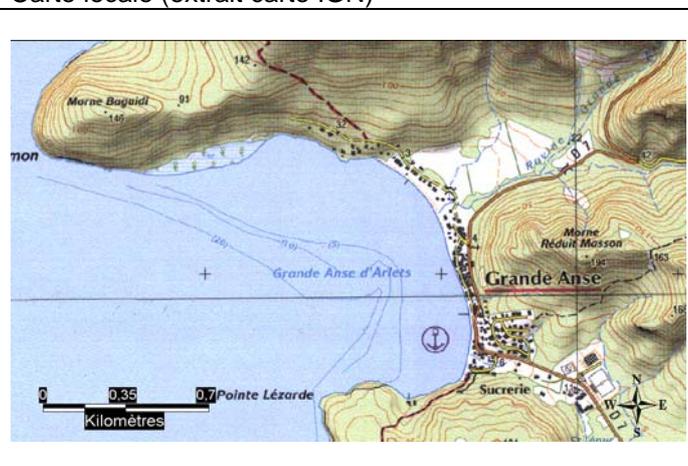
Caractéristiques générales du site

Type de site :	Plage naturelle	Longueur :	1100m	Exposition :	SO à O
Nature :	Sable blanc	Largeur :	7m	Au large :	
Usage(s) :	Tourisme, appontement	baignade,	Occupation haut de plage :	Habitations	

Carte de localisation



Carte locale (extrait carte IGN)



Observations / Témoignages

Date :	13/11/08	Heure :	12h15	Marée	Marée montante	Hauteur	0.66m
Opérateur (s)	V. Hennequin						

Au lendemain de la houle Omar, le 17/08/2008, la plage devant les cabanes des pêcheurs à l'entrée et du club de plongée a disparu. La rue Robert Deloy est totalement ensablée sur une quinzaine de centimètres d'épaisseur que dégagent à la pelle les restaurateurs et les riverains. Les établissements n'ont pas été touchés. Seules les terrasses ont été endommagées car le sable de la plage a été affouillé. Il existe aujourd'hui une marche entre la route et la plage. Des galets ont été déposés par endroits. Le ponton n'a pas subi de gros dégâts. Un bateau s'est encastré entre la plate-forme du ponton et les rochers. Cf CR houle OMAR daté du 18/08/2008.

Un levé du trait de côte correspond à la laisse du jour a été réalisé.

Mesures 2007



Mesure 2008



Illustrations



WP 230 en 2008 : affouillement et érosion



En 2007 : niveau du sable plus haut



**Vue de la plage depuis le WP 232 au nord en 2008
Erosion**



Même point de vue en 2007

État du littoral de la Martinique un an après le cyclone Dean et la houle OMAR



Vue vers le Sud depuis le WP 253 en 2008



Même point de vue en 2007



WP 238 : l'eau atteint le muret en 2008



En 2007 : plage existante



WP 263 : extrême sud de la plage en 2008 - érosion



En 2007 : plage existante



WP 263 - En 2009 à marée identique à 2007

Analyse

La comparaison des traits de côte levé en 2007 et 2008 montre un recul de la plage de 3 à 6m selon les endroits. De part et d'autre du ponton sur une longueur de 80m, les traits de cotes sont identiques. L'ampleur du phénomène est surestimée par la différence du niveau marin (0.86 m contre 0.66m). En 2009, à niveaux marins égaux, l'érosion demeure observable.

La houle cyclonique Omar a ensablé la rue Robert Deloy (15 cm d'épaisseur), affouillé tous les murs de clôture (Cf. photos) et remplacé le sable par des galets. Le talus d'érosion entre la route et la plage (WP 253 – photo ci-dessous) créée au moment de l'évènement a été rapidement arasé.



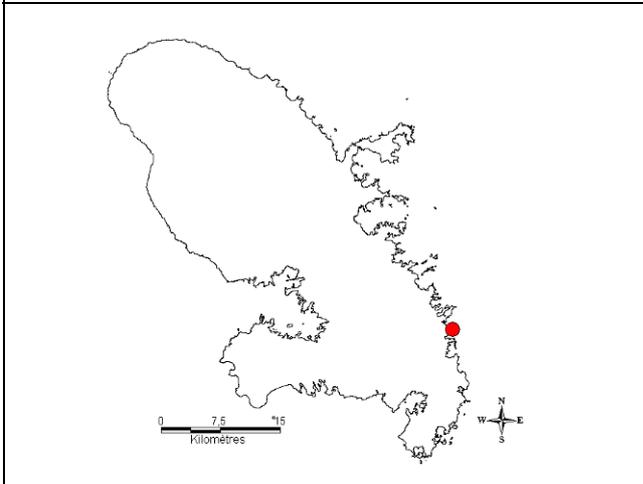
Talus d'érosion créé sur la plage de Grande Anse par Omar

Un ancien restaurateur, qui habite une des maisons le long de la Grande Anse, a témoigné d'un recul continu de la plage au cours des dix dernières années. Son ancien restaurant, aujourd'hui démoli, se trouverait immergé. D'après ce riverain, un premier recul exceptionnel était survenu avec Lenny. Omar a eu un effet similaire toutefois avec une énergie moindre.

Annexe 2 Impact de la houle OMAR (2008) sur la Pointe Faula

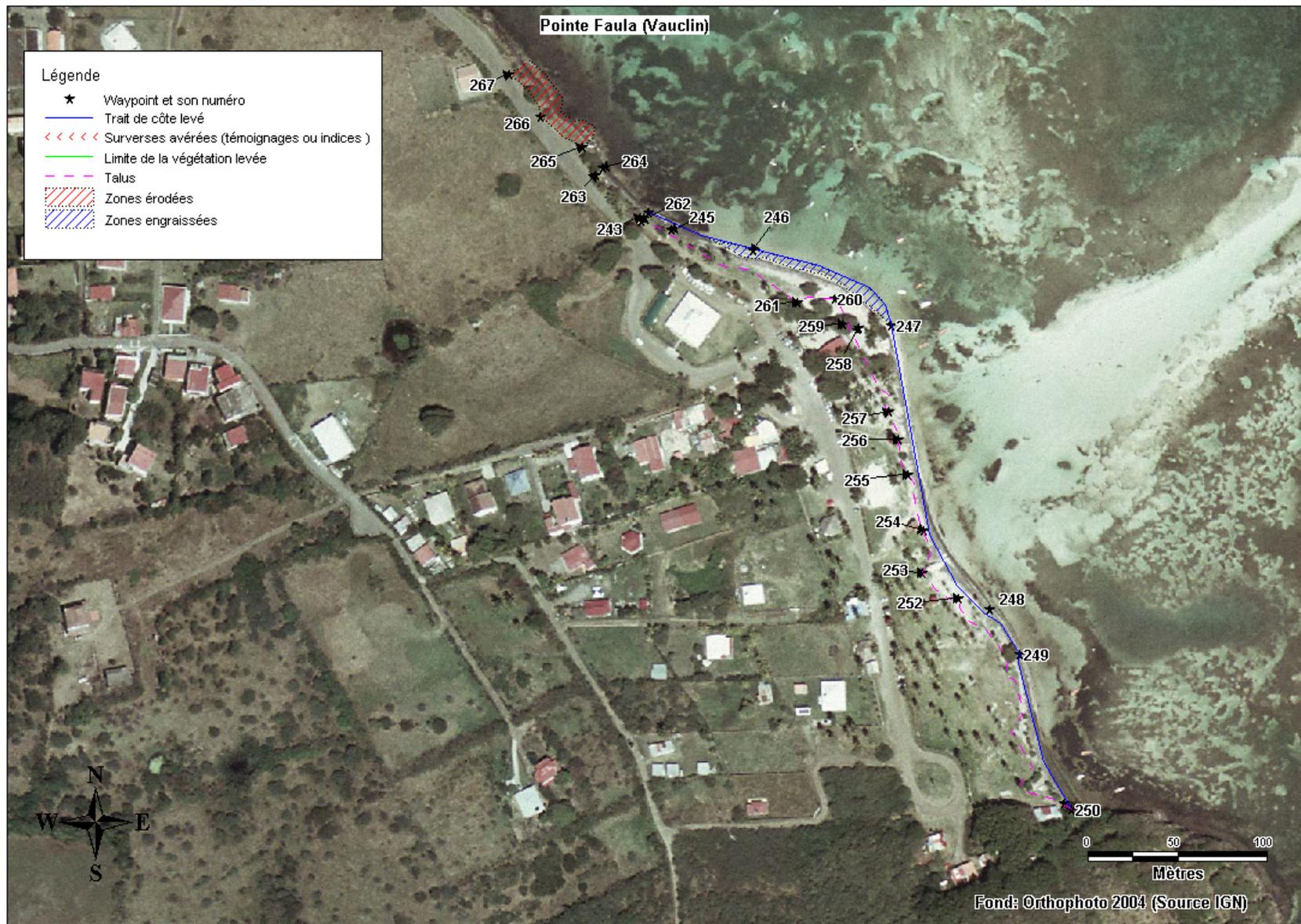
*État du littoral de la Martinique un an après
le cyclone DEAN (17 août 2007) et suite à l'épisode de houle
cyclonique OMAR (16 octobre 2008)*

Barras et Koller, 2010, BRGM/RP-57555-FR

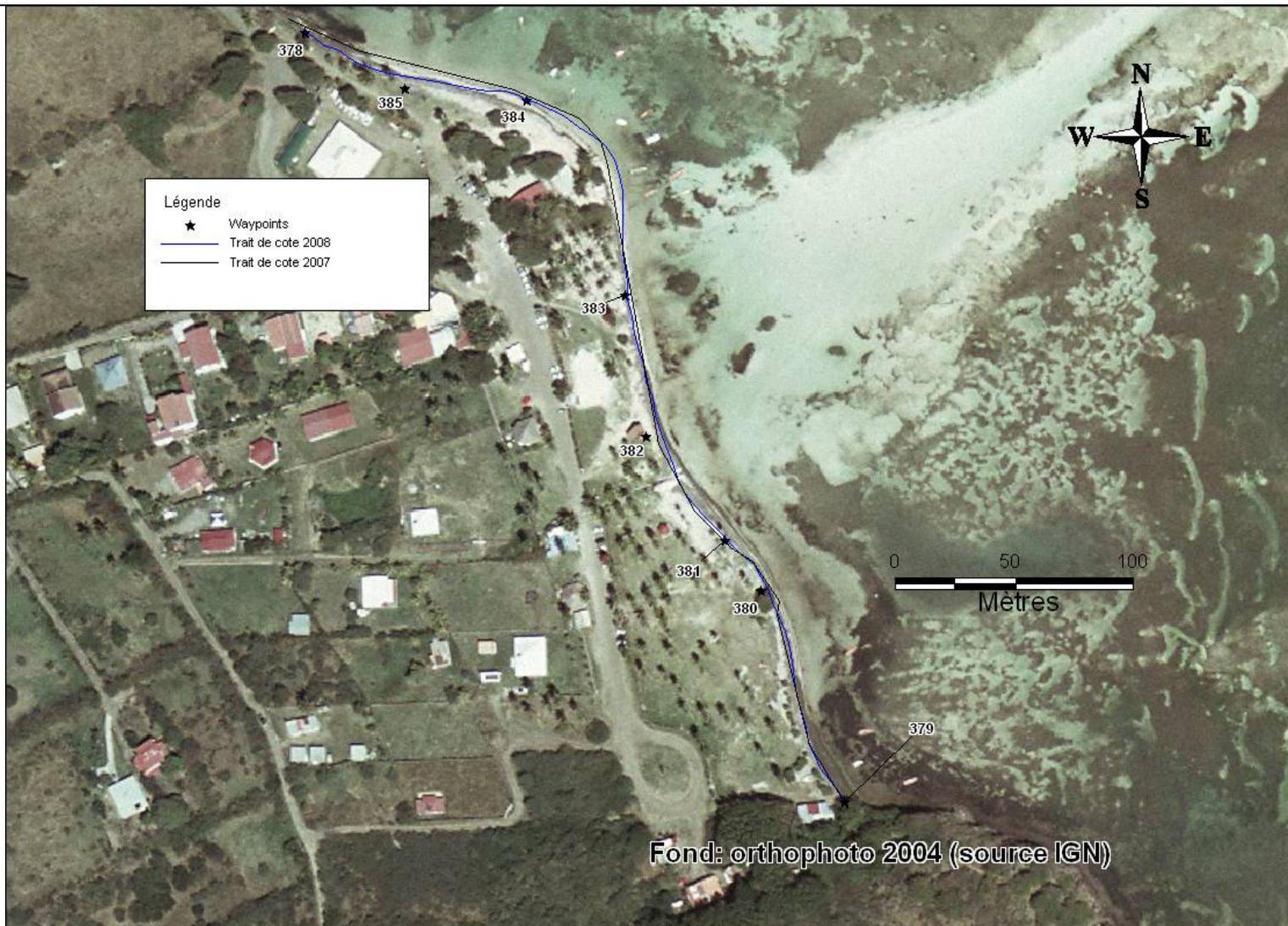
Cote :	Atlantique	Sud	No trace :	62	
Nom :	Pointe Faula	Commune :	Vauclin	No WP :	WP 378-385
Caractéristiques générales du site					
Type de site :	Plage naturelle	Longueur :	547m	Exposition :	NE à ENE
Nature :	Sable blanc	Largeur :	6m	Au large :	Récifs
Usage(s) :	Tourisme, très fréquentée, activités nautiques	Occupation haut de plage :			Tables pique nique, restaurants, route
Carte de localisation			Carte locale (extrait carte IGN)		
					

Observations / Témoignages							
Date :	19/11/08	Heure :	14h30	Marée	Marée montante	Hauteur	0.52m
Opérateur (s)	V. Hennequin						
Le trait de côte correspondant à la limite sable sec/ mouillé a été levé.							

Mesures 2007



Mesures 2008



Illustrations



**Vue vers le Sud Est depuis le WP 378 en 2008
Reprise de la végétation**



Même point de vue en 2007



**Vue vers le Sud depuis le WP 381 en 2008
Pas de changement visible du trait de cote**



Même point de vue en 2007



Vue vers le Nord depuis le WP 380 en 2008
Trait de cote modifié localement



Même point de vue en 2007

Analyse

La comparaison du trait de côte levé en 2008 avec celui levé en 2007 montre que celui-ci est resté globalement le même. Selon les photographies, la végétation a repris du terrain en 2008 (WP 378), la zone enherbée ayant avancé. A noter que le levé de 2008 a été effectué alors que le niveau de la mer était un peu plus bas (0,52 m contre 0.64 m en 2007).



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 Martinique

Villa Bel Azur, 4 Lot. Miramar,
Route Pointe des Nègres,
97200 Fort-de-France

Tél. : 05 96 71 17 70