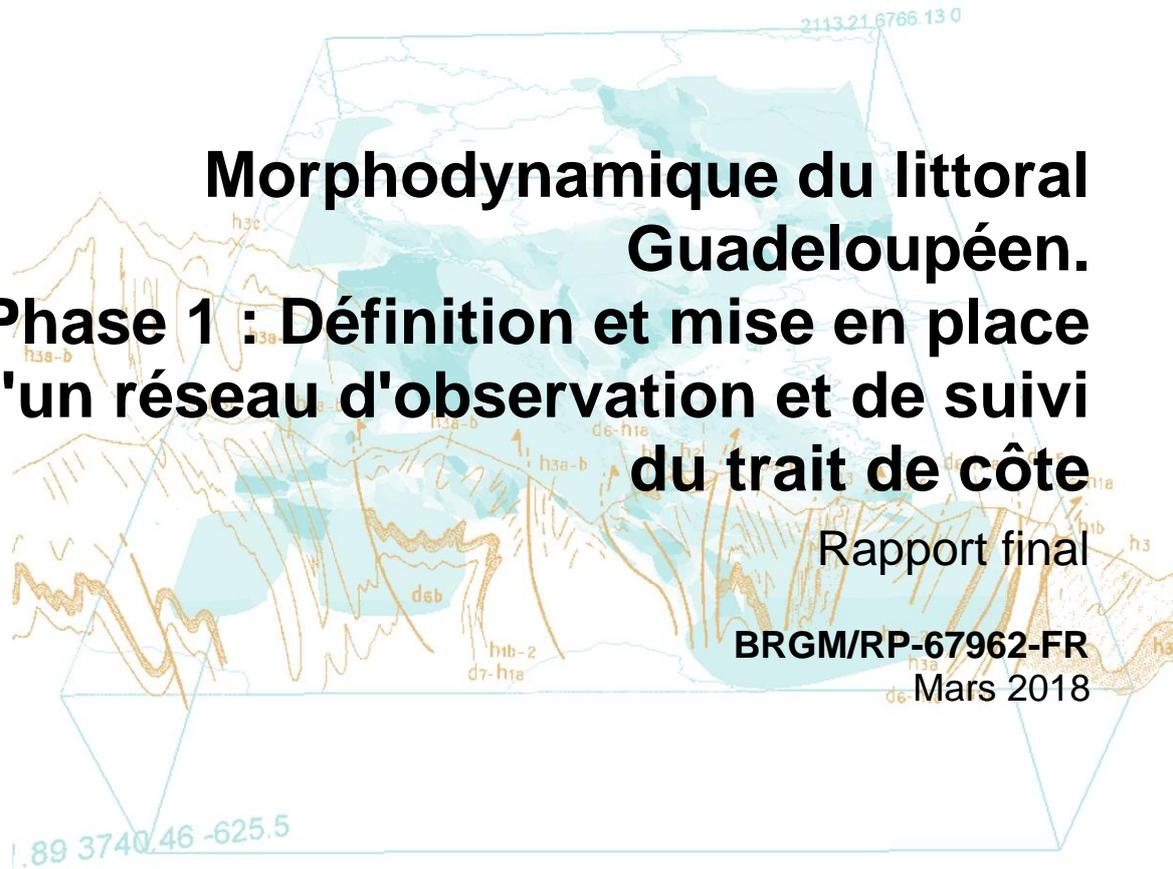




Morphodynamique du littoral Guadeloupéen. Phase 1 : Définition et mise en place d'un réseau d'observation et de suivi du trait de côte

Rapport final

BRGM/RP-67962-FR
Mars 2018



Morphodynamique du littoral Guadeloupéen. Phase 1 : Définition et mise en place d'un réseau d'observation et de suivi du trait de côte

Rapport final
BRGM/RP-67962-FR
Mars 2018

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

L. Guillen, M. Moisan, M. Pallardy, Y. Legendre et C. Loireau

Vérificateur :

Nom : R. BELON
Fonction : Ingénieur Littoral
Date : 29/03/2018

Approbateur :

Nom : Y.DE LA TORRE
Fonction : Directeur BRGM
Guadeloupe
Date : 27/04/2018



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

Mots-clés : Erosion littorale, Cyclone, Trait de côte, Topo-bathymétrie, Photogrammétrie, Réseau de suivi, Guadeloupe.

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

Guillen L., Moisan M., Pallardy M., Legendre Y., Loireau C. (2018) – Morphodynamique du littoral Guadeloupéen. Phase 1 : Définition et mise en place d'un réseau d'observation et de suivi du trait de côte. Rapport Final. BRGM/RP-67962-FR, 128 p., 117 fig.

Synthèse

La Guadeloupe est un archipel composé de sept îles principales (Grande-Terre, Basse-Terre, La Désirade, Marie-Galante, Terre-de-Haut et Terre-de-Bas des Saintes et Petite-Terre) qui représente un linéaire côtier de plus de 630 km.

Cette étude cofinancée par la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Guadeloupe (DEAL Guadeloupe), la Région Guadeloupe et la dotation de Service Public du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a pour objectif d'initier et de pérenniser un réseau d'observation et de suivi du trait de côte à l'échelle régionale afin de mieux comprendre les processus morpho-dynamiques et de fournir des éléments d'aide à la décision auprès des acteurs de l'aménagement et de la gestion du littoral guadeloupéen. Il s'inscrit ainsi dans le cadre de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (SNGITC).

Ce projet a été divisé en deux volets, dont le premier traite de l'évolution historique du trait de côte depuis 1950 (Guillen *et al.* 2017), réalisé à partir des prises de vues aériennes et satellitaires issues des archives de l'IGN et du CNES. Le second volet de l'étude présenté ici, concerne les résultats des campagnes d'acquisition de données réalisées sur le terrain entre 2016 et 2017 sur huit sites pilotes préalablement retenus par les partenaires du projet. Il s'agit de la Plage de la Perle sur la commune de Deshaies, des plages de Saint-Félix et des Salines sur la commune de Gosier, de la plage du Bourg de Saint-Anne, de la plage des Raisins Clairs sur la commune de Saint-François, de la plage de l'Autre Bord sur la commune du Moule, de la plage à Fanfan sur la Désirade et de la plage de Folle Anse sur la commune de Grand Bourg (Marie-Galante)

Différentes techniques ont été mises en œuvre afin de suivre régulièrement l'évolution morpho-sédimentaire des sites pilotes. Des mesures topo-bathymétriques ont été réalisées à terre (trait de côte et profils de plage) et en mer (profils bathymétriques) entre 2016 et 2017 à une fréquence saisonnière (au cours du carême de décembre à mai et au cours de l'hivernage de juin à novembre). L'usage ponctuel de la photogrammétrie par drone a également été testé à titre expérimental sur deux sites pilotes. Des contraintes techniques, parfois liées à la morphologie des sites, ont amené à reconsidérer et redéfinir certains sites au cours du projet en concertation avec le comité de pilotage.

La comparaison des traits de côte (jet de rive et limite de végétation) acquis sur le terrain avec les traits de côte historiques, issus de la base de données créée dans le premier volet de l'étude, a permis de mettre en perspective les résultats des campagnes de suivi avec les tendances d'évolutions observées sur le long terme (1950-2013) et sur le moyen terme (1998-2013). Les résultats sont représentés sous forme de cartes mais aussi de profils altimétriques qui rendent compte de l'évolution morphologique des secteurs étudiés. Ces profils ont pu être comparés avec les campagnes photogrammétriques, réalisées sur les 2 sites pilotes concernés, permettant d'estimer les volumes sédimentaires déplacés au cours de la période d'observation et de calculer des bilans sédimentaires.

Ces mesures ont permis d'observer que la majorité des sites pilotes présentent effectivement une tendance à l'érosion mais que les dynamiques d'évolution sont assez contrastées selon les sites étudiés. Les observations saisonnières réalisées au cours de l'année 2017 ont notamment permis de caractériser l'impact de l'ouragan MARIA et de caractériser l'effet de certains ouvrages de protection (Plage de Raisins Clairs notamment). Plus généralement, ces mesures permettent d'améliorer la connaissance sur le fonctionnement morpho-sédimentaire des sites étudiés. Ces premières observations permettent de dresser une classification des sites pilotes selon leur dynamique d'évolution.

On peut considérer un premier groupe de sites pilotes constitués des plages pas ou peu influencées par les perturbations anthropiques et présentant une tendance chronique à l'érosion du trait de côte. Il s'agit notamment des plages de Saint-Félix, des Salines et de Folle Anse. Sur ces trois plages le bilan sédimentaire présente un déséquilibre chronique qui se traduit par un recul continu du trait de côte. Pour les sites de Saint-Félix et de Folle Anse, on observe un recul compris entre 50 et 100 m depuis 1950. Cette dynamique se traduit généralement par un abaissement de l'avant-plage (Folle-Anse par exemple) et un recul de la végétation sur la période récente.

Le second groupe est constitué par les plages aménagées en contexte urbain, il est représenté par les sites de la plage du Bourg de Saint-Anne et de la plage des Raisins Clairs. Sur ces deux sites des aménagements de protection ont été réalisés. Les effets de ces aménagements sont à la fois visibles sur le moyen terme, avec la disparition des plages situées au pied des ouvrages de protection longitudinaux (mur de protection le long de la route nationale dans l'Anse de Saint-Anne par exemple), et sur le court terme avec l'amplification de l'érosion en aval des ouvrages de protection pour le cas de la plage des Raisins Clairs. Les impacts des ouvrages de protection sur ces deux sites sont généralement localisés mais ils peuvent avoir des répercussions indirectes à l'échelle de l'ensemble la cellule sédimentaire en perturbant les échanges sédimentaires longitudinaux. Par exemple, la partie est de la plage des Raisins Clairs, située à proximité de l'enrochement du restaurant, a reculé de 7 m suite au passage de l'ouragan MARIA et présente un déficit sédimentaire important tandis que le reste de la plage c'est globalement engraisé. Les impacts de l'ouragan MARIA ont également été importants sur la plage du Bourg de Saint-Anne (déracinement des épis de protection, projection importante de sable sur le parking et submersion de l'arrière plage) mais la plage semble se reconstituer naturellement depuis.

Le troisième groupe est représenté par les plages en équilibre dynamique, caractéristique du site de la plage de la Perle. Sur ce site on observe une importante mobilité du stock sédimentaire au sein de la cellule. En effet, cette plage semble sujette à des phénomènes de balancement sédimentaire (ou rotation de plage) d'une extrémité à l'autre de l'anse selon l'évolution des conditions hydrodynamiques (houle principalement). L'érosion d'une partie de la plage est généralement compensée par une accrétion d'une autre partie. Cette dynamique est représentative des grandes plages de poche exposées à la houle du large. Sur la période récente on constate que le stock sédimentaire migre vers le nord-est de plage. Ce transfert de sédiment mis en évidence dès la première période de mesure a été amplifié suite au passage de l'ouragan MARIA. Ainsi on observe une accumulation de sable dans la partie nord-est de la plage et une érosion dans sa partie centrale et son extrémité au sud-ouest.

On identifie un quatrième groupe composé des plages présentant un équilibre sur le long terme. Ce groupe est représenté par la plage de l'Autre Bord sur la commune du Moule. En effet, ce site semble connaître une relative stabilité dans le temps et subir peu ou pas de perturbations anthropiques. Cette stabilité traduit une bonne capacité de résilience de la plage face aux événements de forte intensité même si pendant la période hivernale ce site est très exposé aux houles de secteur nord qui peuvent ponctuellement affecter cette façade côtière.

Enfin, parmi les sites étudiés la dynamique de la plage de Grande Anse et de Fanfan sur la Désirade est assez singulière. On observe en effet sur le long terme une progradation de la pointe sableuse située entre ces deux anses (plage convexe). Cette configuration en double baie est liée à la morphologie du récif frangeant interrompu par deux passes par lesquelles les houles se propagent et convergent au niveau de cette pointe sableuse (effet tombolo). Il s'agit donc probablement d'une évolution naturelle, cependant l'impact des infrastructures portuaires situées plus à l'est peuvent être à l'origine de perturbations à l'échelle de la cellule sédimentaire qui n'ont pas pu être qualifiées dans le cadre de cette étude. Sur la période récente ce site est plutôt stable.

Ce réseau de suivi a pour ambition de s'inscrire durablement dans le temps ainsi que dans les collaborations entre les acteurs de la gestion du trait de côte. Ainsi plusieurs perspectives de développement sont proposées en conclusion.

D'un point de vue technique, il s'agira de poursuivre les expérimentations des techniques de suivi innovantes. Les levés photogrammétriques par drone pourront être étendus à d'autres sites et une réflexion spécifique sur les côtes à falaises meubles pourra être menée afin de définir un protocole de suivi adapté à ce type d'environnement. Par ailleurs, il s'agira de mieux prendre en compte le forçage de la houle dans les interprétations à partir des données d'observation et/ou les ré-analyses de modèles actuellement disponibles.

Au regard des premiers résultats et en concertation avec les partenaires du projet, certains sites pourront être ajoutés ou supprimés. Tout du moins, le protocole de suivi pourra être adapté au besoin selon les spécificités et les enjeux rencontrés sur chaque site (suivi allégé, suivi intermédiaire, suivi renforcé).

Plus généralement, il s'agira de mener une réflexion sur les missions et les actions du réseau dans une perspective de collaboration opérationnelle et durable avec l'ensemble des acteurs de l'aménagement et la gestion du littoral guadeloupéen. Par exemple des modalités d'intervention spécifiques pourront être étudiées afin d'élargir les missions du réseau sous la forme d'expertises ponctuelles.

Sommaire

1. Introduction	13
2. Contexte physique de l'archipel Guadeloupéen	15
2.1. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET MORPHOLOGIQUES.....	15
2.1.1. Géologie	15
2.1.2. Topographie et bathymétrie	16
2.1.3. Morphologie du littoral.....	17
2.2. CONTEXTE HYDRO-CLIMATIQUE	20
2.2.1. Les vents	20
2.2.2. La houle.....	20
2.2.3. Les courants côtiers.....	21
2.2.4. Le niveau marin	21
2.2.5. Les évènements extrêmes	23
2.2.6. Evènements de fortes intensités sur la période récentes (2016-2017)	27
3. Protocole de suivi	31
3.1. LE SUIVI TOPO-BAHYMETRIQUE.....	32
3.1.1. Les levés topographiques terrestres	33
3.1.2. Les levés bathymétriques en mer	34
3.2. LE SUIVI PHOTOGRAMETRIQUE PAR DRONE	36
3.3. LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE	39
3.4. AUTRES SOURCES DE DONNEES UTILISEES	39
3.4.1. La base de données sur les traits de côte historiques.....	39
3.4.2. Les données Litto3D	40
4. Présentation des sites pilotes	41
5. Analyses et interprétations.....	45
5.1. LA PLAGE DE LA PERLE – DESHAIES	45
5.1.1. Evolutions sur le long et moyen terme	46
5.1.2. Evolutions récentes (2016-2017)	48
5.1.3. Bilan des observations récentes sur la plage de la Perle	57
5.2. SAINT FELIX – GOSIER.....	58
5.2.1. Evolutions sur le long et moyen terme	59
5.2.2. Evolutions récentes (2016-2017)	61
5.2.3. Bilan des observations récentes sur la plage de Saint-Félix.....	66

5.3. LA SALINE – GOSIER.....	67
5.3.1. Evolutions sur le long et moyen terme	68
5.3.2. Evolutions récentes (2016-2017)	70
5.3.3. Bilan des observations récentes sur la plage de la Saline	75
5.4. PLAGE DU BOURG – SAINTE-ANNE.....	76
5.4.1. Evolutions sur le long et moyen terme	77
5.4.2. Evolutions récentes (2016-2017)	79
5.4.3. Bilan des observations récentes sur la plage du Bourg	85
5.5. RAISINS CLAIRS – SAINT-FRANÇOIS.....	86
5.5.1. Evolutions sur le long et moyen terme	87
5.5.2. Evolutions récentes (2016-2017)	89
5.5.3. Bilan des observations récentes sur la plage des Raisins Clairs.....	97
5.6. L'AUTRE BORD – LE MOULE	98
5.6.1. Evolutions sur le long et moyen terme	99
5.6.2. Evolutions récentes (2016-2017)	101
5.6.3. Bilan des observations récentes sur la plage de l'Autre Bord	106
5.7. PLAGE A FANFAN ET GRANDE ANSE - LA DESIRADE	107
5.7.1. Evolutions sur le long et moyen terme (1950-2013).....	108
5.7.2. Evolutions récentes	109
5.7.3. Bilan des observations récentes sur la plage de Fanfan.....	113
5.8. FOLLE ANSE – GRAND BOURG (MARIE GALANTE).....	114
5.8.1. Evolutions sur le long et moyen terme	115
5.8.2. Evolutions récentes (2016-2017)	116
5.8.3. Bilan des observations récentes sur la plage des Trois-Ilets.....	120
6. Bilan général des observations	121
6.1. PERTINENCES ET COMPLEMENTARITE DES INDICATEURS DE SUIVI ..	121
6.2. IMPACT DE L'OURAGAN MARIA ET CAPACITE DE RESILIENCE	121
6.3. SYNTHESE DES EVOLUTIONS OBSERVEES PAR SITES.....	122
6.4. CLASSIFICATION DES SITES PILOTES SELON LEUR DYNAMIQUE D'EVOLUTION	
125	
7. Conclusion	127
8. Bibliographie.....	129

Liste des illustrations

Illustration 1 – Carte géologique simplifiée d'après le guide des curiosités géologiques de la Guadeloupe (Graviou et al., 2011)	15
Illustration 2 – Topographie de l'archipel Guadeloupéen (Figure issue du magazine Géoscience n°14)	16
Illustration 3 : Définition des unités côtières selon la morphologie et l'exposition aux conditions hydrodynamiques du littoral Guadeloupéen	17
Illustration 4 – Type de côte représenté sur l'archipel guadeloupéen (D'après Guillen et al., 2017)	18
Illustration 5 - Morphologie du littoral de Guadeloupe.....	19
Illustration 6 : Rose des vents de l'année 2016 au Raizet (Météo France, Bulletin Climatique Annuel 2016)	20
Illustration 7- Les principaux facteurs à l'origine des surcôtes marines (BRGM).....	22
Illustration 8 – Trajectoire des ouragans à proximité de la Guadeloupe depuis 1950 d'après les données issues de la base de données IBTRACS (2017)	25
Illustration 9 - Trajectoire du cyclone MARIA (Météo-France, 2017)	27
Illustration 10 – A droite recul de du trait de côte sur la plage de Grande Anse à Terre de Haut (septembre 2017) et à gauche dégâts observés sur la plage de Grande Anse à Terre de Bas	28
Illustration 11 –Erosion de la la plage de l'Anse Salée à Capesterre-Belle-Eau	28
Illustration 12 –Erosion de la plage du Souffleur (La Désirade).....	29
Illustration 13 - Erosion de la palge de la Ferrière sur la commune de Capesterre de Marie Galante (septembre 2017).....	29
Illustration 14 - Carte synthétique des impacts littoraux en termes d'érosion sur l'archipel guadeloupéen suite au passage de Maria d'après Legendre et Guillen (2017)	30
Illustration 15 - Fonctionnement d'un DGPS en mode RTK. (Élaboré par Manuelle Philippe et Sébastien Hervé d'après Jaud, 2011) et mise en place du dispositif pour la campagne de terrain sur le site de la Plage de la Perle (Dehais)	32
Illustration 16 – Levé de la position du jet de rive par l'opérateur sur le terrain.....	33
Illustration 17 – Exemples d'acquisition de point au DGPS le long d'un profil de référence	34
Illustration 18 : Exemple de profil de plage sur la plage des Raisins Clairs.....	34
Illustration 19 : Sondeur monofaisceau et montage du système de mesure sur une annexe ...	35
Illustration 20 - Exemple de représentation d'un profil topo-bathymétrique complet sur la plage de la Perle.....	35
Illustration 21 : Drone et cible de référence utilisée comme points de contrôle.....	36
Illustration 22 – Levé drone de la plage des Raisins Clairs (Mars 2017).	36
Illustration 23 – Densité du nuage de point obtenu sur la plage des Raisins Clairs en mars 2017	37
Illustration 24 – Bilan sédimentaire de la plage des Raisins Clairs entre 2010 et mars 2017. ...	38
Illustration 25 - Modèle numérique de surface obtenu par photogrammétrie – Plage de la Perle (mars 2017).....	38
Illustration 26 – Modèle numérique de terrain Litto3D dans le secteur de la plage des raisins clairs à Saint-François (data.shom.fr)	40

Illustration 27 : Carte de localisation des sites d'étude.....	41
Illustration 28 : Tableau synthétique des sites pilotes suivis sur la période d'observation (en vert : sites suivis sur l'ensemble de la période d'observation 2016-2017 ; en rouge : sites abandonnés en 2016 ; en violet : nouveaux sites sites suivi en 2017).....	42
Illustration 29 : Erosion de la falaise d'Anse Noyée (Sainte-Rose).....	43
Illustration 30 –Erosion de la Falaise site du Quartier Bel Air (Petit-Bourg).....	43
Illustration 31 - Morphologie du site de la Plage de la Perle	45
Illustration 32 - Plage de la Perle (Vue depuis le centre vers le nord-est, Mars 2017)	46
Illustration 33 – Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plage de la Perle (fond de carte Ortho IGN 2010).....	47
Illustration 34 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage de la Perle (fond de carte Ortho IGN 2010).....	48
Illustration 35 – Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – La Perle (fond de carte Ortho IGN 2010).....	49
Illustration 36 –Positionnement des profils de référence sur le site de la plage de la Perle	50
Illustration 37 – Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Ouest – plage de la Perle.....	51
Illustration 38 - Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Centre – plage de la Perle.....	52
Illustration 39 – Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Est – plage de la Perle....	53
Illustration 40 - Modèle numérique de terrain de la palge de La Perle en Juillet 2016	54
Illustration 41 - Modèle numérique de terrain de la plage de La Perle en Mars 2017	54
Illustration 42 –Modèle numérique de terrain de la plage de la Perle en Novembre 2017	55
Illustration 43 - Evolution de la hauteur de plage entre juillet 2016 et mars 2017.....	56
Illustration 44 – Evolution de la hauteur de plage entre mars 2017 et novembre 2017	56
Illustration 45 – Morphologie du site de la plage de Saint Félix	58
Illustration 46 – Panorama de la plage de Saint-Félix depuis le pointe rocheuse située au nord-est du site (octobre 2017)	59
Illustration 47 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plage de Saint-Felix (fond de carte Ortho IGN 2010)	60
Illustration 48 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage de Saint-Felix (fond de carte Ortho IGN 2010)	61
Illustration 49 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Saint-Félix (fond de carte Ortho IGN 2010).....	62
Illustration 50 - Positionnement des profils de référence sur la plage de Saint-Félix	63
Illustration 51 –Dépôt de sargasses échouées sur la plage de Saint-Félix (campagne de mars 2017)	63
Illustration 52 - Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Ouest – plage de Saint-Félix.....	64
Illustration 53 - Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Centre – plage de Saint-Félix	65
Illustration 54 - Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Est – plage de Saint-Félix	66
Illustration 55 – Morphologie du site de la plage de la Saline	67
Illustration 56 – Plage de la Saline (vue vers le sud, Mars 2017)	68

Illustration 57 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – plage de la Saline (fond de carte Ortho IGN 2010)	69
Illustration 58 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage de la Saline (fond de carte Ortho IGN 2010)	70
Illustration 59 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Plage de la Saline (fond de carte Ortho IGN 2010)	71
Illustration 60 - Positionnement des profils de référence sur la plage de la Saline.....	72
Illustration 61 – Evolution du profil de plage Nord – Plage de la Saline	73
Illustration 62 – Evolution du profil de plage Centre – Plage de la Saline	74
Illustration 63 - Evolution du profil de plage Sud – Plage de la Saline.....	75
Illustration 64 - Morphologie du site de la plage du Bourg	76
Illustration 65 – Vue de la plage du Bourg de Sainte-Anne vers l'ouest avec les épis de protection en second plan (octobre 2017)	77
Illustration 66 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plage du Bourg (fond de carte Ortho IGN 2010).....	78
Illustration 67 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage du Bourg (fond de carte Ortho IGN 2010)	79
Illustration 68 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Plage du Bourg (fond de carte Ortho IGN 2010)	80
Illustration 69 – photographies de la plage suite au passage du cyclone Maria (photographies du 25 Septembre 2017).	81
Illustration 70 – Photographies illustrant la reconstruction naturelle de la plage après Irma et Maria (photographies du 17 octobre 2017).	82
Illustration 71 - Photographies illustrant la reconstruction naturelle de la plage après Irma et Maria (photographies du 22 novembre 2017).	82
Illustration 72 - Positionnement des profils de référence sur la plage de Saint-Anne	83
Illustration 73 – Evolution du profil Ouest –Plage du Bourg.....	83
Illustration 74 – Evolution du profil Centre - Plage du Bourg	84
Illustration 75 – Evolution du profil Est 1 – Plage du Bourg	84
Illustration 76 – Evolution du profil Est 2 – Plage du Bourg	85
Illustration 77 – Evolution du profil Est 3 – Plage du Bourg	85
Illustration 78 - Morphologie du site de la plage des Raisins Clairs.....	86
Illustration 79 –Plage des Raisins Clairs (octobre 2016)	87
Illustration 80 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plages des Raisins Clairs (fond de carte Ortho IGN 2010).....	88
Illustration 81 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage des Raisins Clairs (fond de carte Ortho IGN 2010)	89
Illustration 82 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Plage des Raisins Clairs (fond de carte Ortho IGN 2010)	90
Illustration 83 – Important talus d'érosion observé dans le secteur nord-est de la plage suite au passage du cyclone MARIA (BRGM, 25/09/2017)	91
Illustration 84 - Affleurement du géotextile installé suite au travaux de protection du cimetière réalisés par la DAC en 2015 (BRGM, 25/09/2017)	91

Illustration 85 - Positionnement des profils de référence sur la plage des Raisins Clairs.....	92
Illustration 86 – Evolution du profil Sud- Plage des Raisins Clairs.....	93
Illustration 87 - Evolution du profil Centre - Plage des Raisins Clairs	94
Illustration 88 - Evolution du profil Centre - Plage des Raisins Clairs	95
Illustration 89 - Modèle numérique de terrain de la plage des Raisins Clairs (Mars 2017).....	96
Illustration 90 - Modèle numérique de terrain de la plage des Raisins Clairs (Novembre 2017)	96
Illustration 91 – Evolution de la hauteur de plage entre mars 2017 et novembre 2017	97
Illustration 92 - Morphologie du site de la plage de l'Autre Bord	98
Illustration 93 - Plage de l'Autre Bord (vue vers l'ouest, mars 2017)	99
Illustration 94 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plage de l'Autre Bord (fond de carte Ortho IGN 2010).....	100
Illustration 95 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage de l'Autre Bord (fond de carte Ortho IGN 2010)	101
Illustration 96 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Plage de l'Autre Bord (fond de carte Ortho IGN 2010)	102
Illustration 97 - Positionnement des profils de référence sur la plage de l'Autre Bord.....	103
Illustration 98 – Evolution du profil ouest – Plage de l'Autre Bord	104
Illustration 99 – Evolution du profil centre – Plage de l'Autre Bord	105
Illustration 100 – Evolution du profil est – Plage de l'Autre Bord	106
Illustration 101- Morphologie de la plage à Fanfan et de Grande Anse – La Désirade	107
Illustration 102 – Plage de Fanfan (octobre 2017)	108
Illustration 103 –Evolution historique du trait de côte entre 1950 et 2013 – Plage à Fanfan et Grande Anse (fond de carte Ortho IGN 2010)	109
Illustration 104 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 - Plage de Fanfan et de Grande Anse (fond de carte Ortho IGN 2010)	110
Illustration 105 - Positionnement des profils de référence sur la plage de Fanfan	111
Illustration 106 - Evolution du profil P1 – Plage de Fanfan	111
Illustration 107 - Evolution du profil P2 – Plage de Fanfan	112
Illustration 108 - Evolution du profil P3 – Plage de Fanfan	112
Illustration 109 - Evolution du profil P4 – Plage de Fanfan	112
Illustration 110 - Evolution du profil P5 – Plage de Fanfan	113
Illustration 111 - Morphologie du site de Folle Anse	114
Illustration 113 – Vue de la plage des Trois-Ilets vers le nord (mars 2017)	115
Illustration 112 – Evolution historique du trait de côte sur la période 1950-2013 et tendances d'évolution associées – Plage des Trois-Ilets (fond de carte Ortho IGN 2010)	116
Illustration 114 – Localisation des profils de référence sur le site de la plage des Folle Anse .	117
Illustration 115 - Evolution du profil nord – Plage de Folle Anse.....	118
Illustration 116 - Evolution du profil centre – Plage de Folle Anse	119
Illustration 117 – Evolution du profil sud – Plage de Folle Anse	120

1. Introduction

Avec un linéaire côtier de plus de 630 km, l'archipel de la Guadeloupe est connu pour sa vulnérabilité aux risques côtiers compte tenu des enjeux présents à proximité de son littoral et de son exposition aux aléas cycloniques ainsi qu'à l'érosion côtière (Roques *et al.*, 2010).

Au regard de la vulnérabilité du littoral français aux phénomènes d'érosion côtière, le Grenelle de la mer a recommandé que la France se dote d'une stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte. Cette stratégie nationale adoptée par le ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie en 2012 préconise :

- de développer un système d'observation pérenne du phénomène physique, de ses conséquences et des différents dispositifs de défense ;
- de préparer la méthodologie de projets de territoire sur les périmètres pertinents pour intégrer, lorsque cela s'avérera approprié, des solutions de recul stratégique (relocalisation des activités et des biens exposés aux risques littoraux forts) ;
- de tirer un bilan des méthodes de lutte contre l'érosion et en particulier des dispositifs innovants utilisés à l'étranger.

Malgré les diverses études réalisées en Guadeloupe pour des besoins précis et ponctuels, les connaissances sur la dynamique sédimentaire des zones côtières à l'échelle de la Guadeloupe restent limitées et fragmentées. Pour y répondre, le BRGM a réalisé en 2010 une étude sur l'évolution historique du trait de côte à l'échelle de l'archipel guadeloupéen (Roques *et al.*, 2010). Elle a permis d'apprécier la nature du littoral dans son ensemble et les tendances d'évolution associées. Ainsi, 43 sites soumis à une forte érosion ont été identifiés, dont huit considérés comme sensibles à l'érosion côtière et présentant de forts enjeux humains, environnementaux et socio-économiques.

Ce projet réalisé en partenariat avec la DEAL Guadeloupe, la Région Guadeloupe et le BRGM, a pour objectif de poursuivre ces observations et d'acquérir de manière pérenne et régulière des données dans une démarche de meilleure compréhension des processus côtiers afin de fournir des éléments d'aide à la décision auprès des acteurs de l'aménagement et de la gestion du littoral guadeloupéen.

Le projet a été divisé en deux volets, le premier traite de l'évolution historique du trait de côte depuis 1950 à l'échelle régionale (Guillen *et al.* 2017). Cette étude réalisée à partir des prises de vues aériennes et satellitaires issues des archives de l'IGN et du CNES a permis de mettre à jour le travail de Roques *et al.* (2010). Le second volet, présenté dans ce rapport, a pour objectif d'initier la mise en œuvre d'un réseau de suivi du trait de côte. Dans ce cadre, 8 sites pilotes ont été sélectionnés par le Comité de Pilotage, parmi les 43 sites identifiés par Roques *et al.* (2010) comme sensibles à l'érosion côtière.

Après un rappel du contexte physique du littoral, le protocole de suivi adapté à la Guadeloupe, détaillant les techniques et les indicateurs utilisés est présenté. Pour chaque site, les évolutions pluriannuelles et récentes sont analysées. Les analyses s'appuient à la fois sur les données topobathymétriques acquises directement sur le terrain à une fréquence saisonnière (au cours du carême de décembre à mai et au cours de l'hivernage de juin à novembre) ainsi que sur les données d'évolution historiques du trait de côte (Guillen *et al.*, 2017). Enfin, un bilan général des observations et les perspectives de développement du réseau de suivi sont proposées en conclusion.

2. Contexte physique de l'archipel Guadeloupéen

La Guadeloupe est composée de deux îles principales, la Basse-Terre, d'une superficie de 848 km² et la Grande-Terre avec ses 583 km². Les deux îles principales sont séparées par un étroit bras de mer (la Rivière Salée). L'archipel est également composé de 5 autres îles : Marie-Galante, la Désirade, l'Archipel des Saintes formé de Terre-de-haut et de Terre-de-bas, ainsi que les îles de Petite-Terre, qui sont rattachées administrativement à la Guadeloupe, pour une surface totale de 1628 km².

2.1. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES ET MORPHOLOGIQUES

2.1.1. Géologie

Les caractéristiques géologiques de la Guadeloupe mettent en évidence un découpage en deux ensembles distincts, avec d'un côté la Grande-Terre, Marie-Galante et la Désirade, et de l'autre la Basse-Terre et les Saintes (Illustration 1).

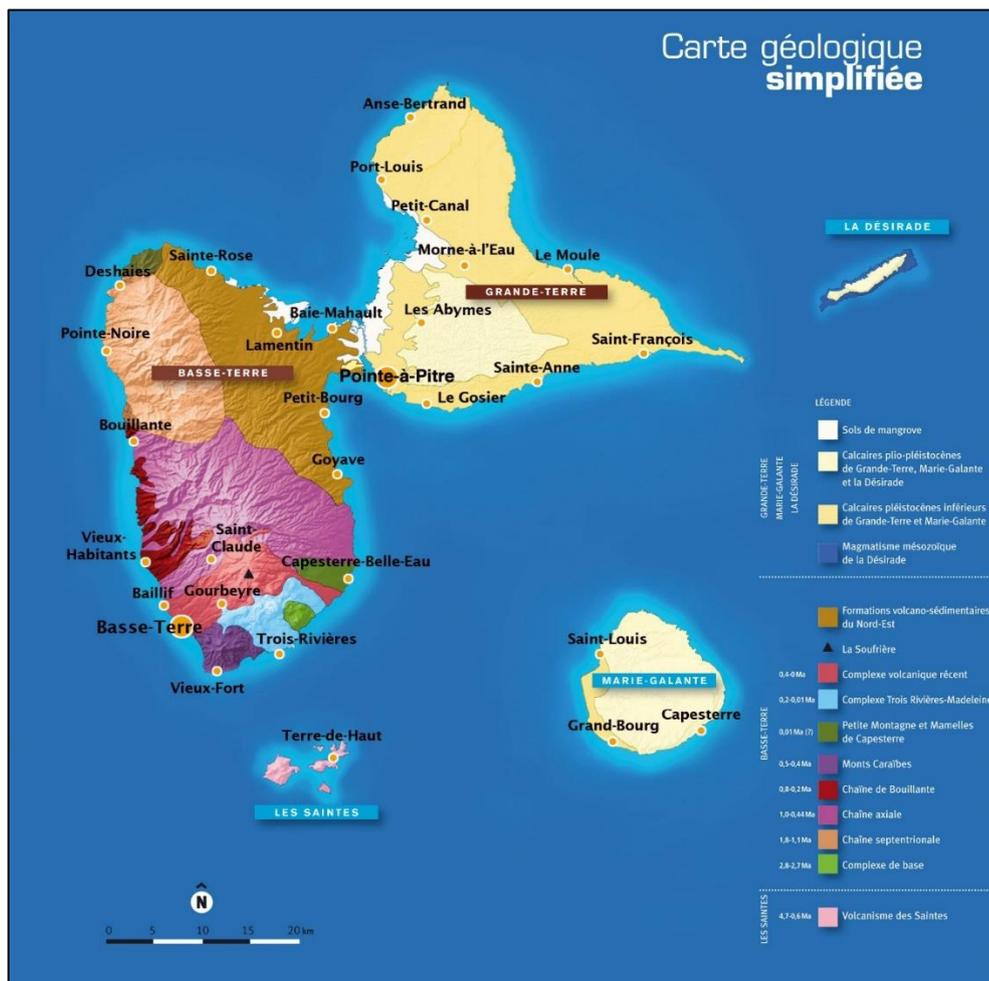


Illustration 1 – Carte géologique simplifiée d'après le guide des curiosités géologiques de la Guadeloupe (Graviou et al., 2011)

Le premier ensemble, le plus ancien, regroupe des îles volcaniques anciennes recouvertes de formations calcaires témoins d'une sédimentation carbonatée récifale récente (5Ma). C'est l'île de la Désirade qui est la plus ancienne, ses origines remontent à l'ère secondaire (-145Ma). La Grande-Terre et Marie Galante, datent de l'ère tertiaire et appartiennent à l'arc externe des petites Antilles, dont le volcanisme est achevé depuis le Miocène.

La Basse-Terre et les Saintes appartiennent à l'arc interne, situé plus à l'Ouest, actif depuis le Miocène (-22 millions d'années). Ce sont des îles montagneuses formées de roches volcaniques d'âge Tertiaire ou Quaternaire. Le volcanisme de la Basse-Terre a débuté il y a environ 3 million d'années. Aujourd'hui le seul volcan en activité en Guadeloupe est le massif de la Soufrière qui représente le point culminant des Petites-Antilles (1467m).

2.1.2. Topographie et bathymétrie

Les îles montagneuses de La Basse-Terre et de l'archipel des Saintes présentent de forts reliefs (îles volcaniques) tandis que le relief de Grande-Terre, de la Désirade et de Marie Galante est moins marqué (plate-forme carbonatée).

Le plateau insulaire de la Guadeloupe est constitué par un vaste ensemble à dominante corallienne qui présente vers le large un escarpement important, dont le dénivelé atteint parfois plusieurs centaines de mètres. Le plateau insulaire est particulièrement développé au sud de la Grande-Terre et de la Désirade ainsi que dans le secteur du Grand-Cul-de-Sac-Marin (Illustration 2). Dans ces secteurs, il joue un rôle de protection important vis-à-vis des houles du large.

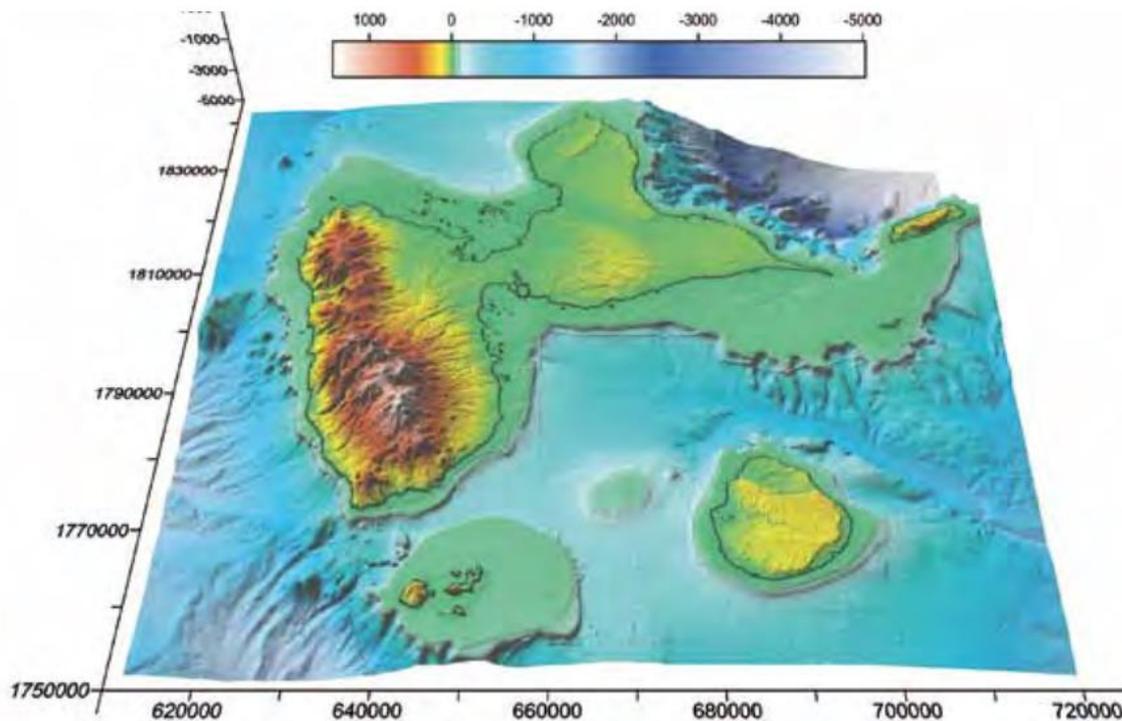


Illustration 2 – Topographie de l'archipel Guadeloupéen (Figure issue du magazine Géoscience n°14)

2.1.3. Morphologie du littoral

D'après Roques et al. (2010), l'archipel guadeloupéen peut être décomposé selon les 10 unités morpho-sédimentaires suivantes (Illustration 3) :

- La côte Atlantique de la Grande-Terre,
- Le Grand-Cul-de-Sac Marin,
- La côte-sous-le-vent de la Basse-Terre,
- La côte-au-vent de la Basse-Terre,
- Le Petit-Cul-de-Sac Marin,
- La Riviera de la Grande-Terre,
- Les côtes nord et sud de la Désirade,
- Les côtes au vent et sous le vent de Marie-Galante
- L'archipel des Saintes,
- Petite-Terre.

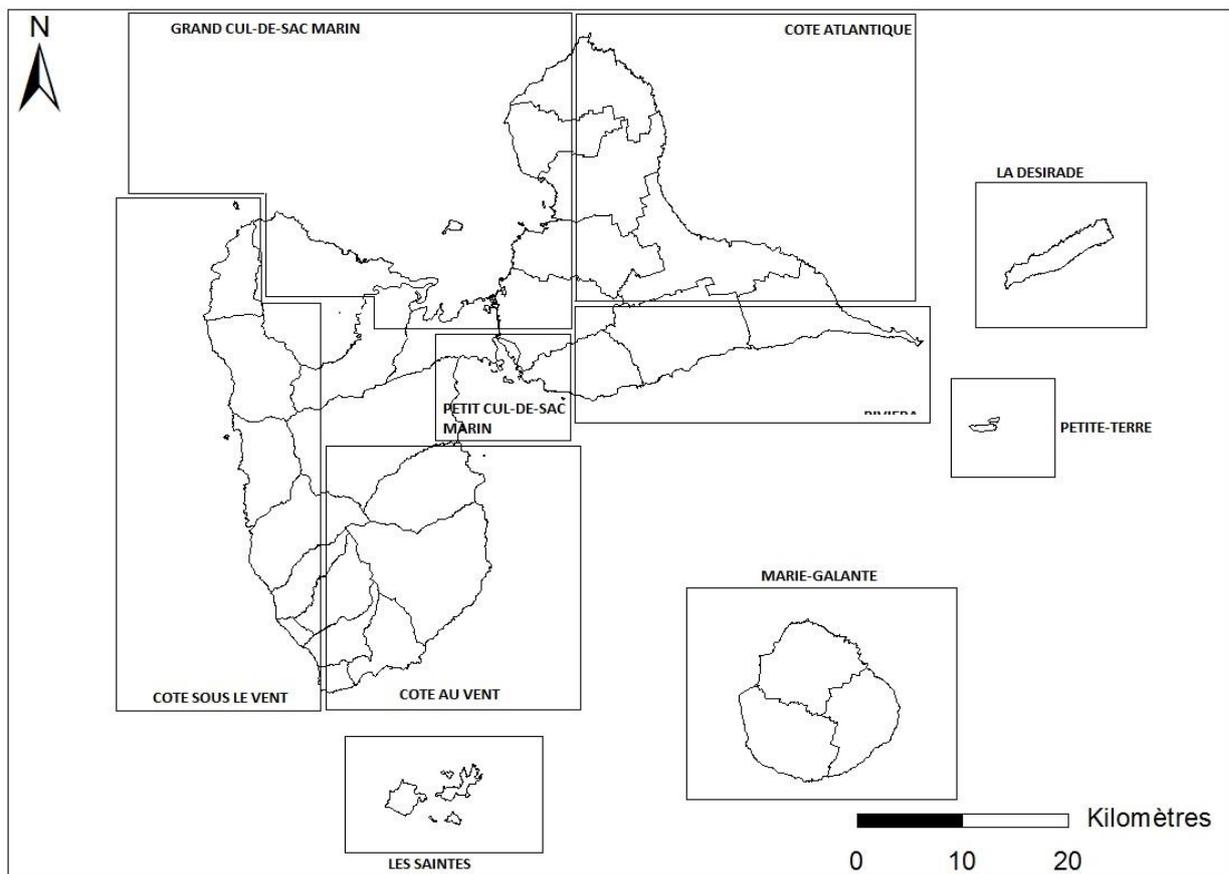


Illustration 3 : Définition des unités côtières selon la morphologie et l'exposition aux conditions hydrodynamiques du littoral Guadeloupéen

Le littoral de l'archipel Guadeloupéen présente une grande diversité morphologique (Guillen et al., 2017 et Illustration 4). Plus de la moitié du linéaire côtier est représenté par des côtes rocheuses (110 km), les côtes basses sableuses ou à galets représentent 18% du linéaire (110 km), les mangroves et les estuaires représentent 17 % des côtes (100 km) et enfin 11% du linéaire côtier est artificialisé (66 km).

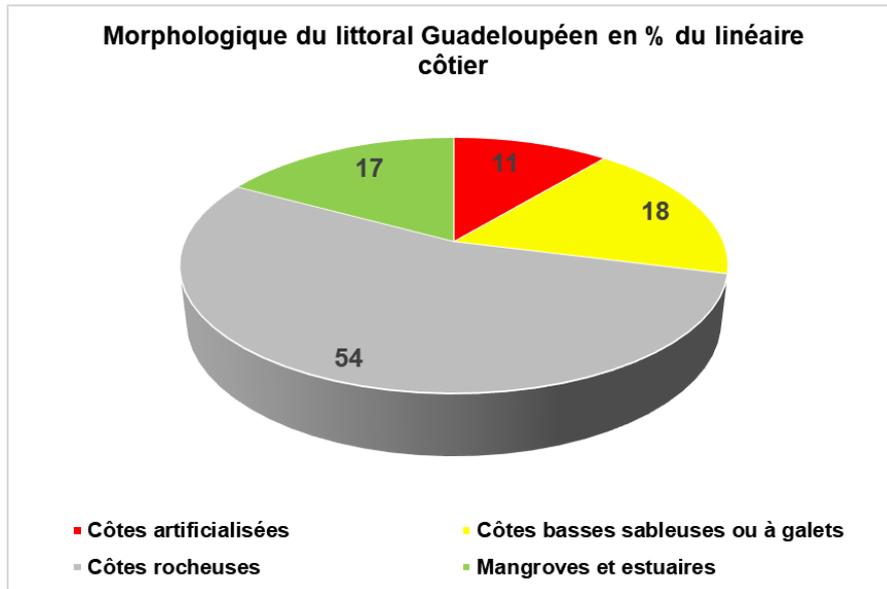


Illustration 4 – Type de côte représenté sur l’archipel guadeloupéen (D’après Guillen et al., 2017)

La carte ci-après présente la répartition du type de côte sur l’ensemble de l’archipel guadeloupéen (Illustration 5).

Les côtes escarpées à falaise sont majoritairement présentes au nord-est de la Grande-Terre, au nord de Marie-Galante et de la Désirade suite aux mouvements tectoniques qui les ont affectées. Ces côtes escarpées à falaise sont également représentées de manière notable sur la côte sous le vent de la Basse-Terre dans les formations vulcano-sédimentaires.

Le littoral du sud de la Grande-Terre, de Marie-Galante et de la Désirade ainsi que la côte Atlantique de la Basse-Terre est principalement composée de côtes basses sableuses ou rocheuses.

Enfin, dans les secteurs abrités, tels que le du Grand Cul de Sac Marin ou le Petit Cul de Sac Marin, la mangrove s’est particulièrement bien développée et occupe naturellement la majeure partie du domaine côtier.

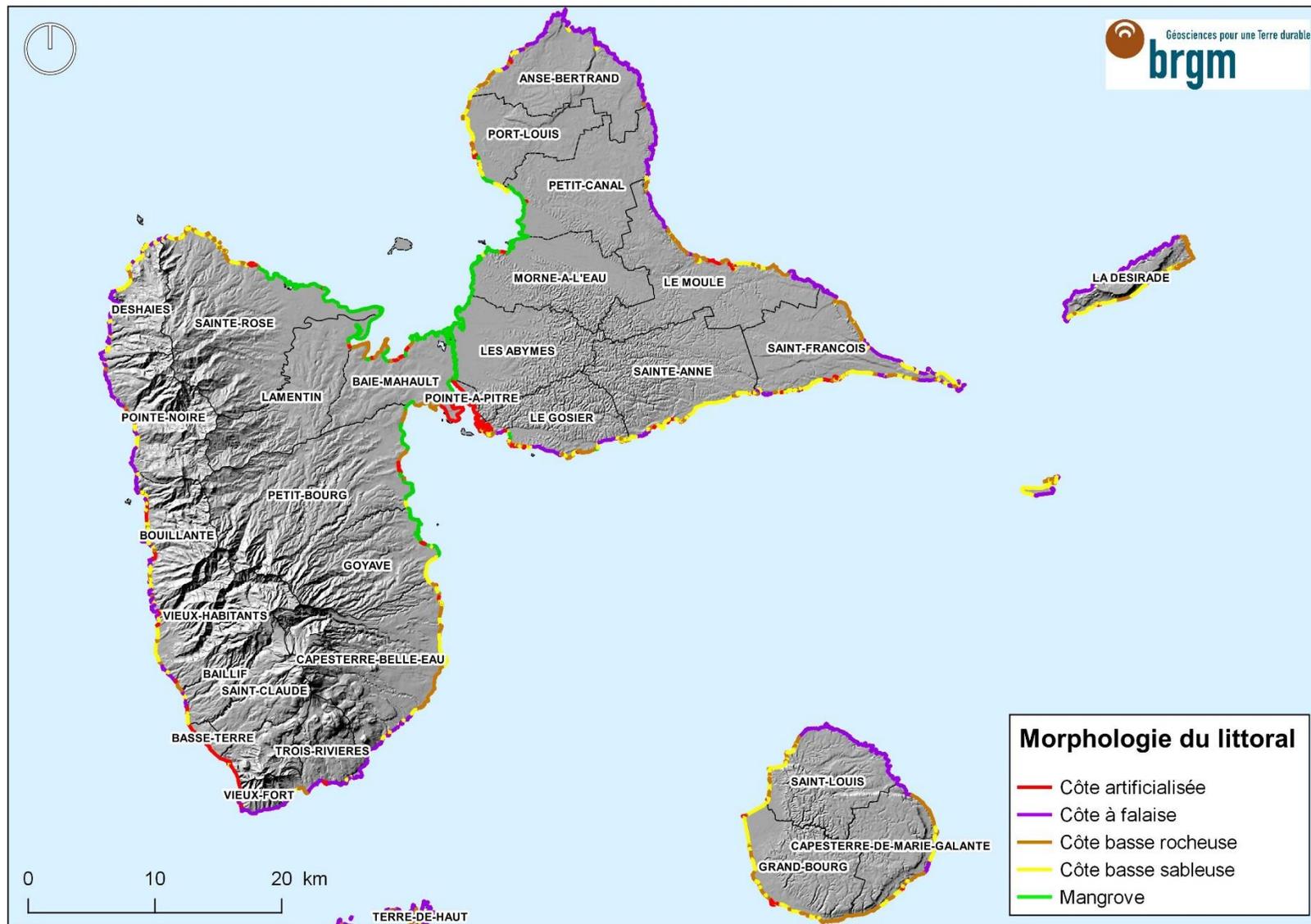


Illustration 5 - Morphologie du littoral de Guadeloupe

2.2. CONTEXTE HYDRO-CLIMATIQUE

Les conditions climatiques et hydrodynamiques sont ici rappelées succinctement : les vents, les courants, le niveau marin, les houles et les événements cycloniques sont en relation directe avec la dynamique morpho-sédimentaire.

2.2.1. Les vents

Ce sont les Alizés, vents de secteur dominant nord-est à est (et plus rarement sud-est) qui caractérisent le régime principal des vents en Guadeloupe (Illustration 6). Ils soufflent en moyenne à une force de 4 à 5 sur l'échelle de Beaufort.

D'autres régimes plus ponctuels peuvent se rencontrer, notamment des vents de secteur sud-sud-est, de secteur sud à sud-ouest et de secteur nord. Enfin, des vents de force supérieure à 12 sur l'échelle de Beaufort peuvent survenir en cas de cyclones.

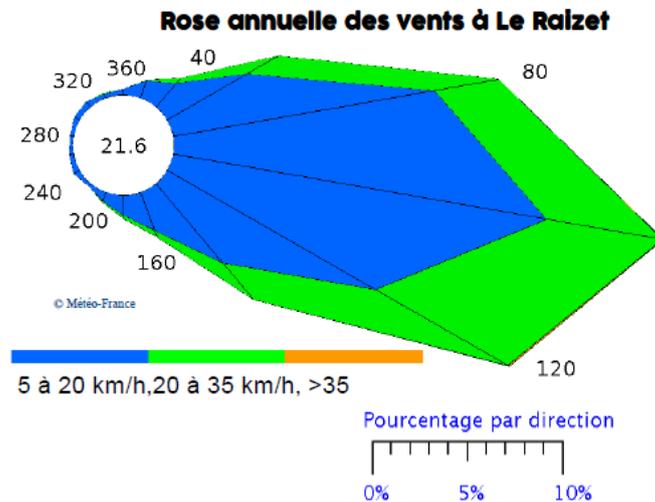


Illustration 6 : Rose des vents de l'année 2016 au Raizet (Météo France, Bulletin Climatique Annuel 2016)

2.2.2. La houle

En Guadeloupe, 3 principaux régimes de houle peuvent être rencontrés au large de l'archipel :

- la houle de secteur nord-est à sud-est dite d'alizés est la plus fréquente mais peu énergétique (période inférieure à 10 sec) ;
- la houle de secteur nord à nord-ouest est peu fréquente (une dizaine d'occurrences par an) et d'énergie modérée à forte. Elle est en général générée par les dépressions situées sur l'Atlantique Nord pendant la période hivernale. Ces houles sont susceptibles d'affecter les secteurs côtiers exposés au nord ;
- la houle cyclonique est peu fréquente mais très puissante (période supérieure à 10 sec) et peut atteindre des hauteurs très importantes (8 à 10 m). Selon la trajectoire des

cyclones, l'ensemble des secteurs côtiers de l'archipel sont susceptibles d'être impactés par ces houles.

Dans la zone côtière, les houles subissent des déformations liées à la morphologie de la plateforme côtière (récifs et passes), à la présence d'aménagements côtiers (ouvrages portuaires et de protection du littoral) et à la morphologie du littoral (pointe rocheuse par exemple). L'exposition à la houle est donc très variable localement.

2.2.3. Les courants côtiers

L'archipel des Antilles sépare l'Océan Atlantique Nord du bassin caribéen. L'espace situé entre les îles forme ainsi des canaux qui sont des lieux de passages privilégiés des grands courants atlantiques nord-équatoriaux et des Guyanes vers la mer des Caraïbes. La circulation générale des grands courants de surfaces s'effectue ainsi de l'est vers l'ouest.

A ce jour il n'existe pas d'étude courantologique détaillée à l'échelle de l'archipel guadeloupéen (AAMP, 2013). Localement la courantologie peut être complexe en fonction de la morphologie côtière, notamment au niveau des récifs coralliens. Cependant, d'après les vitesses évaluées (Pujos *et al.* 1992) et en l'absence de marnage important on peut considérer que l'action des courants marins est négligeable par rapport à l'action de la houle sur le rivage en termes de processus morpho-sédimentaire.

2.2.4. Le niveau marin

La marée

Les marées sont de type semi-diurne à inégalités diurnes, c'est-à-dire qu'il y a deux pleines mers et deux basses mers par jour d'une amplitude inégale. Le tableau ci-dessous présente les niveaux caractéristiques de la marée en Guadeloupe d'après le SHOM (2017). Le régime de marée est microtidal avec marnage moyen de 0,25 cm au port de référence de Pointe-a-Pitre.

PORT	Niveau moyen (en m)		Niveau des plus hautes et basses mers journalières (en m par rapport au ZH)			Plus hautes mers astronomiques (en m par rapport au ZH)
	Par rapport au zéro hydrographique (ZH)	Dans le système altimétrique terrestre	Moyenne des plus hautes mers journalières	Moyenne des plus basses mers journalières	Marnage moyen	
POINTE-A-PITRE	0,55	0,090 (IGN88)	0,70	0,45	0,25	0,86
PORT-LOUIS	0,38	-0,102 (IGN88)	-	-	-	0,55
DESHAIES	0,42	-0,107 (IGN88)	-	-	-	0,59
RIVIERE-SENS	0,51	0,026 (IGN88)	-	-	-	0,76
LA DESIRADE	0,55	0 (IGN92LD)	-	-	-	0,83
MARIE-GALANTE	0,54	0,081 (IGN88MG)	0,70	0,45	0,25	0,82

Tableau 1 – Niveaux caractéristiques de la marée en Guadeloupe (SHOM, 2017)

Les surcotes marines

Outre le phénomène astronomique de marée qui influence le niveau marin selon les cycles astronomiques, le passage des cyclones à proximité de l'archipel peut générer une élévation temporaire et brutale du niveau de la mer. L'amplitude des surcotes est en lien avec la direction des vents d'afflux, la diminution de la pression atmosphérique (surcote atmosphérique) ainsi que la déformation du plan d'eau liée à la propagation de la houle près de la côte (surcote liée aux vagues ou set-up). La figure ci-dessous schématise la contribution de ces différents facteurs à l'élévation temporaire du niveau de la mer.

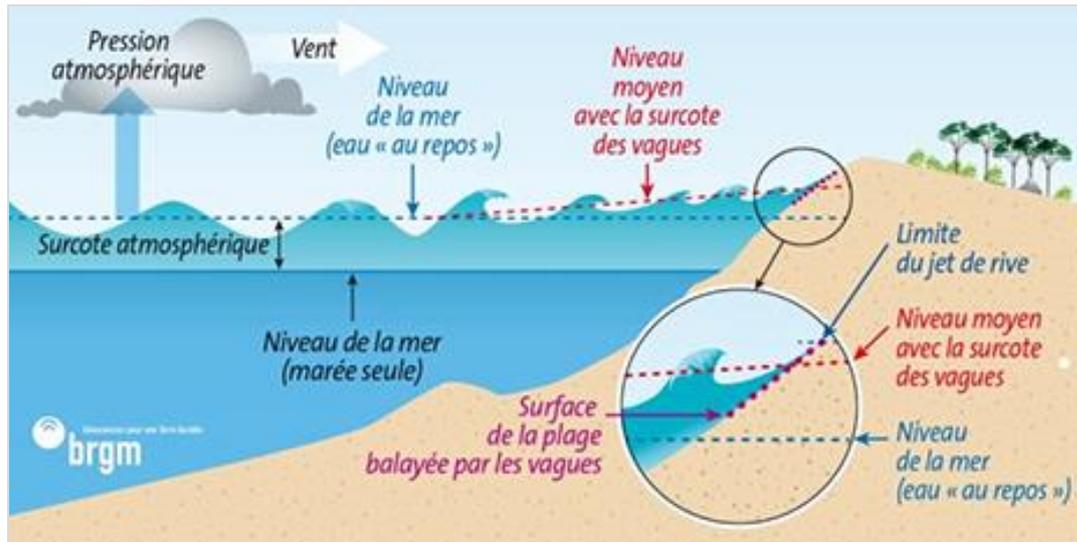


Illustration 7- Les principaux facteurs à l'origine des surcôtes marines (BRGM)

L'élévation du niveau moyen de la mer

Enfin, sur le long terme l'élévation du niveau moyen de la mer observée à l'échelle globale affecte aussi les côtes de l'archipel. Depuis les deux dernières décennies on estime que le rythme d'élévation du niveau moyen de la mer est de 3,2 mm/an à l'échelle globale (Church and White, 2011).

D'après les scénarios d'évolution des émissions des gaz à effet de serre à l'horizon 2100 (GIEC, 2013), le tableau suivant présente les projections d'augmentation du niveau moyen de la mer à l'horizon 2100 à l'échelle globale et locale (Tableau 2). Les projections locales ont été estimées à partir des travaux récents du BRGM réalisés dans le cadre du projet de recherche C3AF¹ (Le Cozannet *et al.*, à paraître).

¹ Conséquence du Changement Climatique dans les Antilles Françaises

Scénario d'émission des gaz à effets de serre GIEC (2013)	Projections	Elévation du niveau moyen de la mer à l'horizon 2100 par rapport à 1986-2005 (en m)		
		Minimum	Médiane	Maximum
RCP 8.5	Guadeloupe	0,20	0,76	3,44
	Mondiale	0,16	0,75	3,25
RCP 4.5	Guadeloupe	0,08	0,56	2,94
	Mondiale	0,02	0,54	2,68
RCP 2.6	Guadeloupe	0,07	0,49	2,72
	Mondiale	0,01	0,46	2,44

Tableau 2 – Projections globales et locales du niveau moyen de la mer à l'horizon 2100 d'après les estimations du GIEC à l'échelles mondiale et les estimations régionalisées du BRGM dans les Antilles Françaises (Le Cozannet et al., à paraître)

D'après ces résultats, les projections d'évolution du niveau moyen de la mer à l'échelle globale sont relativement proches des projections régionales pour les Antilles.

2.2.5. Les évènements extrêmes

Lors de la saison cyclonique, l'archipel Guadeloupéen peut être soumis à des phénomènes de vent extrême. Le passage de ces phénomènes dépressionnaires génère une modification de la hauteur du plan d'eau et des houles importantes.

Les effets du passage des cyclones à proximité de l'archipel sont multiples. Les faibles pressions atmosphériques, les vents violents, les vagues génèrent une surcote pouvant submerger les zones basses côtières. Par ailleurs, les fortes houles peuvent provoquer des destructions directes sur les tronçons les plus exposés au déferlement des vagues (chocs mécaniques des vagues et projections de matériaux par exemple).

Enfin, l'action des vagues à la côte peut modifier la ligne de rivage par perte de sédiment sur les côtes basses sableuses ou les falaises meubles. A l'inverse, les apports fluviaux, liés aux précipitations intenses, peuvent également générer une avancée du rivage localement. Les vagues qui peuvent provoquer un important déplacement de sédiment peuvent également causer localement des apports en sables et une avancée du trait de côte.

En termes d'intensité, les cyclones et/ou les tempêtes tropicales sont les phénomènes les plus impactant du point de vue de la dynamique côtière en Guadeloupe. Plusieurs phénomènes cycloniques majeurs ont affecté la Guadeloupe et son littoral sur la période 1950-2017 (Météo-France, 2009 et Huc et Etna, 2015), tant en matière de vents que de houle. C'est cette dernière qui a le plus d'impact sur la dynamique côtière.

Étant donné que la catégorie d'un cyclone caractérise la force de ses vents, ce n'est pas forcément un critère à retenir pour considérer l'impact morphologique qu'il pourra avoir sur le littoral. Sa trajectoire peut néanmoins permettre d'estimer la génération d'une houle cyclonique et les secteurs littoraux qui seront potentiellement les plus impactés.

Selon Météo-France, depuis 1950, la Guadeloupe a été directement touchée par 8 cyclones (BAKER août 1950; BETSY août 1956; CLEO août 1964; INEZ septembre 1966; HUGO septembre 1989; LUIS septembre 1995; MARILYN septembre 1995; GEORGES septembre 1998) et 9 tempêtes tropicales.

D'autres phénomènes dont le centre du cyclone est passé à plus de 100km de l'île ne figurent pas dans cette liste mais ont eu des effets significatifs sur la Guadeloupe : DAVID (août 1979), LENNY (1999), DEAN (août 2007), OMAR (octobre 2008). De nombreuses études ont été menées sur les cyclones et des banques de données sur les cyclones (trajectoires, intensité, houle cyclonique) ont été constituées (e.g. HURDAT, TSUNAHOULE, ...). Par ailleurs, les cyclones récents, tels que Dean ou Omar ont fait l'objet, par le BRGM, de suivis visant à caractériser leurs impacts sur le littoral de la Guadeloupe (Chauvet et al. 2007, Chauvet, 2008 ; Barras, 2008 ; Pedreros et Lecacheux, 2008).

La carte ci-après présente la trajectoire des principaux cyclones étant passés à proximité de la Guadeloupe depuis 1950 d'après la base de données IBTRACS² (Illustration 8). Les événements de la saison cyclonique 2017 ne sont pas encore enregistrés dans cette base de données (JOSE, IRMA et MARIA).

² International Best Track Archive for Climat Stewardship (NOAA)

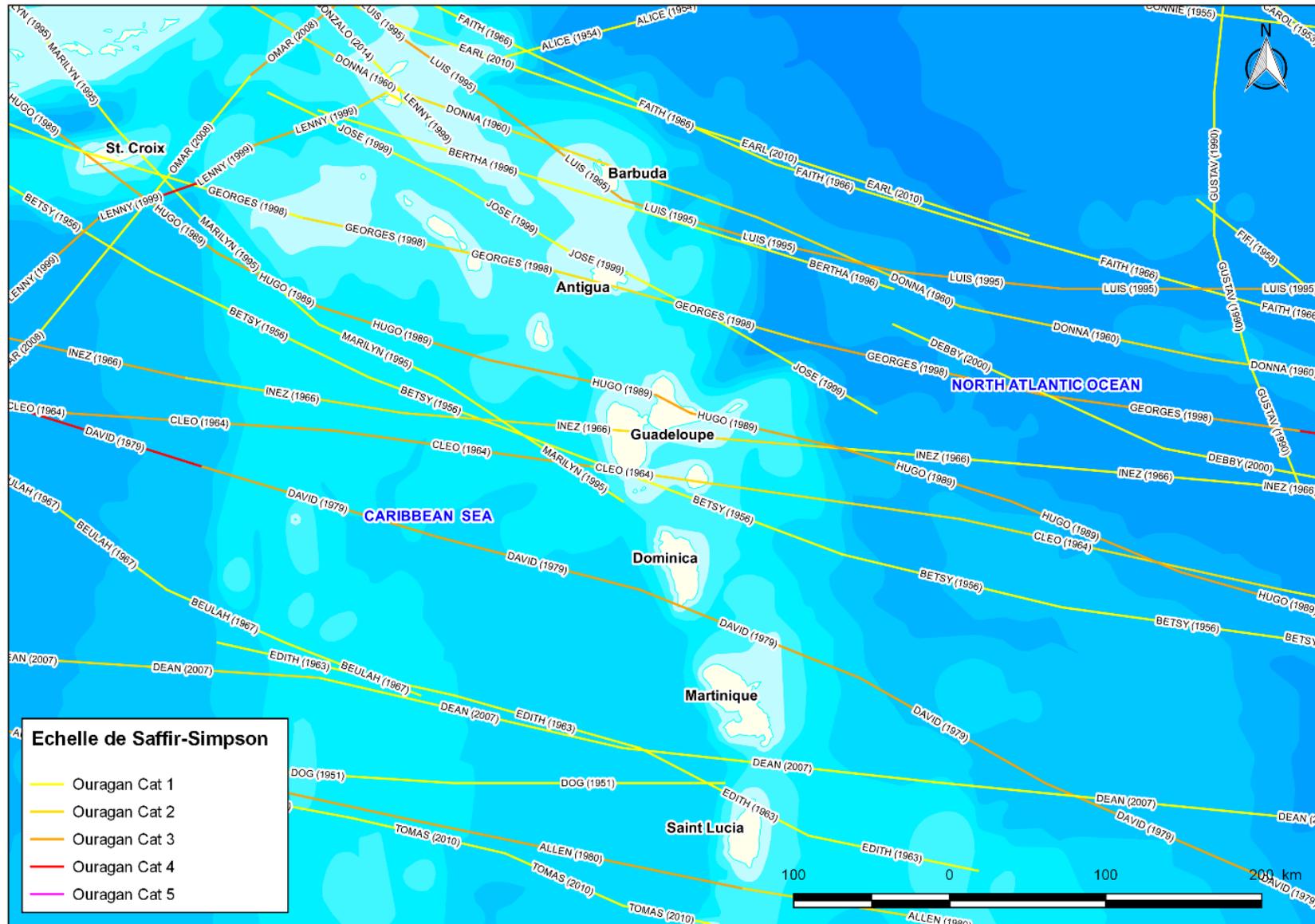


Illustration 8 – Trajectoire des ouragans à proximité de la Guadeloupe depuis 1950 d'après les données issues de la base de données IBTRACS (2017)

2.2.6. Evènements de fortes intensités sur la période récentes (2016-2017)

L'évènement majeur sur la période d'observation est le passage de l'ouragan MARIA. Ce cyclone a traversé l'arc des Petites Antilles en passant sur l'île de la Dominique au cours de la nuit du 18 au 19 septembre 2018. Le 19 septembre au matin, il a ensuite continué sa traversée en catégorie 4 en passant à environ 20 km au sud-ouest de Terre-de-Bas et s'est éloigné dans la même journée sur une trajectoire orientée au nord-ouest (Illustration 9).

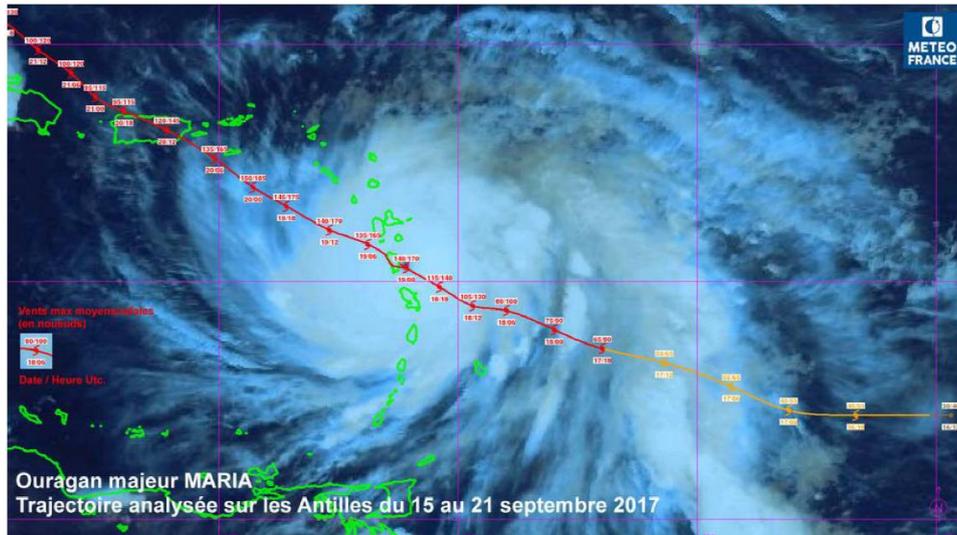


Illustration 9 - Trajectoire du cyclone MARIA (Météo-France, 2017)

Le bilan météorologique de Météo-France ainsi que le rapport de procédure de reconnaissance de catastrophe naturelle "Vent Cyclonique, phénomènes liés à l'action de la mer, inondations par ruissellements et coulées de boues associées" précisent que les vents ont dépassé les 100 km/h en vitesse moyenne sur une minute sur la majorité des postes de mesures de l'île de la Guadeloupe. Compte-tenu des mesures enregistrées sur l'île de Basse-Terre, on peut estimer que l'archipel des Saintes a subi, pendant plusieurs heures, des rafales supérieures à 215 km/h et probablement bien au-delà.

Météo-France mentionne dans son bilan météorologique ainsi que dans son rapport CATNAT une houle énergétique d'une période de 15 secondes déferlant sur les rivages de Marie-Galante, des Saintes, du Petit Cul-de-Sac Marin et du sud de la Basse-Terre dès le 18 septembre après-midi. Le 19 septembre entre 1 h et 2 h du matin, soit au plus fort de l'épisode, la hauteur moyenne des vagues au large est estimée à 8 m avec des périodes de 10 à 12 secondes. Une surcote marine maximale de 50 cm a été mesurée par le marégraphe de Pointe-à-Pitre, induisant une submersion dans le Petit Cul-de-Sac Marin. En Côte sous-le-Vent, la surcote estimée par Météo France à 40 cm et le déferlement de vagues dont la hauteur moyenne simulée est estimée à 8 m, ont induit la submersion des parties basses du littoral.

D'après les observations de terrain, réalisées par le BRGM suite au passage du cyclone Maria (Legendre et Guillen, 2017), l'érosion a fortement affecté les Saintes, notamment Terre-de-Bas, sur plusieurs façades côtières de l'île (dont l'est et le sud), et l'est de Terre-de-Haut. L'érosion s'est caractérisée par des talus pouvant atteindre jusqu'à 3 m de hauteur à Grande Anse à Terre-de-Haut (Illustrations suivantes).



Illustration 10 – A droite recul de du trait de côte sur la plage de Grande Anse à Terre de Haut (septembre 2017) et à gauche dégâts observées sur la plage de Grande Anse à Terre de Bas

Le littoral de la Basse-Terre a également été fortement érodé au sud-est (Capesterre-Belle-Eau), le long duquel on quantifie des reculs de plus de 10 m (Anse Salée à Bananier, illustration ci-dessous) du trait de côte (limite de végétation) et les fondation d'un restaurant ont été affouillés.



Illustration 11 –Erosion de la la plage de l'Anse Salée à Capesterre-Belle-Eau

Des talus d'érosion de 2 m et des reculs du trait de côte (limite de végétation) de plus de 10 m par rapport au trait de côte de 2013 (Guillen et al., 2017) ont également été observés au Souffleur à la Désirade (Illustration 12) et à Capesterre-de-Marie-Galante (Illustration 13).



Illustration 12 – Erosion de la plage du Souffleur (La Désirade)



Illustration 13 - Erosion de la plage de la Ferrière sur la commune de Capesterre de Marie Galante (septembre 2017)

La carte ci-après présente la synthèse des impacts en termes d'érosion du littoral relevés sur le terrain sur une cinquantaine de site quelques jours après le passage de l'ouragan MARIA (Illustration 14 et Tableau 3).

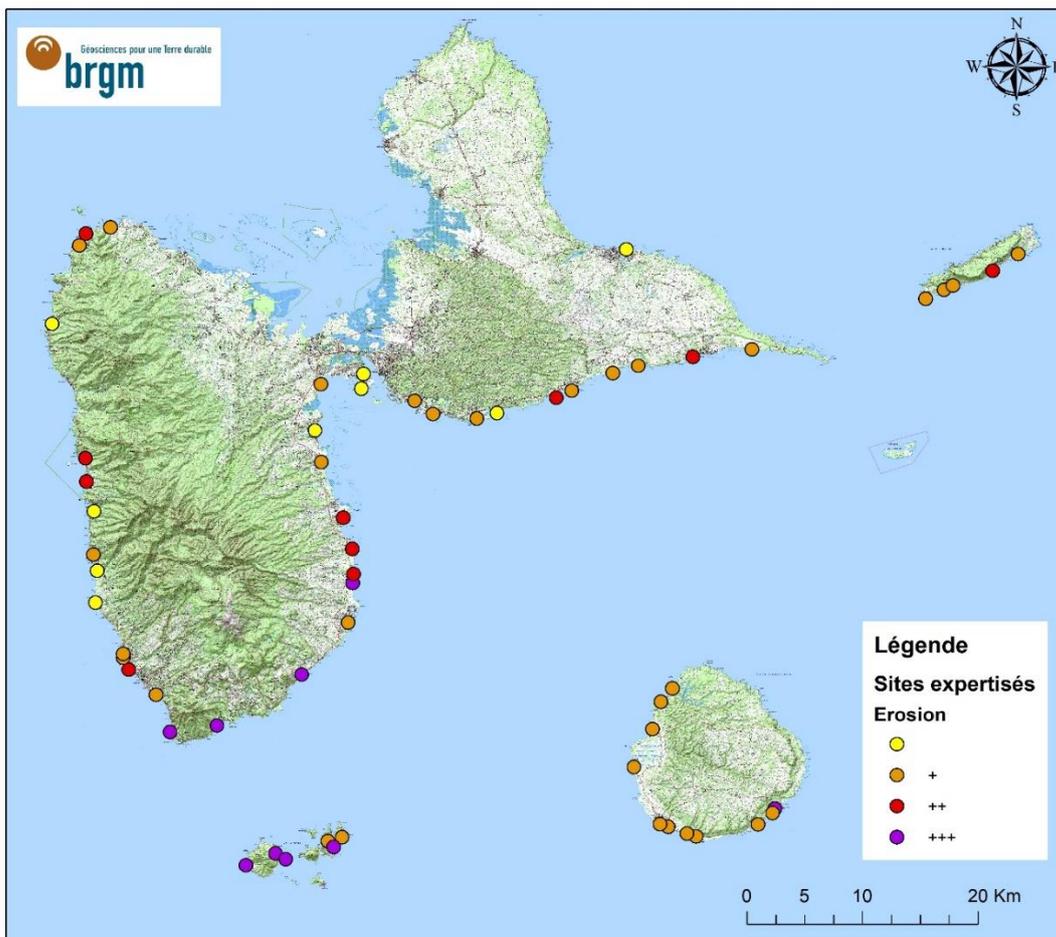


Illustration 14 - Carte synthétique des impacts littoraux en termes d'érosion sur l'archipel guadeloupéen suite au passage de Maria d'après Legendre et Guillen (2017)

+	++	+++
Pente forte, petite microfalaise et faible perte d'épaisseur (~1m), jusqu'à 5 m de recul du trait de côte	Microfalaise en haut de plage et perte d'épaisseur importante (2 m et plus), jusqu'à 10 m de recul du trait de côte	Érosion provoquant un affouillement, voire l'effondrement des bâtiments de première ligne, au-delà de 10 m de recul du trait de côte

Tableau 3 – Echelle de qualification de l'aléa érosion (plages) et des dommages d'après Legendre et Guillen (2017)

3. Protocole de suivi

Différentes techniques peuvent être mises en œuvre afin de mesurer des indicateurs de l'évolution de la dynamique côtière. Chacune de ces techniques présentent des caractéristiques qui lui sont propres d'un point de vue de la technicité, de la précision accordée à la mesure, de l'emprise spatiale et du coût financier (Mallet et Michot, 2012).

Les techniques mise en œuvre dans le cadre du réseau de suivi du littoral de la Guadeloupe, ainsi que les données utilisées sont présentées dans le tableau suivant (Tableau 4).

INDICATEUR	Méthode d'acquisition ou données utilisées	Producteur/Source de données	Fréquence d'acquisition	Echelle d'acquisition
TRAIT DE COTE	Levés topographiques au DGPS	BRGM	Saisonnnière + événementielle	Cellule sédimentaire
	Digitalisation du trait de côte à partir d'imagerie aérienne ou satellitaire	Digitalisation du BRGM a partir des images de l'IGN et du CNES (Pléiades)	Pluriannuelle	Régionale
PROFIL DE PLAGE	Levés topographiques au DGPS	BRGM	Saisonnnière + événementielle	Cellule sédimentaire
BATHYMETRIE	Echosondeur mono-faisceau couplé au DGPS	BRGM	Saisonnnière	Cellule sédimentaire
MESURE TOPOGRAPHIQUE SURFACIQUE	Photogrammétrie par drone	Acquisition et post-traitement GéoScan3D	Saisonnnière	Cellule sédimentaire
	LIDAR embarqué sur drone	Acquisition GéoScan3D	Ponctuelle	Locale
	LIDAR Litto 3D	IGN/SHOM (2010)	Ponctuelle	Régionale
EVOLUTION QUALITATIVE DES PAYSAGES	Suivi photographique	BRGM	Saisonnnière + événementielle (Post MARIA)	Locale

Tableau 4 - Tableau de synthèse des données collectées et utilisées au cours du suivi du littoral de Guadeloupe sur la période 2016-2017

3.1. LE SUIVI TOPO-BAHYMETRIQUE

Les levés topo-bathymétrique ont été réalisés deux fois par an. Cette fréquence d'acquisition permet d'étudier l'évolution saisonnière des sites à l'échelle de la cellule sédimentaire. Les campagnes de d'acquisition ont donc été réalisées à la fin du carême (décembre à mai) et à la fin de l'hivernage (de juin à novembre)

Pour chaque campagne d'acquisition, les conditions hydrodynamiques (vent, houle, courant, marée, météo), les principales observations et les problèmes techniques rencontrés ont été renseignées sur des fiches terrain.

La précision obtenue pour les mesures topo-bathymétrique est de l'ordre du centimètre grâce à l'utilisation d'un GPS différentiel (DGPS) de type *Trimble R10*. Le principe du DGPS repose sur l'utilisation de deux récepteurs GPS, l'un fixe installé sur un point géodésique connu, et un second, mobile, qui est porté par l'opérateur pour relever les mesures terrain (Illustration suivante). Les données acquises par le récepteur mobile permettent de corriger en temps réel les données acquises par le récepteur GPS mobile.

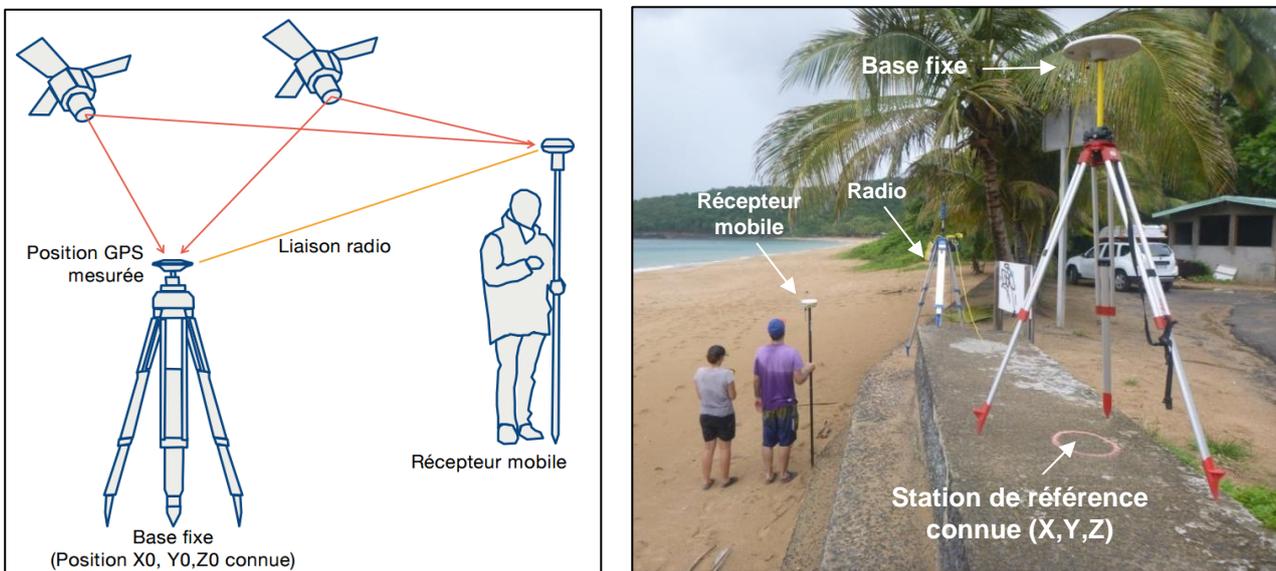


Illustration 15 - Fonctionnement d'un DGPS en mode RTK. (Élaboré par Manuelle Philippe et Sébastien Hervé d'après Jaud, 2011) et mise en place du dispositif pour la campagne de terrain sur le site de la Plage de la Perle (Dehais)

Trois types d'indicateurs sont levés au cours des campagnes de suivi topo-bathymétriques :

- le trait de côte (limite de végétation et du jet de rive) ;
- le profil topographique selon un axe perpendiculaire à la plage ;
- le profil bathymétrique qui prolonge le profil topographique en mer.

3.1.1. Les levés topographiques terrestres

Le trait de côte

Selon les environnements, la définition du trait de côte peut varier entre plusieurs indicateurs (limite de végétation, rupture de pente sur les plages en érosion, limite du jet de rive, pied des ouvrages de protection, sommet des falaises).

Au cours des campagnes d'acquisition, le trait de côte est levé de manière continue (un point par mètre). L'opérateur se déplace ainsi à pied en suivant un indicateur qui marque la position du trait de côte facilement identifiable sur le terrain (Illustration 16).

Les principaux indicateurs retenus ici sont la limite de végétation qui traduit généralement le phénomène érosif à long terme, et la limite du jet de rive (limite d'action des vagues), plus variable dans le temps et qui traduit des évolutions à plus court terme du trait de côte: saisonnières et/ou interannuelles.



Illustration 16 – Levé de la position du jet de rive par l'opérateur sur le terrain

Ces données sont ensuite intégrées dans un SIG³ et peuvent ainsi être comparées aux données historiques disponibles. Les données relatives à la position du trait de côte apportent des informations sur le recul ou l'avancé de la plage, cela permet par exemple de calculer des taux d'évolution ou des surfaces de recul.

Les profils de plage

Ce type de mesure topographique est réalisé selon un axe perpendiculaire à la plage. Chaque rupture topographique observée sur le terrain est mesurée à l'aide du DGPS selon un mode d'acquisition point par point (Illustration 17).

³ Système d'Information Géographique



Illustration 17 – Exemples d'acquisition de point au DGPS le long d'un profil de référence

A chaque campagne d'acquisition, le même profil de référence est levé afin de comparer les évolutions observés (recul/avancé, exhaussement/abaissement, variation de la pente, perte/apport de sédiment le long du profil en termes de volume sur le linéaire étudié).

Ces données sont ensuite traitées sur *Excel* et présentées sous forme de graphiques représentant l'altimétrie de la plage en deux dimensions (altitude et distance) (Illustration 18).

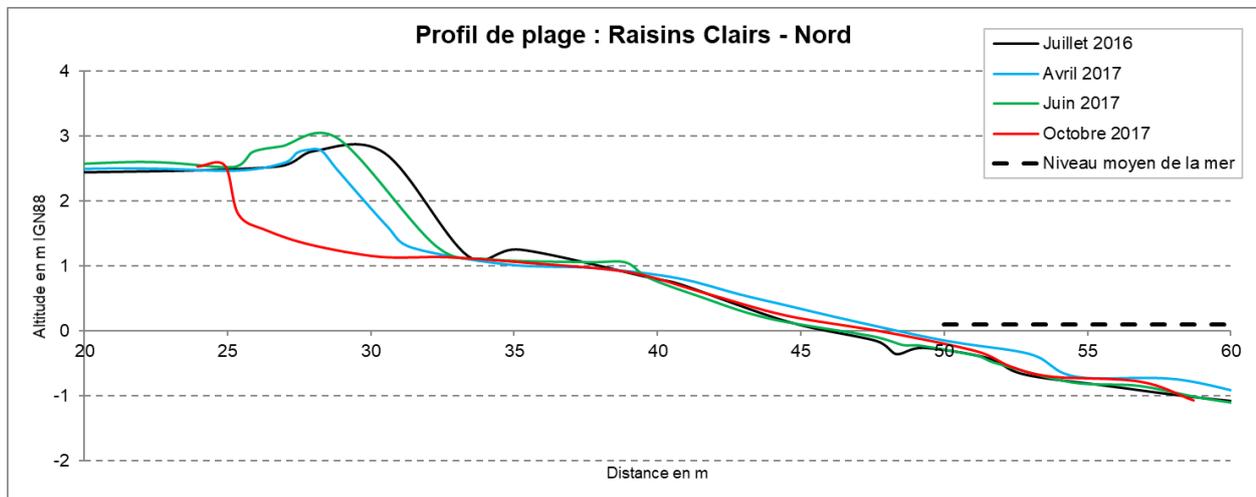


Illustration 18 : Exemple de profil de plage sur la plage des Raisins Clairs

3.1.2. Les levés bathymétriques en mer

Les levés bathymétriques combinent l'utilisation d'un DGPS et d'un échosondeur mono-faisceau. L'appareil de mesure utilisé au cours des campagnes d'acquisition est un échosondeur *Sonar Mite Triducer Multisensore P66*. Les deux appareils de mesure sont synchronisés et permettent d'acquérir simultanément une donnée sur la profondeur et la position de la sonde en temps réel.

L'acquisition du profil de profondeur s'effectue le long d'un transect perpendiculaire au trait de côte et prolonge les mesures réalisées à terre afin d'obtenir un profil topo-bathymétrique complet et continu de l'interface terre-mer.

Les levés bathymétriques sont réalisés sur une embarcation légère et adaptée aux zones de faibles profondeurs. La présence de nombreux récifs dans ces zones proches littorales a orienté le choix de l'embarcation vers une annexe rigide d'environ 2,50 m à fond plat (Illustration suivante). Par ailleurs, l'embarcation utilisée permet de faciliter sa mise à l'eau directement sur la plage.



Illustration 19 : Sondeur monofaisceau et montage du système de mesure sur une annexe

Les données bathymétriques sont ensuite prétraitées sur SIG (suppression des données hors profil) ainsi que sous *Excel* (suppression des valeurs aberrantes, lissage pour gommer l'effet de la houle et correction altimétrique). Enfin, les profils bathymétriques sont fusionnés avec les profils de plage permettant d'avoir un profil complet et continu à l'interface terre-mer (Illustration 20).

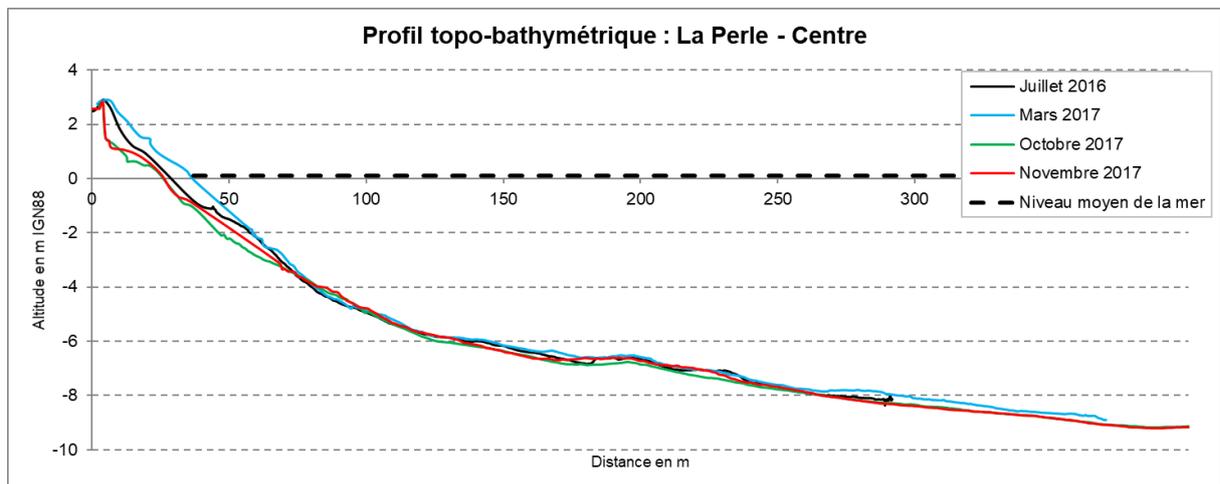


Illustration 20 - Exemple de représentation d'un profil topo-bathymétrique complet sur la plage de la Perle

Ces mesures réalisées à terre et en mer permettent ainsi d'étudier les échanges sédimentaires entre la plage (partie émergée) et l'avant-plage (partie immergée).

3.2. LE SUIVI PHOTOGRAMMETRIQUE PAR DRONE

La photogrammétrie par drone a été testée à titre de démonstration sur deux sites pilotes : la plage de la Perle, sur la commune de Deshaies, et la plage des Raisins Clairs, sur la commune de Saint-François.

Au cours de la période d'observation cinq campagnes d'acquisition par drone ont été réalisées par la société *GéoScan3D* (3 sur la plage de la Perle et 2 sur la plage des Raisins Clairs). Des levés ont également été testés sur le site de l'Anse Noyé afin de tester la validité de cette technique pour suivre les côtes à falaises.

L'acquisition des données a été réalisée par un drone de type *DJI Inspire1* possédant une caméra embarquée de type *X3* disposant d'une focale comprise entre 16 et 24 mm (Illustration 21). Pendant l'acquisition des images par drone des cibles ont été placées sur la plage afin de contrôler la qualité du levé.



Illustration 21 : Drone et cible de référence utilisée comme points de contrôle

Le principe de la photogrammétrie est de créer une représentation en 3D d'objets ou de terrains par le biais d'une série de photographie. Ce type relevé fournit des images à très haute résolution de la plage (Illustration 22) mais également un levé altimétrique sous la forme d'un nuage de point (Illustration 23).



Illustration 22 – Levé drone de la plage des Raisins Clairs (Mars 2017).



Illustration 23 – Densité du nuage de point obtenu sur la plage des Raisins Clairs en mars 2017

Le post traitement a été réalisé par la société GéoScan3D. Les données ont été livrées sous la forme d'une mosaïque d'images géoréférencées et d'un nuage de point.

Le contrôle et le traitement des données a été réalisé sur ArcGis. La qualité du levé est évaluée à partir des points de contrôle relevés au DGPS sur des cibles installées sur la plage au moment de l'acquisition. Le nuage de point est ensuite interpolé sur une grille raster de 20 cm de résolution horizontale afin d'obtenir un modèle numérique de surface (MNS). Afin de supprimer les valeurs situées hors de la zone d'intérêt pour obtenir un modèle numérique de terrain (MNT) de la plage uniquement, un masque est appliqué sur les surfaces en eau, la végétation et les bâtiments.

La comparaison des MNT d'une campagne à l'autre permet de mesurer les variations altimétriques de la plage et de calculer des surfaces et des volumes d'érosion ou d'accrétion. Ce dernier indicateur permet de calculer des bilans sédimentaires et les variations altimétriques permettent d'appréhender le sens de déplacement du sable à l'échelle de la cellule sédimentaire (Illustration 24).

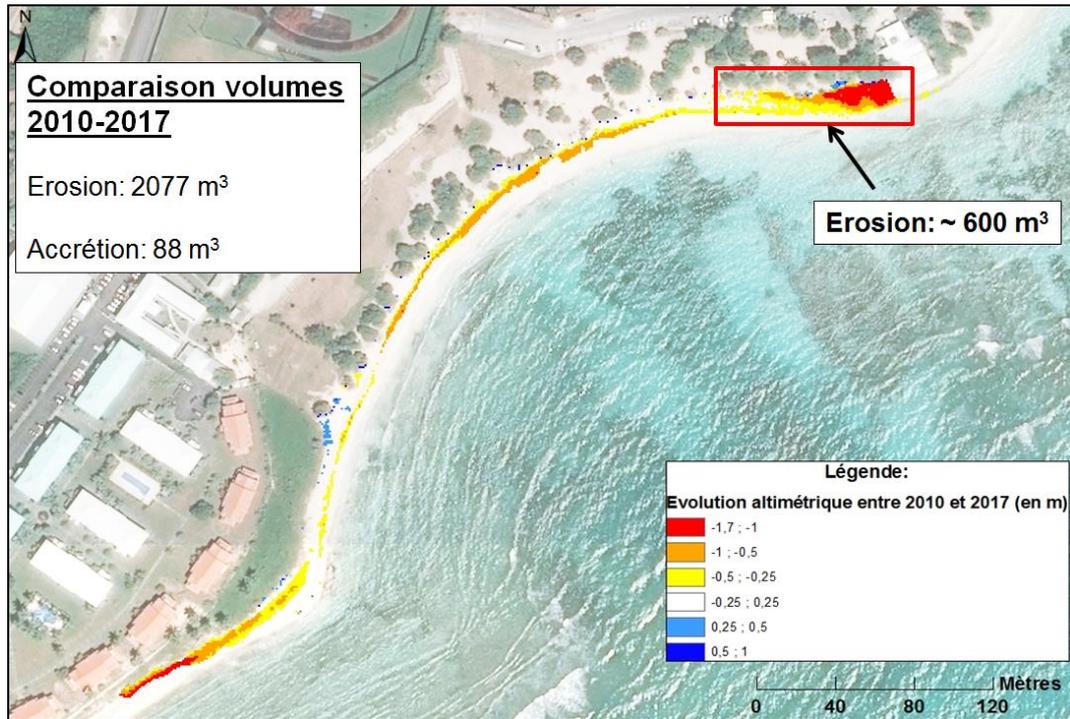


Illustration 24 – Bilan sédimentaire de la plage des Raisins Clairs entre 2010 et mars 2017.

La précision verticale (en altitude) des modèles numériques est d'environ 10 cm. Le carte ci-dessous illustre la précision des modèles numériques réalisés à partir de ce type de levé (Illustration 25).

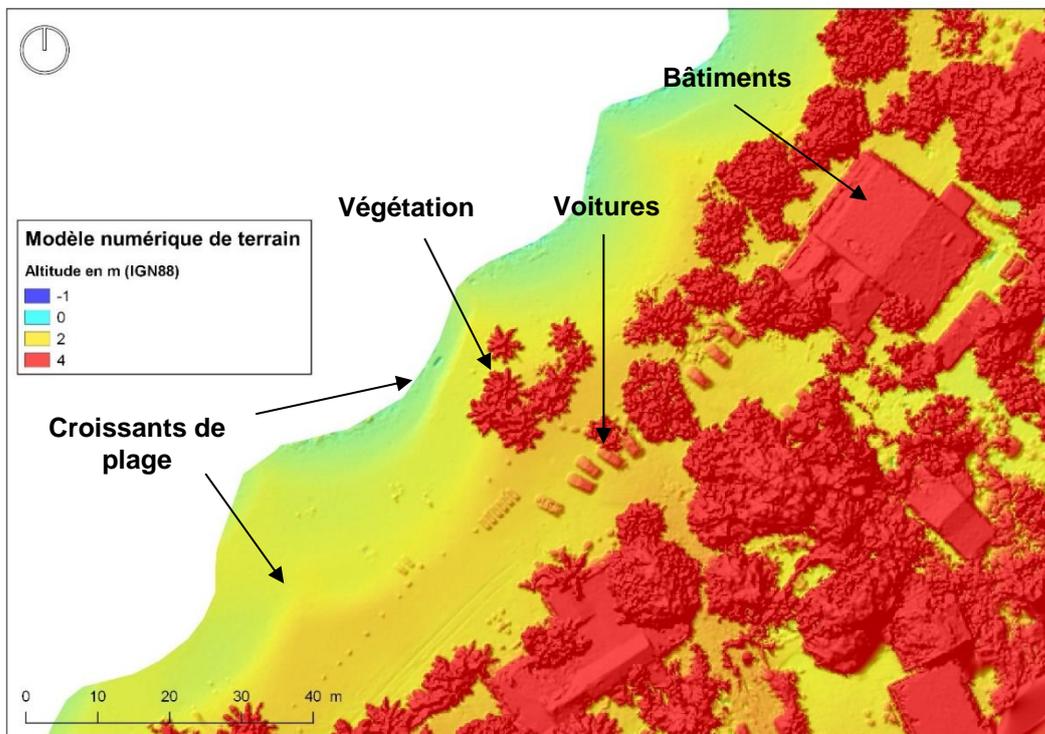


Illustration 25 - Modèle numérique de surface obtenu par photogrammétrie – Plage de la Perle (mars 2017)

3.3. LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE

Au cours de chaque campagne des photographies ont été réalisées afin de pouvoir comparer les évolutions paysagères des sites étudiés.

Un panorama de chaque site vient alimenter une base de données photographique, accompagnée de clichés des zones présentant un intérêt que ce soit au niveau des aménagements présents sur le site, des figures sédimentaires, des usages, etc.

Ce type de suivi, simple à mettre en œuvre, est utile pour suivre l'évolution des indicateurs d'évolution morpho-sédimentaire identifiable dans le paysage (rupture de pente, évolution de la végétation, limite de débris, projection de sables et de matériaux, etc.). Il est particulièrement utile pour évaluer les évolutions morpho-sédimentaires sur les sites où il n'y a pas de mesures quantitatives (Mallet et Michot, 2012).

Ce type de suivi a été utilisé afin de relever les impacts du passage de MARIA. Les photographies réalisées dans ce cadre ont permis d'illustrer les fiches de constats réalisées dans le cadre du REX MARIA (Legendre et Guillen, 2017).

3.4. AUTRES SOURCES DE DONNEES UTILISEES

3.4.1. La base de données sur les traits de côte historiques

Afin d'étendre l'analyse à une période plus longue (1950-2013), les données issues de l'étude sur l'évolution historique du trait de côte ont été utilisées (Guillen *et al.*, 2017). Les traits de côte digitalisés sont ceux des années 1950, 1998, 2004, 2010 et 2013. Les indicateurs utilisés pour la numérisation des traits de côtes historiques sont la limite de végétation, le front de mangrove, le pied de falaise ou le pied d'ouvrage. Les principales caractéristiques de chacune des campagnes photographiques aériennes et satellitaires sont présentés dans le tableau suivant.

Année	Type	Colorimétrie	Source	Résolution (pixel)	Emprise	Incertitudes
1950	Photographies aériennes orthorectifiées et géoréférencées par l'IGN	Noir et Blanc	IGN	1 m	Guadeloupe – Désirade – Terre de Haut et Marie-Galante	+/- 10 m
1998		Couleur	IGN	50 cm	Guadeloupe	+/- 5 m
2004		Couleur	IGN	50 cm	Guadeloupe – Marie-Galante – Les Saintes	+/- 5 m
2010		Couleur	IGN	50 cm	Ensemble de l'archipel de la Guadeloupe	+/- 2,5 m
2013	Images satellites de la constellation PLEIADES	Couleur	CNES	50 cm	Ensemble de l'archipel de la Guadeloupe	+/- 2,5 m

Tableau 5 - Tableau synthétisant les sources de données utilisées pour la digitalisation des traits de côte historiques (Guillen *et al.*, 2017)

Dans le présent rapport on considère les évolutions sur le long terme celles comprises entre 1950 et 2013 et les évolutions sur le moyen terme celles comprises entre 1998 et 2013.

3.4.2. Les données Litto3D

Litto3D est une base de données altimétrique continue de l'interface terre-mer donnant une représentation tridimensionnelle de la frange littorale (Illustration 26). Litto3D couvre la frange côtière jusqu'à l'isobathe 10 m et au plus jusqu'à 6 milles marins des côtes en mer et jusqu'à l'altitude +10 m et à au moins 2 km à l'intérieur des terres.

Cette base de données a été réalisée à partir d'une acquisition par LIDAR bathymétrique ou sondeur multifaisceaux côté mer et LIDAR topographique aéroporté côté terre. Les données disponibles sont représentées sous la forme d'un semi de points tridimensionnels ou d'un modèle numérique de terrain, structuré en dalle de 1 km². Sa résolution est de 1m avec une précision altimétrique de 20 cm.

La campagne d'acquisition pour la Guadeloupe a été réalisée en 2010 et piloté conjointement par le SHOM et l'IGN.

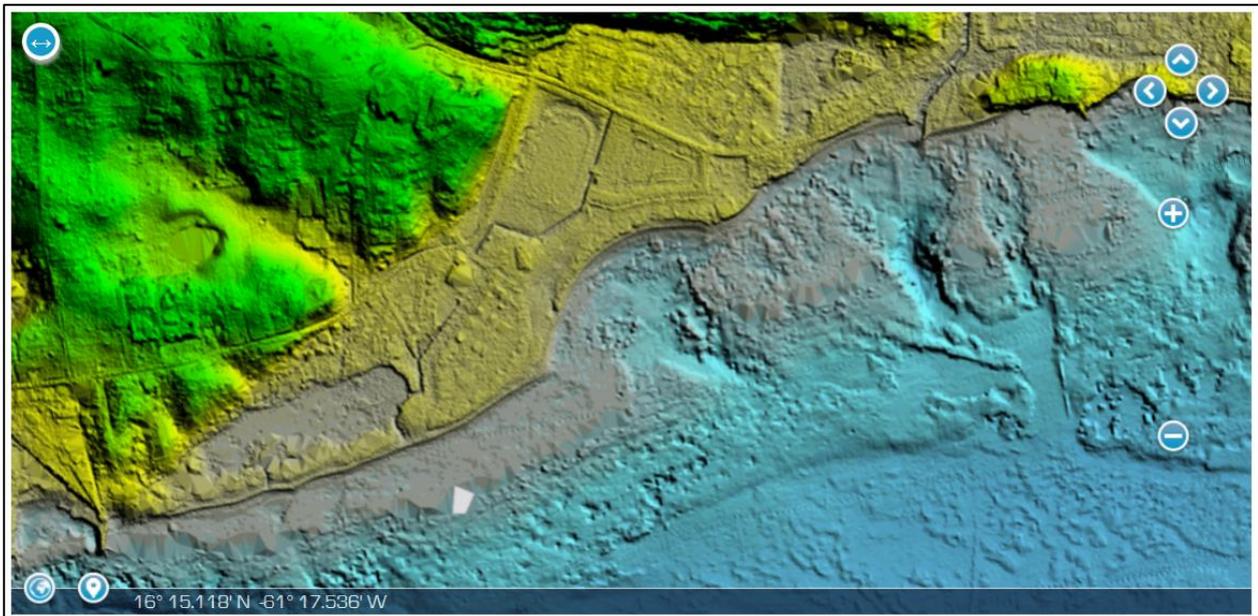


Illustration 26 – Modèle numérique de terrain Litto3D dans le secteur de la plage des raisins clairs à Saint-François (data.shom.fr)

Ces données n'ont pas été utilisées dans le cadre de cette étude pour les comparer avec les profils de références à cause de certaines incertitudes. Par ailleurs, les données de Litto3D ont été utilisées pour présenter le contexte morphologique des plages étudiées

4. Présentation des sites pilotes

Initialement le protocole de suivi a été appliqué sur 8 sites pilotes sélectionnés par le BRGM en concertation avec les partenaires du projet (Illustration 27).

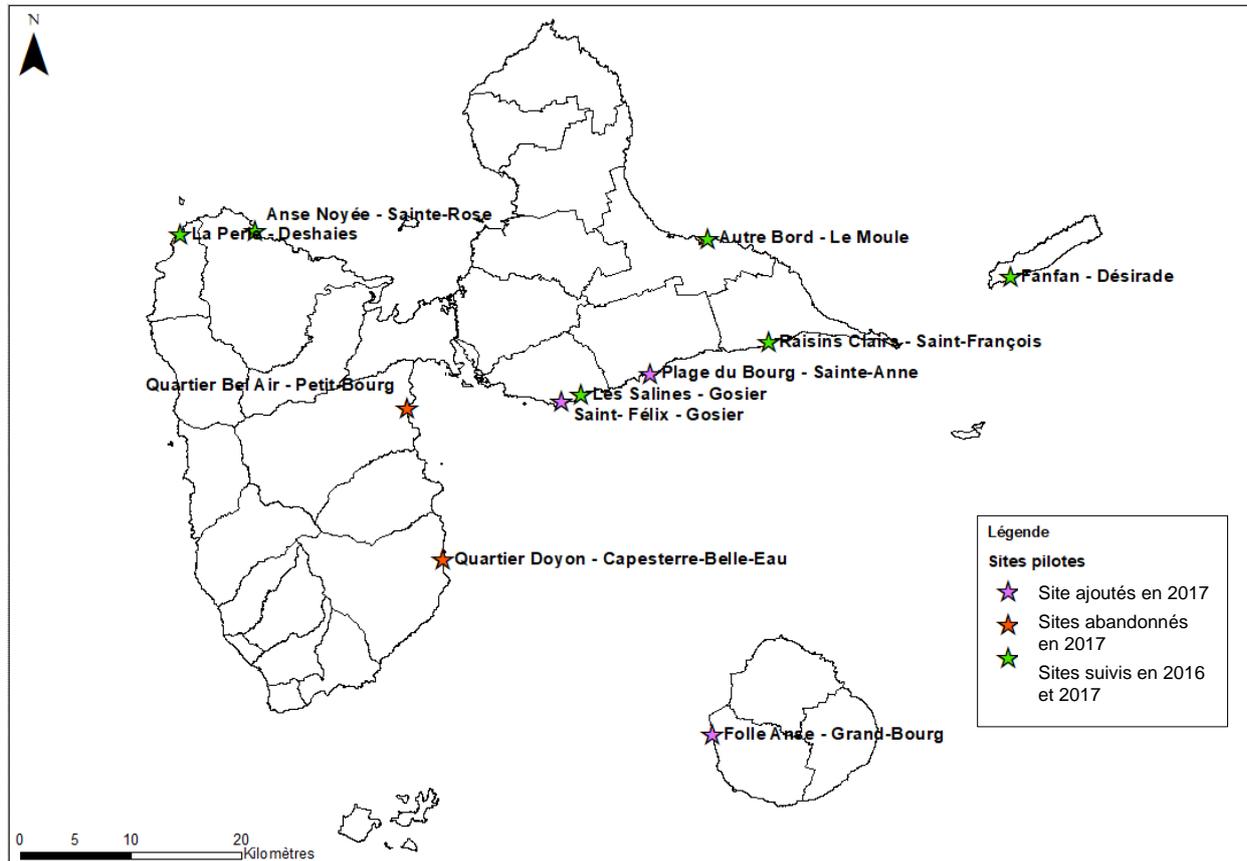


Illustration 27 : Carte de localisation des sites d'étude

Ces sites pilotes ont été sélectionnés parmi les sites considérés comme les plus sensibles (Illustration 28), d'après l'étude de 2010 réalisée par le BRGM qui avaient établi une liste de 43 sites soumis à une forte érosion dont 7 considérés comme particulièrement sensibles aux risques côtiers et présentant de forts enjeux humains, environnementaux ou socio-économiques (Roques *et al.*, 2010).

Les plages du bourg, située sur la commune de Saint-Anne, de Saint-Félix sur la commune du Gosier et de Folle Anse sur la commune de Grand-Bourg (Marie Galante) ont été ajoutées au réseau de suivi en 2017. Deux autres sites ont été abandonnés en 2017, il s'agit du quartier Doyon sur la commune de Capesterre-Belle-Eau et du quartier Bel Air sur la commune de Petit-Bourg.

SITE PILOTE	Commune	Dynamique	Enjeux	Période d'observation
PLAGE A FANFAN – GRANDE ANSE	La Désirade	Plage sableuse convexe avec une dynamique plurielle	Zone urbaine et touristique	2016-2017
PLAGE DE LA PERLE	Deshaies	Plage sableuse en érosion	Zone urbaine et touristique	2016-2017
ANSE NOYEE	Sainte Rose	Côte à falaise meubles Érosion moyenne à faible	Habitations et infrastructures routières	2016-2017
PLAGE DE L'AUTRE BORD	Le Moule	Plage sableuse en érosion	Zone urbaine et touristique, Vestiges archéologiques	2016-2017
PLAGE DES RAISINS CLAIRS	Saint-François	Plage sableuse en érosion sur le long terme	Zone urbaine et touristique – cimetière de Saint-François	2016-2017
PLAGE DES SALINES	Le Gosier	Flèche sableuse en érosion	Habitations (Anse du Mont) – Mangrove et Saline	2016-2017
QUARTIER BEL AIR	Petit-Bourg	Falaise meuble Érosion moyenne	Zone urbaine et infrastructures routières	2016
QUARTIER DOYON	Capesterre-Belle-Eau	Côte à falaise meubles Érosion moyenne à faible	Habitations et infrastructures routières	2016
PLAGE DU BOURG	Sainte-Anne	Plage sableuse en érosion	Zone urbaine et touristique. Infrastructures routières	2017
PLAGE DE FOLLE ANSE – LES 3 ILETS	Grand-Bourg	Plage sableuse en érosion	Zone naturelle et touristique Infrastructures routières	2017
PLAGE DE SAINT-FELIX – ANSE DU MONT	Le Gosier	Plage sableuse en érosion	Zone naturelle et touristique	2017

Illustration 28 : Tableau synthétique des sites pilotes suivis sur la période d'observation (en vert : sites suivis sur l'ensemble de la période d'observation 2016-2017 ; en rouge : sites abandonnées en 2016 ; en violet : nouveaux sites sites suivi en 2017)

Six sites ont été suivis sur l'ensemble de la durée d'observation comprenant trois campagnes d'acquisition sur la période 2016-2017. Deux sites pilotes ont été suivis uniquement sur une campagne d'acquisition en 2016 puis abandonnées en 2017. Trois de ces sites ont été suivis uniquement sur les deux trois campagnes d'acquisition organisées en 2017.

Les deux sites situés sur la façade sud-est de la Basse-Terre ont été abandonnés pour des raisons techniques ou après discussion avec les partenaires du projet. Par ailleurs, les mesures réalisées sur le site de l'Anse Noyée se sont révélées difficilement exploitables vis-à-vis des contraintes liées à l'acquisition sur ce site.

En effet les sites du quartier Bel Air et de l'Anse Noyée sont constitués de falaises côtières (Illustration 29 et Illustration 30). De par les caractéristiques morphologiques de ce type de côte (escarpement important) et les contraintes d'accessibilité, les mesures n'ont pas pu être réalisées en toute sécurité. Par ailleurs, localement, la présence de végétation et le masque créé par la

falaise n'ont pas permis d'assurer une bonne réception des données GPS. Les techniques et les indicateurs utilisées se sont donc révélées inadaptées pour le suivi de ce type de site.



Illustration 29 : Erosion de la falaise d'Anse Noyée (Sainte-Rose)



Illustration 30 – Erosion de la Falaise site du Quartier Bel Air (Petit-Bourg)

5. Analyses et interprétations

Cette partie présente les résultats du suivi réalisé entre 2016 et 2017 sur 8 sites pilotes.

Un rappel du contexte et des évolutions historiques sur le moyen et le long terme sont présentés pour chaque site. Les observations et les données collectées au cours des différentes campagnes d'acquisition sont ensuite analysées et discutées. Enfin, un bilan synthétique des observations récentes est proposé pour chaque site.

5.1. LA PLAGE DE LA PERLE – DESHAIES

La plage de la Perle se situe au Nord-Ouest de la Basse-Terre sur la commune de Deshaies. Cette plage orientée vers le Nord-Ouest s'étend sur environ 900 m. Elle est délimitée par la Pointe Rifflet au sud-ouest et la Pointe de la Perle au nord-est (Illustration 31).

Son évolution morphologique est relativement contrainte par les massifs rocheux environnant. Par ailleurs, cette plage ouverte sur la mer n'est pas protégée par un récif frangeant. De par son orientation elle est exposée aux houles hivernales de secteur nord.

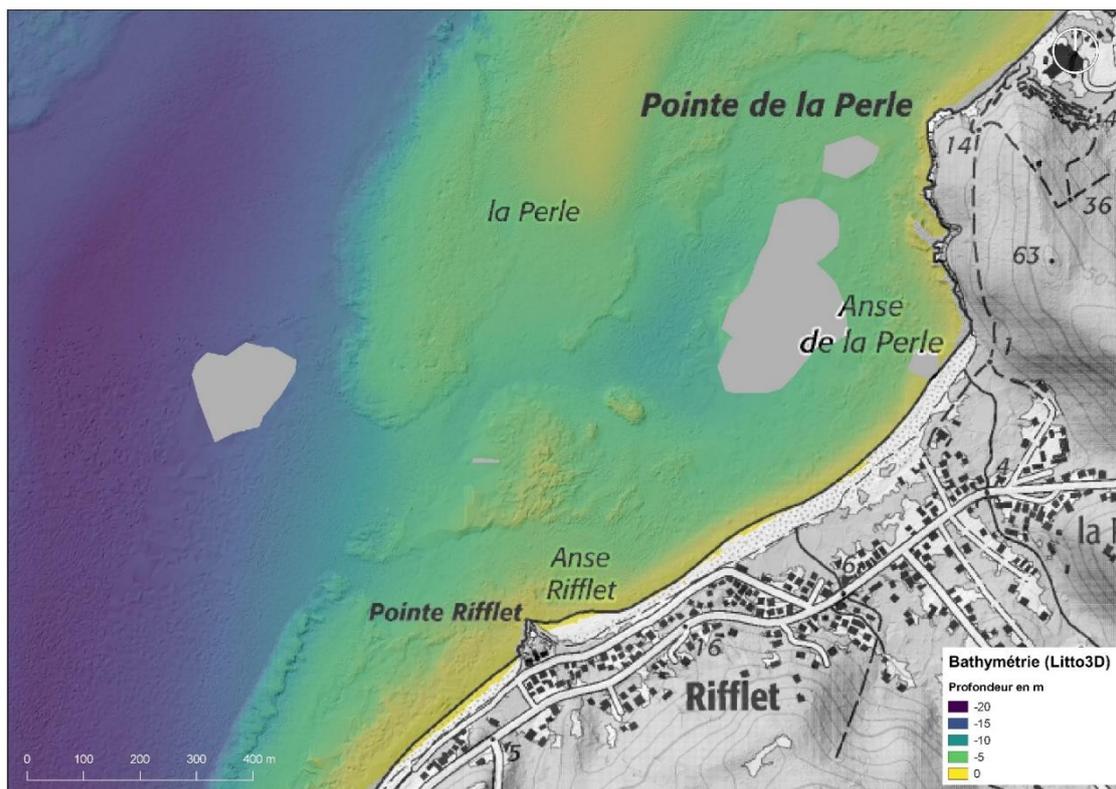


Illustration 31 - Morphologie du site de la Plage de la Perle

L'arrière plage est couvert par une végétation dense de bord de mer, on retrouve quelques infrastructures touristiques et de loisir (restaurants, carbets, terrain de baskets) ainsi que des habitations plus en retrait. Cette plage naturelle constitue un site touristique important (Illustration 32).



Illustration 32 - Plage de la Perle (Vue depuis le centre vers le nord-est, Mars 2017)

5.1.1. Evolutions sur le long et moyen terme

Evolution sur le long terme (1950-2013)

L'analyse de l'évolution du trait de côte entre 1950 et 2013 permet de distinguer trois secteurs distincts (Illustration 33) :

- la partie nord-est de la plage en recul d'environ 30 à 40 m avec une tendance annuelle moyenne comprise entre -0,5 et -0,6 m/an ;
- la partie centrale de la plage en recul d'environ 30 m avec une tendance annuelle moyenne de -0.4 m/an ;
- la partie située au sud-ouest de la plage présente également une tendance au recul mais de manière moins prononcée avec des taux de variation annuel moyen compris entre 0 et -0,20 m/an.

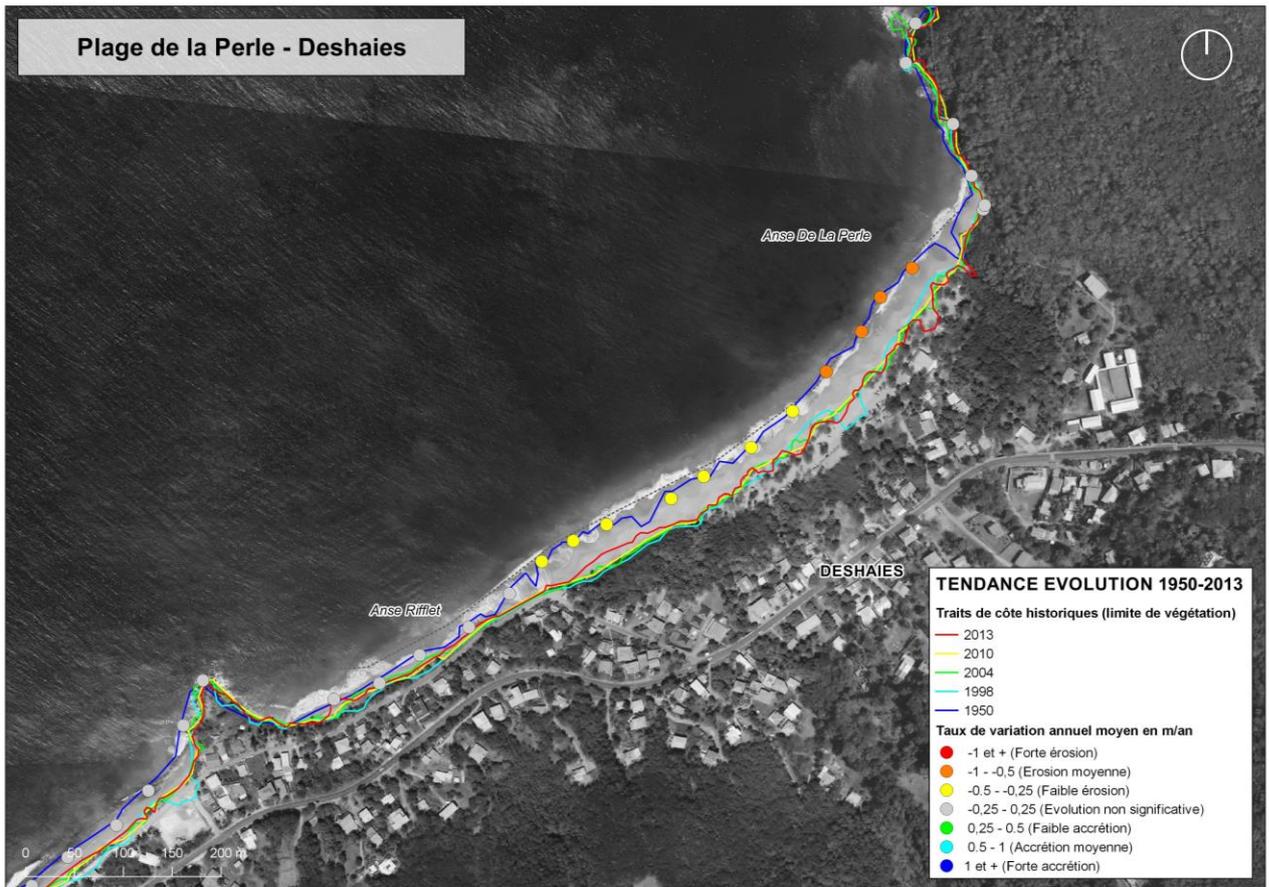


Illustration 33 – Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plage de la Perle (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution sur le moyen terme (1998-2013)

Sur le moyen terme les tendances d'évolution de la plage de la Perle sont assez contrastées (Illustration 34). On constate que les secteurs situés au sud-ouest et au centre de la plage ont tendance à avancer. La partie située au nord-est est globalement dans une dynamique d'érosion avec quelques secteurs indiquant une stabilité.

Les variations d'amplitude de la position du trait de côte sont beaucoup moins marquées par rapport à la position du trait de côte en 1950. En effet, les évolutions observées sur le moyen terme illustre une plus grande variabilité traduisant la dynamique saisonnière d'avancée/recul du trait de côte.

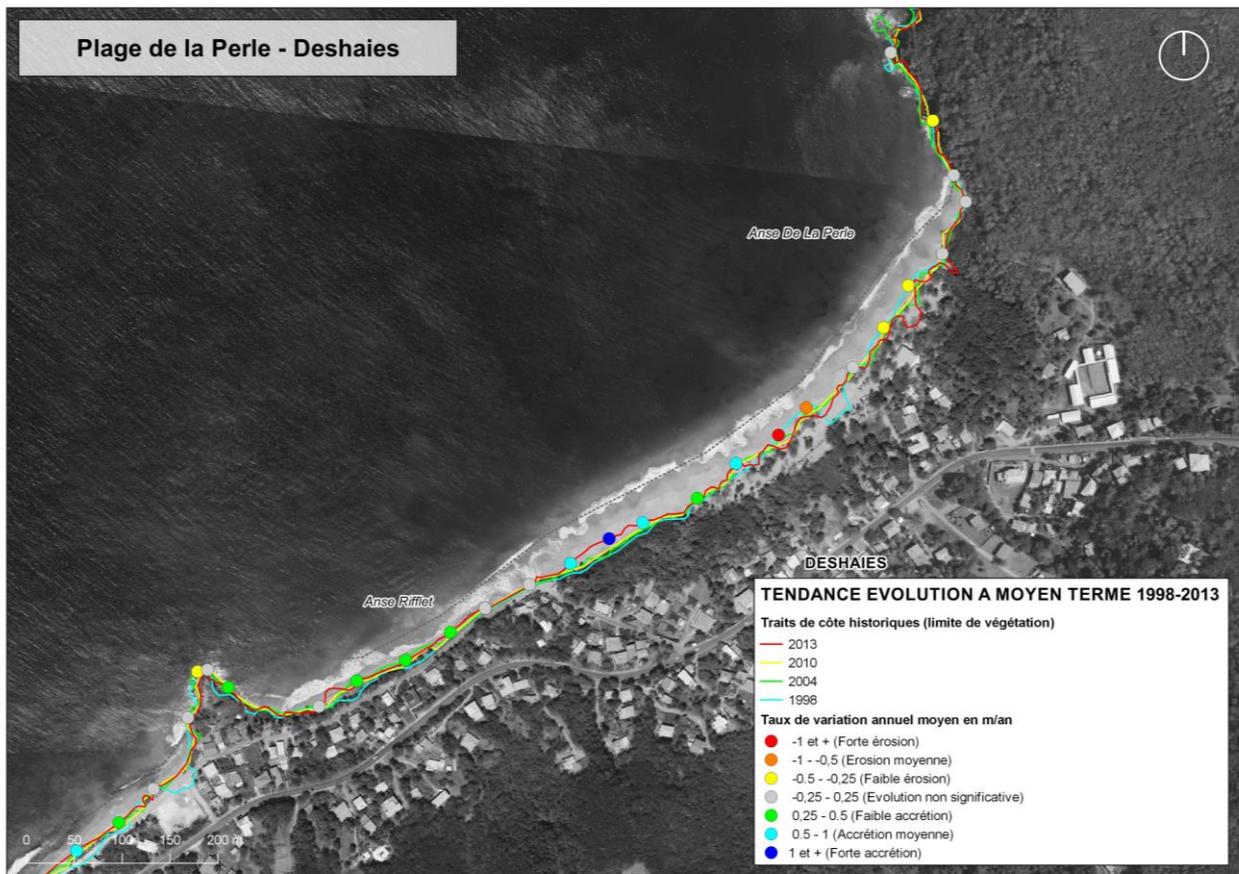


Illustration 34 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage de la Perle (fond de carte Ortho IGN 2010)

5.1.2. Evolutions récentes (2016-2017)

Evolution du trait de côte

Sur la période récente on constate que la limite de végétation est relativement stable entre juillet 2016 et octobre 2017 (Illustration 35).

L'évolution de la limite du jet de rive met en évidence un phénomène de rotation de plage, caractéristique des plages de poche. On observe que le secteur sud-ouest de la plage, au niveau de l'Anse Rifflet, a reculé de 5 à 10 m, tandis que le secteur nord-est a avancé d'une dizaine de mètre entre mars 2017 et octobre 2017. Ce phénomène de rotation est particulièrement visible au niveau des extrémités de la plage tandis que la partie centrale a peu évolué.

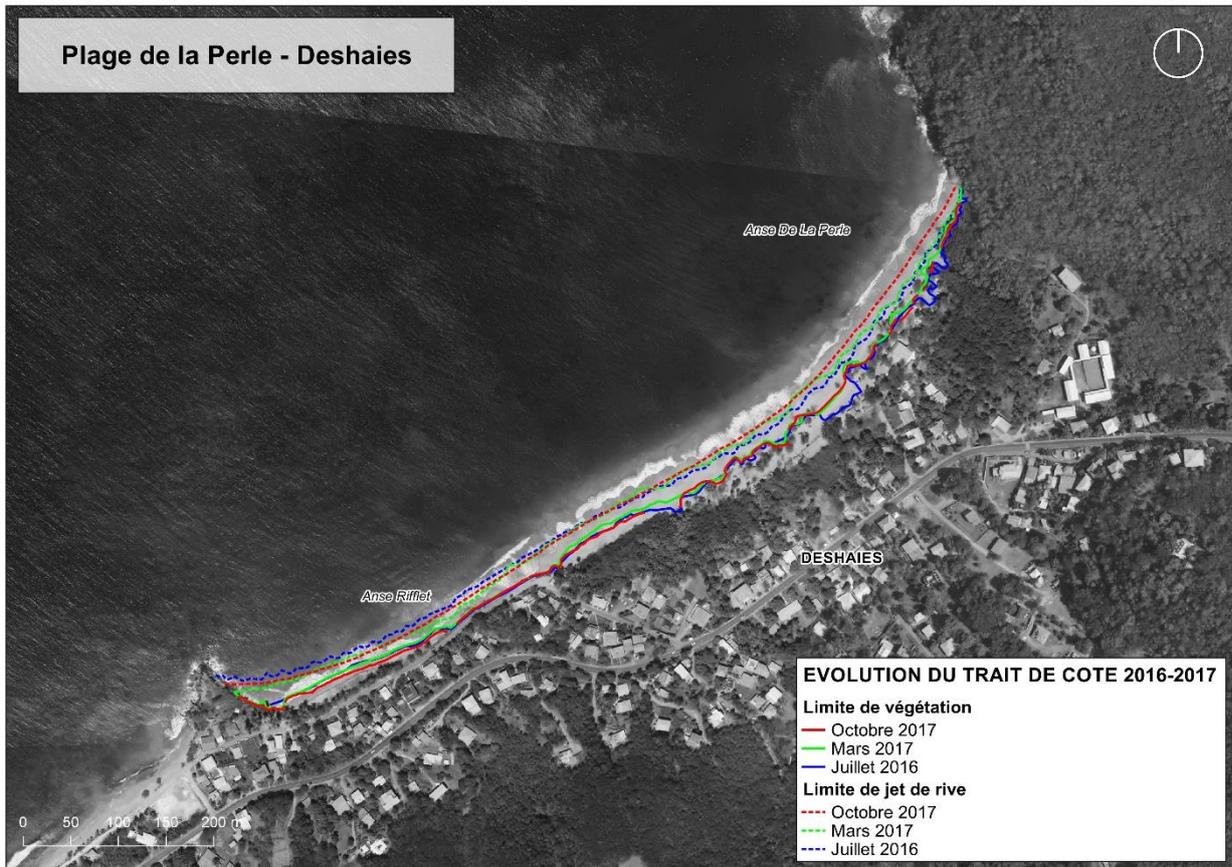


Illustration 35 – Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – La Perle (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution des profils de plage

Trois profils de référence ont été suivis au cours de 4 campagnes d'acquisition réalisées entre juillet 2016 et novembre 2017 (Illustration 36).

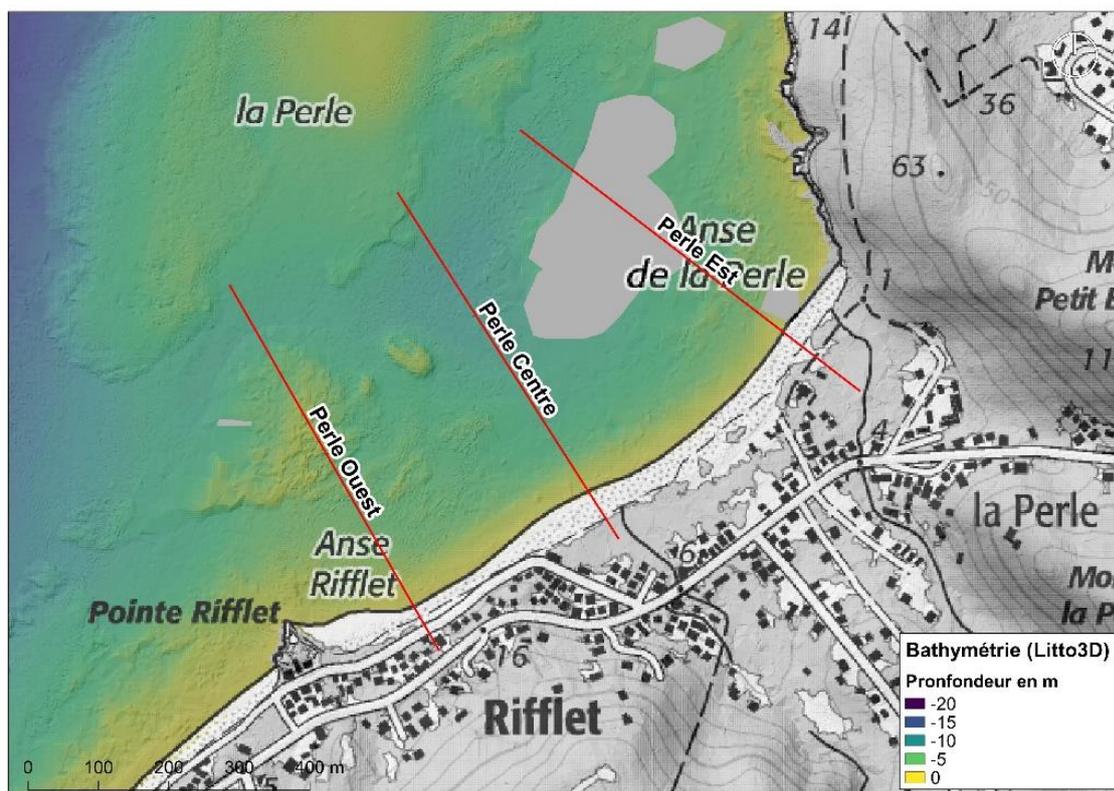


Illustration 36 – Positionnement des profils de référence sur le site de la plage de la Perle

Globalement la plage de la Perle présente une pente assez forte comprise entre 5 et 7 %. La profondeur de l'avant plage est relativement importante par rapport aux autres sites étudiés, elle se situe entre - 4 et - 8 m. A partir de - 4 m on constate que l'évolution de l'avant-plage est très peu marquée (profondeur de fermeture).

Sur le profil situé à l'ouest de la plage, on observe la présence d'une berme⁴ en juillet 2016. Cette figure sédimentaire est caractéristique d'une période de houles calmes et régulières qui génère des apports de sable sur le bas de plage. Sur le profil réalisé en mars 2017 on observe la disparition de cette berme et un abaissement du profil en bas de plage (Illustration 37).

A partir d'octobre 2017 ce profil présente une microfalaise sur la partie supérieure de plage et un engraissement en bas de plage, entre -2 et -4 m de profondeur. Ce phénomène est caractéristique d'une érosion du profil de plage en période de forte houle, suite au passage de l'ouragan Maria en septembre 2017, avec transfert des sédiments de la plage vers l'avant-plage.

Sur le profil de novembre 2017 on observe un retour du sable sur le bas de plage avec la formation d'une nouvelle berme et un engraissement du bas de plage qui indiquerait un retour du sable dans ce secteur.

⁴ Atterrissement sableux situé sur la partie supérieure de la plage au niveau de la zone battement des vagues caractéristique des périodes de temps calme

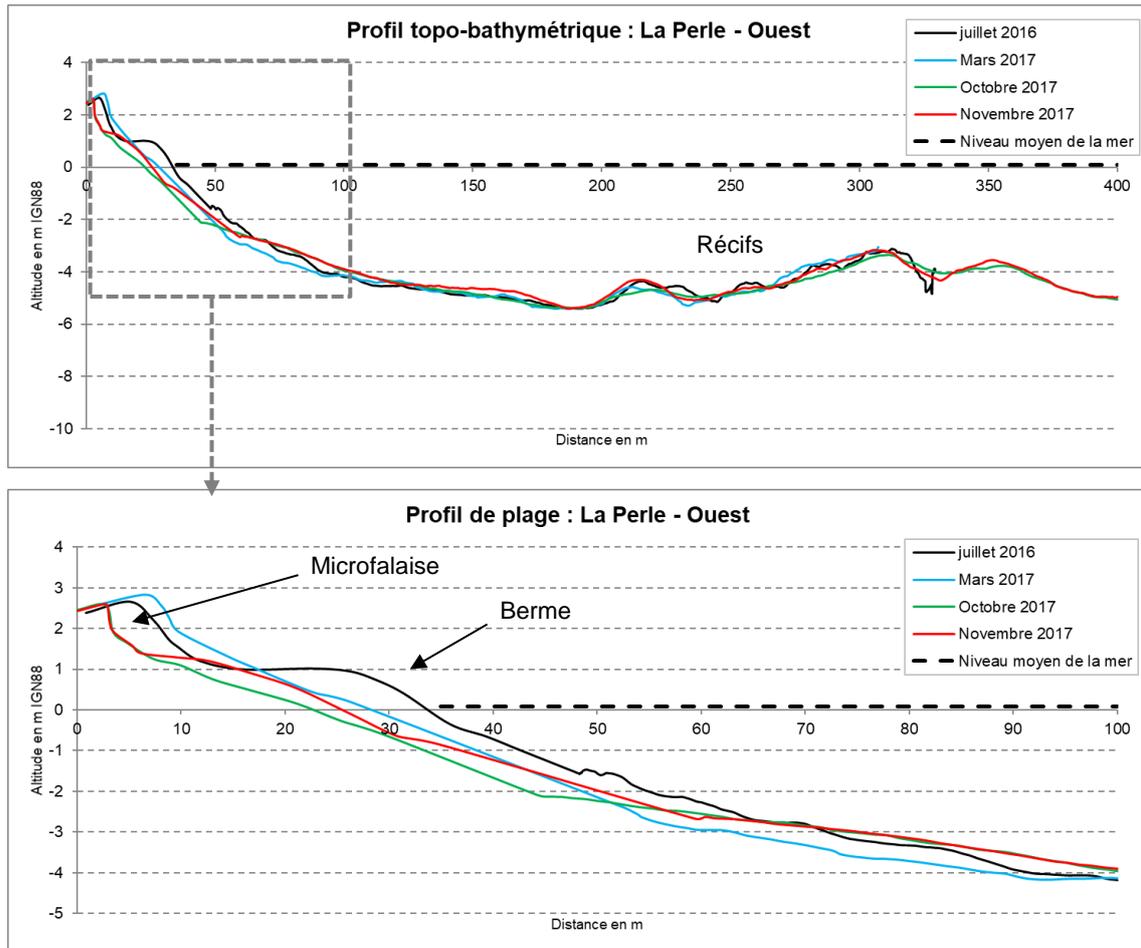


Illustration 37 – Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Ouest – plage de la Perle

Entre juillet 2016 et mars 2017 on observe un engraissement de la plage sur le profil central (Illustration 38). Puis, comme pour le profil situé à l'ouest, à partir d'octobre 2017, on constate une érosion de la plage avec la formation d'une microfalaise en haut de plage.

Le recul du haut de plage, estimé à une dizaine de mètre entre mars et octobre 2017, est certainement lié aux conséquences du passage de l'ouragan Maria en Septembre 2017.

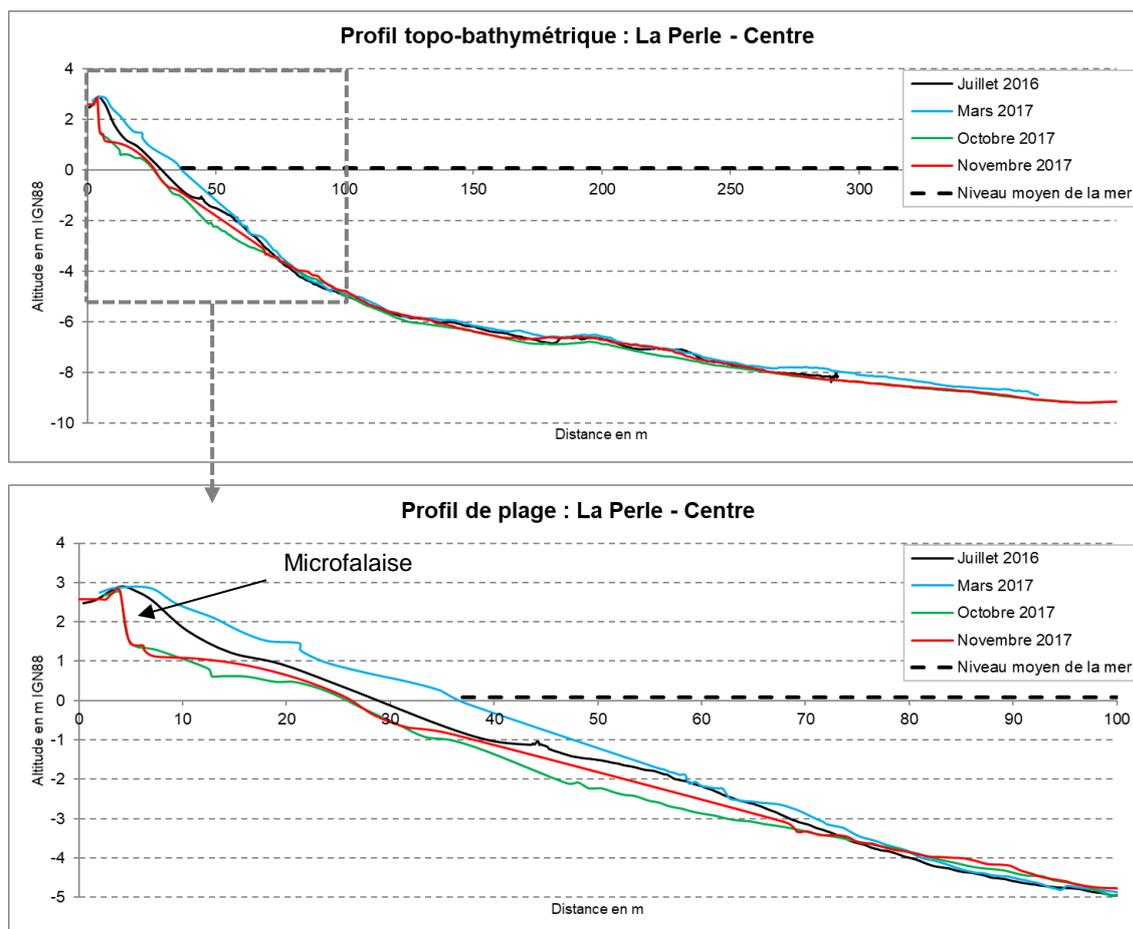


Illustration 38 - Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Centre – plage de la Perle

L'évolution du profil de plage situé à l'est est totalement opposée au deux autres profils (Illustration 39).

Entre juillet 2016 et mars 2017, on observe un léger engraissement du profil de plage puis la formation d'une importante berme à partir d'octobre 2017. Cette accumulation de sable, se traduit par une avancée de la plage comprise entre 10 et 20 m entre mars 2017 et octobre 2017. Sur le profil de novembre 2017, on observe une légère érosion de la berme traduisant un rééquilibrage du profil.

L'accumulation sableuse observée à partir d'octobre 2017 pourrait être liée aux effets de l'ouragan Maria qui auraient générés localement un transit du sable de la partie centrale vers la partie située au nord-est de la plage. L'érosion du profil observée en novembre, deux mois après Maria, traduit le retour à l'équilibre de la plage vers la situation initiale pré-Maria.

Une des particularités observées sur ce profil est la formation d'une barre sableuse située entre -3 et -4 m de profondeur, visible sur le profil d'octobre et de novembre 2017. Cette barre sableuse indique des échanges sédimentaires transverses (cross-shore) entre la plage et l'avant-plage.

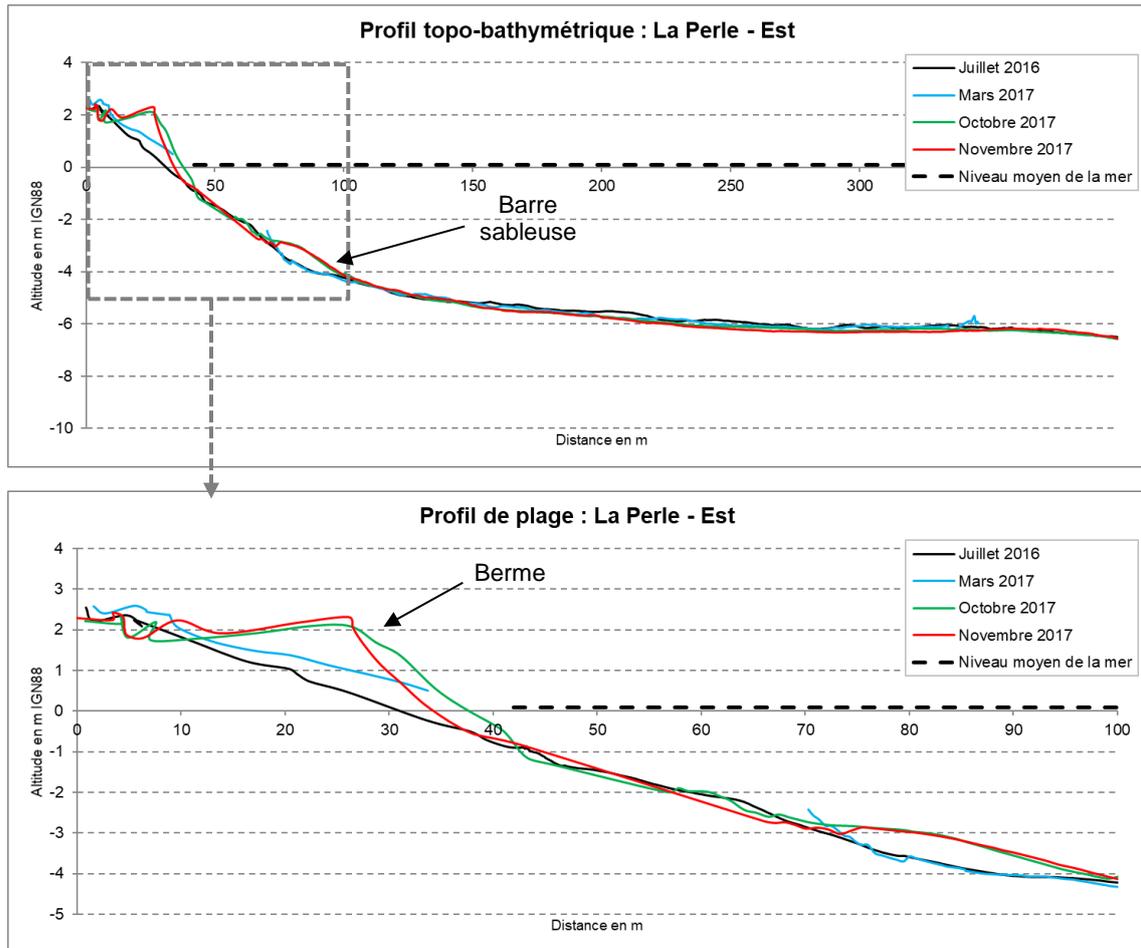


Illustration 39 – Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Est – plage de la Perle

Bilan sédimentaire de la plage

Les mesures photogrammétriques réalisées par drone permettent de dresser un bilan sédimentaire de la plage de la Perle sur la période d'observation. Les cartes présentées ci-après présente la morphologie de la plage de la Perle au cours des trois campagnes d'acquisition.

L'analyse des modèles numériques de terrain indique un déplacement progressif du sable de sud-ouest vers le nord-est accentué par le passage de MARIA en septembre 2017 qui a généré des houles en provenance du sud-ouest dans ce secteur.

Pour la campagne de juillet 2016 on observe clairement une accumulation de sédiment dans la partie située au sud-ouest de la plage et un déficit dans la partie située au nord-est (Illustration 40). En mars 2017, on observe une accumulation de sédiment dans la partie centrale de la plage (Illustration 41). Enfin, en novembre 2017, l'accumulation s'est déplacé vers le nord-est et la partie centrale présente une perte de sédiment (Illustration 42).

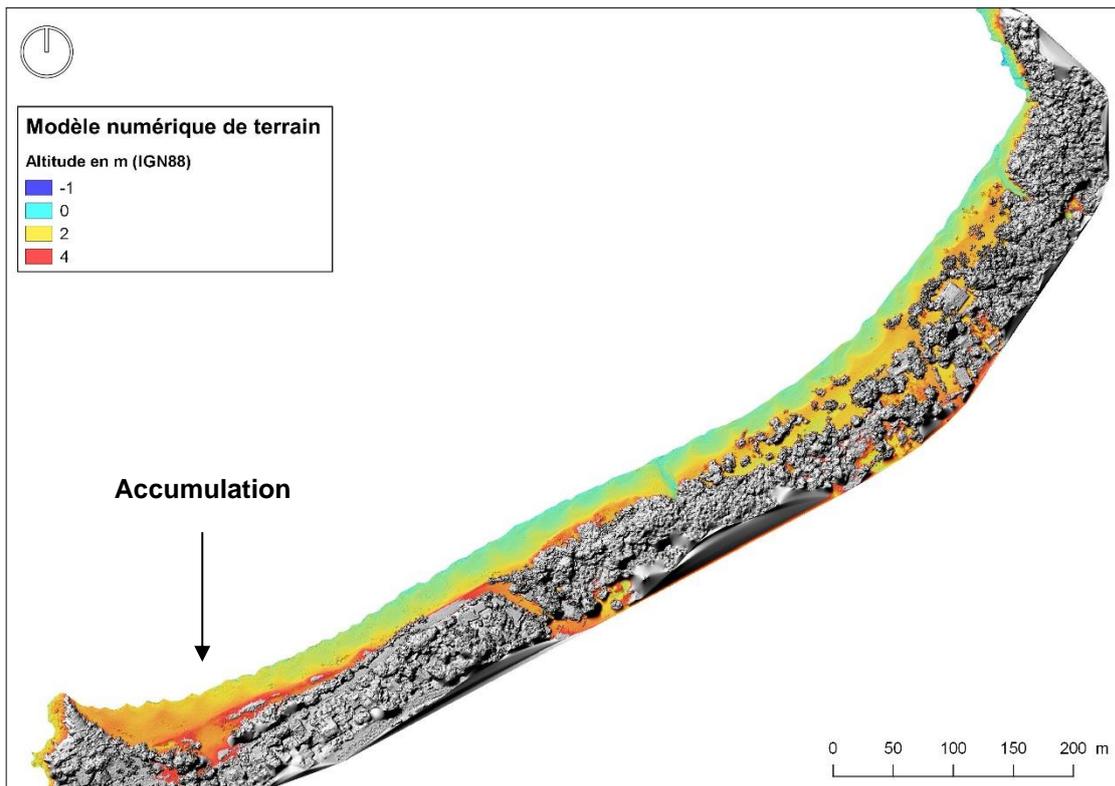


Illustration 40 - Modèle numérique de terrain de la palge de La Perle en Juillet 2016

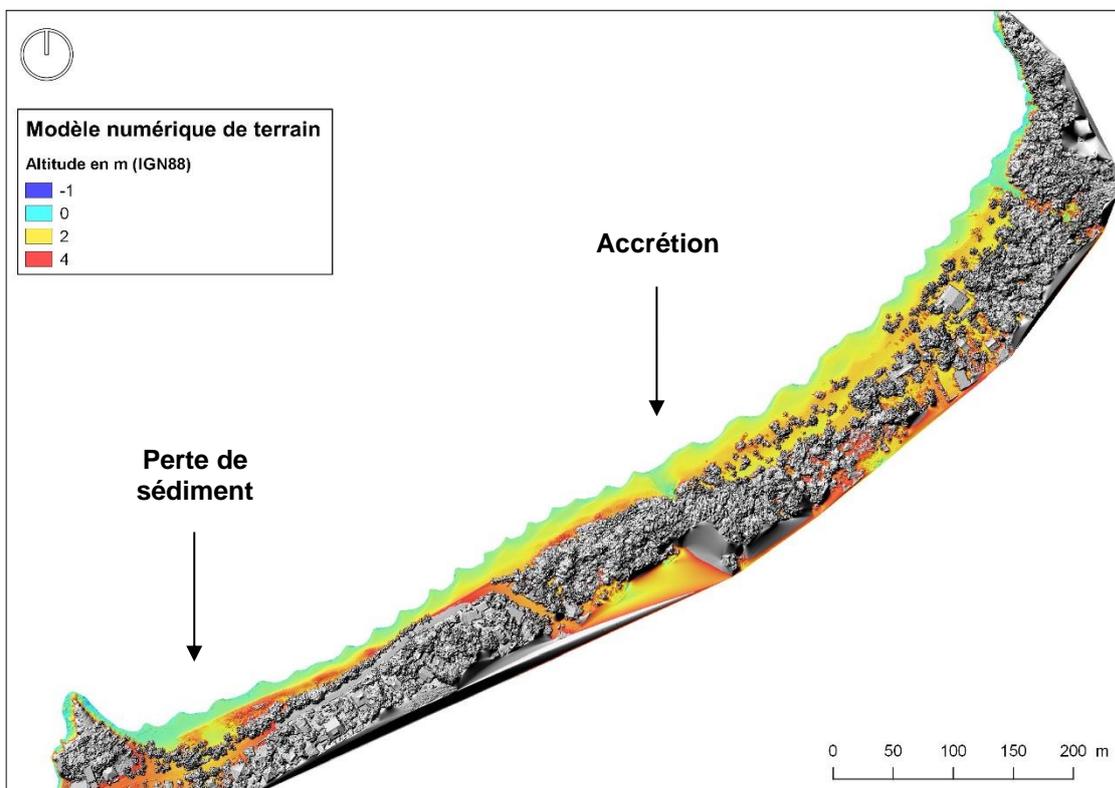


Illustration 41 - Modèle numérique de terrain de la plage de La Perle en Mars 2017

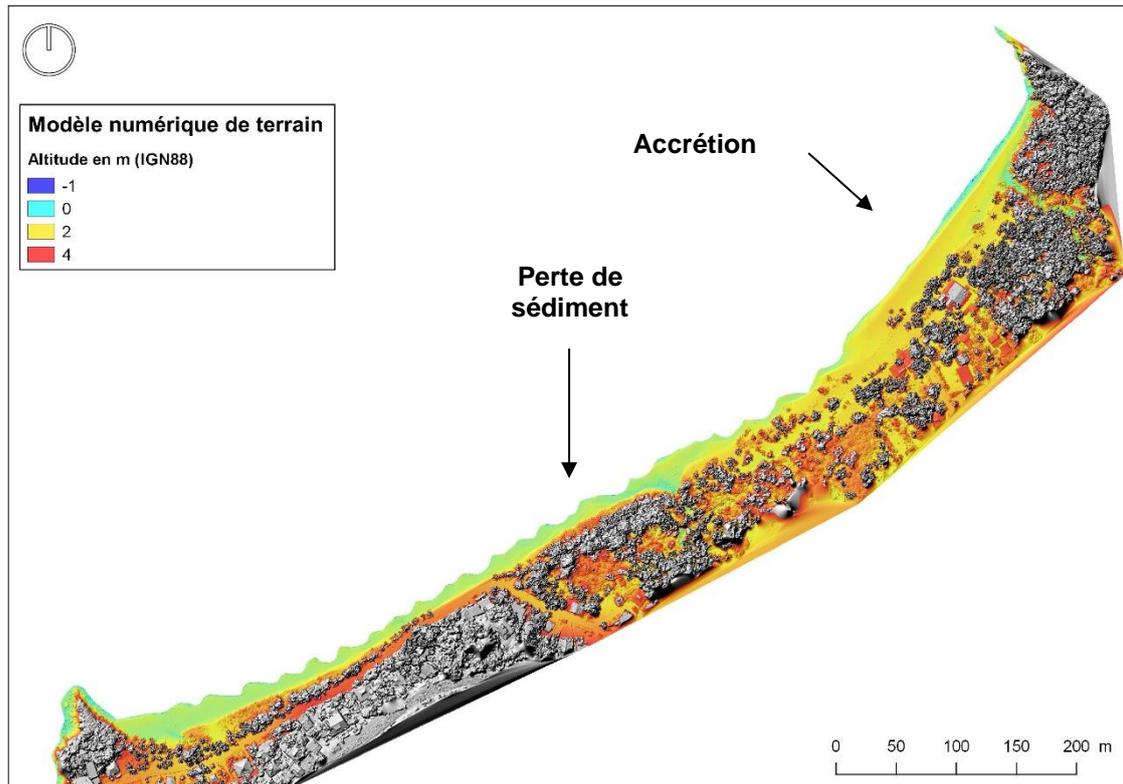


Illustration 42 –Modèle numérique de terrain de la plage de la Perle en Novembre 2017

Les deux cartes présentées ci-dessous permettent de synthétiser ces observations (Illustration 43 et Illustration 44). Elles indiquent les variations altitudinales de la plage d'un levé sur l'autre.

On observe bien les mouvements de sédiments successifs entre la partie située au sud-ouest, la partie centrale et la partie située au nord-est. Ces cartes permettent d'appréhender le bilan sédimentaire de la plage sur ces grands secteurs.

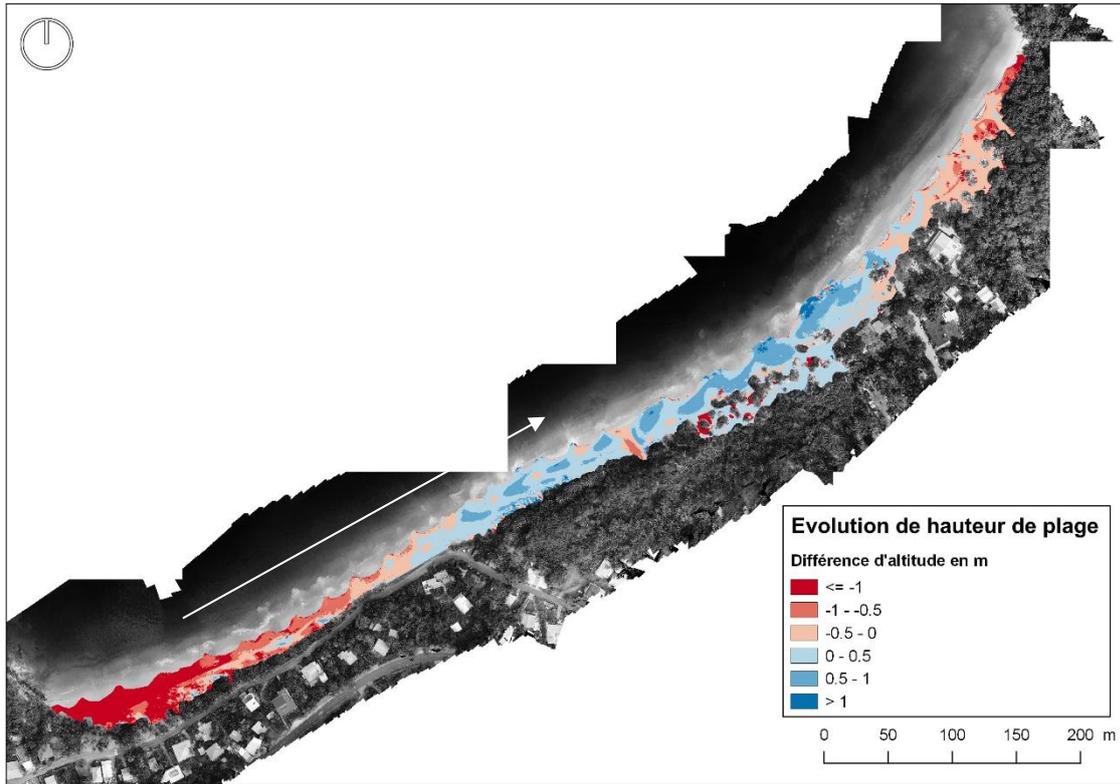


Illustration 43 - Evolution de la hauteur de plage entre juillet 2016 et mars 2017

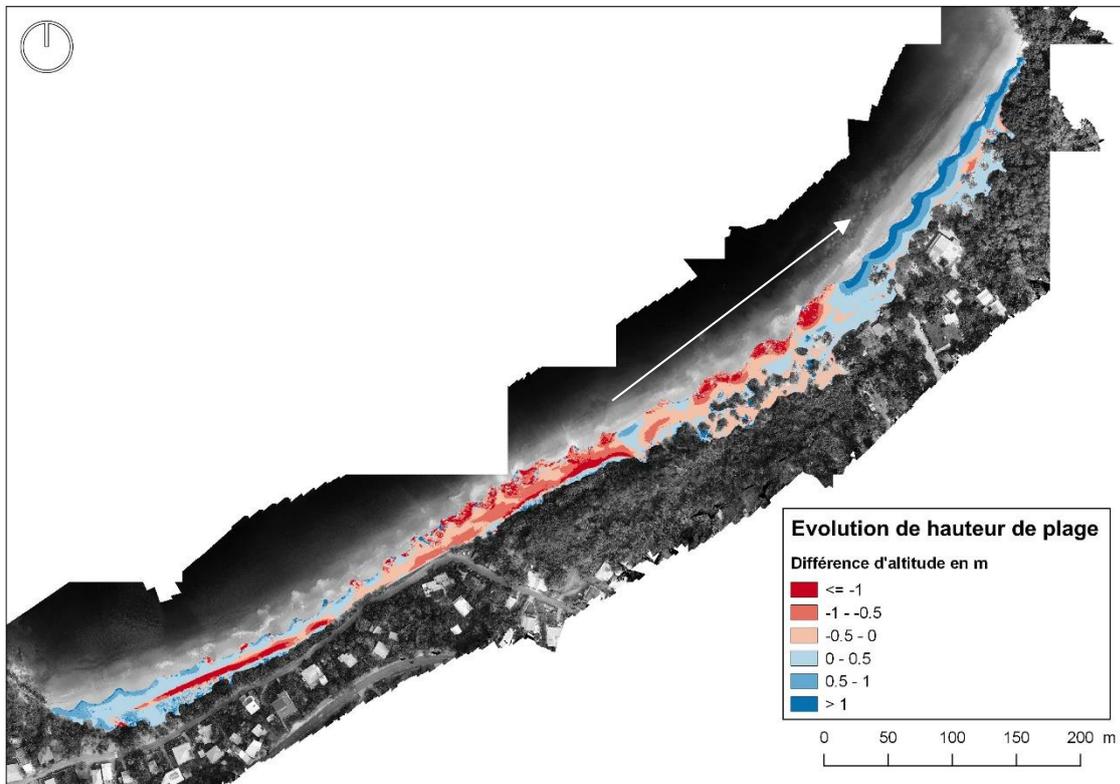


Illustration 44 – Evolution de la hauteur de plage entre mars 2017 et novembre 2017

Enfin, les tableaux ci-dessous présentent le bilan sédimentaire à l'échelle de la cellule sédimentaire entre chaque période d'observation (Tableau 6 et Tableau 7). Par exemple entre juillet 2016 et mars 2017 la plage de la Perle présente un bilan sédimentaire négatif avec une perte de sédiment estimée à environ 3 900 m³. Entre mars 2017 et novembre 2017 le bilan sédimentaire est presque à l'équilibre (perte estimée à 253 m³).

Volume en m ³		
Accrétion	Erosion	Bilan
4210	- 8101	- 3891

Tableau 6 – Bilan sédimentaire de la plage de la Perle entre juillet 2016 et mars 2017

Volume m ³		
Accrétion	Erosion	Bilan
5812	- 6065	- 253

Tableau 7 – Bilan sédimentaire de la plage de la Perle entre mars 2017 et novembre 2017

5.1.3. Bilan des observations récentes sur la plage de la Perle

- ➔ Rotation de la plage observée depuis octobre 2016 avec un déplacement progressif du stock sédimentaire vers le nord-est qui a été accentué par le passage de MARIA en septembre 2017
- ➔ Vers un rééquilibrage de la plage et un retour à la situation initiale avant Maria avec une dérive littorale qui s'inverse et un retour du sable accumulé au nord-est vers la partie centrale de la plage et l'extrémité le sud-ouest ?
- ➔ Bilan sédimentaire équilibré entre la situation avant et après MARIA (plage en équilibre dynamique à l'intérieur de la cellule sédimentaire)

5.2. SAINT FELIX – GOSIER

La plage de Saint-Félix se situe sur la commune de Gosier, au sud de la Grande-Terre. Cette plage orientée vers le sud-est s'étend sur une longueur d'environ 500 m pour une largeur comprise entre 20 et 30 m, elle est constituée de sable corallien (Illustration 45).

Elle est délimitée au nord-est au sud-ouest par deux petites pointes rocheuses et au large par un récif. Ce site est exposé au houles d'alizés de secteur est à sud-est.

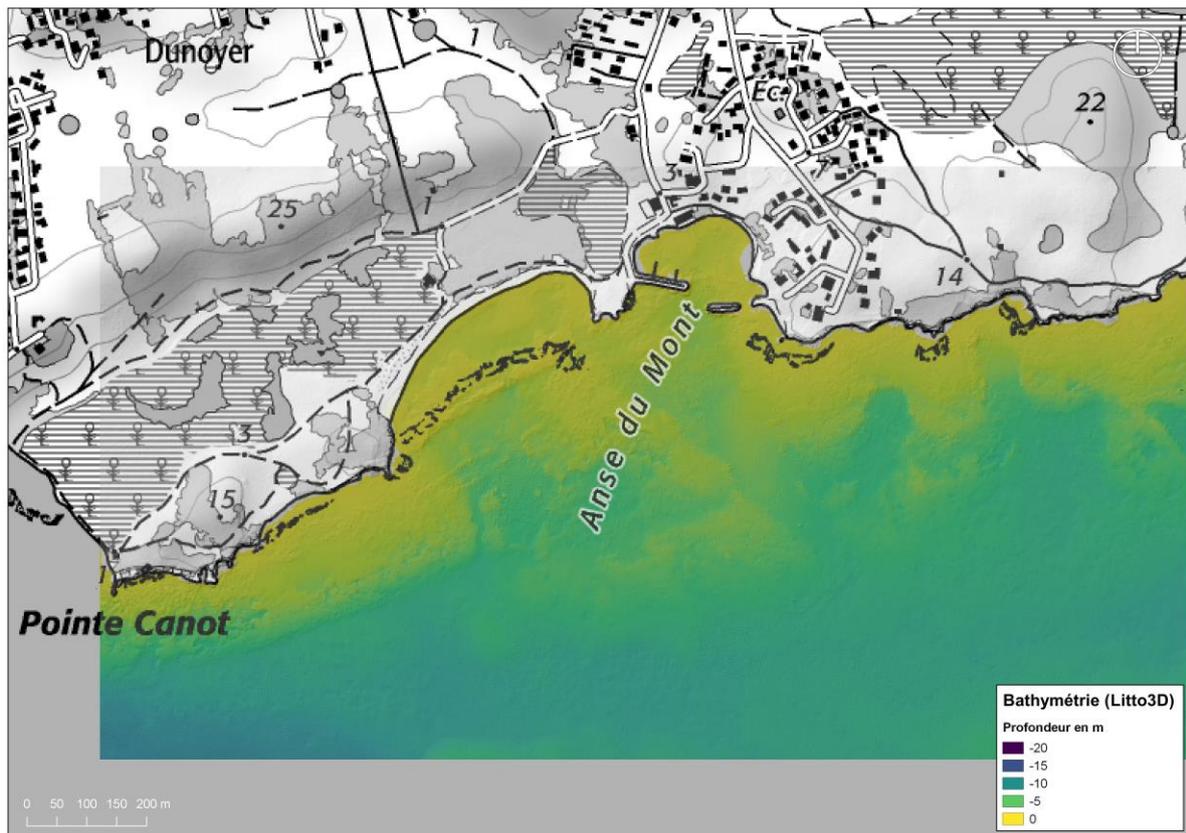


Illustration 45 – Morphologie du site de la plage de Saint Félix

Le haut de plage est densément végétalisé et l'arrière plage est partiellement bordée par la mangrove (Illustration 46). Un restaurant et un parking sont aussi présents sur l'arrière plage. Le site est fréquenté par les randonneurs et les baigneurs.



Illustration 46 – Panorama de la plage de Saint-Félix depuis la pointe rocheuse située au nord-est du site (octobre 2017)

5.2.1. Evolutions sur le long et moyen terme

Evolution sur le long terme (1950-2013)

Sur le long terme, le trait de côte au niveau de la plage de Saint-Félix a reculé de manière très importante depuis 1950. Les valeurs de recul du trait de côte sont comprises entre 50 et 100 m entre 1950 et 2013 (Illustration 47).

Sur cette période le taux de recul annuel moyen est proche de -1 m/an avec des valeurs maximales dans la partie centrale de la plage comprise entre -1,5 et -2 m/an.

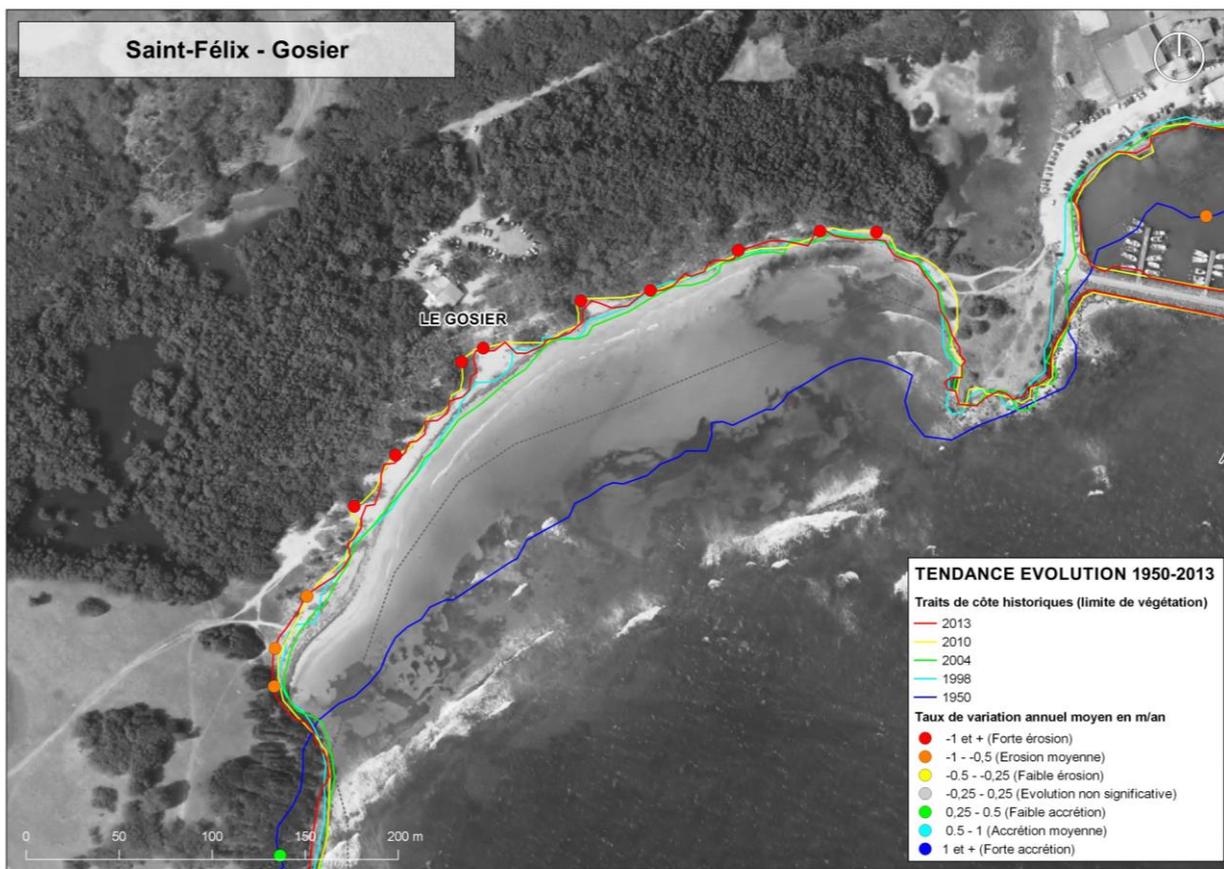


Illustration 47 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plage de Saint-Felix (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution sur le moyen terme (1998-2013)

Sur la période 1998-2013 on constate que la partie située au nord-est de la plage présente une relative stabilité. Par contre la partie centrale présente toujours une tendance marquée à l'érosion. La partie située au sud-ouest de la plage présente également une tendance à l'érosion qui est néanmoins moins forte que sur la partie centrale (Illustration 48).

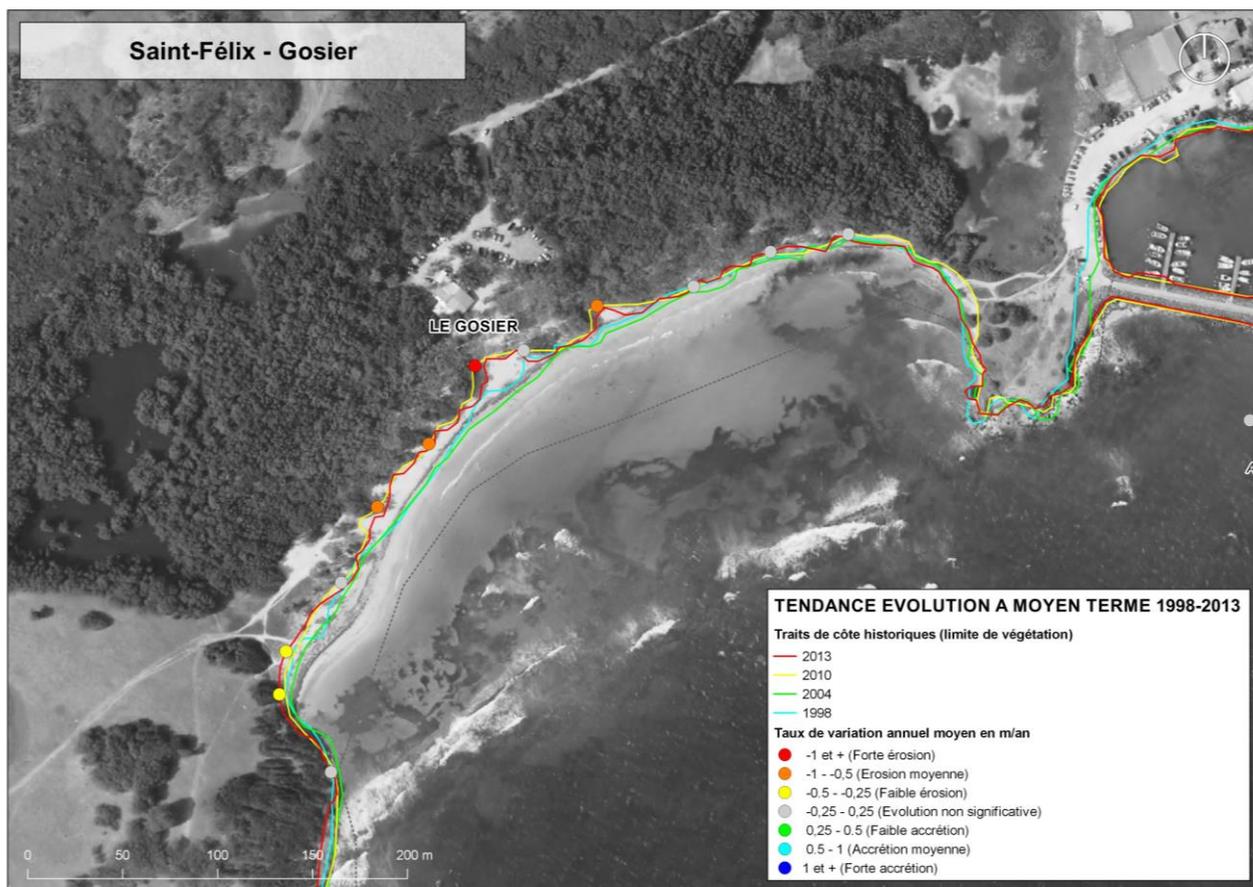


Illustration 48 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage de Saint-Félix (fond de carte Ortho IGN 2010)

5.2.2. Evolutions récentes (2016-2017)

Evolution du trait de côte

Sur la période d'observation récente, on constate que la tendance au recul de la plage se confirme tant sur l'évolution de la limite de végétation que sur la limite du jet de rive (Illustration 49).

L'érosion a particulièrement affecté la partie sud-ouest de la plage, avec un recul de la limite de végétation et du jet de rive d'une dizaine de mètre entre mars et novembre 2017.

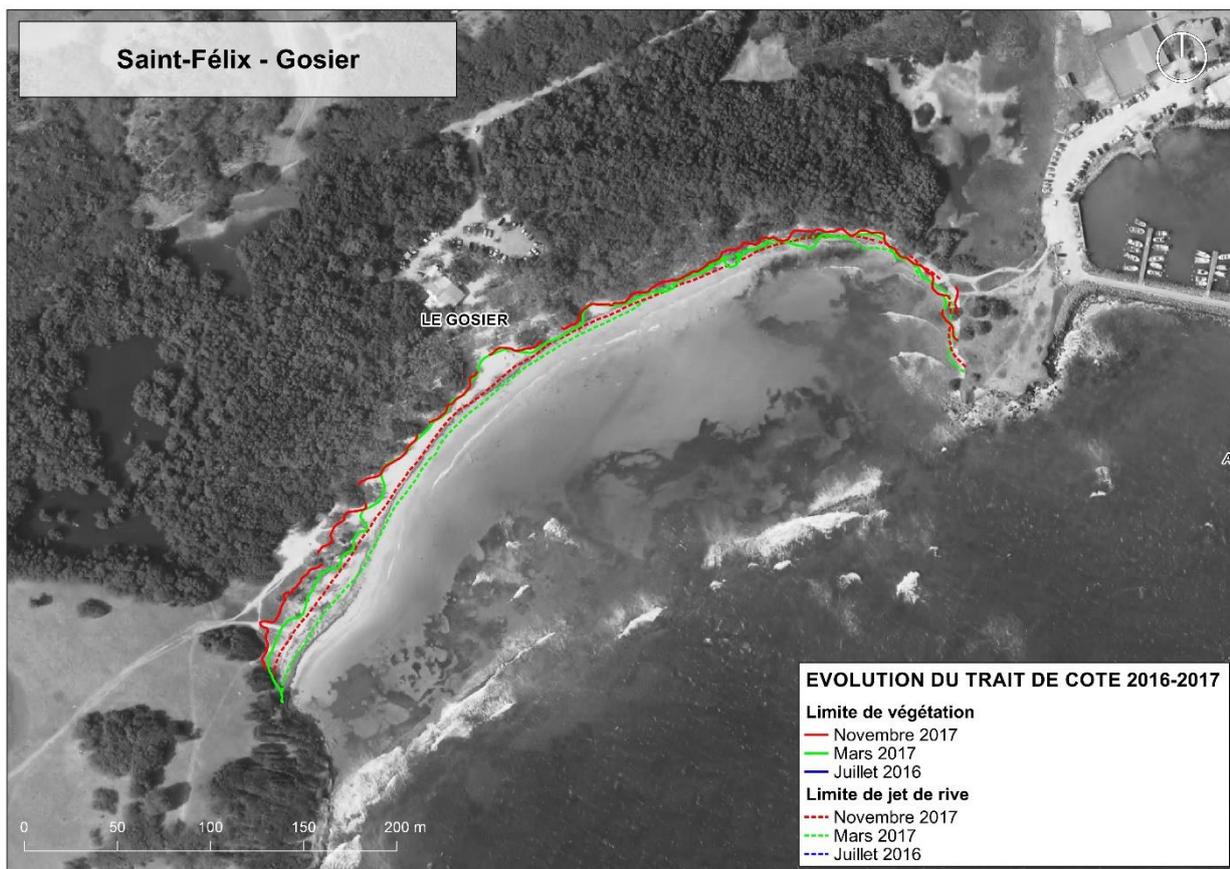


Illustration 49 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Saint-Félix (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution des profils de plage

Sur le site de la plage de Saint-Félix, trois profils de plage ont été suivis au cours de trois campagnes d'acquisition réalisées en mars, novembre et décembre 2017 (Illustration 50).

A cause d'un problème technique, le profil bathymétrique n'a pas pu être réalisé au cours de la campagne de novembre 2017.

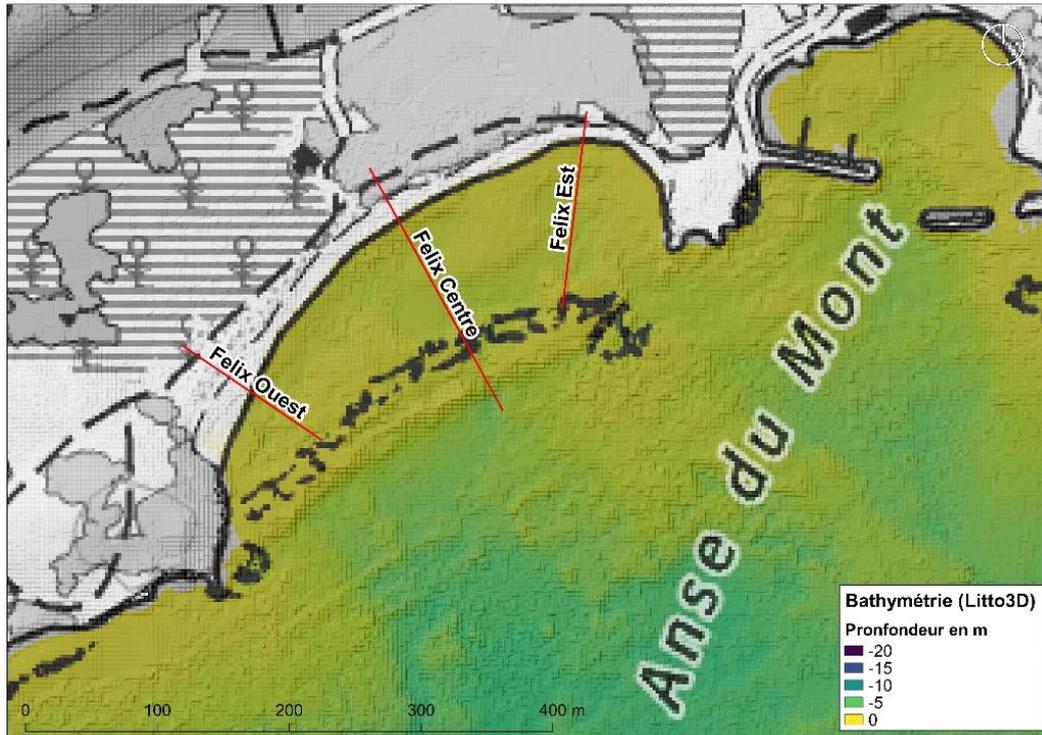


Illustration 50 - Positionnement des profils de référence sur la plage de Saint-Félix

Les variations altitudinales observées sur le haut de plage sont parfois délicates à interpréter en raison des échouages de sargasses observés sur la plage au cours des campagnes d'acquisition (Illustration 51).



Illustration 51 –Dépôt de sargasses échouées sur la plage de Saint-Félix (campagne de mars 2017)

Sur l'ensemble des profils étudiés on observe un exhaussement général de l'avant-plage dans les petits fonds compris entre -1 et -2 m (hausse de 0,5 m en moyenne).

Au niveau du profil ouest, on observe un recul de la plage d'environ 20 mètres entre mars et novembre 2017. A l'inverse on constate un retour du sable à partir de décembre 2017 (Illustration 52).

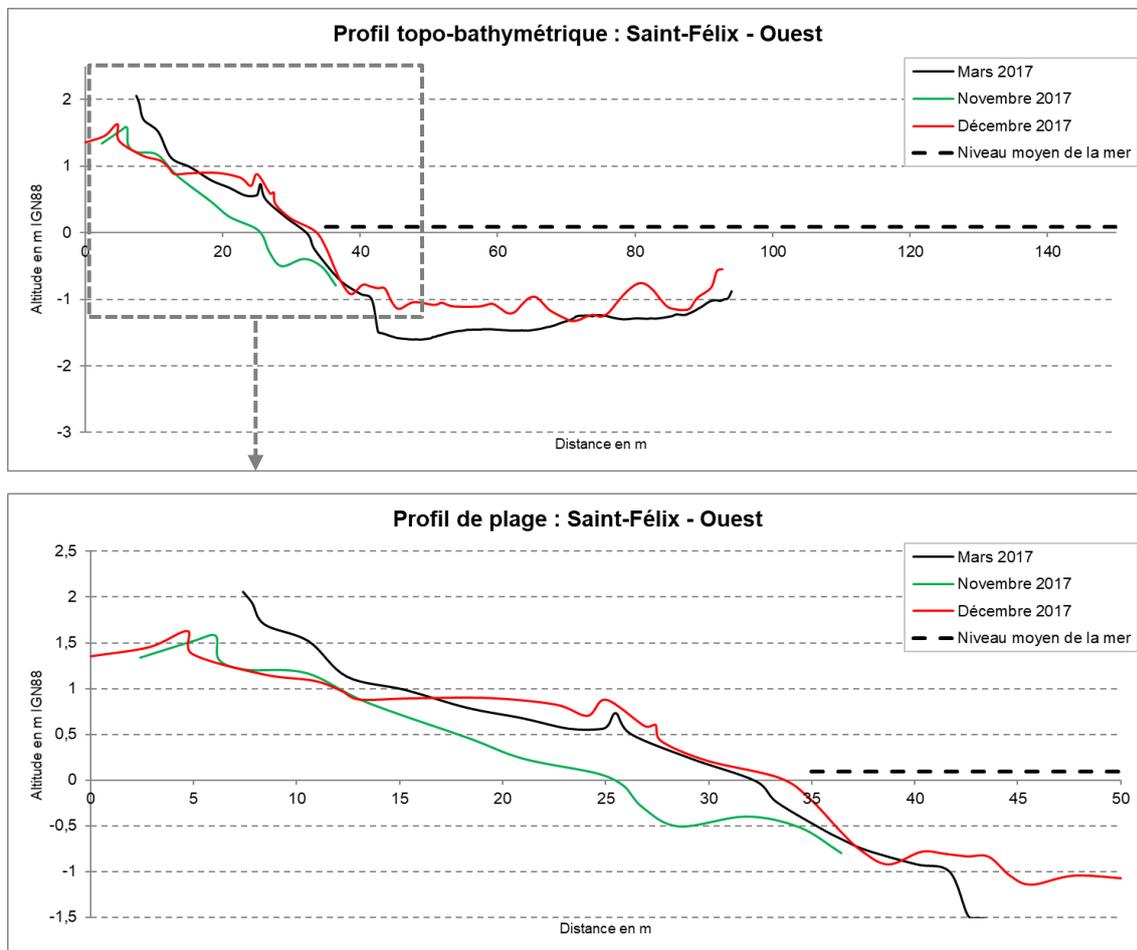


Illustration 52 - Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Ouest – plage de Saint-Félix

On retrouve la même dynamique sur le profil central, avec un très léger recul entre mars 2017 et novembre 2017 et un retour du sable à partir de décembre 2017 (Illustration 53).

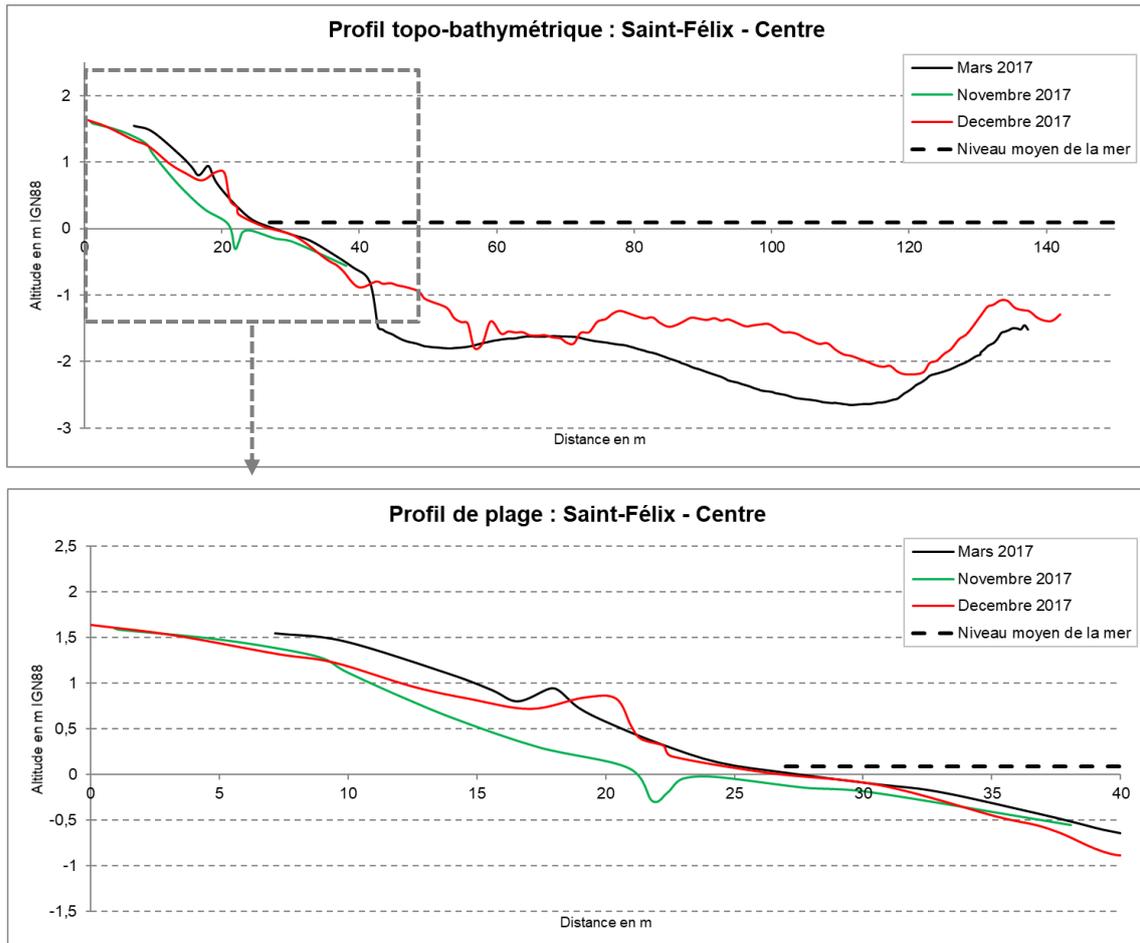


Illustration 53 - Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Centre – plage de Saint-Félix

Les évolutions observées sur le profil situé à l'est de la plage sont moins significatives, on constate tout de même une tendance au recul de la plage entre mars 2017 et novembre 2017. La situation entre novembre et décembre 2017 est relativement stable (Illustration 54).

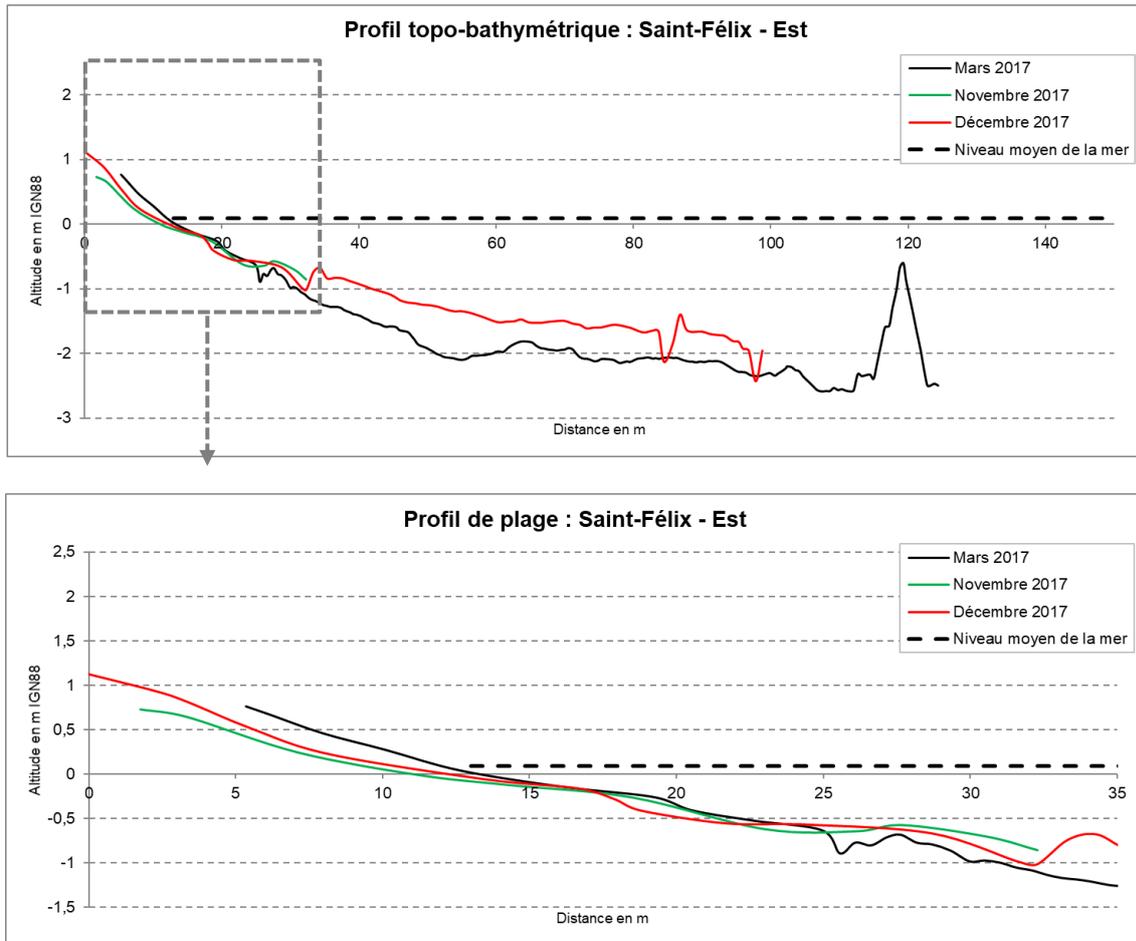


Illustration 54 - Evolution du profil topo-bathymétrique de référence Est – plage de Saint-Félix

5.2.3. Bilan des observations récentes sur la plage de Saint-Félix

- Impact de MARIA observé entre mars et novembre 2017 qui se caractérise par un léger recul de la plage
- Retour du sable à partir de décembre sur la partie ouest et centrale (résilience de la plage après le passage de MARIA)
- Exhaussement des petits fonds au niveau de l'avant plage entre -1 et -2 m de profondeur

5.3. LA SALINE – GOSIER

La plage de la Saline est située sur la commune de Gosier. Elle est délimitée au nord par des falaises et au sud par la pointe de la Saline. Cette plage présente une longueur de 400 m pour une largeur de 15 m. Elle présente la particularité d'être orienté à l'est. Ce site est exposé au régime des houles d'Alizée de secteur est à sud-est (Illustration 55).

Cette formation sédimentaire constitue une flèche sableuse. La formation de cette flèche a permis à la lagune de la Saline de se développer en arrière plage. L'avant plage sableux s'étend en pente très douce vers le Petit Havre. Un plateau récifal est présent en face de la Pointe de la Saline (Rocher du Diamant).

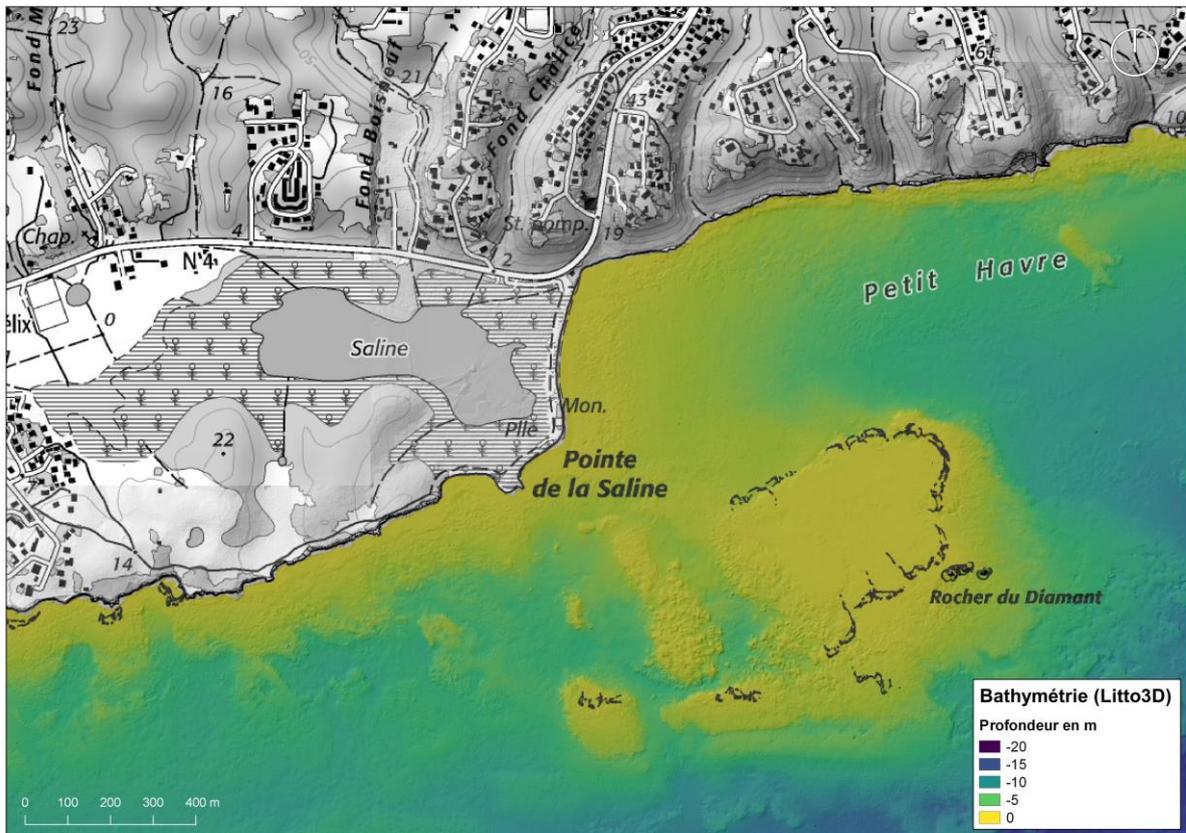


Illustration 55 – Morphologie du site de la plage de la Saline

Cette plage est très fréquentée par les pratiquants de kitesurf et planche à voile ainsi que pour la randonnée et la course à pied (Illustration 56). Quelques aménagements de types carbet se situent en arrière-plage.



Illustration 56 – Plage de la Saline (vue vers le sud, Mars 2017)

5.3.1. Evolutions sur le long et moyen terme

Evolution sur le long terme (1950-2013)

Sur le long terme la plage de la Saline présente une érosion chronique. Le recul observé depuis 1950 est compris entre 40 et 60 m (Illustration 57).

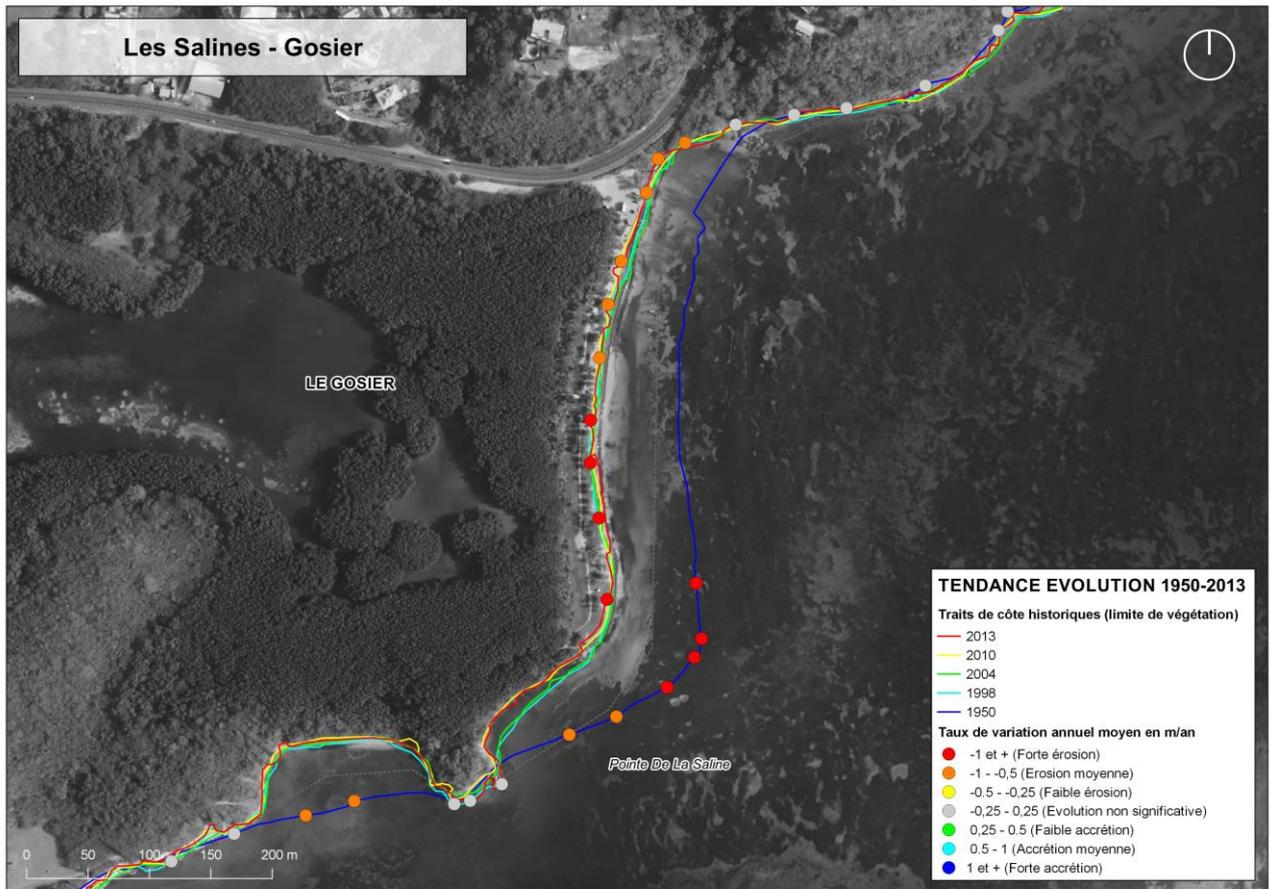


Illustration 57 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – plage de la Saline (fond de carte Ortho IGN 2010)

La moitié nord de la plage semble avoir reculé à un rythme légèrement moins important que la partie sud. Cependant la tendance moyenne annuelle de recul sur la période 1950-2013 est proche de -1m/an.

Evolution sur le moyen terme (1998-2013)

Sur le moyen terme on observe une variabilité plus importante. Cette variabilité semble traduire l'évolution saisonnière du trait de côte (Illustration 58).

Cependant, la tendance à l'érosion est toujours marquée au niveau des extrémités de la plage, en particulier à proximité de la Pointe de la Saline. Par ailleurs, il semble que la partie centrale est plus stable, elle présente localement une légère avancée sur le moyen terme.

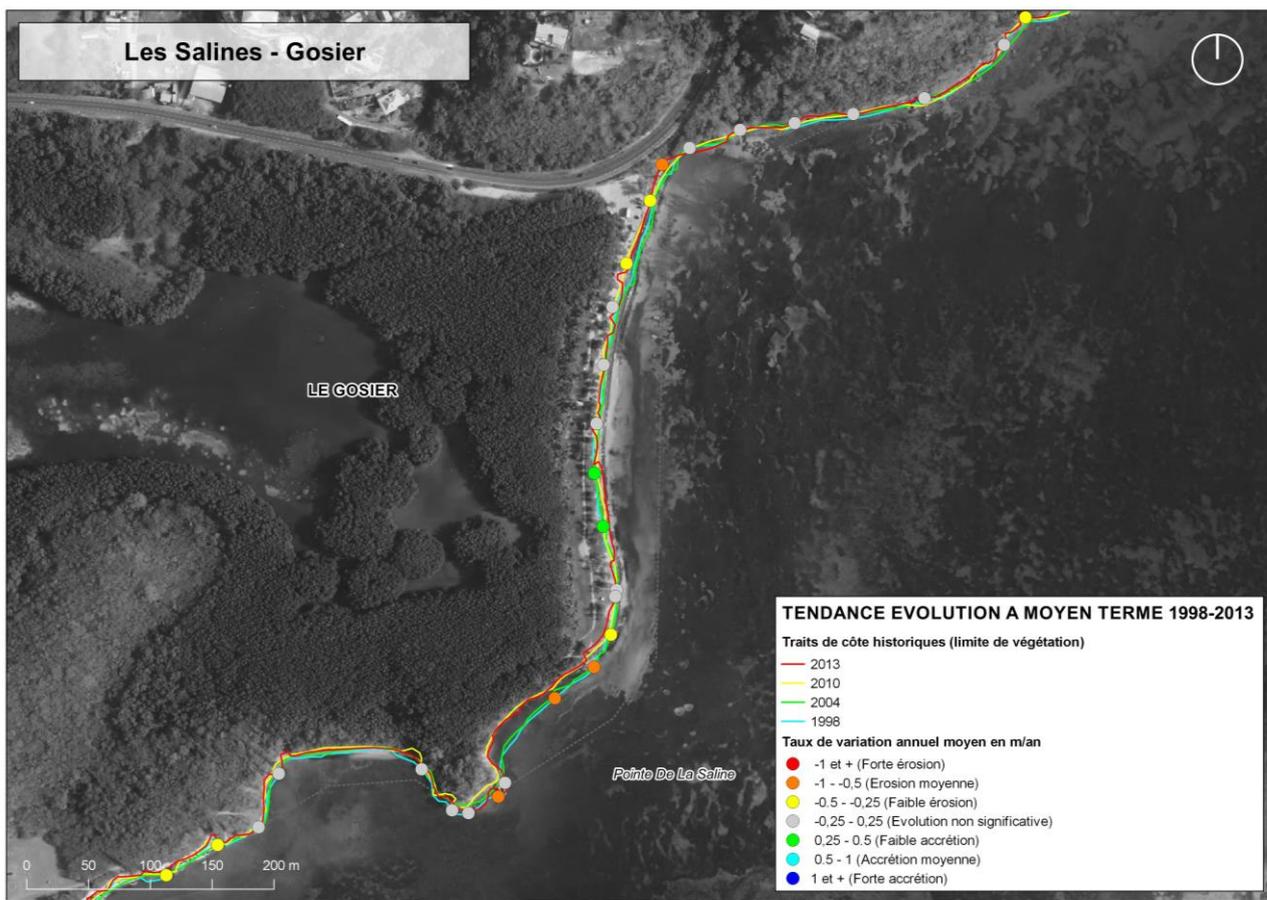


Illustration 58 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage de la Saline (fond de carte Ortho IGN 2010)

5.3.2. Evolutions récentes (2016-2017)

Evolution du trait de côte

Sur la période récente, on observe que la limite de végétation a reculé d'environ 5 et 10 m entre juillet 2016 et octobre 2017 (Illustration 59).

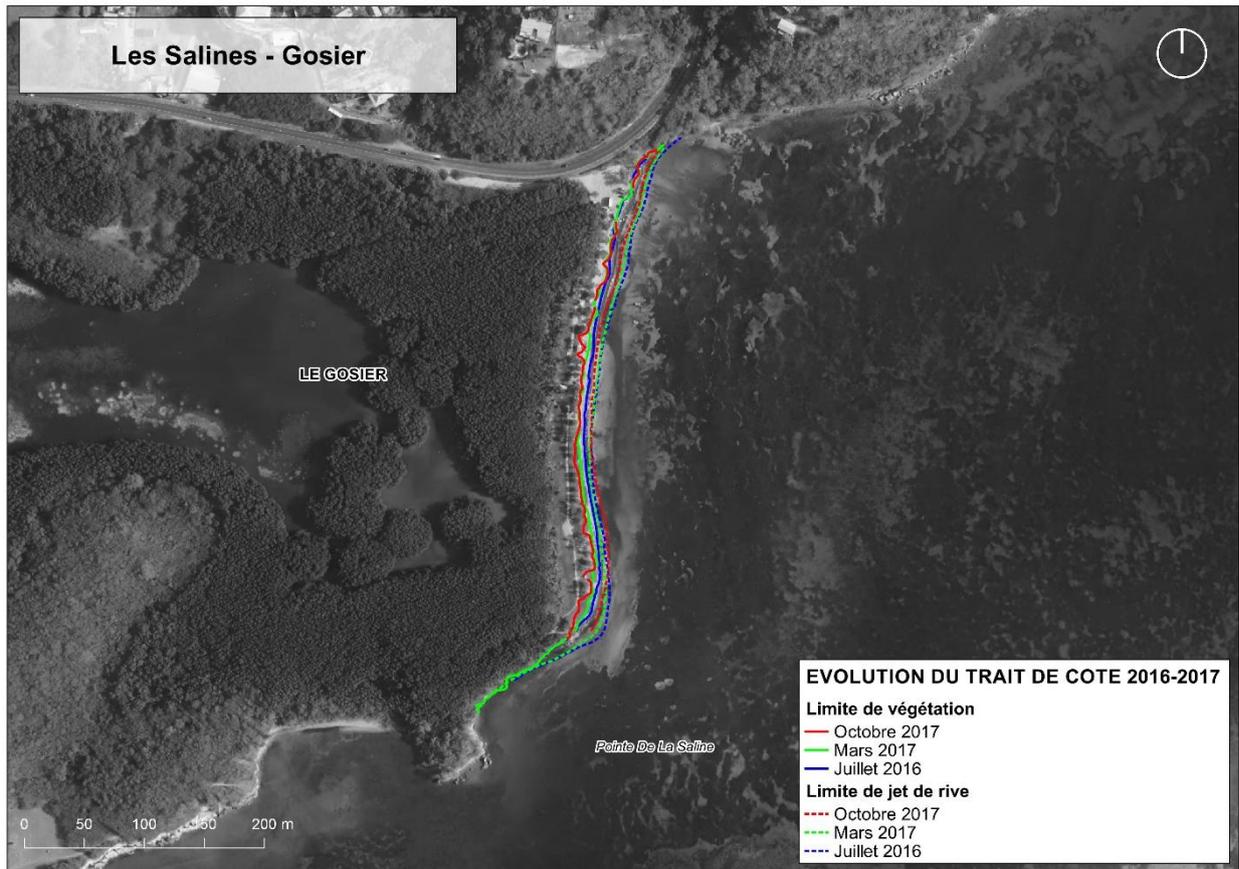


Illustration 59 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Plage de la Saline (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution des profils de plage

Sur le site de la plage de la Saline trois profils de référence ont été suivi au cours de trois campagnes d'acquisition réalisées en juillet 2016, mars 2017 et octobre 2017 (Illustration 60).

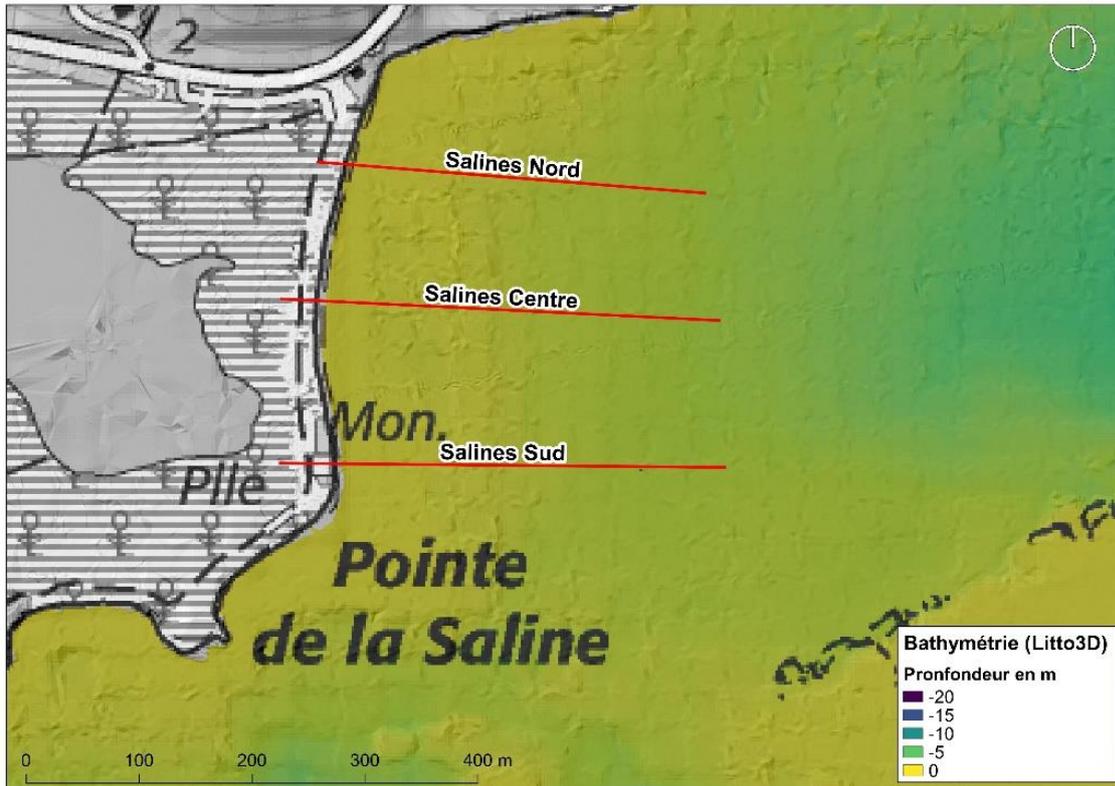


Illustration 60 - Positionnement des profils de référence sur la plage de la Saline

D'une manière générale on peut observer un exhaussement des fonds situés entre -1 et -3 m de profondeur entre juillet 2016 et mars 2017 puis un abaissement généralisé à partir d'octobre 2017. La dynamique de l'avant plage est certainement à mettre en relation avec l'impact du passage de l'ouragan de Maria en septembre 2017.

L'évolution du profil de plage situé au Nord présente un recul d'environ 5 m entre juillet 2016 et mars 2017 et une stabilisation à partir d'octobre 2017 (Illustration 61). On observe également un abaissement du haut de plage entre mars et octobre 2017.

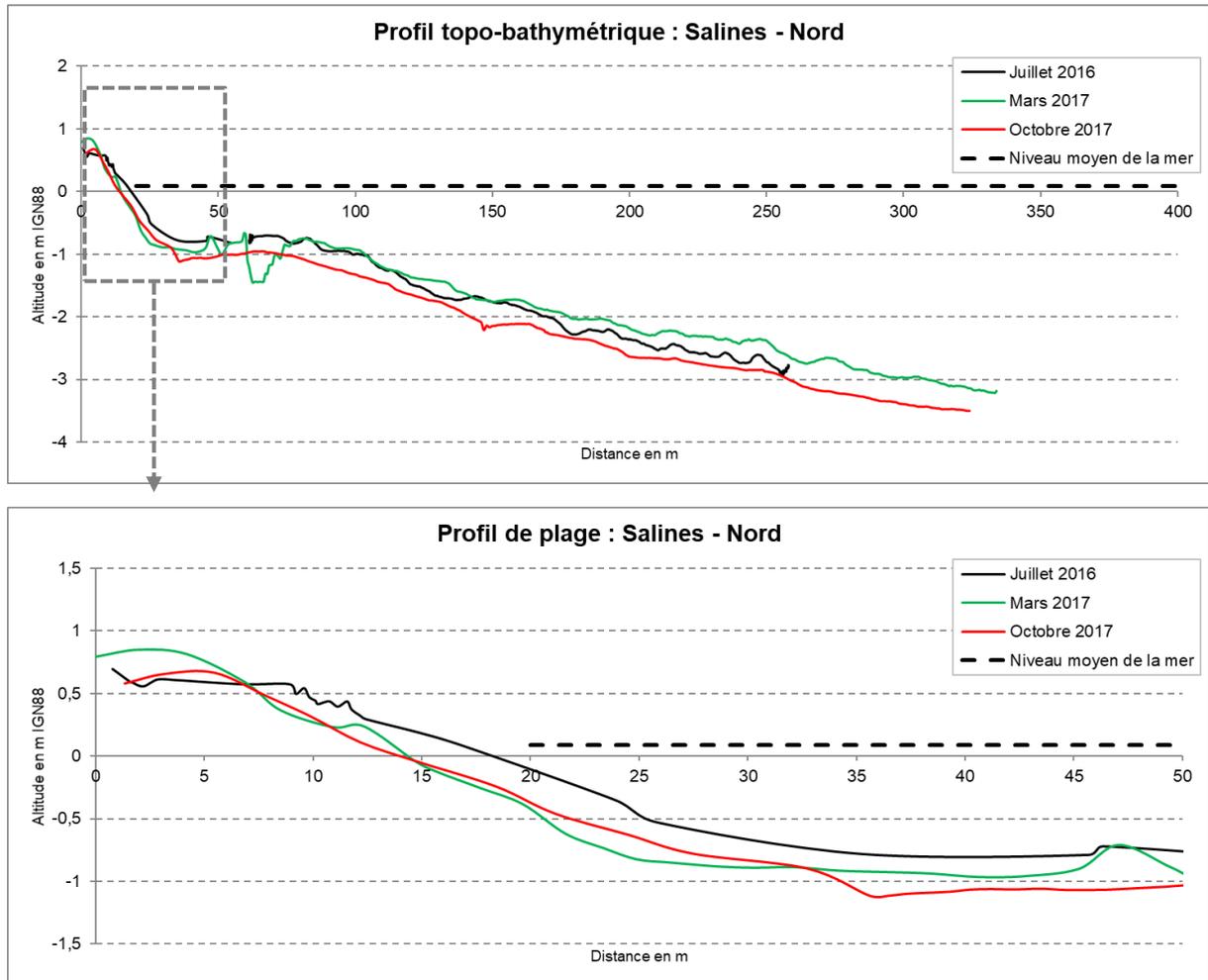


Illustration 61 – Evolution du profil de plage Nord – Plage de la Saline

L'évolution du profil de plage situé dans la partie centrale présente une plus grande stabilité sur l'ensemble de la période d'observation (Illustration 62). On observe tout de même un abaissement du haut de plage entre mars et octobre 2017 suite au passage de MARIA.

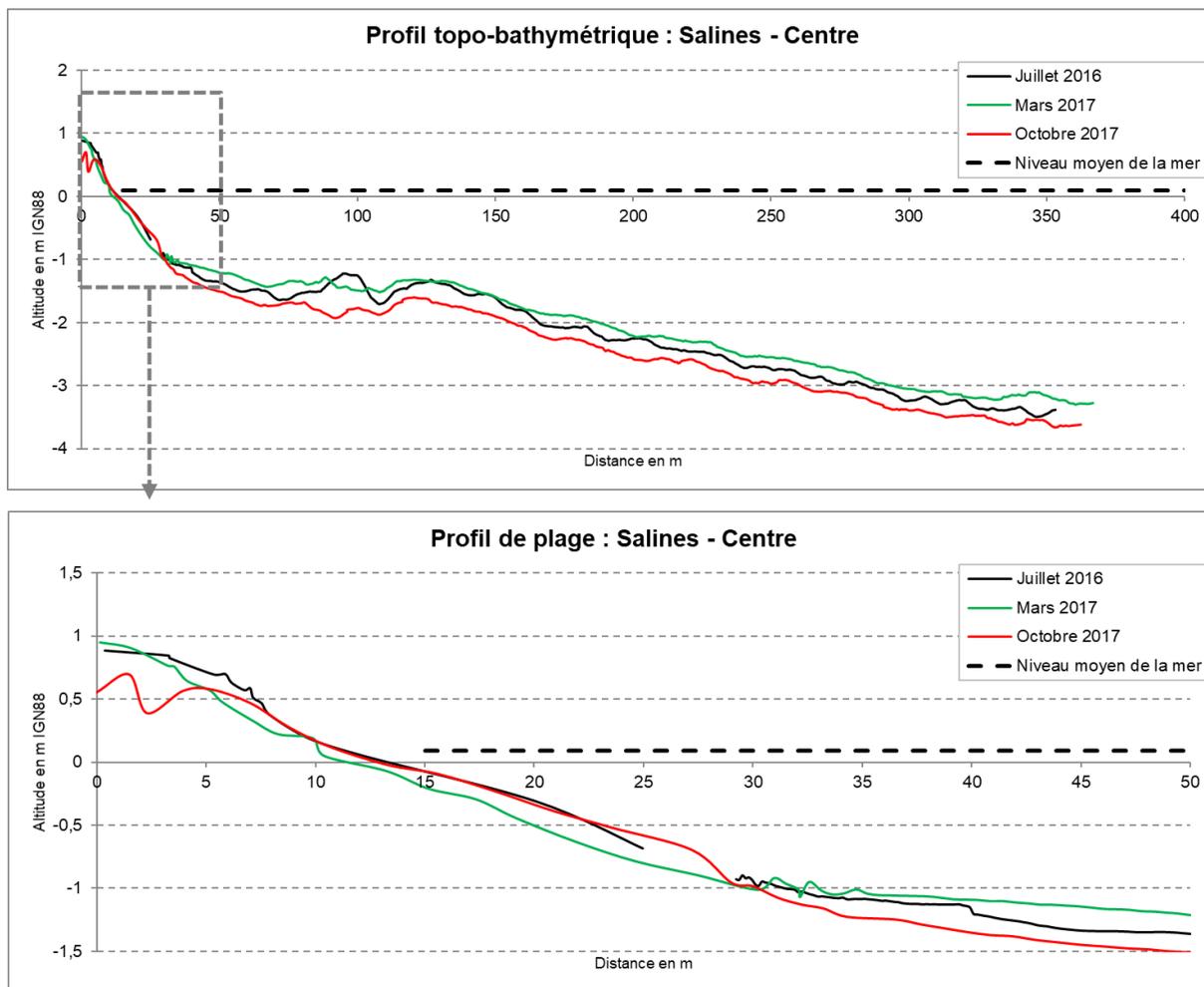


Illustration 62 – Evolution du profil de plage Centre – Plage de la Saline

Sur la partie sud, on observe une érosion du haut de plage entre juillet 2016 et mars 2017 avec la présence d'une microfalaise en haut de plage et d'une berme en bas de plage.

A partir d'octobre 2017, la berme située en bas de plage a disparue et haut de plage s'est abaissé (Illustration 63).

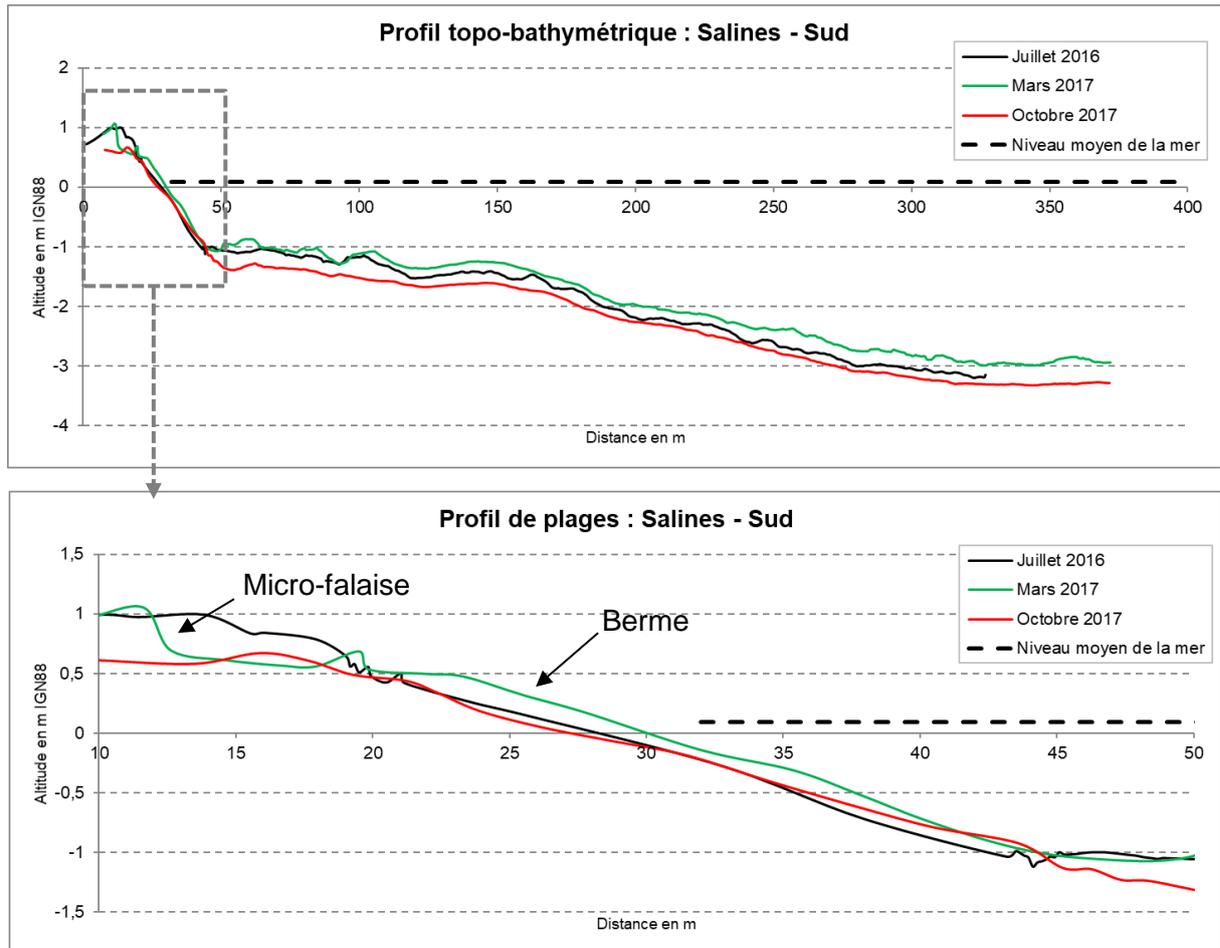


Illustration 63 - Evolution du profil de plage Sud – Plage de la Saline

5.3.3. Bilan des observations récentes sur la plage de la Saline

- ➔ Recul de la limite de végétation liée au passage de MARIA
- ➔ Tendance à l'érosion plus marquée des parties aux extrémités situées au sud et au nord de la plage
- ➔ Abaissement du haut de plage et de l'avant plage qui traduit une tendance à l'érosion du site

5.4. PLAGES DU BOURG – SAINTE-ANNE

La plage du Bourg de Saint-Anne est délimitée par différents aménagements de protection : un enrochement longitudinal situé le long de la route nationale à l'ouest et trois épis situés à l'est (Illustration 64).

D'une longueur de 650 m, cette plage corallienne est orientée vers le sud-sud-ouest, elle est donc peu exposée au régime des houles d'alizée. Par ailleurs une bande récifale, interrompue par deux passes (Grande et Petite Passe), s'étend au large de l'Anse de Sainte-Anne.

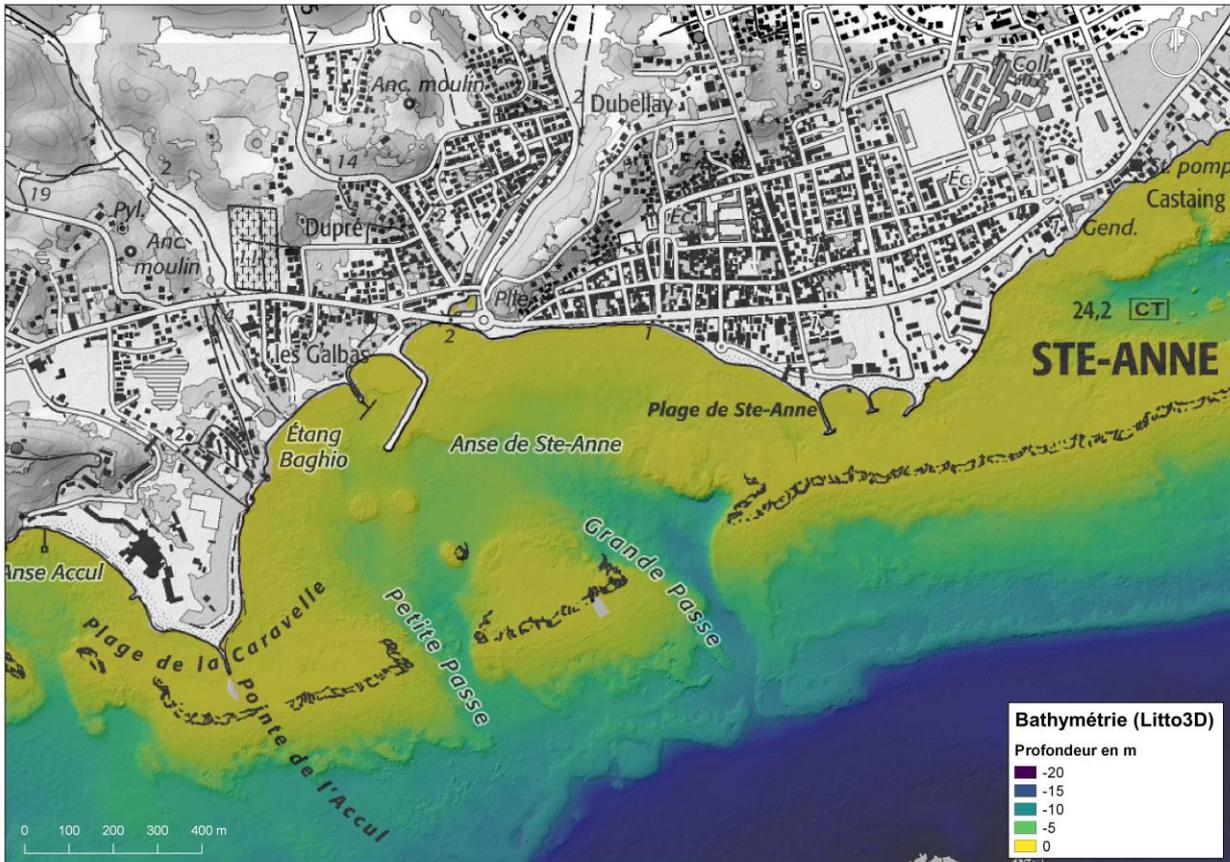


Illustration 64 - Morphologie du site de la plage du Bourg

Le haut de plage est occupé par une route communale et des aménagements de type carbeta. Des habitations, des commerces et des établissements d'hébergement touristiques sont situés en arrière plage. C'est un site touristique très fréquenté (Illustration 65).



Illustration 65 – Vue de la plage du Bourg de Sainte-Anne vers l'ouest avec les épis de protection en second plan (octobre 2017)

5.4.1. Evolutions sur le long et moyen terme

Evolution sur le long terme (1950-2013)

Sur le long terme, la plage du Bourg présente une érosion chronique. Cependant, on peut constater que l'érosion est décroissante de l'est vers l'ouest. D'après les évolutions observées on peut délimiter deux principaux secteurs :

- la moitié est de la plage en érosion présentant des reculs compris entre 20 et 40 m ;
- la moitié ouest de la plage également en érosion avec des reculs compris entre 10 et 20 m.

Les taux de reculs annuels moyens sur la moitié est de la plage sont comprises entre -0,30 et -0,60 m/an entre 1950 et 2013.



Illustration 66 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plage du Bourg (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution sur le moyen terme (1998-2013)

Sur le moyen terme on observe une variabilité plus importante lié à l'évolution saisonnière du trait de côte sans pouvoir dégager de grandes tendances.

Par ailleurs, l'aménagement d'épis de protection, réalisés sur la moitié orientale de la plage, ont pu ralentir la tendance à l'érosion de la plage observée depuis 1950.

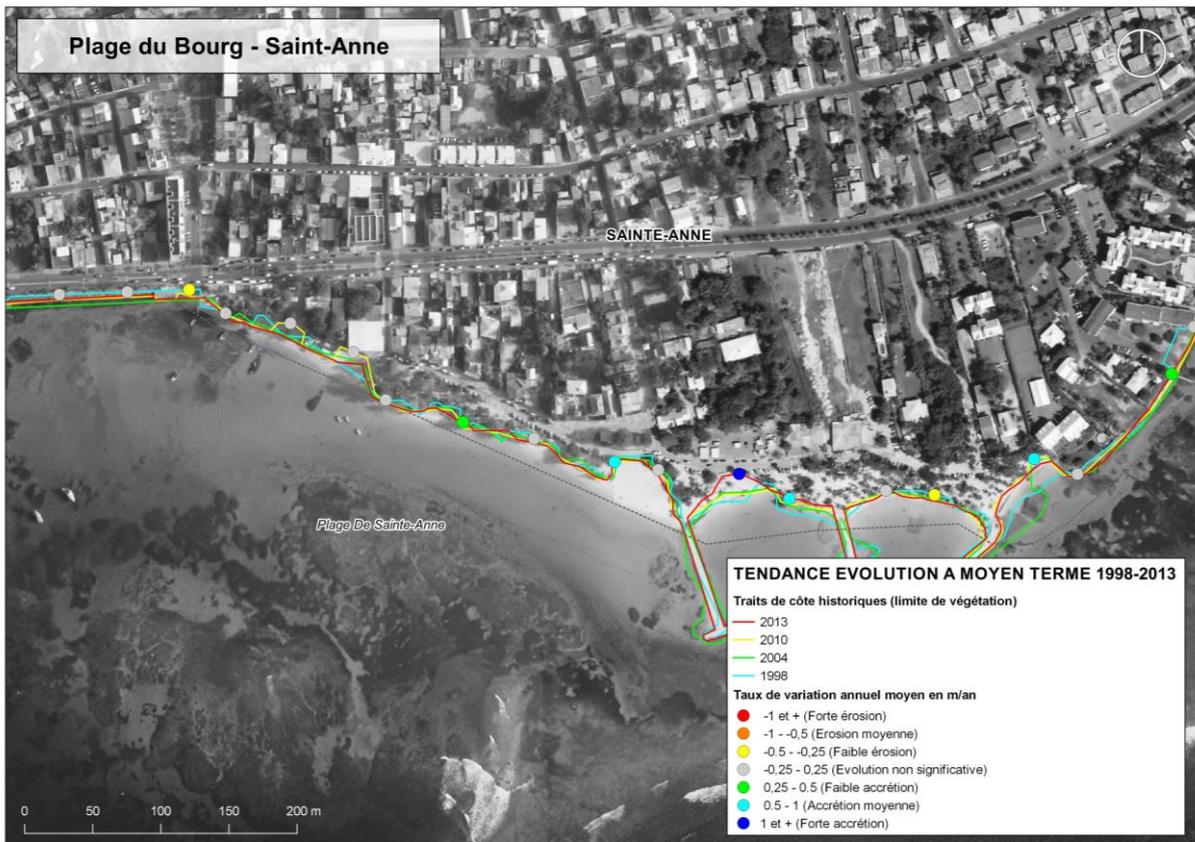


Illustration 67 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage du Bourg (fond de carte Ortho IGN 2010)

5.4.2. Evolutions récentes (2016-2017)

Evolution du trait de côte

L'analyse de l'évolution de la limite de végétation dans ce secteur très fréquenté et urbanisé apparaît peu pertinente pour étudier la dynamique du trait de côte sur ce site.

D'après les mesures réalisées entre mars et octobre 2017, on constate que la partie ouest de la plage est relativement stable (Illustration 68). L'évolution de la partie ouest, protégée par les épis, n'a pas pu être étudiée car les mesures ont été réalisées qu'à partir d'octobre 2017.



Illustration 68 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Plage du Bourg (fond de carte Ortho IGN 2010)

Cependant des dégâts importants ont été constatés suite au passage de l'ouragan Maria, en particulier sur la plage du Bourg : l'ensablement des parkings et des rues en arrière-plage. Et sur les ouvrages de protection de la plage, contournés par les flots (Illustration 68). Une érosion de la plage a été constatée, toutefois le recul du trait de côte est resté modéré (estimé à 3 m). L'inondation du haut de plage est entrée d'environ 80 m dans les terres.

25/09/2017 – post-Maria



Illustration 69 – photographies de la plage suite au passage du cyclone Maria (photographies du 25 Septembre 2017).

Quelques semaines après ces événements, la plage montre encore les cicatrices de l'érosion. Ainsi, en octobre, le contournement des épis était toujours visibles, même si on commençait à voir le sable revenir sur le bas de plage (cf. Illustration 70). En novembre, même si des encoches sont encore bien visibles, les épis ne sont plus contournés et la plage a regagné un peu de sa largeur, ce qui témoigne d'une bonne récupération naturelle du site (Illustration 71).

17 Oct 2017



Illustration 70 – Photographies illustrant la reconstruction naturelle de la plage après Irma et Maria (photographies du 17 octobre 2017).

22 Nov 2017



Illustration 71 - Photographies illustrant la reconstruction naturelle de la plage après Irma et Maria (photographies du 22 novembre 2017).

Evolution des profils de plage

Sur le site de la plage de Sainte-Anne, 5 profils de références ont été étudiés (Illustration 72). Trois profils ont été levés en mars et octobre 2017 et deux autres ont été ajoutés à partir de la campagne d'octobre 2017 dans le secteur est de la plage (Profils Est 2 et Est 3)

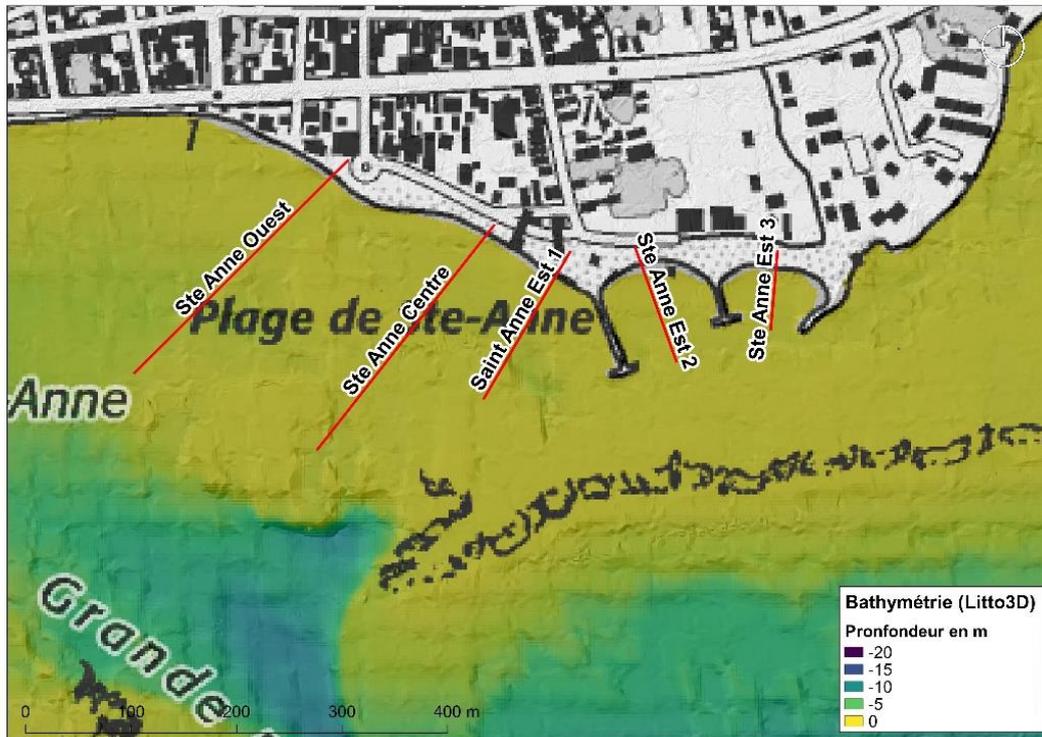


Illustration 72 - Positionnement des profils de référence sur la plage de Saint-Anne

L'évolution du profil sur la partie ouest de la plage du Bourg est relativement stable entre mars 2017 et octobre 2017 (Illustration 73). On relève un très léger recul du bas de plage.

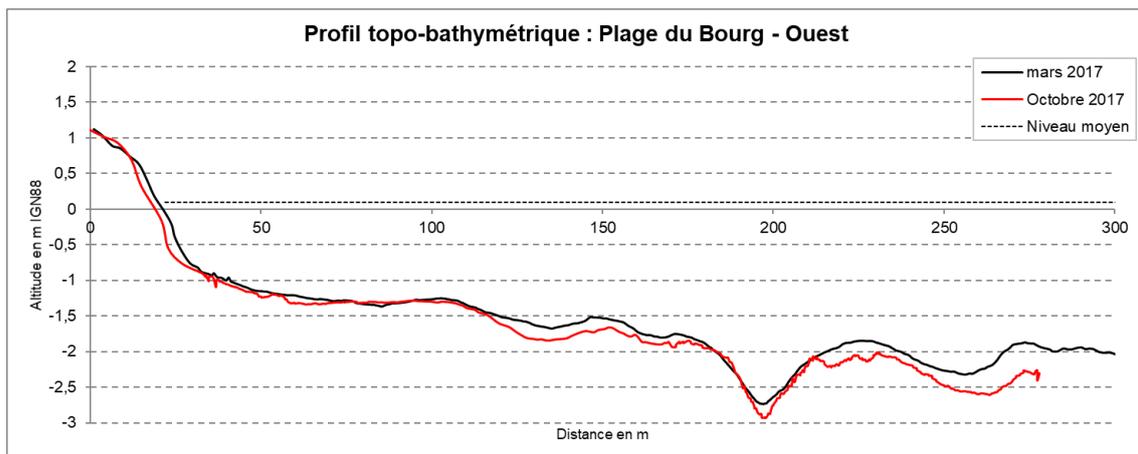


Illustration 73 – Evolution du profil Ouest – Plage du Bourg

Comme le profil Ouest, le profil central présente une relative stabilité entre mars et octobre 2017 (Illustration 74).

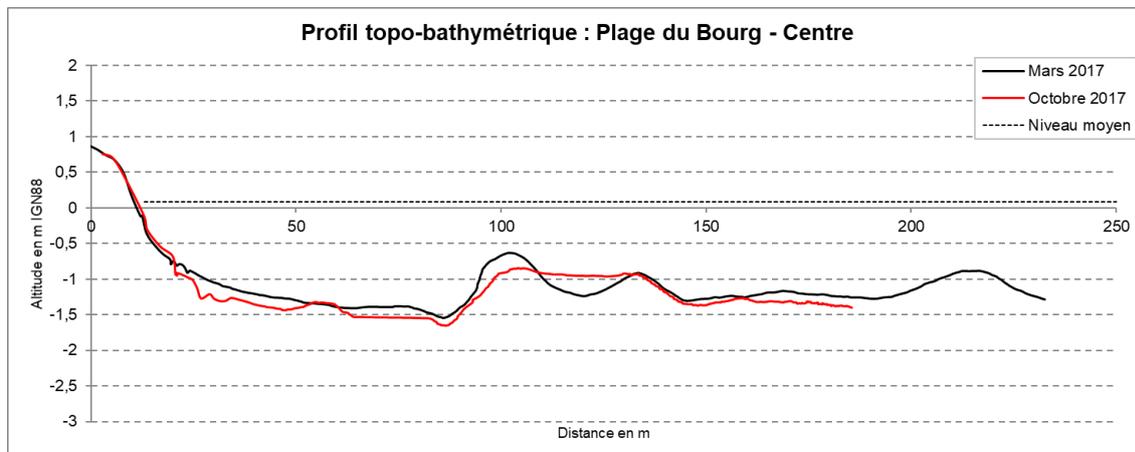


Illustration 74 – Evolution du profil Centre - Plage du Bourg

Sur le profil Est 1 on observe une légère érosion du haut de plage et un engraissement du bas de plage entre mars 2017 et octobre 2017 (Illustration 75).

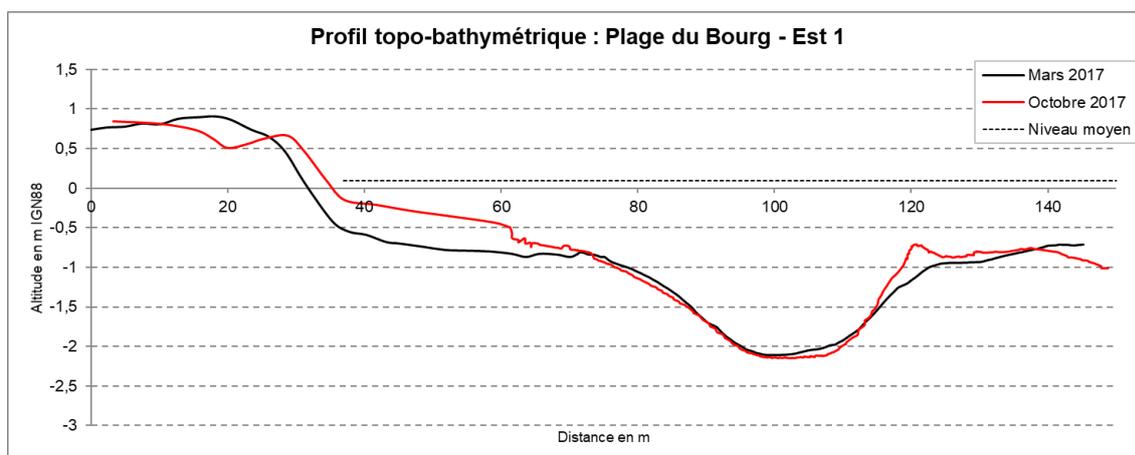


Illustration 75 – Evolution du profil Est 1 – Plage du Bourg

Les profils situés plus à l'est de la plage sont présentés à titre indicatif (Illustration 76 et Illustration 77). Aucune interprétation de leur évolution n'a été réalisée étant donné qu'une seule campagne a été menée sur cette partie de la plage.

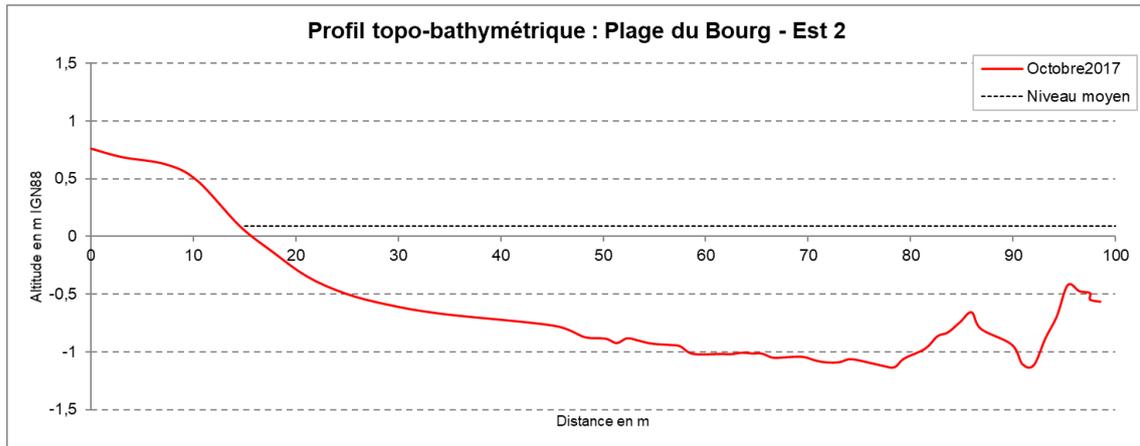


Illustration 76 – Evolution du profil Est 2 – Plage du Bourg

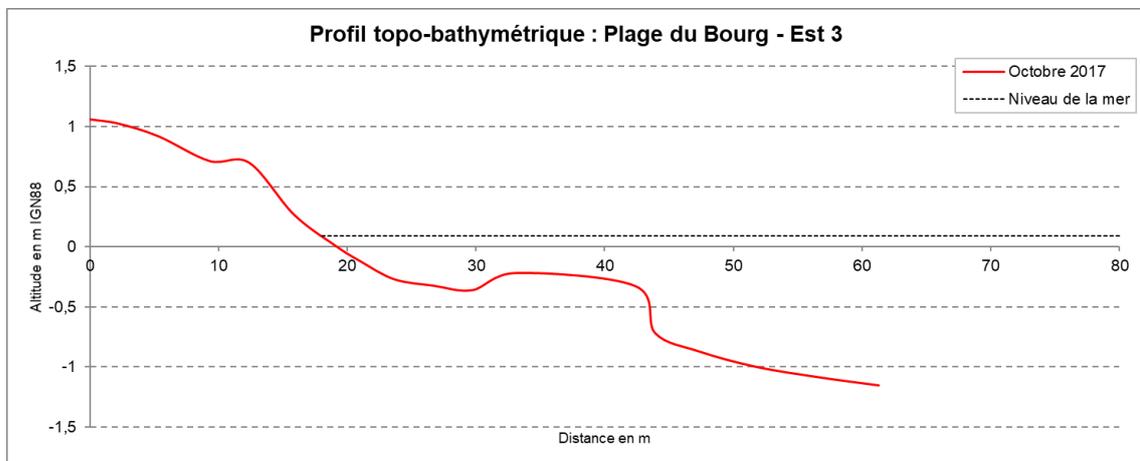


Illustration 77 – Evolution du profil Est 3 – Plage du Bourg

5.4.3. Bilan des observations récentes sur la plage du Bourg

- ➔ Relative stabilité du littoral sur la période récente malgré le passage de l'ouragan Maria
- ➔ Impacts de l'ouragan Maria localement importants mais réengraissement rapide de la plage après quelques semaines de temps calme

5.5. RAISINS CLAIRS – SAINT-FRANÇOIS

La plage des Raisins Clairs est située sur la commune de Saint-François. D'une longueur d'environ 450 m, elle est délimitée au sud-ouest par la Pointe des Courant et au nord-ouest par des enrochements de protection situés devant un restaurant et le cimetière public de la Ville de Saint-François (Illustration 78).

Ce site est orienté vers le sud-est. Il est donc exposé au régime des houles d'alizés de secteur est à sud-est. Il est protégé par un récif frangeant peu profond interrompue par une petite passe peu profonde située dans l'axe de la plage.

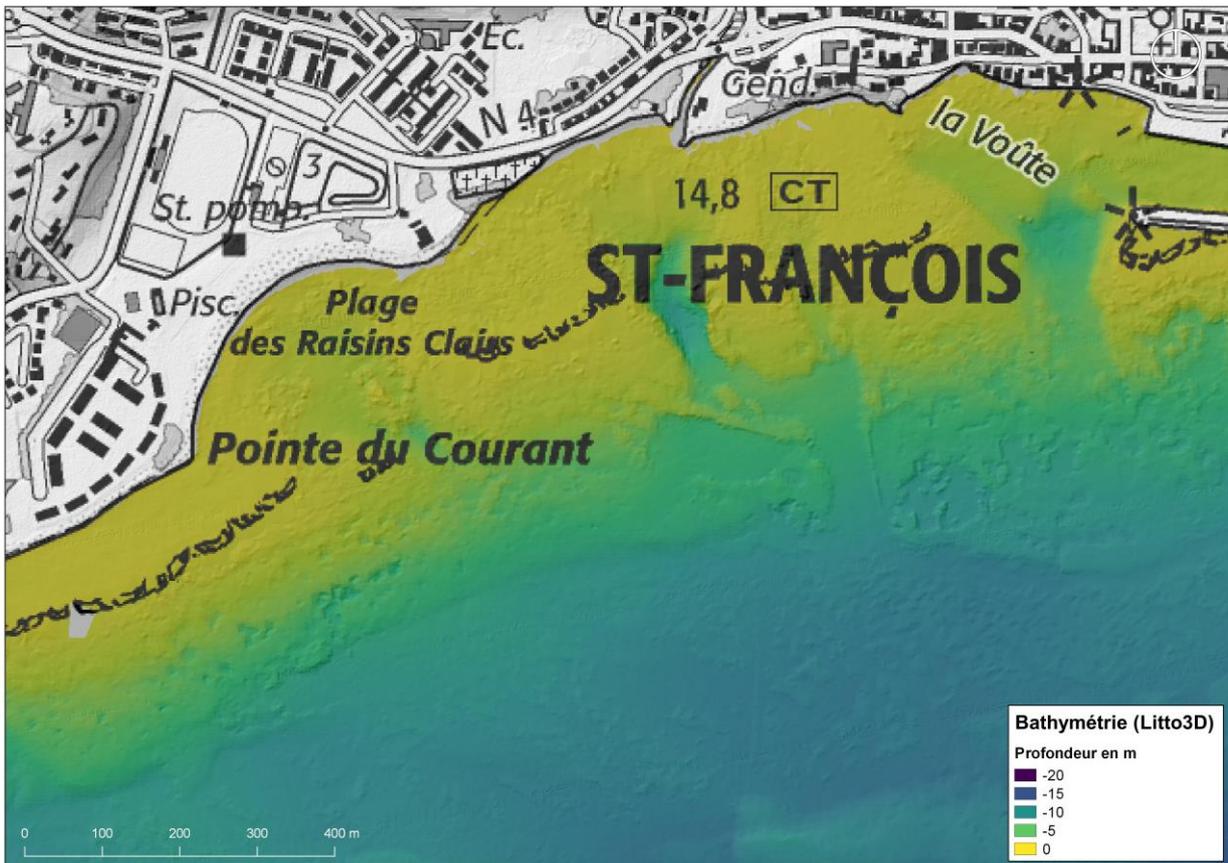


Illustration 78 - Morphologie du site de la plage des Raisins Clairs

L'arrière plage, occupé par de nombreux aménagements (restaurant et parking), il est peu végétalisé (Illustration 79). Le secteur ouest dispose d'une végétation herbacée et rampante de type patate bord de mer (*Ipomoea pes-caprae*).



Illustration 79 – Plage des Raisins Clairs (octobre 2016)

5.5.1. Evolutions sur le long et moyen terme

Evolution sur le long terme (1950-2013)

L'analyse des positions successives du trait de côte depuis 1950 met en évidence un recul chronique de la plage (Illustration 80). Le recul entre 1950 et 1998 est de l'ordre de 40 m sur la totalité de la baie avec un taux de variation annuel moyen compris entre -0,40 et - 0,50 m/an.

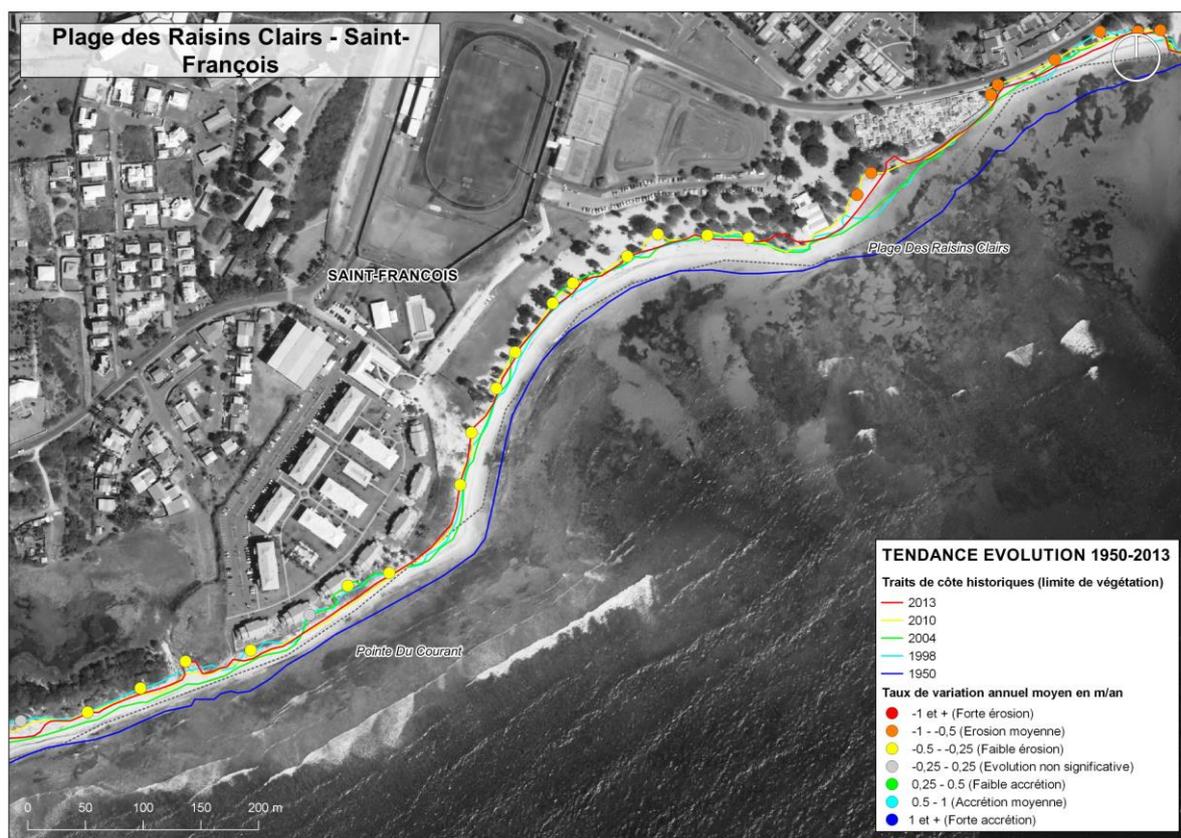


Illustration 80 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plages des Raisins Clairs (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution sur le moyen terme (1998-2013)

L'évolution à moyen-terme depuis 1998 montre une plus grande variabilité (Illustration 81). Cette variabilité plus forte traduit les évolutions saisonnières d'avancée/recul du trait de côte.

Sur la période 1998-2013, le taux de variation annuelle moyen est compris entre 0 et -0,2 m/an, ce qui traduit plus une variabilité saisonnière et/ou interannuelle qu'une diminution effective du recul.

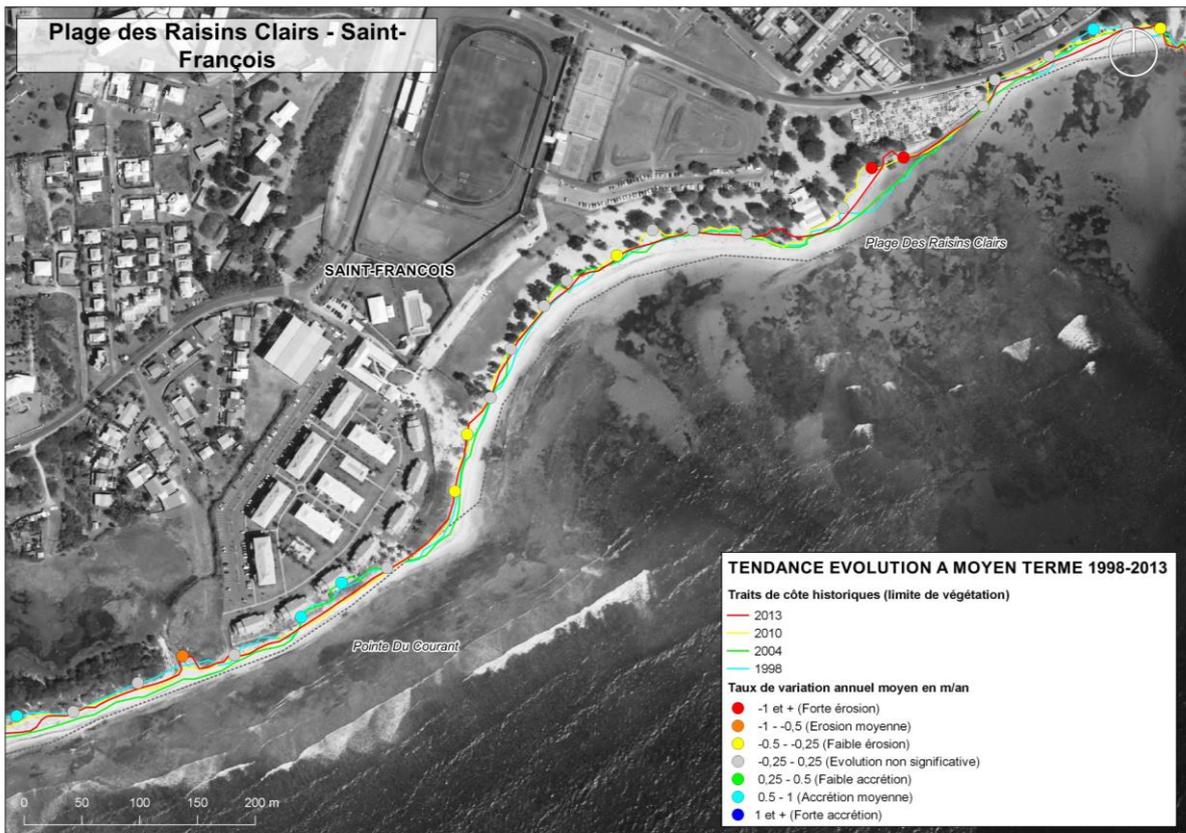


Illustration 81 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage des Raisins Clairs (fond de carte Ortho IGN 2010)

5.5.2. Evolutions récentes (2016-2017)

Evolution du trait de côte

Sur la période récente on observe globalement une relative stabilité de la limite de végétation (Illustration 82). Localement, on peut cependant constater quelques secteurs en recul entre juillet 2016 et octobre 2017. Le recul de la végétation dans ces secteurs est une des conséquences du passage de l'ouragan Maria en septembre 2017 et des effets négatifs de l'enrochement situé devant le restaurant de plage à l'est de la plage.

L'analyse de l'évolution de la limite du jet de rive indique un recul général de la plage de l'ordre de 5 à 10 m. Le recul est particulièrement marqué juillet juin 2016 et mars 2017. Entre mars 2017 et octobre 2017 on constate une relative stabilité, voire une très légère avancée de la limite du jet de rive.

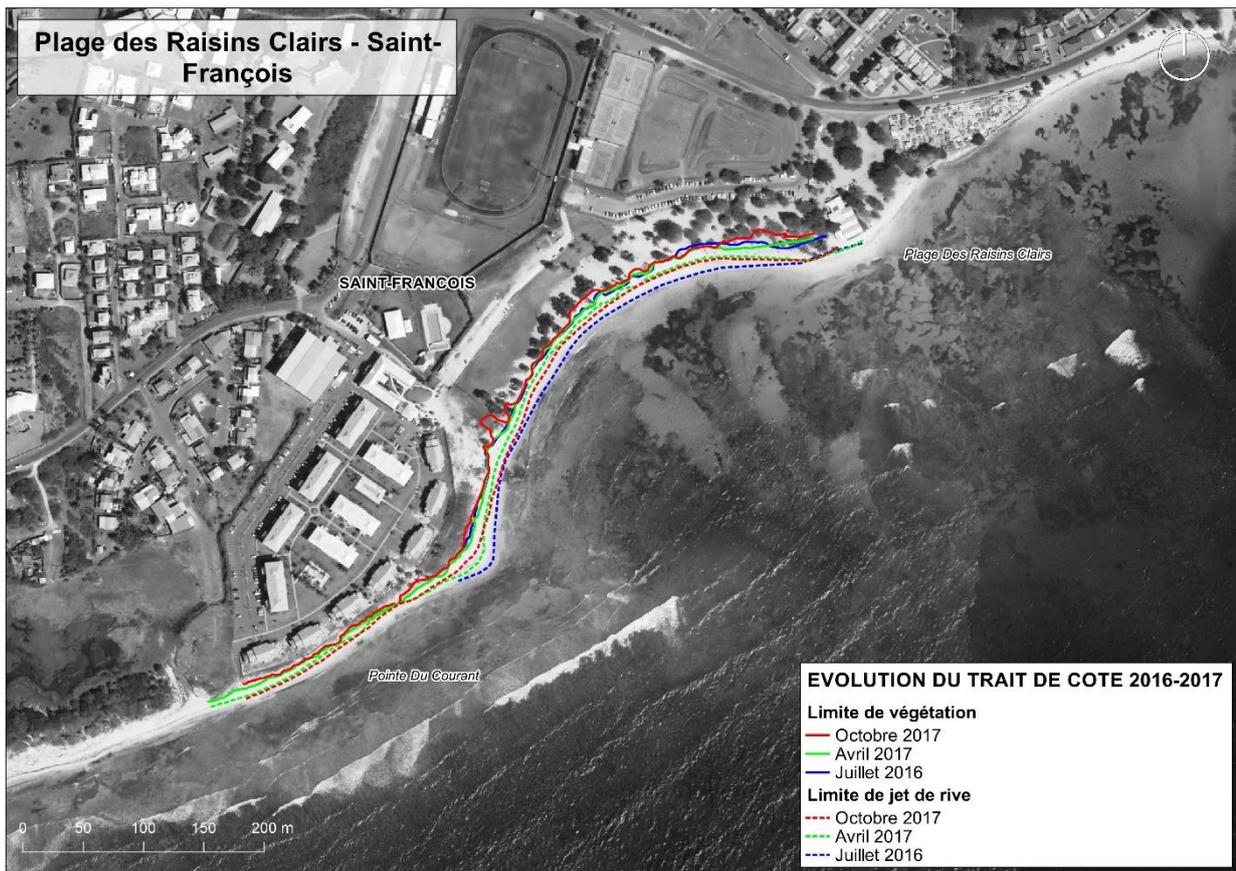


Illustration 82 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Plage des Raisins Clairs (fond de carte Ortho IGN 2010)

Le passage de l'ouragan Maria a également fortement impacté ce secteur (Lengendre et Guillen, 2017). Sur l'ensemble de la plage, un talus d'érosion de 60 cm à 1 m de haut a été observés et des arbres ont été déracinés (Illustration 83). À l'est de la plage, le géotextile installé pour protéger le cimetière « d'époque coloniale » est mis à nu (Illustration 84) et des affouillements importants ont été observés au pied des enrochements protégeant le restaurant de plage.



Illustration 83 – Important talus d'érosion observé dans le secteur nord-est de la plage suite au passage du cyclone MARIA (BRGM, 25/09/2017)



Illustration 84 - Affleurement du géotextile installé suite aux travaux de protection du cimetière réalisés par la DAC en 2015 (BRGM, 25/09/2017)

Evolution des profils de plage

Sur ce site, 3 profils ont été étudiés au cours de 4 campagnes d'acquisition réalisées en juillet 2016, avril, juin et octobre 2017 (Illustration 85).

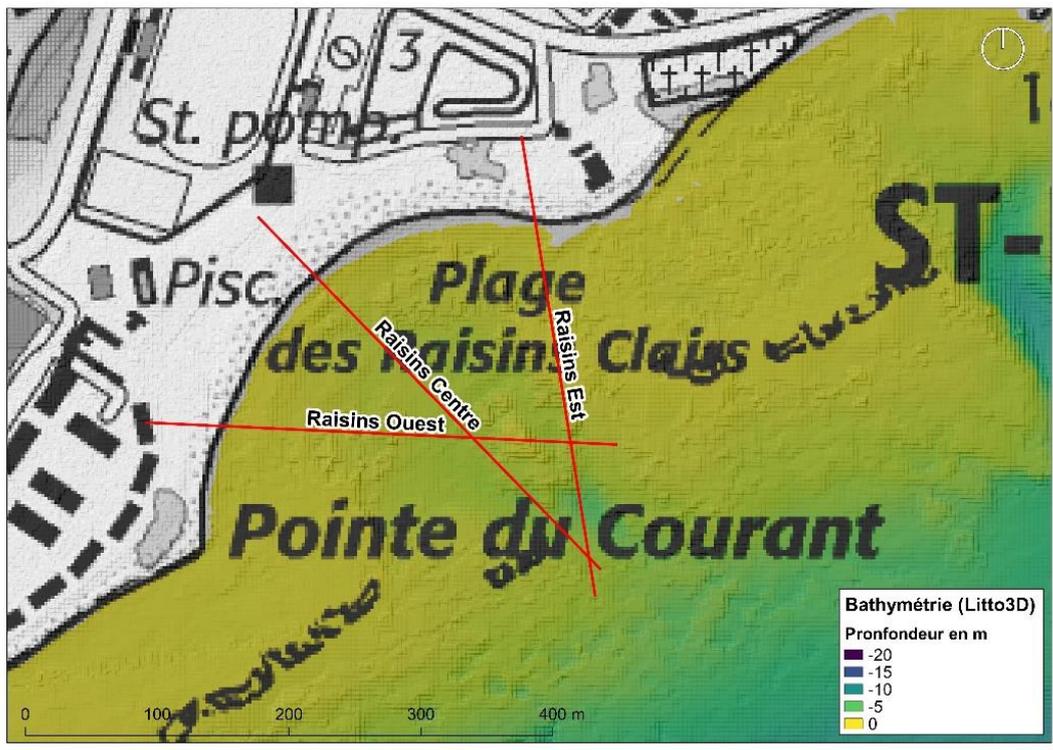


Illustration 85 - Positionnement des profils de référence sur la plage des Raisins Clairs

Sur le profil situé le plus au sud de la plage on observe une légère érosion de la plage en avril et juin 2017 par rapport à la situation de mars 2016 (recul inférieur à 5 m). Puis en octobre 2017, suite au passage de l'ouragan Maria, la plage a retrouvé sa situation de mars 2016 (Illustration 86).

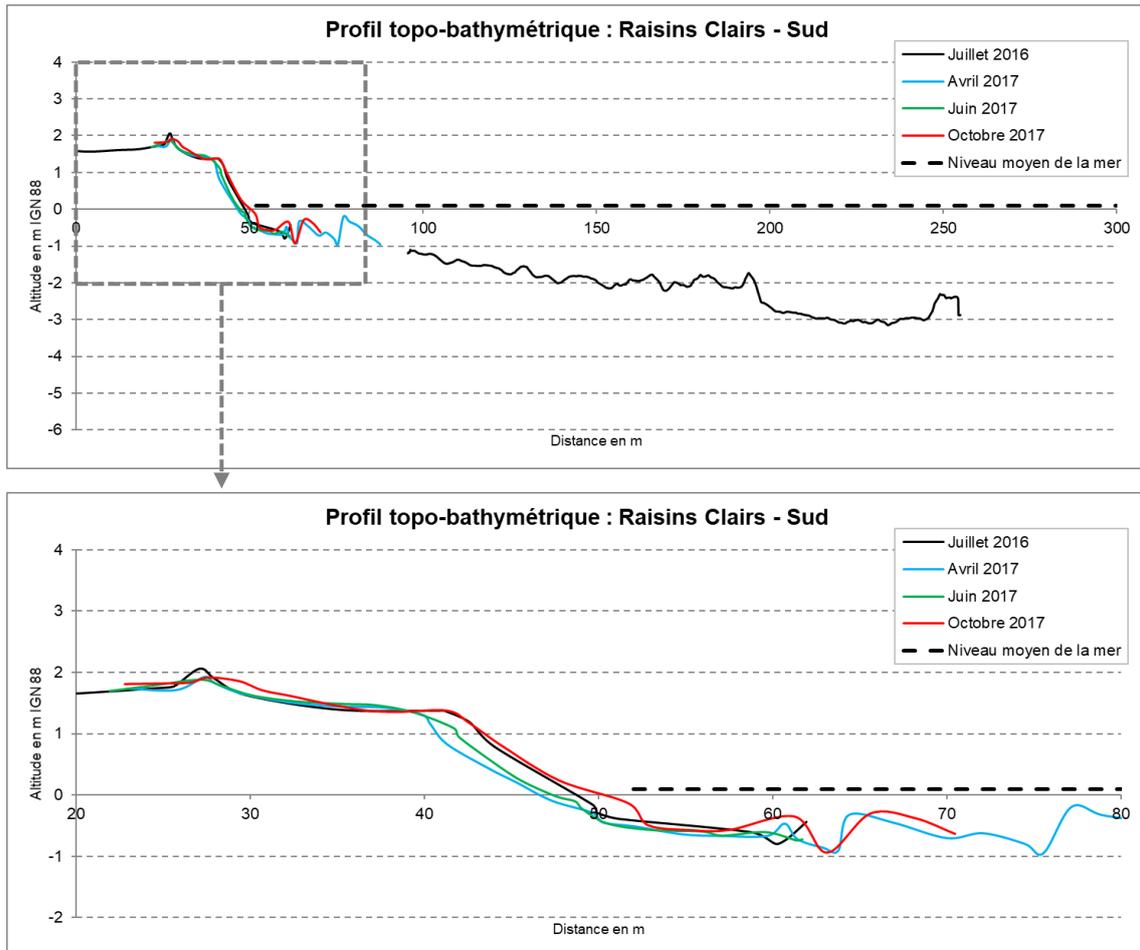


Illustration 86 – Evolution du profil Sud- Plage des Raisins Clairs

Sur le profil situé au centre de la plage on ne constate une relative stabilité de la plage sur les mesures réalisées en juillet 2016, avril 2017 et juin 2017. Par contre suite au passage de l'ouragan Maria on observe un léger engraissement du bas de la plage avec une avancée de quelques mètres (Illustration 87).

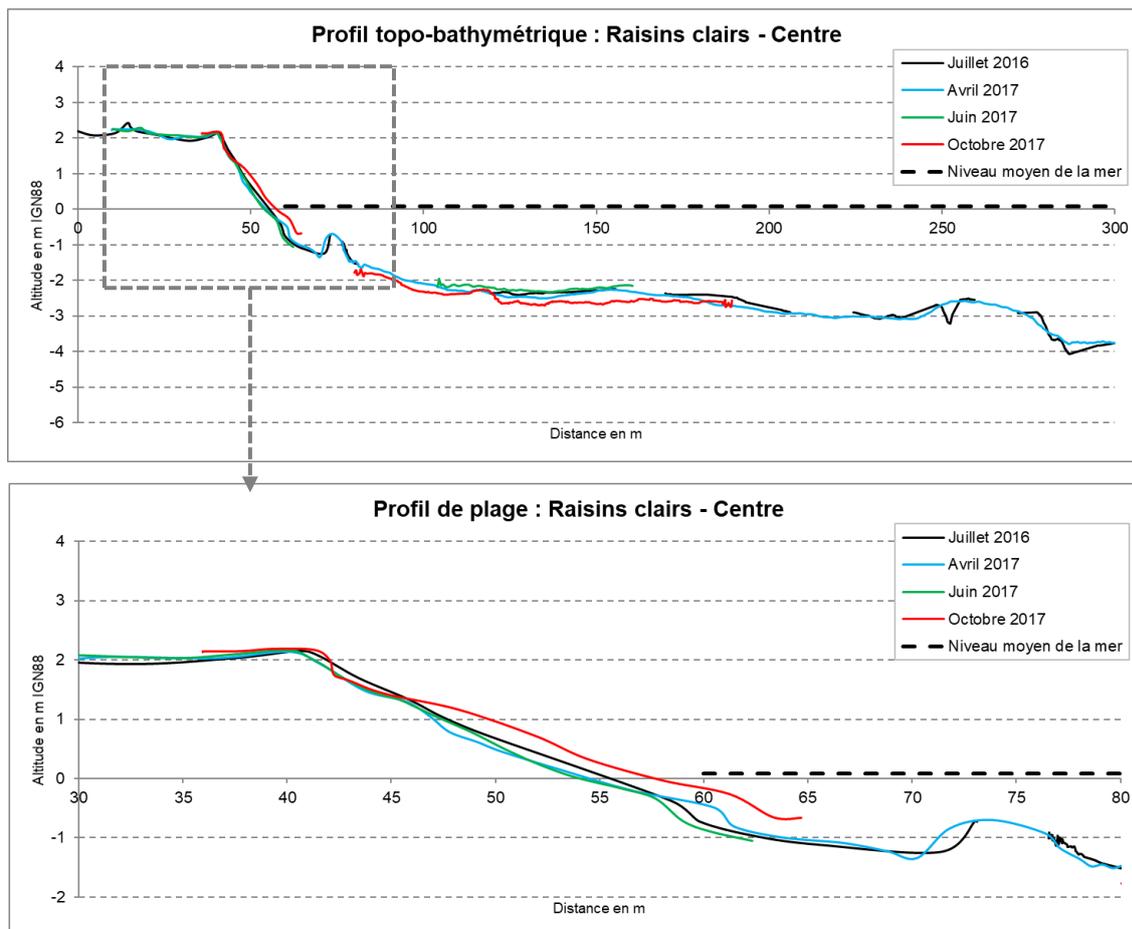


Illustration 87 - Evolution du profil Centre - Plage des Raisins Clairs

Le profil situé au nord est celui qui présente les évolutions les plus importantes (Illustration 88). On constate que la plage présente une érosion de son profil en avril et juillet 2017 par rapport à la situation observée en juillet 2016 (recul du haut de plage de quelques mètres).

Puis, suite au passage de l'ouragan Maria, le profil de plage subit une érosion importante du haut de plage caractérisé par un recul de 7 m et la formation d'une micro-falaise.

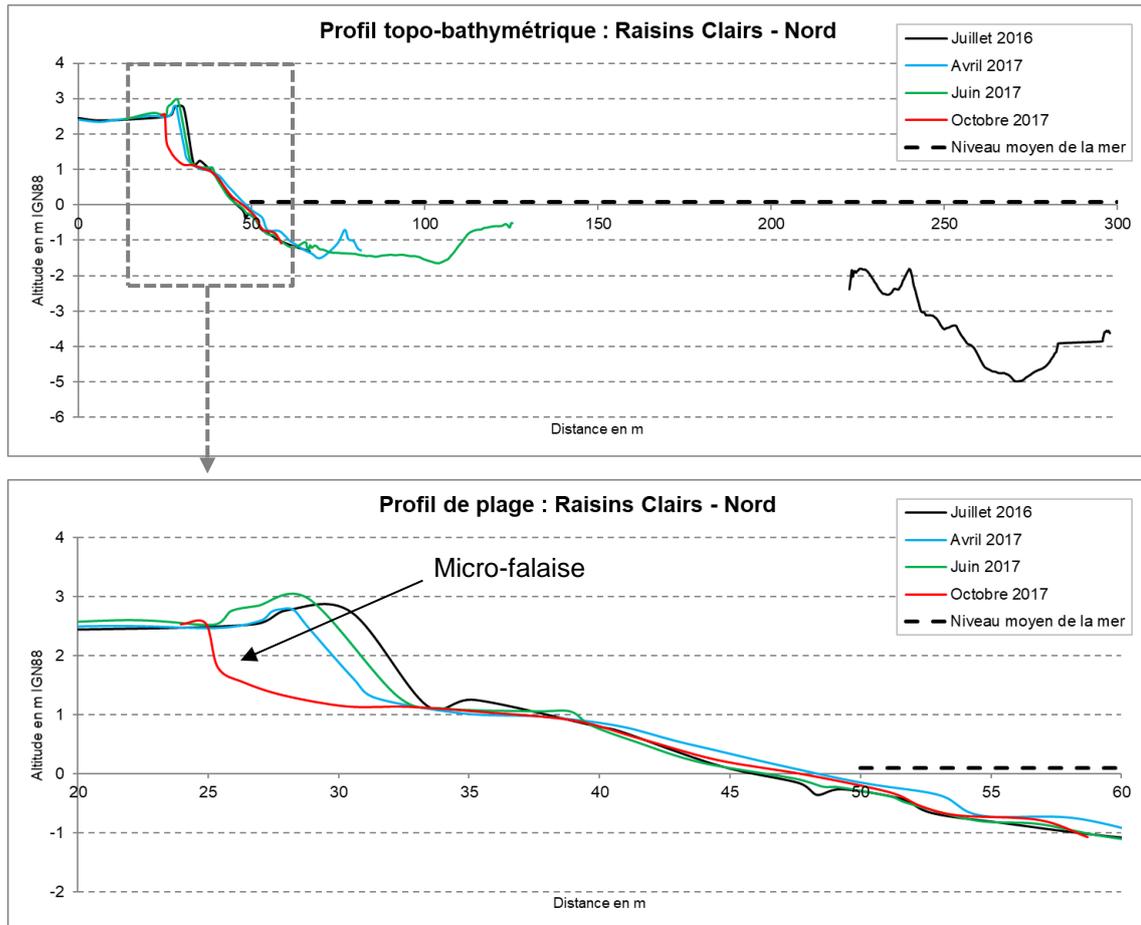


Illustration 88 - Evolution du profil Centre - Plage des Raisins Clairs

Bilan sédimentaire

Les levés photogramétriques par drone permettent de comparer la situation de la plage avant et après le passage de l'ouragan Maria (mars et novembre 2017).

En comparant les modèles numériques de terrain de la plage des Raisins Clairs on peut constater le recul de la plage observé localement à proximité des enrochements et la formation d'un talus d'érosion dans la partie nord de la plage.

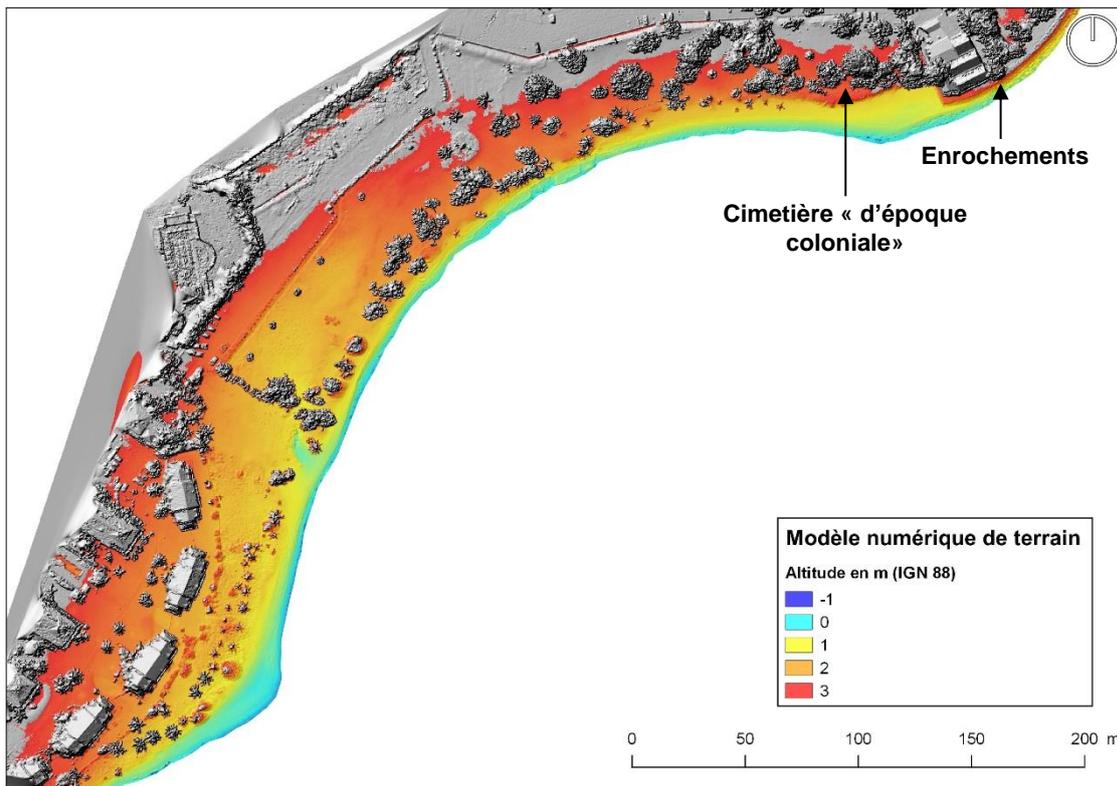


Illustration 89 - Modèle numérique de terrain de la plage des Raisins Clairs (Mars 2017)

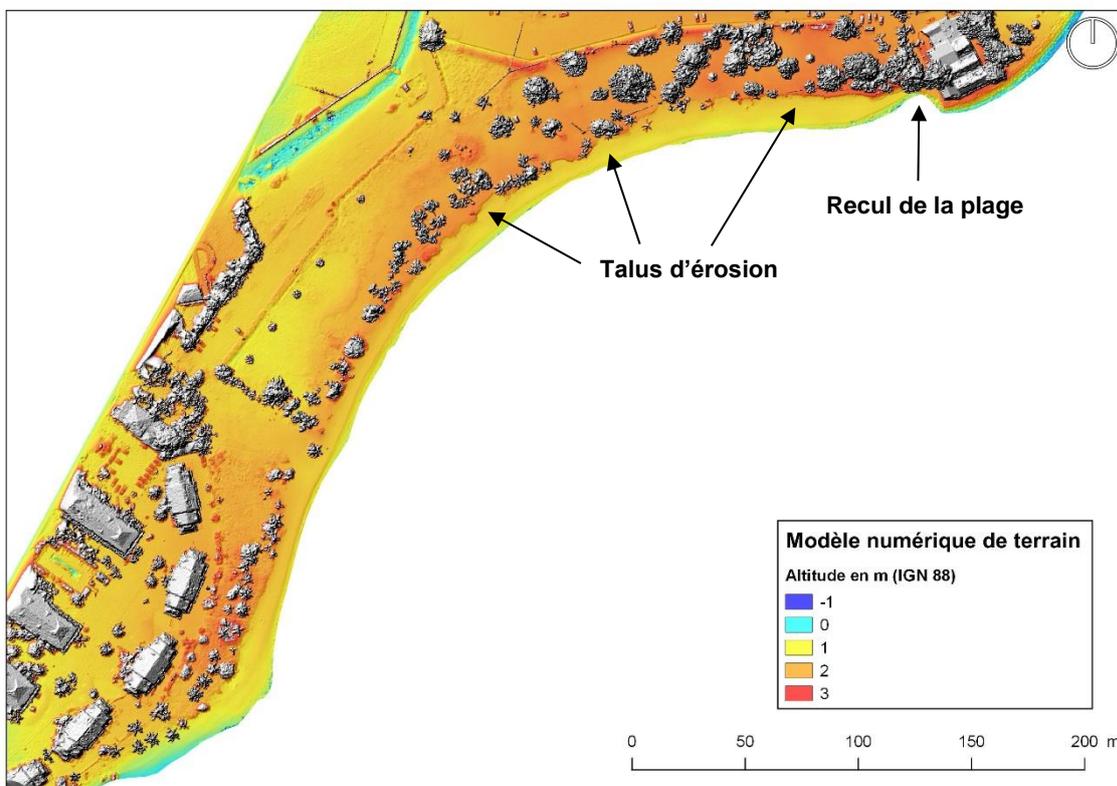


Illustration 90 - Modèle numérique de terrain de la plage des Raisins Clairs (Novembre 2017)

L'analyse des variations altitudinales permet de mettre en évidence l'influence de l'enrochement sur l'érosion de la partie nord de la plage (érosion en rouge) (Illustration 91). Par ailleurs, on constate que sur la période d'observation la majeure partie de la plage est en accrétion (apport de sable en bleu).

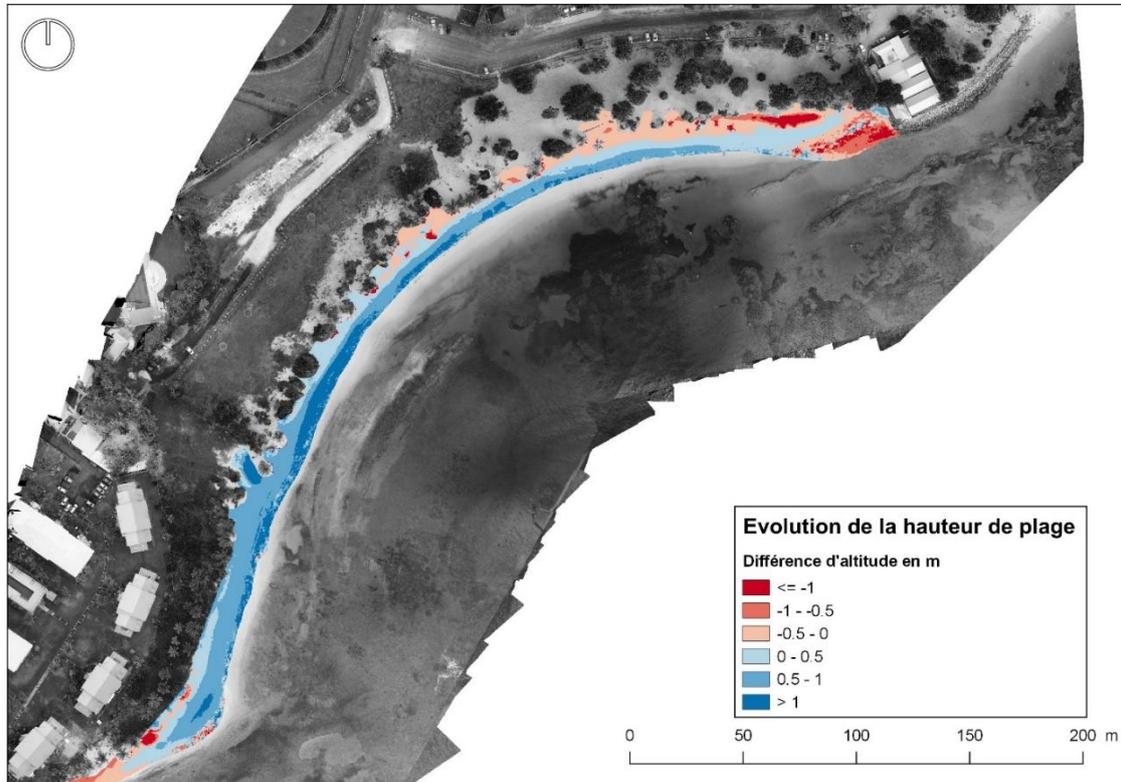


Illustration 91 – Evolution de la hauteur de plage entre mars 2017 et novembre 2017

Bien que localement la partie nord de la plage est affectée par l'érosion, le bilan sédimentaire de la plage des Raisins Clairs sur la période d'observation est excédentaire d'environ + 2 300 m³ (Tableau 8). Ce sable pourrait provenir d'apports en provenance des petits fonds et du récif.

Volume en m ³		
Accrétion	Erosion	Bilan
3533	- 1228	2305

Tableau 8 - Bilan sédimentaire de la plage des Raisins Clairs entre novembre 2017 et mars 2017

5.5.3. Bilan des observations récentes sur la plage des Raisins Clairs

- ➔ La partie nord de la plage a été très affectée par l'érosion
- ➔ L'enrochement a amplifié le phénomène d'érosion de la partie nord de la plage
- ➔ La moitié sud-ouest de la plage présente une tendance à l'accrétion après le passage de l'ouragan Maria (apport de sable).

5.6. L'AUTRE BORD – LE MOULE

La plage de l'Autre Bord est située sur la façade nord-est de la Grande-Terre sur la commune du Moule. Cette plage corallienne orientés vers le nord, s'étend sur environ 1 km de long. Elle est particulièrement exposée au houle hivernale de secteur nord (Illustration 92).

Ce site est protégé par une récif frangeant continue et relativement étendue vers le large. La profondeur du lagon est comprise entre – 1 et – 3 m. Cette bande récifale offre une protection vis-à-vis des houles hivernales de secteur nord qui peuvent être relativement puissantes. Par ailleurs, des formations de *beach rocks* sont très présentes en bas de plage, notamment à l'est.

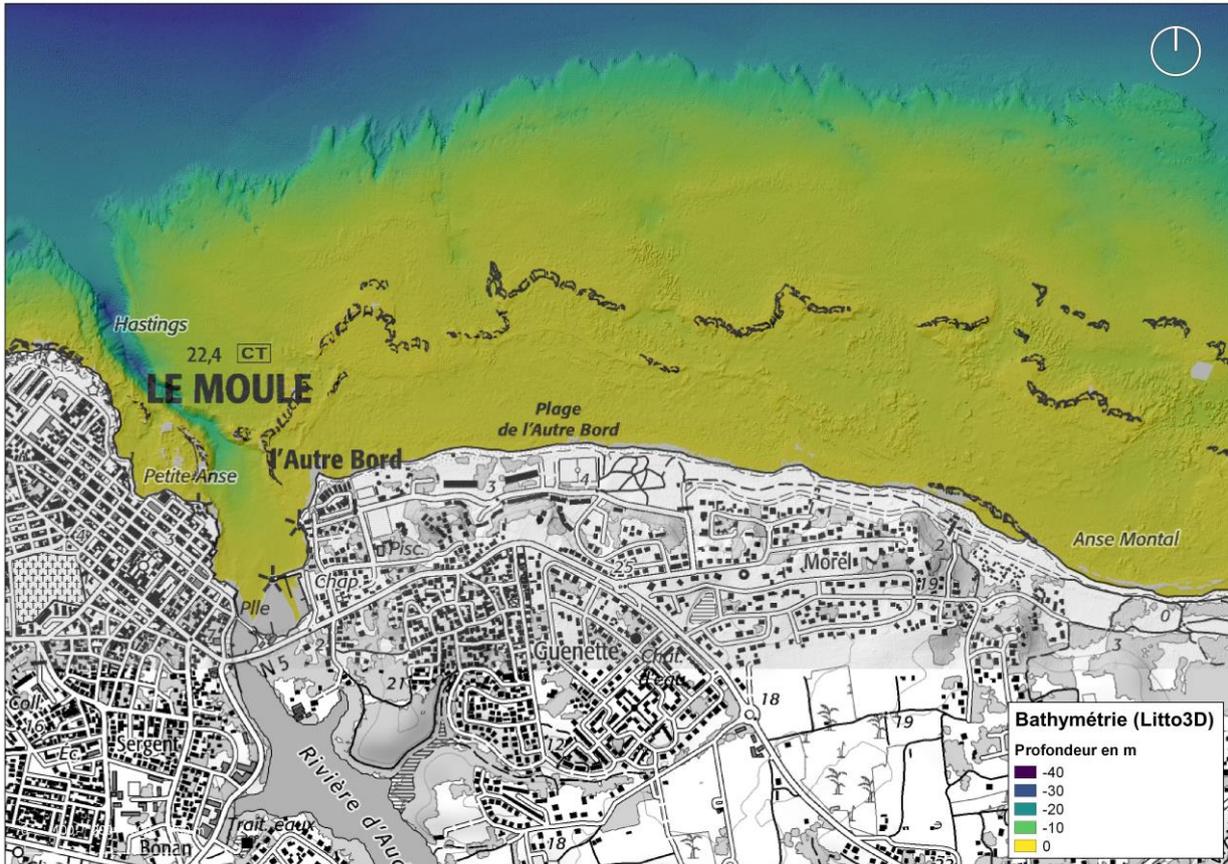


Illustration 92 - Morphologie du site de la plage de l'Autre Bord

Le haut de plage est occupé par des restaurants, des établissements d'hébergement touristiques (hôtels et centre de vacances), quelques habitations et des aménagements de plage (carbets, bancs, espaces de loisirs).



Illustration 93 - Plage de l'Autre Bord (vue vers l'ouest, mars 2017)

5.6.1. Evolutions sur le long et moyen terme

Evolution sur le long terme (1950-2013)

D'après l'analyse de la position historique des traits de côte, le tiers ouest de la plage a reculé d'environ 20 m entre 1950 et 2013. Le reste de la plage est globalement stable sur le long terme (Illustration 94).

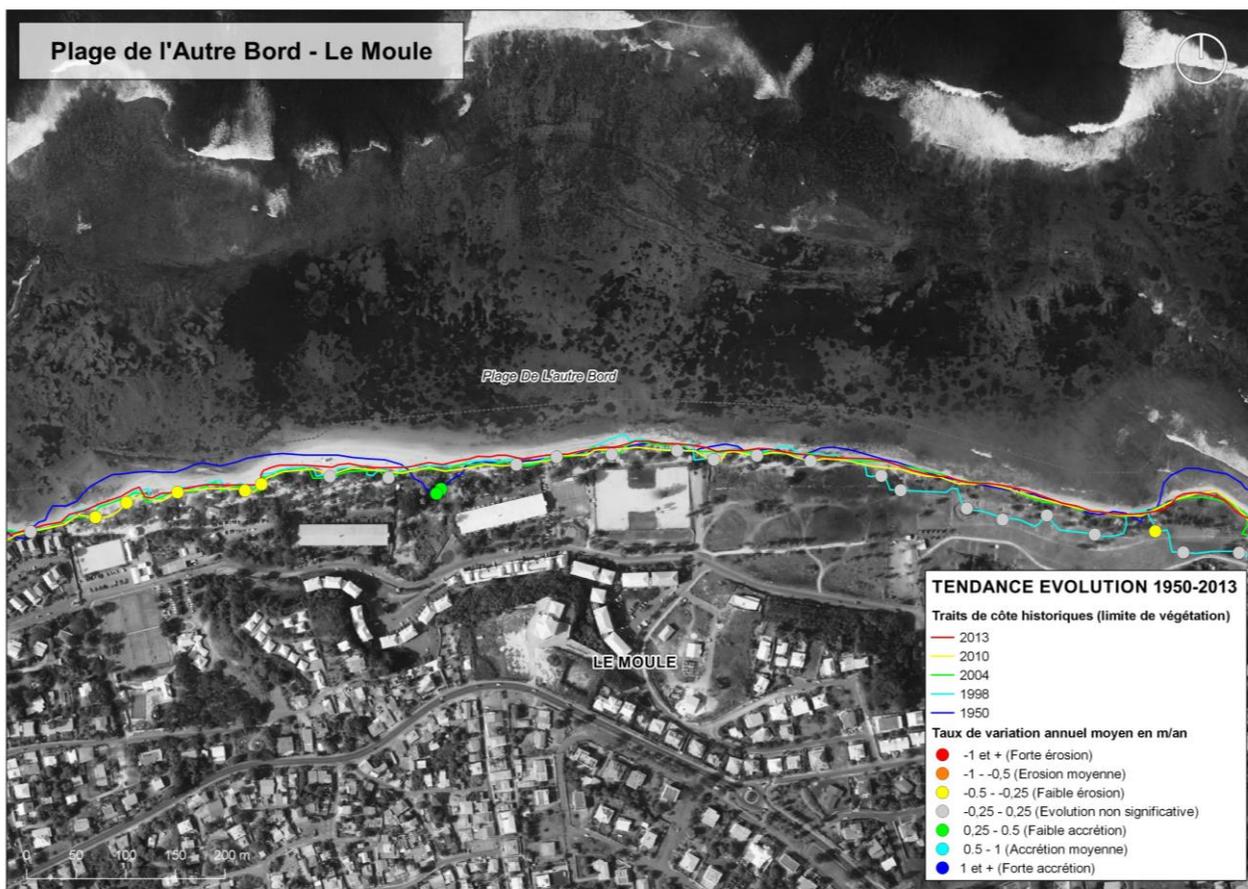


Illustration 94 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le long terme (1950-2013) – Plage de l'Autre Bord (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution sur le moyen terme (1998-2013)

Sur le moyen terme on constate que la plage est plutôt stable et présente une tendance à l'avancée sur la partie central et la partie située plus à l'est (Illustration 95). En effet, sur la partie est de la plage on constate que le trait de côte de 1998 se situe entre 10 et 20 m, voir localement 50 m en retrait par rapport aux traits de côte plus récents (2004, 2010 et 2013).

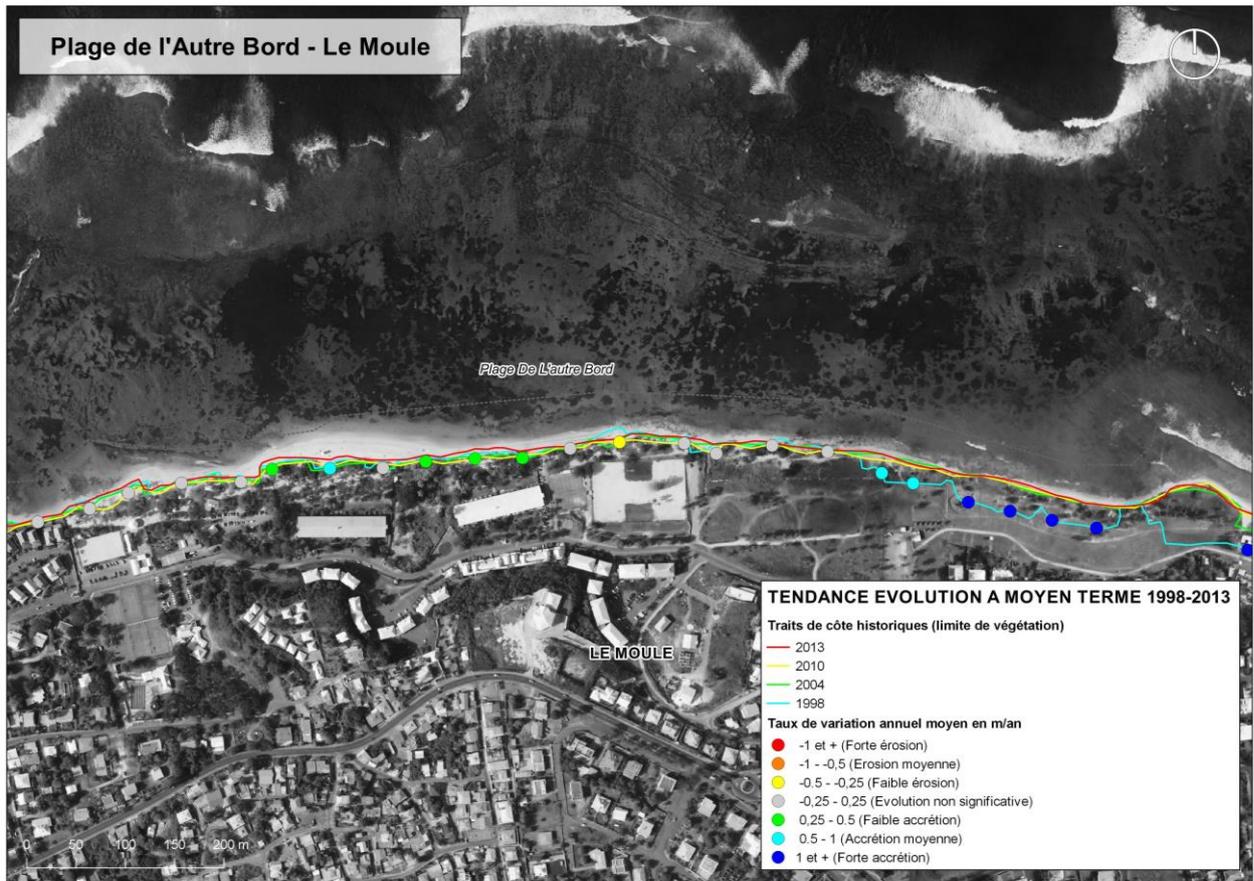


Illustration 95 - Positions historiques du trait de côte et tendance d'évolution sur le moyen terme (1998-2013) – Plage de l'Autre Bord (fond de carte Ortho IGN 2010)

5.6.2. Evolutions récentes (2016-2017)

Evolution du trait de côte

Sur la période récente on observe une relative stabilité du trait de côte sur ce site que ce soit pour l'évolution de la limite de végétation que pour l'évolution de la limite de jet de rive (Illustration 96).



Illustration 96 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 – Plage de l'Autre Bord (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution des profils de plage

Sur le site, 3 profils de référence ont été étudiés au cours de 3 campagnes d'acquisition réalisées en juillet 2016, mars et octobre 2017 (Illustration 97).

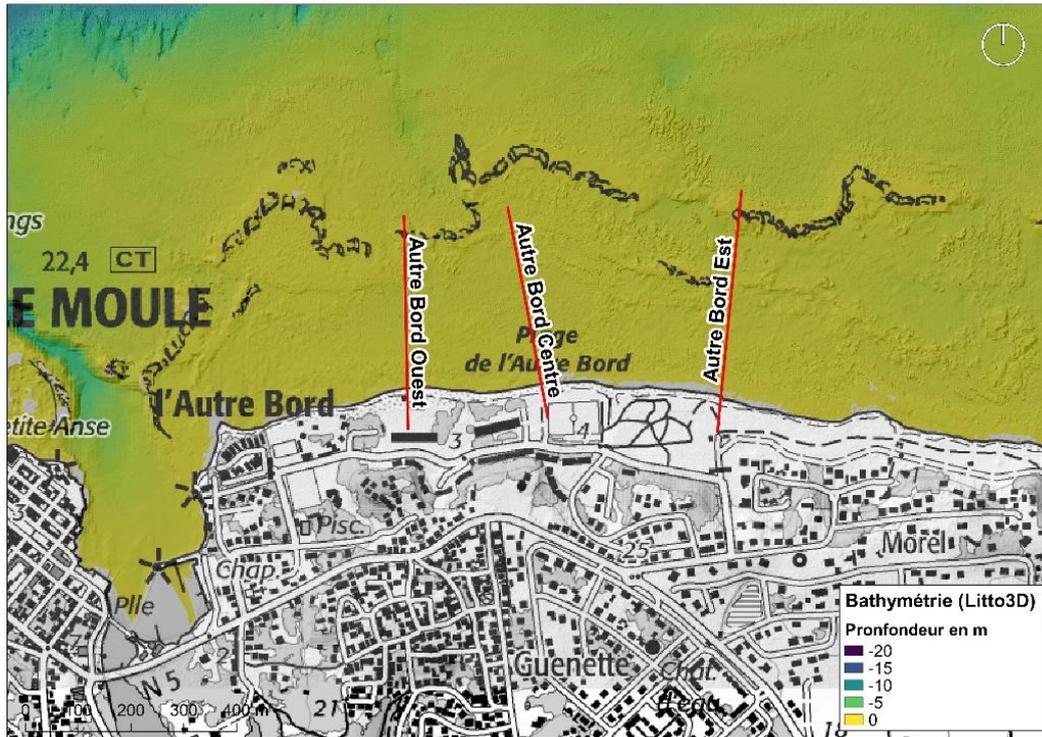


Illustration 97 - Positionnement des profils de référence sur la plage de l'Autre Bord

L'évolution des profils de plage présente une relative stabilité sur les trois profils étudiés (Illustration 98, Illustration 99 et Illustration 100). D'ailleurs on peut observer que la morphologie des profils de référence est de type convexe ce qui indique un bon équilibre de cette plage.

Cette façade côtière a été relativement épargnée par le passage de l'ouragan Maria, les évolutions observées entre mars et novembre 2017 sont en effet peu significatives.

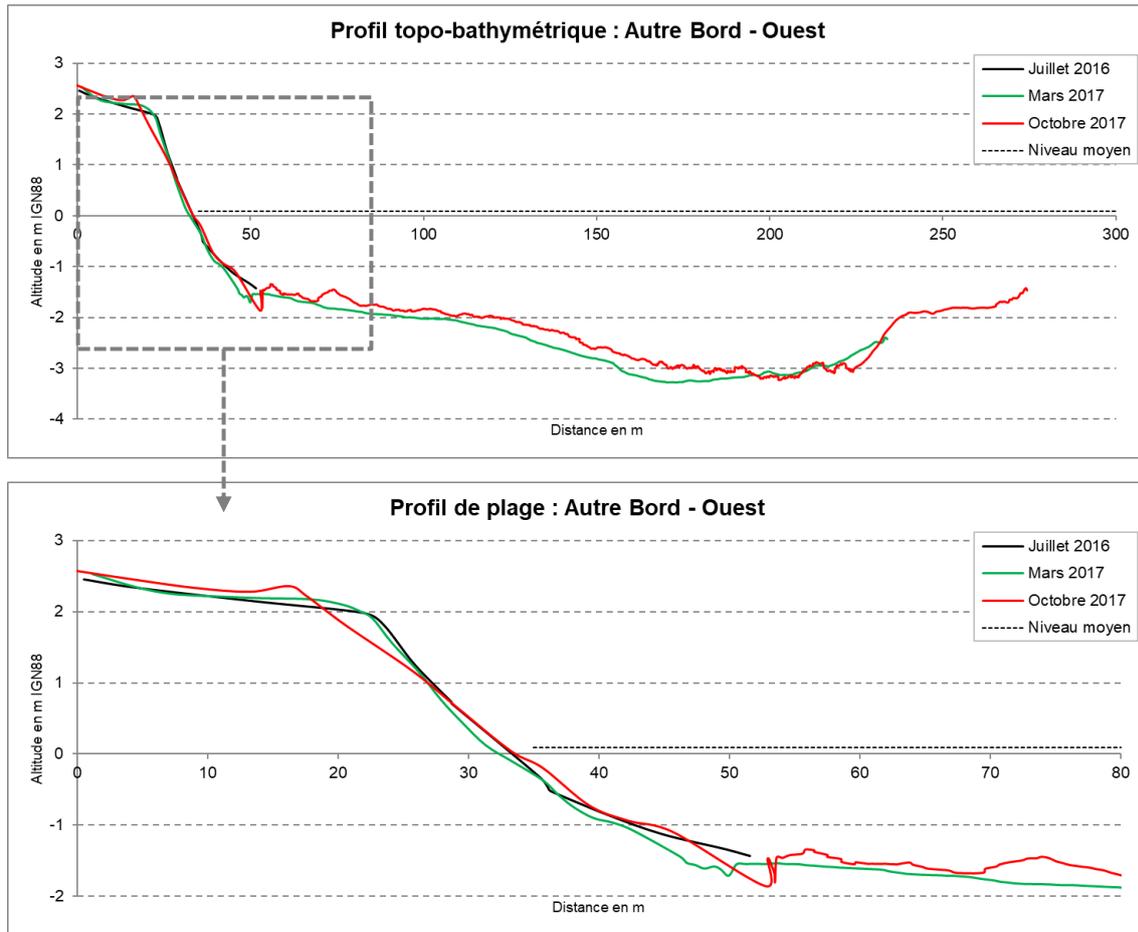


Illustration 98 – Evolution du profil ouest – Plage de l'Autre Bord

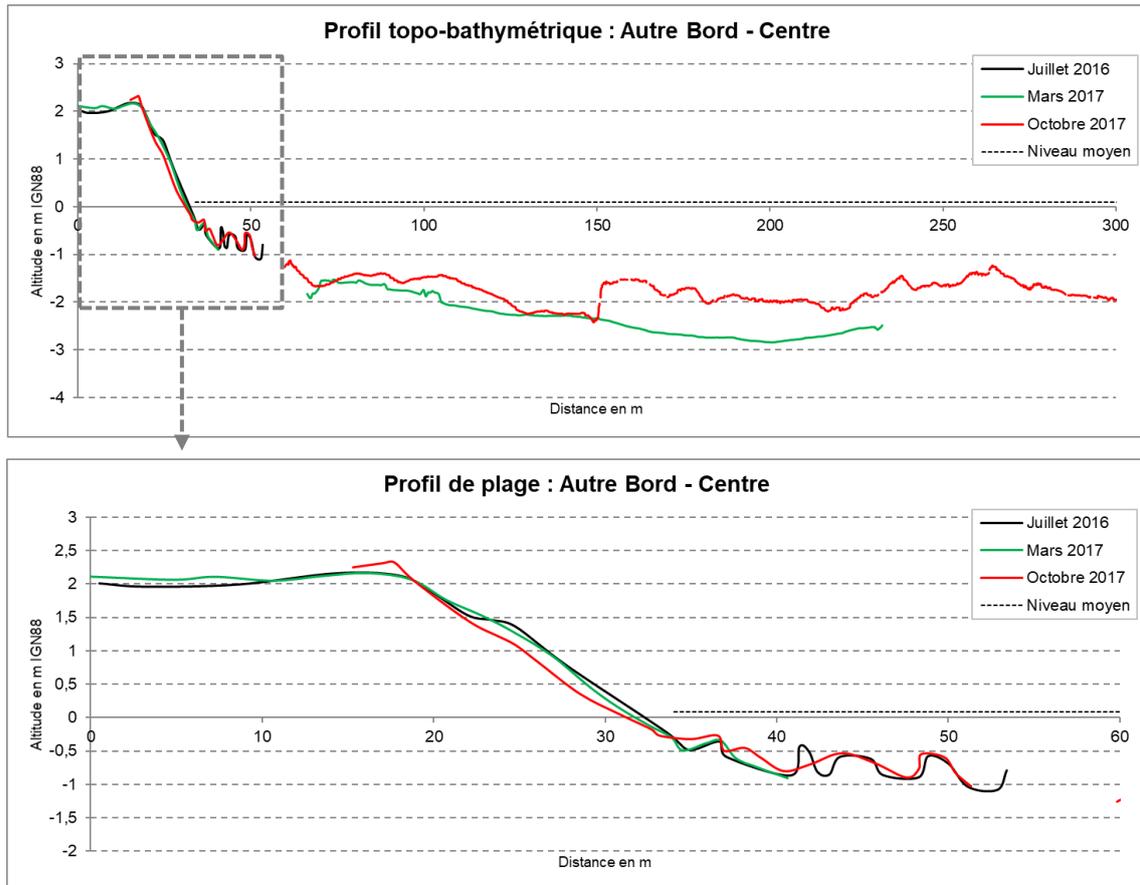


Illustration 99 – Evolution du profil centre – Plage de l'Autre Bord

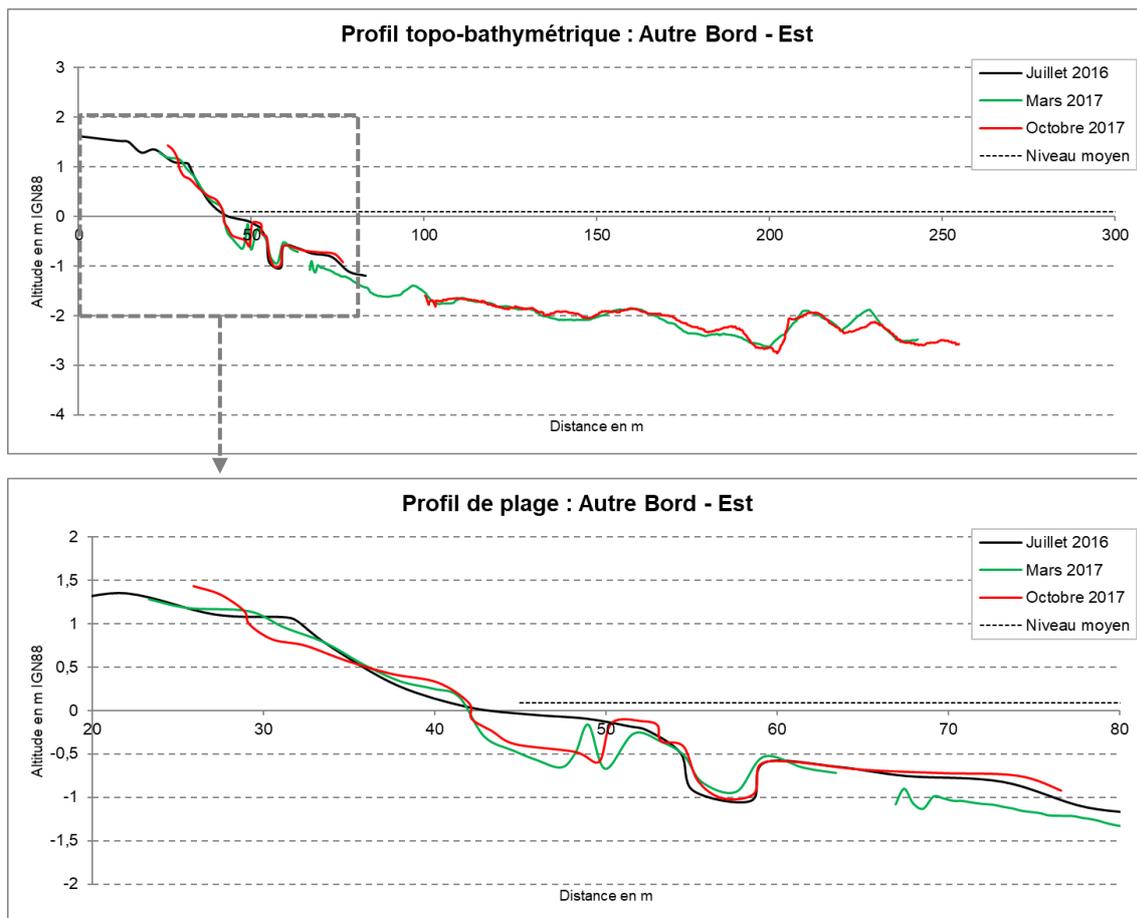


Illustration 100 – Evolution du profil est – Plage de l’Autre Bord

5.6.3. Bilan des observations récentes sur la plage de l’Autre Bord

- ➔ Relative stabilité de cette plage sur l’ensemble de la période d’observation récente (2016-2017)
- ➔ Pas d’impacts observés sur ce site suite au passage de l’ouragan Maria

5.7. PLAGES A FANFAN ET GRANDE ANSE - LA DESIRADE

Les plages de Fanfan et de Grande Anse se situent au sud-ouest de l'île de la Désirade. Cette ensemble qui s'étend sur un linéaire d'environ 1 km est constitués de deux baies orientées vers le sud-est. Les deux baies sont exposées aux houles d'alizés de secteurs nord-est jusqu'à est-sud-est.

Ce site est caractérisé par la présence d'une bande récifale d'une largeur d'environ 400 m et interrompue par deux passes (Illustration 101). La présence de ces deux passes est certainement à l'origine de la configuration en double baie du site. En effet, la protection de la zone centrale par le récif, et la diffraction de la houle dans les passes entraînent la mise en place d'une zone de convergence, à l'origine de la pointe centrale.

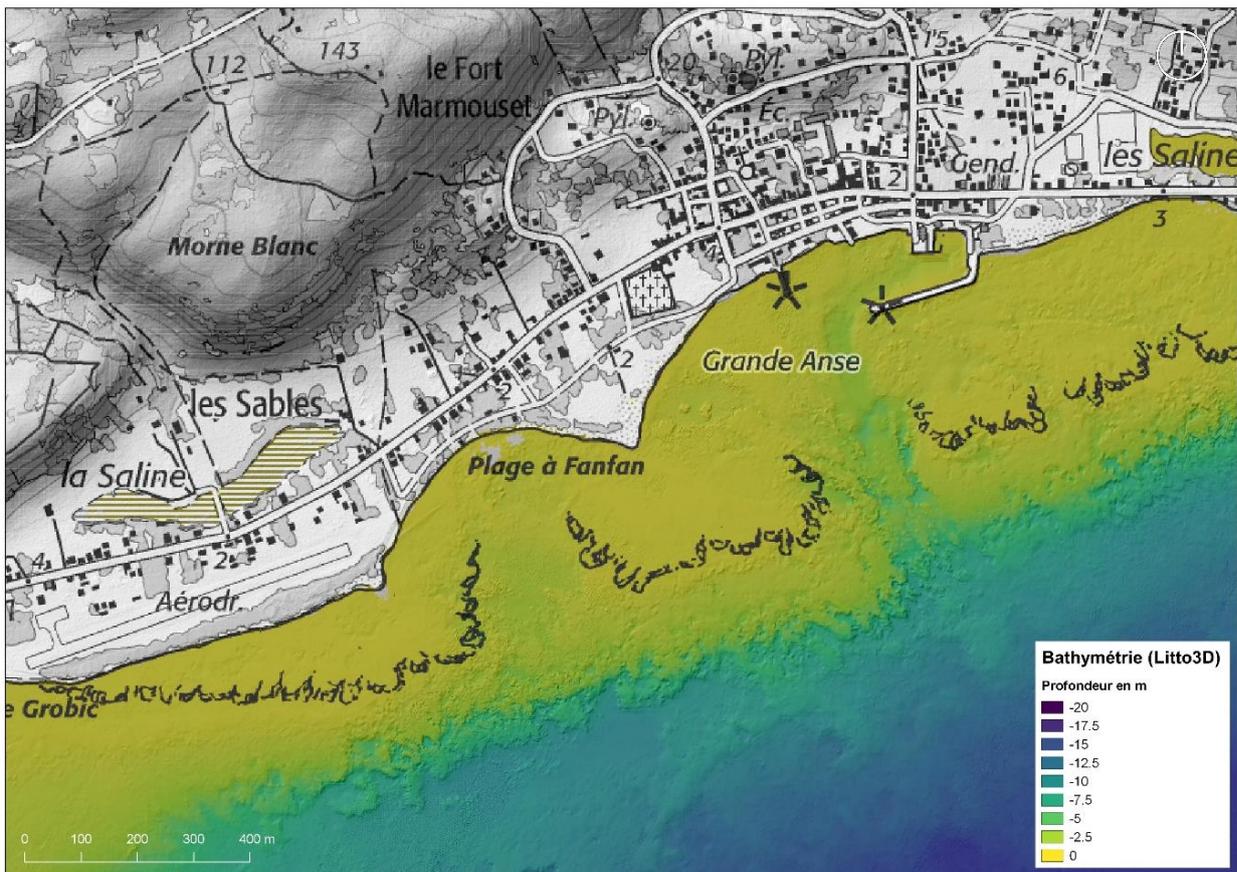


Illustration 101- Morphologie de la plage à Fanfan et de Grande Anse – La Désirade

L'arrière plage est occupée par des habitations, des cabanes de pêcheurs et la route communale. Ces plages sont principalement fréquentées par les touristes et les pêcheurs (à pied et en bateau).

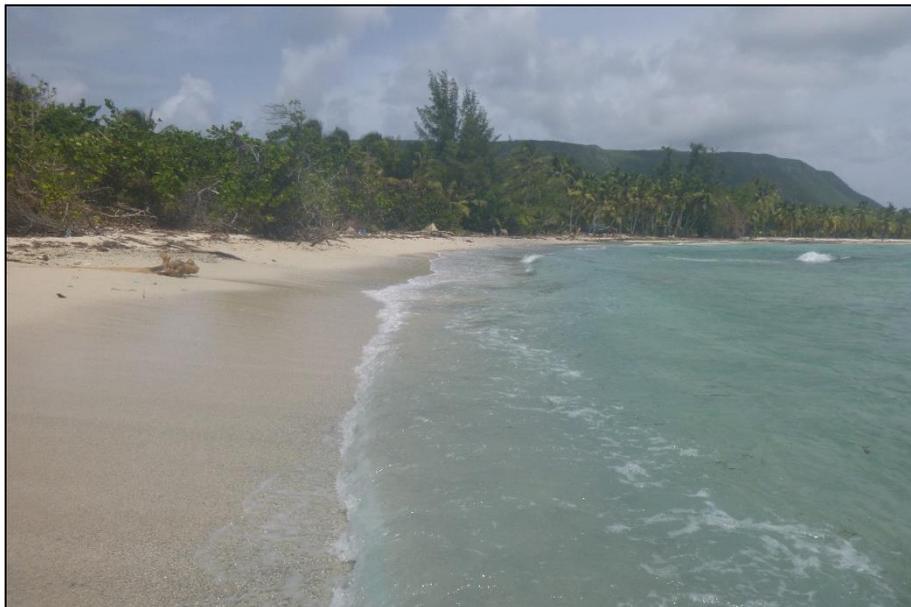


Illustration 102 – Plage de Fanfan (octobre 2017)

5.7.1. Evolutions sur le long et moyen terme (1950-2013)

Pour la Désirade les taux de variation annuels moyens n'ont pas été calculés et la position du trait de côte en 1998 n'a pas pu être digitalisée.

Depuis 1950, la morphologie de la plage de Fanfan et de Grande Anse a subi d'importantes transformations (Illustration 103). Une pointe sableuse s'est constituée entre les deux baies. Cette formation est à l'origine d'une importante avancée du trait de côte de l'ordre d'une centaine de mètres depuis 1950.

Vers l'ouest, dans la partie centrale de la plage à Fanfan, on observe un recul de la plage compris entre 10 et 30 m, puis à nouveau une avancée du trait de côte par rapport à 1950 comprise entre 15 et 20 m à l'extrémité de la piste d'atterrissage de l'aérodrome (remblais lié à la construction de l'aérodrome ?).

La morphologie singulière de cette plage de type convexe semblable à un tombolo⁵ est liée à la configuration du récif devant la plage avec une avancée de la plage au droit du récif et un recul au droit des passes.

⁵ Cordon littoral reliant une île ou un îlot à la côte

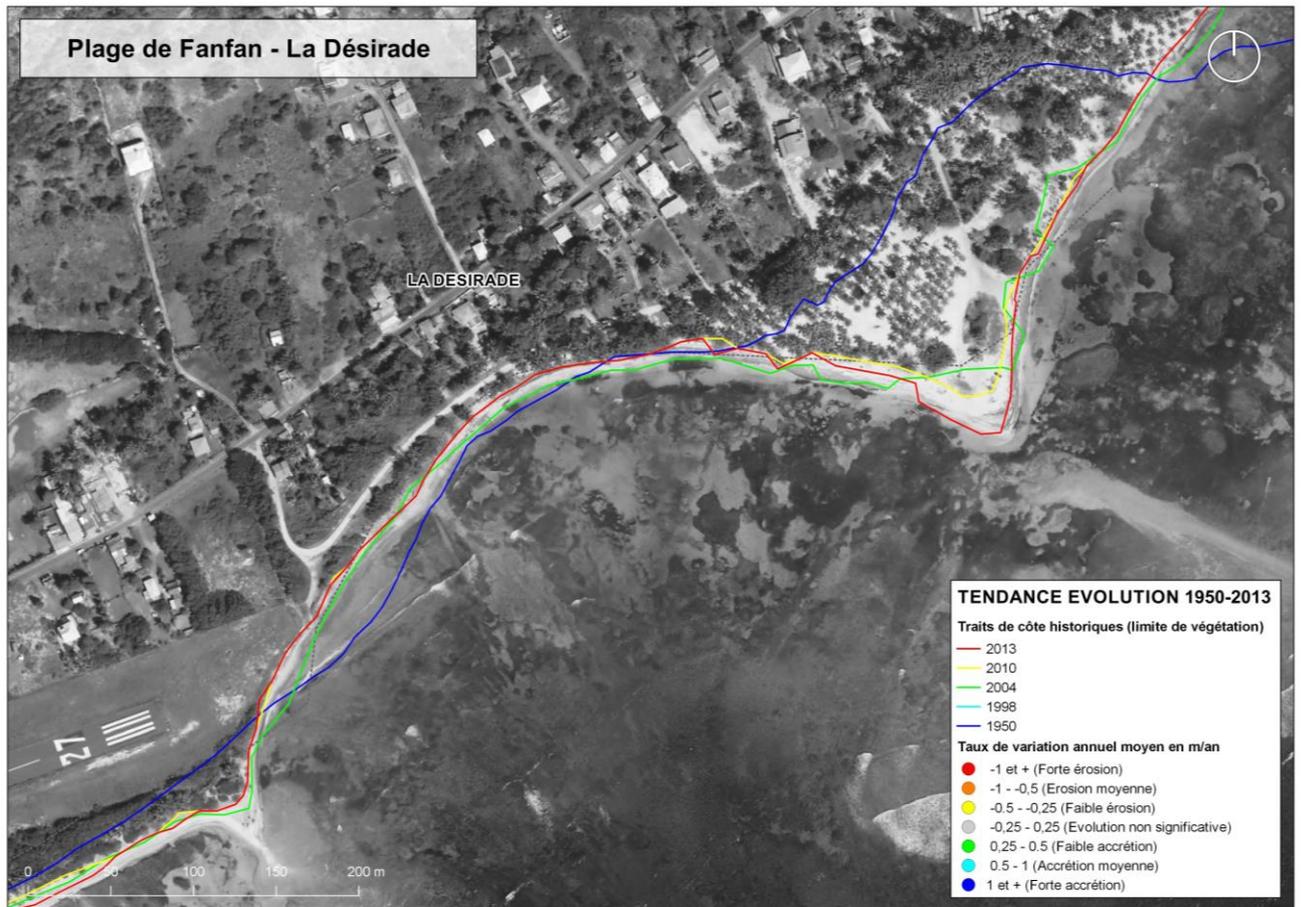


Illustration 103 – Evolution historique du trait de côte entre 1950 et 2013 – Plage à Fanfan et Grande Anse (fond de carte Ortho IGN 2010)

5.7.2. Evolutions récentes

Evolution du trait de côte

Sur la période récente, la limite de jet de rive à globalement peu évoluée entre 2016 et 2017 (Illustration 104). On observe également que la limite de végétation de haut de plage a reculée à partir octobre 2017 au niveau de la pointe sableuse.

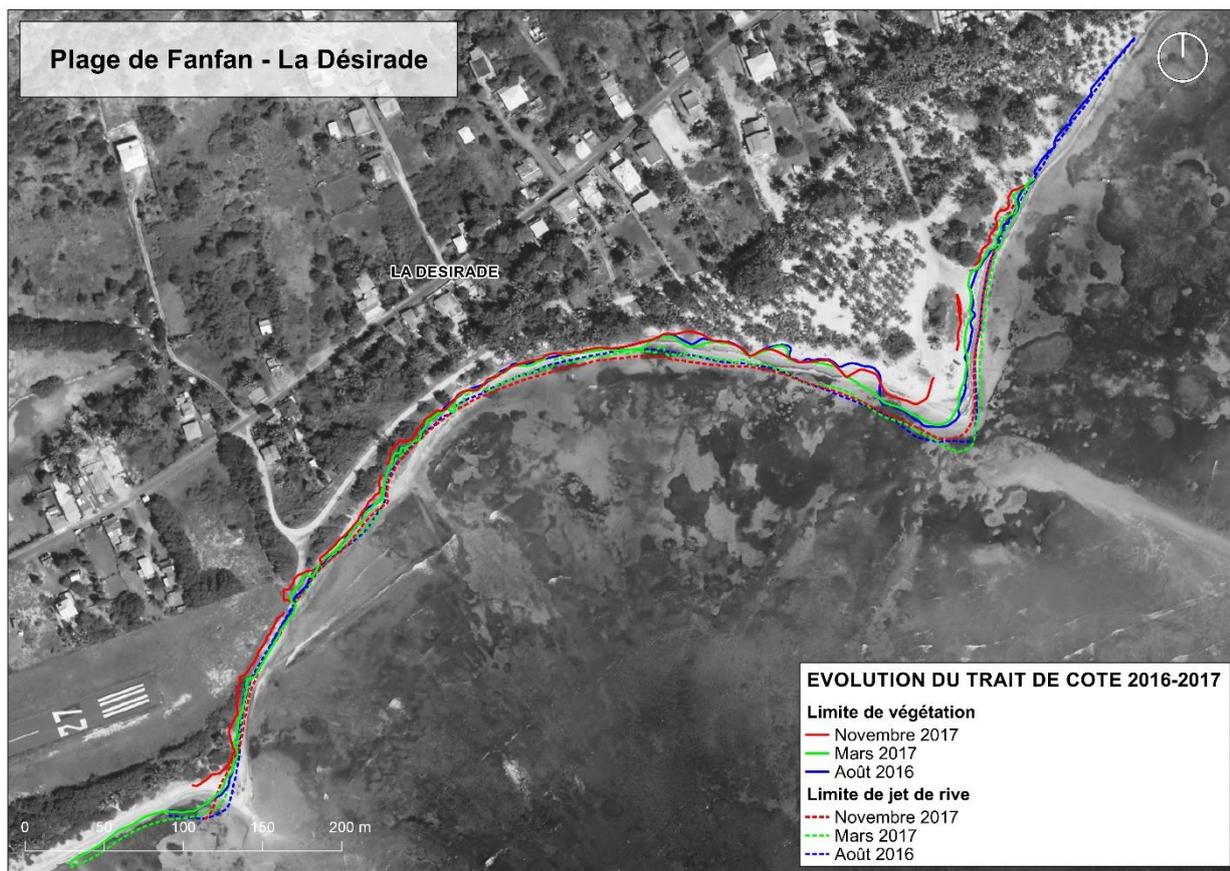


Illustration 104 - Evolution du trait de côte sur la période 2016-2017 - Plage de Fanfan et de Grande Anse (fond de carte Ortho IGN 2010)

Evolution des profils de plage

Sur le site de la plage de Fanfan, 5 profils de référence ont été étudiés au cours de 3 campagnes d'acquisition réalisées en août 2016, mars et novembre 2017 (Illustration 105). Aucune mesure bathymétrique n'a été réalisée sur ce site.

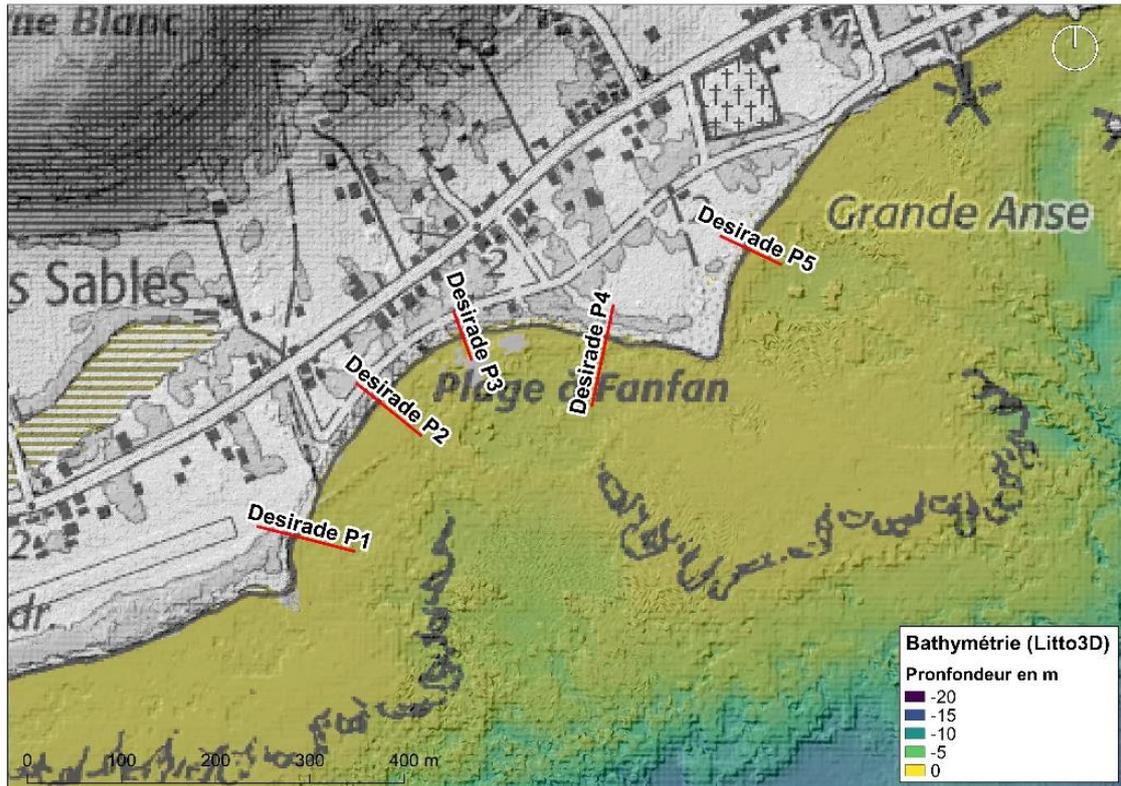


Illustration 105 - Positionnement des profils de référence sur la plage de Fanfan

Sur le profil P1 (Illustration 106), situé le plus à l'ouest, on observe une avancée de la plage de l'ordre de 5 m avec un exhaussement dans les petits fonds (environ 0,25 et 0,5 m entre août 2016 et novembre 2017).

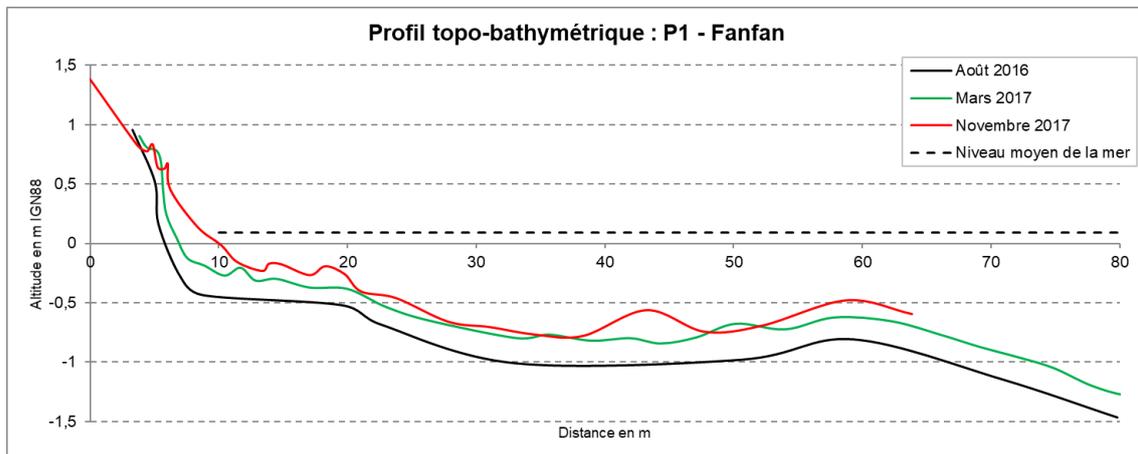


Illustration 106 - Evolution du profil P1 – Plage de Fanfan

Sur le profil P2 (Illustration 107), l'évolution de la plage est stable sur la période d'observation et on constate également un exhaussement des petits fonds sur l'avant-plage (entre 0,25 et 0,5 m d'épaisseur).

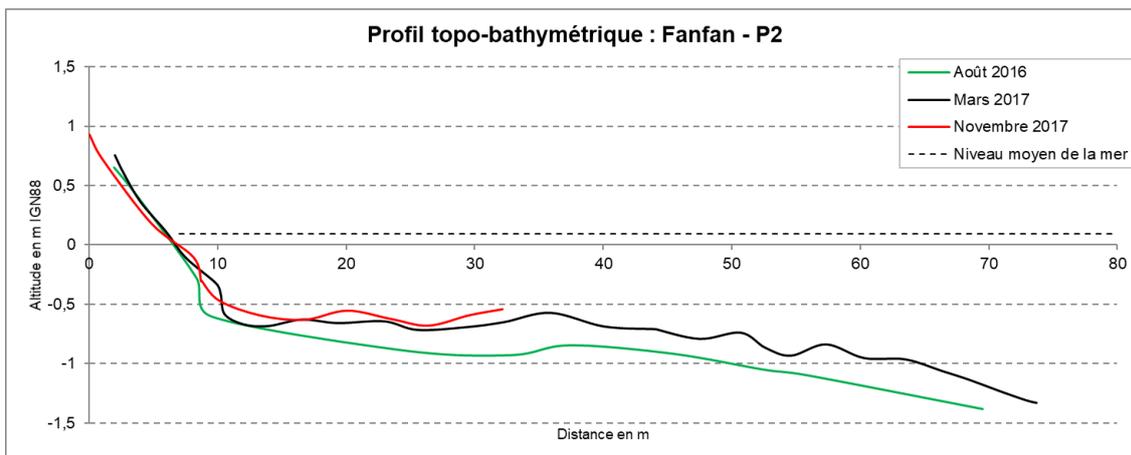


Illustration 107 - Evolution du profil P2 – Plage de Fanfan

Le profil P3, présente un avancée modérée de la plage dans la partie centrale de la plage à Fanfan (Illustration 108).

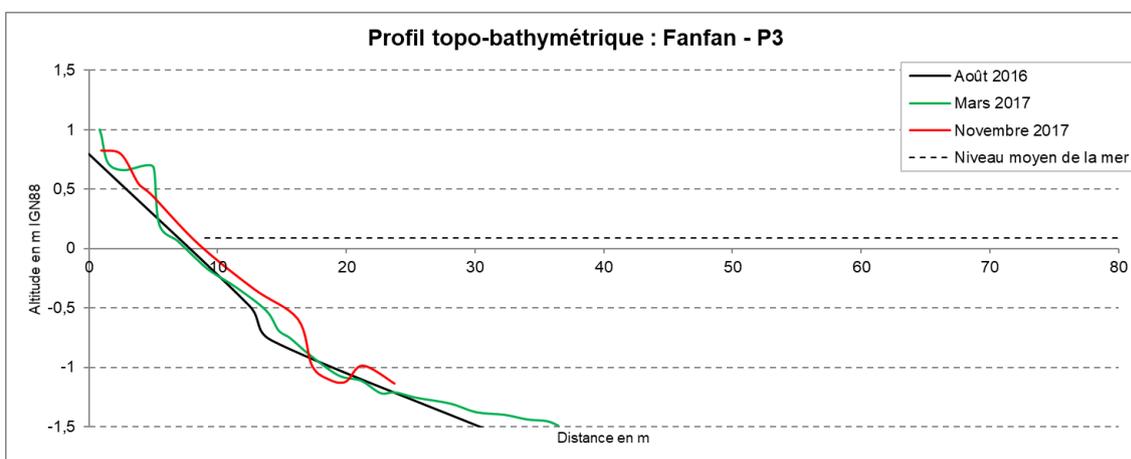


Illustration 108 - Evolution du profil P3 – Plage de Fanfan

Le profil P4 présente également la même tendance à l'avancée de la plage dans la partie est de la plage à Fanfan (Illustration 109).

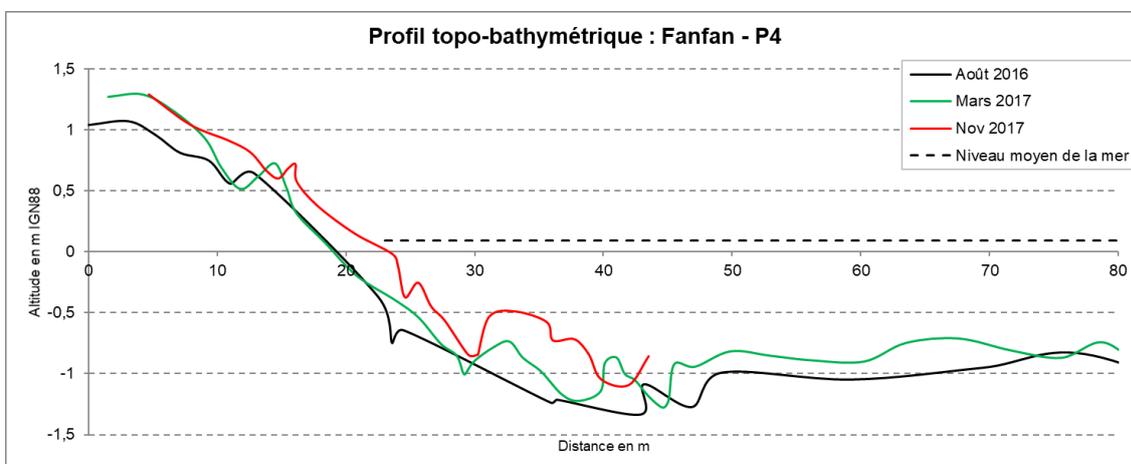


Illustration 109 - Evolution du profil P4 – Plage de Fanfan

Enfin sur le profil P5, situé à l'est de la pointe sableuse dans le secteur de Grande Anse, on constate un léger recul du haut de plage entre mars et novembre 2017 (Illustration 110).

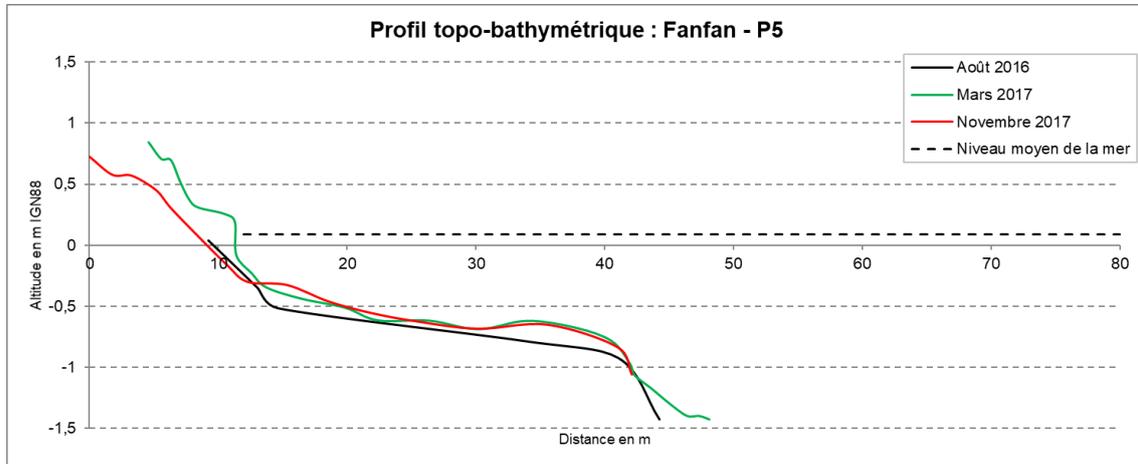


Illustration 110 - Evolution du profil P5 – Plage de Fanfan

5.7.3. Bilan des observations récentes sur la plage de Fanfan

- ➔ Site globalement stable sur la période récente (2016-2017)
- ➔ Avancée modérée de la plage dans le secteur de la plage à Fanfan et recul au niveau de la pointe sableuse ainsi que sur la partie ouest de Grande Anse.

5.8. FOLLE ANSE – GRAND BOURG (MARIE GALANTE)

La plage des Trois-Ilets, située dans le secteur de Folle Anse, est localisée sur la commune de Grand-Bourg sur l'île de Marie-Galante. Le secteur de Folle Anse est délimité au sud par la Pointe Ballet et au nord par la Pointe de Folle Anse (Illustration 111).

Ce cordon sableux ouvert sur la mer s'étend sur 2 km de long. Cette plage est orientée vers l'ouest et donc très peu exposée aux différents régimes des houles du large. L'avant-plage s'étend selon une pente très douce jusqu'à une profondeur d'environ - 10 m.

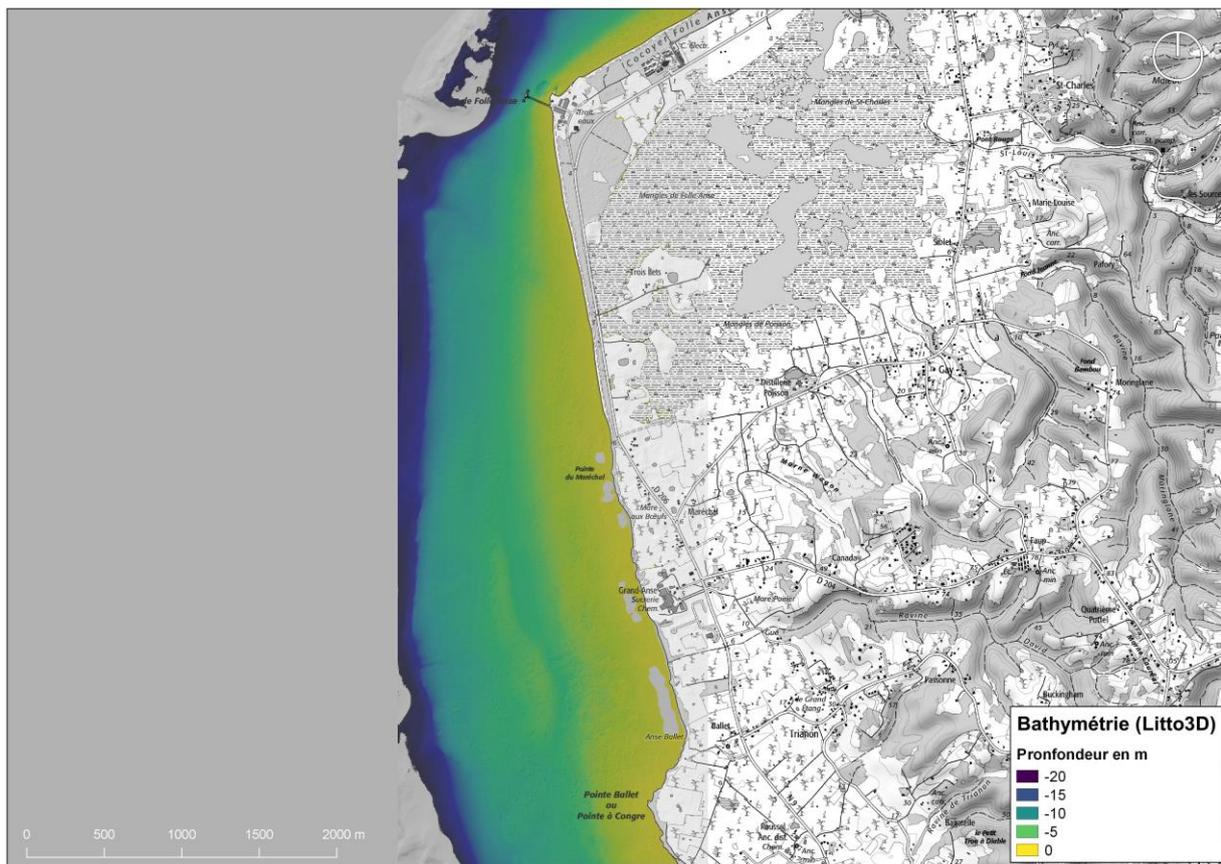


Illustration 111 - Morphologie du site de Folle Anse

Le haut de plage est presque entièrement végétalisé (Illustration 112). En arrière plage on retrouve la route reliant Grand-Bourg à Saint-Louis et un vaste ensemble de zones humides.



Illustration 112 – Vue de la plage des Trois-Ilets vers le nord (mars 2017)

5.8.1. Evolutions sur le long et moyen terme

Depuis 1950 le trait de côte de la plage de Folle Anse a reculé d'environ 50 mètre sur l'ensemble du site. Les taux de variation annuels moyens se situent autour de -0,50 m/an.

Sur la période comprise entre 1998 et 2013 le trait de côte parait relativement stable.

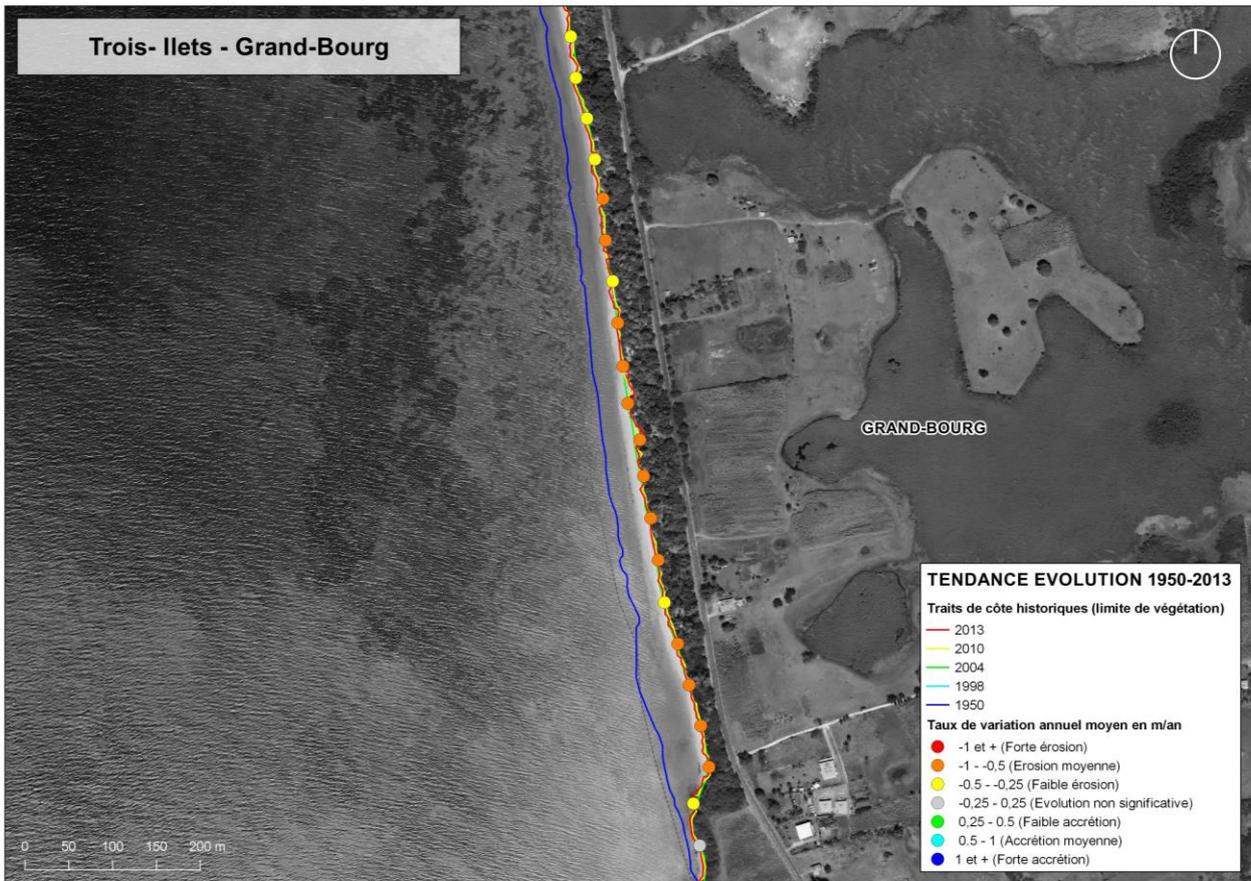


Illustration 113 – Evolution historique du trait de côte sur la période 1950-2013 et tendances d'évolution associées – Plage des Trois-Ilets (fond de carte Ortho IGN 2010)

5.8.2. Evolutions récentes (2016-2017)

Evolution du trait de côte

Sur ce site, le trait de côte de février 2017 n'a pas pu être levé sur le terrain à cause d'un problème technique. L'évolution du trait de côte sur la période récente n'est donc pas présentée.

Par ailleurs, il apparaît que la largeur de la plage sur ce site est très étroite. Le jet de rive et la limite de végétation sont très proche (Illustration 112).

Evolution des profils de plage

Trois profils ont été étudiés au cours de deux campagnes d'acquisition réalisées en mars et octobre 2017 (Illustration 114).

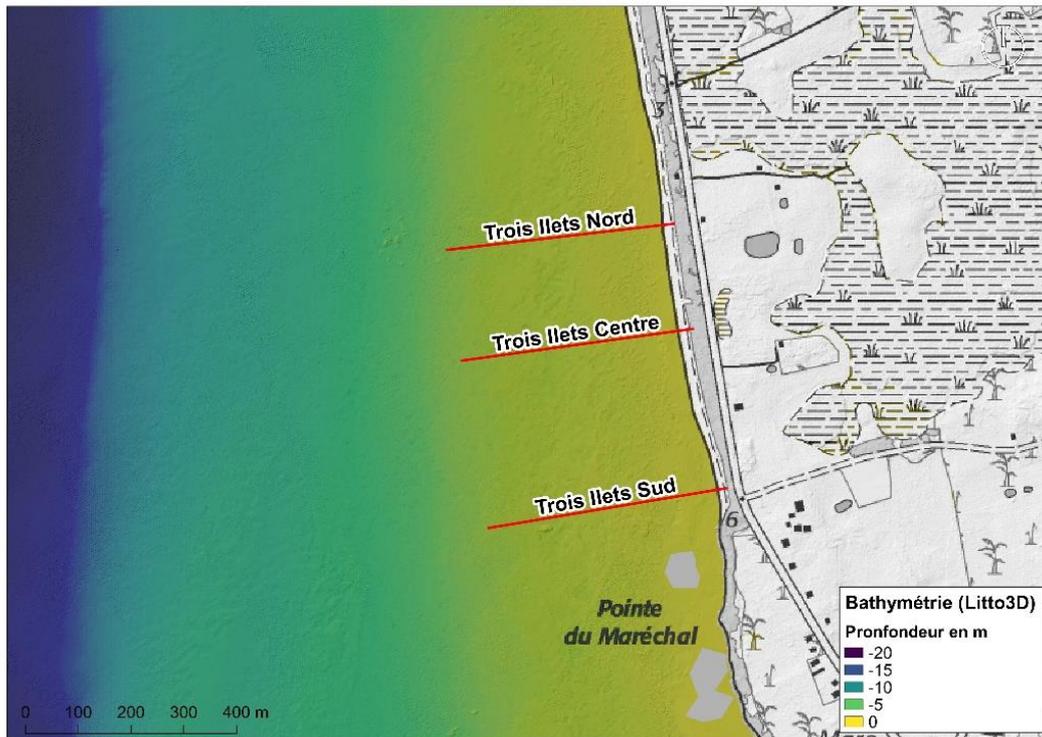


Illustration 114 – Localisation des profils de référence sur le site de la plage des Folle Anse

La principale caractéristique observée sur les trois profils de plage étudiés sur ce site est l'abaissement généralisé des fonds au niveau de l'avant plage (Illustration 115, Illustration 116 et Illustration 117).

Ces observations sont cohérentes avec la tendance d'érosion de la plage observée sur le long terme mise en évidence par l'analyse de l'évolution du trait de côte depuis 1950.

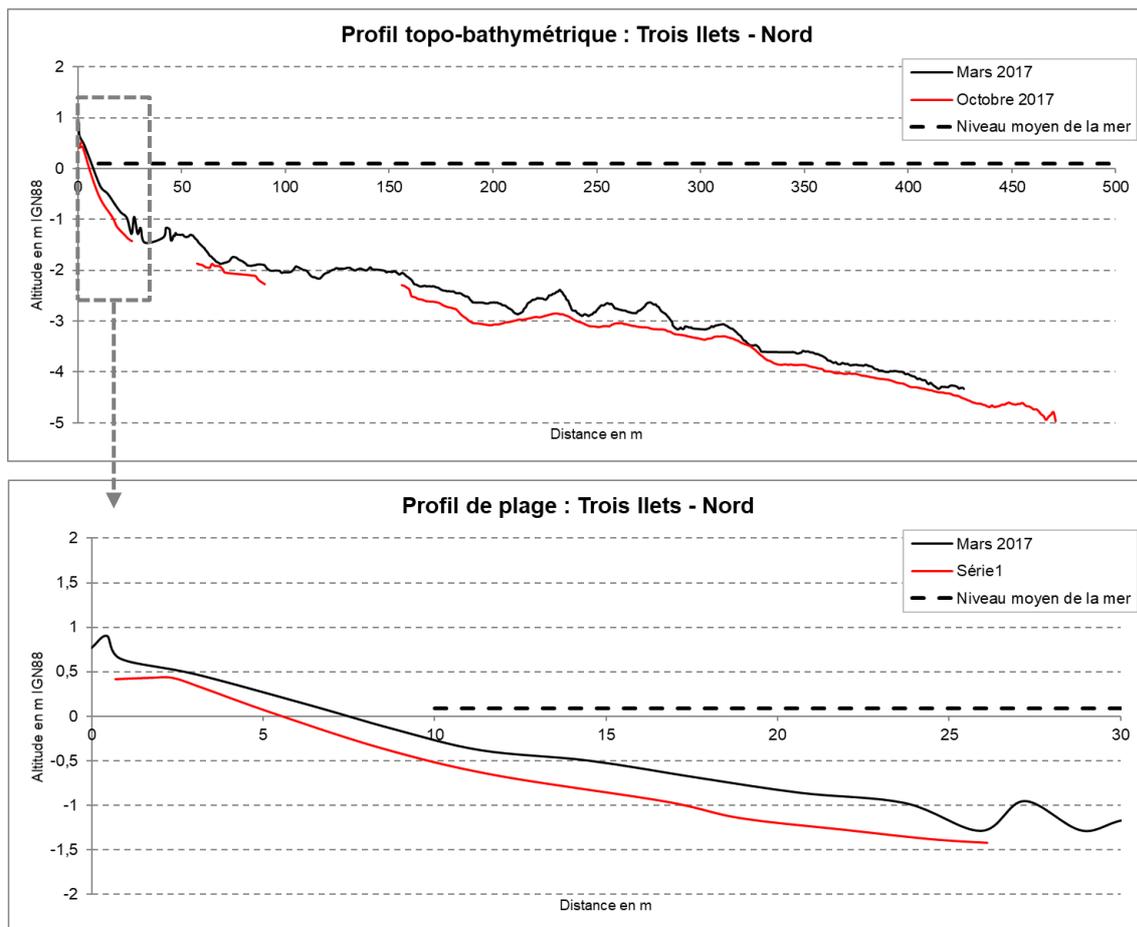


Illustration 115 - Evolution du profil nord – Plage de Folle Anse

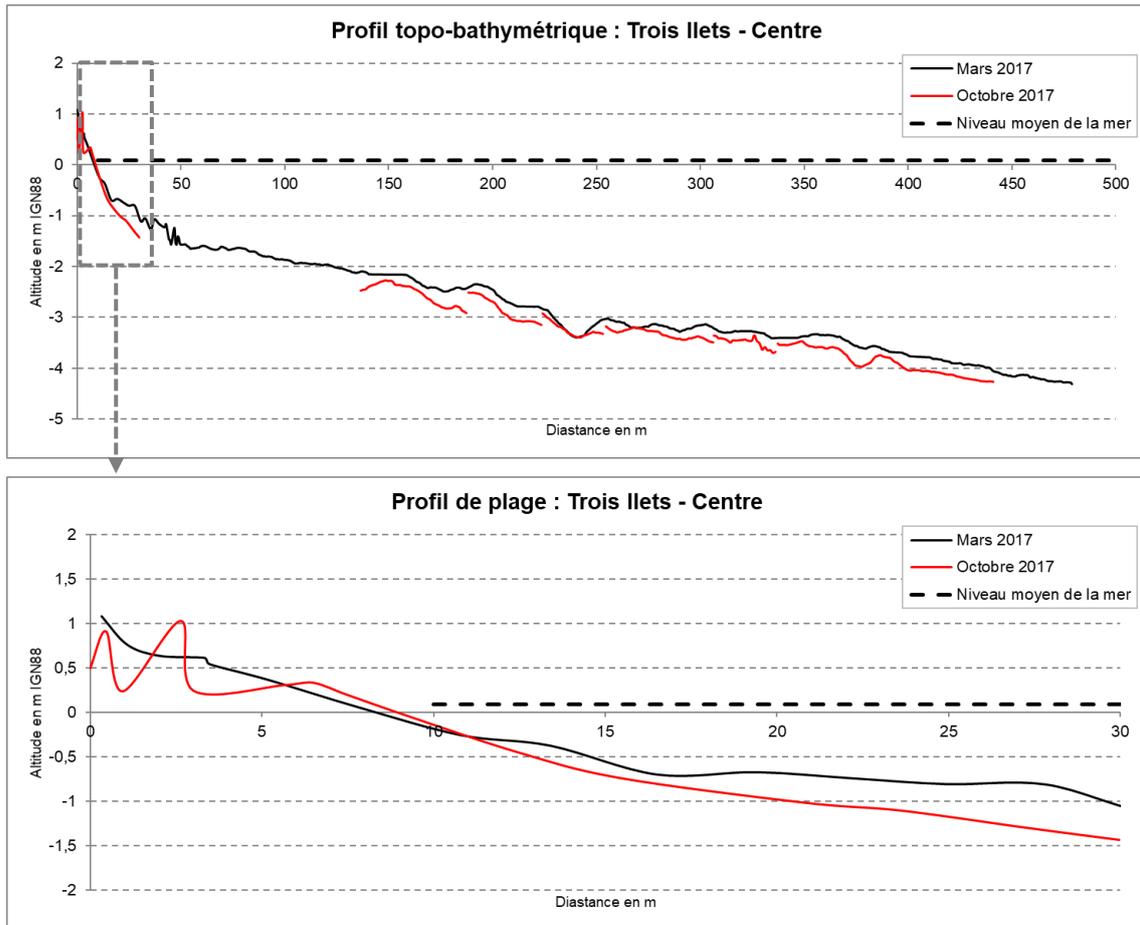


Illustration 116 - Evolution du profil centre – Plage de Folle Anse

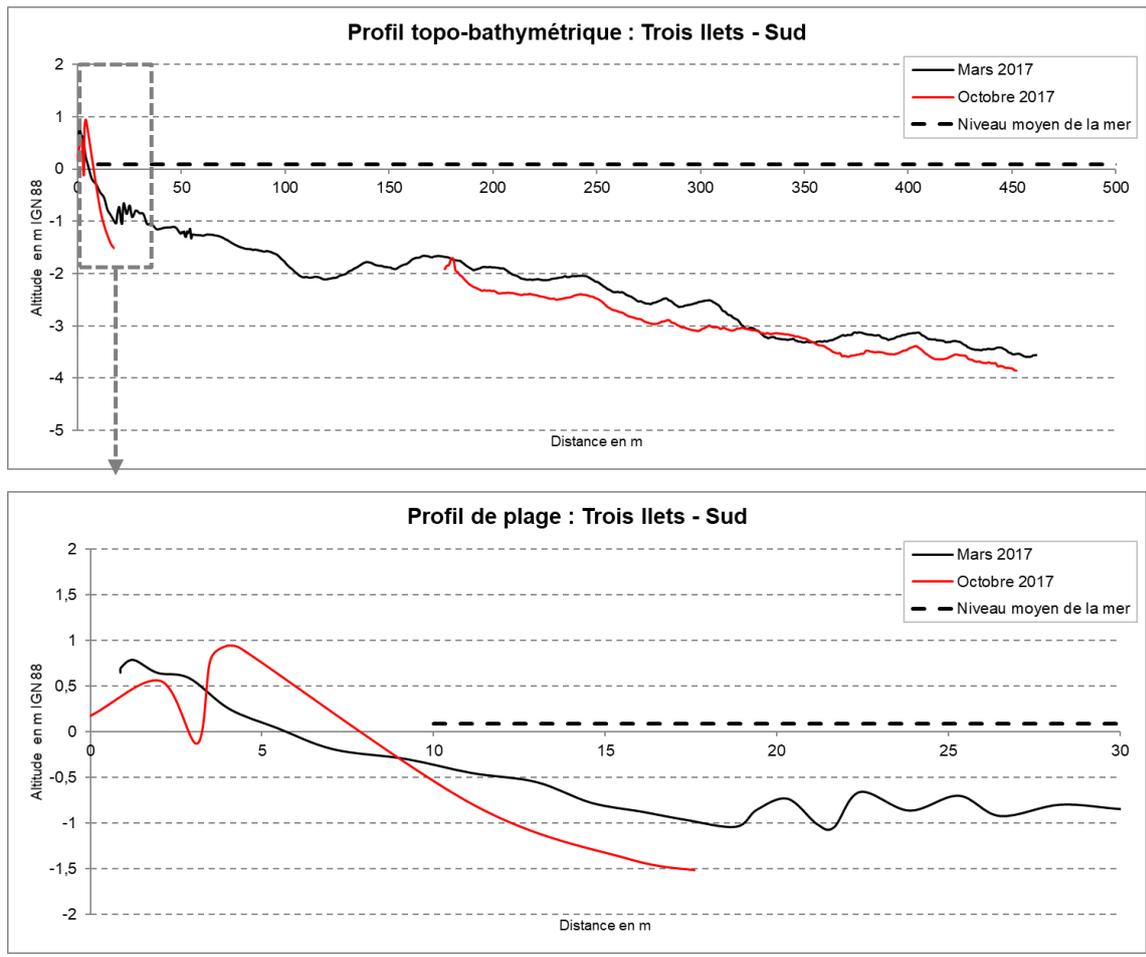


Illustration 117 – Evolution du profil sud – Plage de Folle Anse

5.8.3. Bilan des observations récentes sur la plage des Trois-Ilets

- ➔ Abaissement généralisé des fonds de l'avant plage
- ➔ Plage très étroite
- ➔ Dynamique à l'érosion du site sur le long terme semble se poursuivre actuellement

6. Bilan général des observations

6.1. PERTINENCES ET COMPLEMENTARITE DES INDICATEURS DE SUIVI

Les différents indicateurs utilisés pour suivre les sites pilotes permettent d'avoir une vision complète de la dynamique sédimentaire à l'échelle de la cellule sédimentaire.

Les levés du trait de côte permettent de comparer les tendances d'évolutions récentes avec les tendances historiques observées sur le moyen et le long terme. Les profils topo-bathymétriques mettent en évidence les échanges entre la partie aérienne de la plage et l'avant plage immergée (échanges cross-shore).

Enfin, les levés photogrammétriques, réalisés à titre de démonstration sur les plages de La Perle et des Raisins Clairs, apportent une information complémentaire sur les mouvements sédimentaires et permettent de calculer des bilans sédimentaires.

Cependant, le protocole suivi employé c'est révélé inadapté dans les environnements de falaises côtières. Un travail d'adaptation complémentaire est nécessaire pour assurer le suivi sur ce type de côte.

6.2. IMPACT DE L'OURAGAN MARIA ET CAPACITE DE RESILIENCE

Le réseau de suivi a permis de caractériser l'impact de l'ouragan MARIA sur la morphologie des plages étudiées et d'évaluer leur capacité de résilience face des événements de fortes intensités. Les campagnes d'acquisition réalisées avant et après l'évènement mettent en évidence des comportements variables selon les sites étudiés.

Parmi les plages suivies, les secteurs de la plage du Bourg de Saint-Anne et la plage des Raisins Clairs ont été particulièrement impactés. Les mesures réalisées sur la plage de Saint-Anne indique un retour progressif du sable quelques semaines après l'évènement. Sur la plage des Raisins Clairs on observe une forte érosion de la partie nord-est de la plage, probablement accentuée par la présence d'un enrochement. A l'inverse, sur la partie de la plage située au sud-ouest, on constate un apport de sédiment consécutif au passage de l'ouragan.

Sur le site de la plage de La Perle, MARIA a provoqué un déplacement du stock sédimentaire vers l'extrémité nord de l'anse, sans pour autant générer un déséquilibre du bilan sédimentaire à l'échelle de la cellule sédimentaire.

Enfin, certains sites ont été peu affectés par le passage de MARIA tels que la plage de l'Autre Bord sur la commune du Moule, exposée au nord et relativement bien protégée de la houle cyclonique générée lors de cet évènement.

Les impacts sur les sites ne faisant pas l'objet de mesures dans le cadre du réseau de suivi et ayant fait l'objet d'une reconnaissance par le BRGM suite à l'ouragan MARIA sont présentés dans le rapport de Legendre et Guillen (2017).

6.3. SYNTHÈSE DES ÉVOLUTIONS OBSERVÉES PAR SITES

Le tableau ci-après présente la synthèse des évolutions observées à différentes échelles temporelles (des tendances à long terme aux impacts de l'ouragan Maria) sur les sites pilotes suivis dans le cadre de cette étude.

SITE	Unité morpho-sédimentaire	Dynamiques observées			
		Long terme (1950-2013)	Moyen terme (1998-2013)	Court terme (2016-2017)	Impact MARIA (Legendre et Guillen, 2017)
LA PERLE	Côte sous le vent	<ul style="list-style-type: none"> • Recul secteur nord-est (-30 à 40m) • Recul secteur central (-30 m) • Secteur sud-ouest plus stable 	<ul style="list-style-type: none"> • Légère avancée de la partie située au sud-ouest et au centre • Partie nord-est en érosion 	Déplacement des sédiments vers le nord-est et recul de la partie centrale et sud-est	<ul style="list-style-type: none"> • Recul d'environ 10 m sur la partie centrale de la plage • Talus d'érosion d'environ 1 m au sud-ouest et recul d'environ 10 m (voir localement 20 m) • Engraissement du secteur nord-est
SAINT-FELIX	Riviera de la Grande-Terre	Forte érosion de la plage depuis 1950 (recul entre 50 et 100 m)	Erosion de la partie central et sud-ouest	Tendance générale à l'érosion particulièrement marquée au sud-ouest	<ul style="list-style-type: none"> • Talus d'érosion de 20 cm sur la partie ouest • Déracinement des arbres • Projection de sable sur l'arrière plage
LES SALINES	Riviera de la Grande-Terre	Forte érosion avec un recul compris entre 40 et 60 m depuis 1950	<ul style="list-style-type: none"> • Erosion au niveau des extrémités sud et nord • Stabilité de la partie centrale 	Tendance au recul de plage compris entre 5 et 10 m	<ul style="list-style-type: none"> • Déracinement des arbres en front de mer • Projection de sable sur l'arrière plage
PLAGE DU BOURG DE SAINT-ANNE	Riviera de la Grande-Terre	Erosion de la partie ouest de la plage depuis 1950 (-20 à -40 m dans la partie centrale)	Stabilisation du trait de côte depuis l'aménagement des épis de protection transversaux	Recul localisé de la plage suite à MARIA et retour du sable après quelques semaines	<ul style="list-style-type: none"> • Projections de sable sur l'arrière plage • Talus d'érosion d'environ 30 cm sur la partie ouest • Contournement des épis de protection situés à l'ouest
PLAGE DES RAISINS CLAIRS	Riviera de la Grande-Terre	Erosion généralisée de la plage avec un recul de 40 m depuis 1950	Variabilité de la position du trait de côte avec légère tendance au recul	<ul style="list-style-type: none"> • Erosion importante de la partie située au nord-est amplifiée par la présence d'un enrochement. • Engraissement du bas de la plage suite au passage de Maria 	<ul style="list-style-type: none"> • Talus d'érosion de 60 cm à 1 m de haut et arbres déracinés sur la moitié nord de la plage • Affouillement de l'enrochement situé en face du restaurant et recul de la plage en face de l'ancien cimetière colonial (-7 m)

SITE	Unité morpho-sédimentaire	Dynamiques observées			
		Long terme (1950-2013)	Moyen terme (1998-2013)	Court terme (2016-2017)	Impact MARIA (Legendre et Guillen, 2017)
PLAGE DE L'AUTRE BORD	Côte Atlantique de la Grande-Terre	<ul style="list-style-type: none"> • Plage globalement stable • Recul de 20 m sur le tiers est entre 1950 et 2013 	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilité de la plage • Légère avancée de la partie située au centre et à l'est 	Très stable sur la période récente	Pas d'impacts observés
PLAGE A FANFAN	La Désirade	Accrétion de la pointe sableuse (formation d'un tombolo) et recul de la plage à Fanfan (-10 à -30 m)	Progradation de la pointe sableuse entre 2004 et 2013	<ul style="list-style-type: none"> • Secteur relativement stable • Léger recul de la pointe sableuse 	<ul style="list-style-type: none"> • Talus d'érosion de 60 cm à 1 m dans le secteur sud-ouest • Déracinement des cocotiers
PLAGE DES TROIS-ILETS	Marie-Galante	Erosion généralisée de la plage de la plage depuis 1950 avec un recul de 50 m	Relative stabilité sur le moyen terme	Abaissement généralisé de l'avant plage qui indique une tendance au recul de la plage	<ul style="list-style-type: none"> • Talus d'érosion d'environ 40 à 50 cm en haut de plage sous la végétation

Tableau 9 – Synthèse de la dynamique morphologique des sites pilotes étudiés

6.4. CLASSIFICATION DES SITES PILOTES SELON LEUR DYNAMIQUE D'EVOLUTION

A partir des caractéristiques de chaque site et des observations réalisées à différentes échelles temporelles, il est possible de réaliser une classification de la dynamique morpho-sédimentaire des sites pilotes étudiés dans le cadre de cette étude.

On peut considérer un premier groupe de sites pilotes à partir des plages peu influencées par les perturbations anthropiques et présentant une tendance chronique à l'érosion du trait de côte. Il s'agit notamment des plages de Saint-Félix, des Salines et de Folle Anse. Sur ces plages le bilan sédimentaire présente un déséquilibre chronique qui se traduit par un recul du trait de côte.

Le second groupe de sites pilote est représenté par les plages aménagées en contexte urbain qui comprend la plage du Bourg de Saint-Anne et la plage des Raisins Clairs. Sur ces sites des aménagements de protection ont été réalisés. Les effets de ces aménagements sont à la fois visibles sur le moyen terme, avec la disparition des plages situées en face des ouvrages de protection longitudinaux (mur de protection le long de la route nationale dans l'Anse de Saint-Anne par exemple), et sur le court terme avec l'amplification de l'érosion en aval des ouvrages de protection par rapport à la dérive littorale pour le cas de la plage des Raisins Clairs. Bien que ces ouvrages ont permis de fixer le trait de côte et ainsi limiter les effets de l'érosion du trait de côte, ils peuvent avoir localement des impacts négatifs en accélérant l'érosion de la plage dans les secteurs non protégés.

Le troisième groupe est constitué par les plages en équilibre dynamique. Ce groupe est notamment représenté par la plage de la Perle. Sur ce site on observe une importante mobilité du stock sédimentaire. En effet, cette plage semble sujette à des phénomènes de balancement sédimentaire (ou rotation de plage) d'une extrémité à l'autre de l'anse selon l'évolution des conditions hydrodynamiques (houle principalement). L'érosion d'une partie de la plage est généralement compensée par une accrétion d'une autre partie. Cette dynamique est caractéristique des grandes plages de poche ouverte sur la mer.

On identifie un quatrième groupe composé des plages en équilibre. Ce groupe est notamment représenté par la plage de l'Autre Bord sur la commune du Moule. En effet, ce site semble connaître une relative stabilité dans le temps et subir peu ou pas de perturbations anthropiques. Cette stabilité traduit également une bonne capacité de résilience de la plage face aux événements de forte intensité.

Enfin la dynamique des plages de Grande Anse et de Fanfan sur l'île de la Désirade est assez singulière parmi les sites étudiés. En effet, sur le long terme il est observée une progradation de la pointe sableuse située entre ces deux anses (plage convexe). Cette configuration en double baie est liée à la morphologie du récif frangeant entrecoupé de deux passes par lesquelles les houles se propagent et convergent au niveau de cette pointe sableuse (effet tombolo). Il s'agit donc probablement d'une évolution naturelle, cependant l'impact de l'aménagement de la zone portuaire située plus à l'est peut être à l'origine de perturbations à l'échelle de la cellule sédimentaire qui n'ont pas pu être qualifiées dans le cadre de cette étude.

7. Conclusion

L'objectif de cette étude était d'initier la mise en place d'un réseau de suivi du trait de côte. Ce réseau a pour ambition d'acquérir de manière pérenne et régulière des données sur la dynamique morfo-sédimentaire des sites les plus sensibles au risque d'érosion.

Cette étude a permis de définir un protocole de suivi adapté au contexte guadeloupéen basés sur des indicateurs de la dynamique côtière à l'échelle de la cellule sédimentaire. En complément des mesures topo-bathymétriques généralement employées, des mesures photogrammétriques par drone ont été réalisées à titre expérimental.

Le protocole de suivi a été décliné sur 8 sites pilotes qui représentent la diversité des secteurs les plus exposés à l'érosion sur l'archipel guadeloupéen.

Pour chaque site les tendances d'évolution historiques sur le long et le moyen terme ont été étudiées. Ces analyses ont été complétées à partir des campagnes d'acquisitions saisonnières réalisées sur deux années entre 2016 et 2017. Ces mesures ont permis de caractériser l'impact du passage de l'ouragan MARIA sur la dynamique morfo-sédimentaire des sites étudiés et d'évaluer leur capacité de résilience. Plus généralement, ces observations ont permis d'améliorer la compréhension de leur fonctionnement morfo-sédimentaire. Ces premières observations permettent de dresser une classification des sites pilotes selon leur dynamique d'évolution.

On peut considérer un premier groupe de sites pilotes constitués des plages peu influencées par les perturbations anthropiques et présentant une tendance chronique à l'érosion du trait de côte. Il s'agit notamment des plages de Saint-Félix, des Salines et de Folle Anse. Sur ces trois plages le bilan sédimentaire présente un déséquilibre sédimentaire chronique qui se traduit par un recul continu du trait de côte. Pour les sites de Saint-Félix et de Folle Anse, il est observé un recul compris entre 50 et 100 m depuis 1950. Sur la période récente cette dynamique d'évolution se traduit généralement par un abaissement de l'avant-plage (Folle-Anse par exemple) et un recul de la végétation.

Le second groupe est constitué par les plages aménagées en contexte urbain, il est représenté par les sites de la plage du Bourg de Saint-Anne et de la plage des Raisins Clairs. Sur ces deux sites des aménagements de protection ont été réalisés. Les effets de ces aménagements sont à la fois visibles sur le moyen terme, avec la disparition des plages situées au pied des ouvrages de protection longitudinaux (mur de protection le long de la route nationale dans l'Anse de Saint-Anne par exemple), et sur le court terme avec l'amplification locale de l'érosion en aval des ouvrages de protection par rapport au sens de la dérive littorale pour le cas de la plage des Raisins Clairs. Les impacts des ouvrages de protection sur ces deux sites sont généralement localisés mais ils peuvent avoir des répercussions indirectes à l'échelle de l'ensemble la cellule sédimentaire s'ils perturbent les échanges sédimentaires longitudinaux. Par exemple, la partie est de la plage des Raisins Clairs, située à proximité de l'enrochement du restaurant, a reculé de 7 m suite au passage de l'ouragan MARIA et présente un déficit important tandis que le reste de la plage c'est engraisé. Les impacts de l'ouragan MARIA ont également été importants sur la plage du Bourg de Saint-Anne (contournement des épis de protection, projection de sable sur le parking, érosion de la plage et submersion du marché artisanal) mais la plage semble se reconstituer naturellement depuis.

Le troisième groupe est représenté par les plages en équilibre dynamique, caractéristique du site de la plage de la Perle. Sur ce site on observe une importante mobilité du stock sédimentaire au sein de la cellule. En effet, cette plage semble sujette à des phénomènes de balancement

sédimentaire (ou rotation de plage) d'une extrémité à l'autre de l'anse selon l'évolution des conditions hydrodynamiques (la houle principalement). L'érosion d'une partie de la plage est généralement compensée par une accrétion d'une autre partie. Cette dynamique est caractéristique des grandes plages de poche ouverte sur la mer. Par exemple, sur la période récente on constate que le stock sédimentaire migre vers le nord-est de plage. Ce transfert de sédiment, mis en évidence dès la première période de mesure, a été amplifié suite au passage de l'ouragan maria. Ainsi on observe une accumulation de sable dans la partie nord-est de la plage et une érosion dans sa partie centrale et son extrémité au sud-ouest.

Un quatrième groupe a été identifié, il est composé des plages présentant un équilibre sur le long terme. Ce groupe est représenté par la plage de l'Autre Bord sur la commune du Moule. En effet, ce site semble connaître une relative stabilité dans le temps et subir peu ou pas de perturbations anthropiques. Cette stabilité semble traduire une bonne capacité de résilience de la plage face aux événements de forte intensité qui peuvent affecter ponctuellement cette façade côtière pendant la période hivernale (houle de secteur nord).

Enfin, parmi les sites étudiés, la dynamique de la plage de Grande Anse et de Fanfan sur la Désirade est assez singulière. On observe en effet sur le long terme une progradation de la pointe sableuse située entre ces deux anses (plage convexe). Cette configuration en double baie est liée à la morphologie du récif frangeant entrecoupé de deux passes par lesquelles les houles se propagent et convergent au niveau de cette pointe sableuse (effet tombolo). Il s'agit donc probablement d'une évolution naturelle, cependant l'impact de l'aménagement de la zone portuaire située plus à l'est peut être à l'origine de perturbations à l'échelle de la cellule sédimentaire qui n'ont pas pu être qualifiées dans le cadre de cette étude. Sur la période récente ce site est plutôt stable.

Ces premiers résultats ont été directement valorisés auprès des communes Saint-Anne et Saint-François à travers la réalisation de missions d'assistances scientifiques et techniques. L'exploitation de ces données a notamment permis d'étayer le diagnostic du site et d'établir des recommandations de gestion adaptées dans une démarche d'aménagement durable du littoral.

Ce réseau de suivi a pour ambition de s'inscrire durablement dans le temps ainsi que dans les collaborations entre les acteurs de la gestion du trait de côte. Ainsi plusieurs perspectives de développement peuvent être proposées.

Il s'agira de généraliser et de poursuivre les expérimentations à partir des techniques de suivi innovantes. Les levés photogrammétriques par drone pourront être étendus à d'autres sites pilotes. Par ailleurs, une réflexion spécifique sur les côtes à falaises meubles pourra être menée afin de définir un protocole de suivi adapté à ce type d'environnement.

Au regard des premiers résultats et en concertation avec les partenaires du projet, certains sites pourront être ajoutés ou supprimés. Tout du moins, le protocole de suivi pourra être adapté au cas par cas selon les spécificités et les enjeux rencontrés (suivi allégé, suivi intermédiaire, suivi renforcé).

Par ailleurs, il s'agira de mieux prendre en compte dans les interprétations le forçage de la houle à partir des données d'observation et/ou les ré-analyses de modèles actuellement disponibles.

Enfin, des modalités spécifiques pourront être étudiées afin d'élargir le périmètre d'intervention du réseau sous la forme d'expertises ponctuelles par exemple. Plus généralement, il s'agira de mener une réflexion sur les missions et les actions du réseau dans une perspective de collaboration opérationnelle et durable avec l'ensemble des acteurs de l'aménagement et la gestion du littoral guadeloupéen.

8. Bibliographie

- AAMP.** (2013). Analyse régionale Guadeloupe. Synthèse des connaissances, 268 p.
- Barras, A-V.** (2008). Inventaire des impacts de la houle cyclonique OMAR (16 Octobre 2008) sur la côte caraïbe de la Martinique. Rapport BRGM/RP-56803-FR, 25p.
- Chauvet, M., Bodéré, G., Montpelat, J.M., Oliveros, C. et Bozorgan, A.** (2007). Caractérisation des impacts de la houle cyclonique sur le littoral de Guadeloupe au passage de Dean. Rapport BRGM/RP-55911-FR.
- Chauvet, M.** (2008). Caractérisation des impacts de la houle liée à l'ouragan « Omar » sur la Côte sous le Vent de la Guadeloupe (Octobre 2008). Rapport BRGM-RP-56869-FR.
- Church, J. A. et White N.J.** (2011), "Sea-level rise from the late 19th to the early 21st Century", *Surveys in Geophysics*, 32(4-5).
- Huc J-L et Etna M.** (2015) Eclats de temps, Anthologie des événements climatiques extrêmes de la Guadeloupe, 456p.
- Guillen L., Pallardy M., Legendre Y., De La Torre Y. et Loireau C.** (2017) – Morphodynamique du littoral Guadeloupéen. Phase 1 : Définition et mise en place d'un réseau d'observation et de suivi du trait de côte. Evaluation historique du trait de côte Guadeloupéen. Rapport Final. BRGM/RP-66653-FR, 107 p.
- Graviou P., Bès De Berc S., Bourdon E. (2011)** – Guide des curiosités géologiques de Guadeloupe. BRGM édition.
- Le Cozannet et al.** in prep - Using possible sea level scenarios to assess future nuisance flooding in Guadeloupe.
- Legendre Y. et Guillen L.** (2017) – Caractérisation des impacts liés à la houle sur le littoral guadeloupéen au passage de l'ouragan Maria. Rapport final. BRGM/RP-67519-FR, 187 p.
- Mallet C., Michot A., avec la collaboration de De La Torre Y., Lafon V., Robin M. et Prevotaux B.** (2012). Synthèse de référence des techniques de suivi du trait côte. Rapport BRGM/RP-60616-FR, 162 p., 100 fig., 7ann.
- Météo France** (2017) Bilan météorologique Ouragan IRMA – Direction Interrégionale Antilles-Guyane. 13 p.
- Météo France** (2016) Bulletin Climatique Annuel de Guadeloupe
- Meteo France** (2009), Histoire des cyclones de la Guadeloupe, http://www.meteo.fr/temps/domtom/antilles/public/cyclone/tout_cyclone/guadeloupe.htm,
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2012)** – Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, vers la relocalisation des activités et des biens. 20 p.

Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer (2017a) - Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, programme d'action 2017-2019. 21 p.

Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer (2017b) – Développer la connaissance et l'observation du trait de côte, contribution nationale pour une gestion intégrée. 27 p.

Pedrerros R. et Lecacheux S. (2008). Caractérisation des impacts de la houle sur le littoral de la Guadeloupe au passage de l'ouragan Dean - Phase III : modélisation numérique de la houle. BRGM/RP-56174-FR.

Pujos M., Gonzalez J.L. et Pons J.C. (1992). Circulation des eaux sur les plateaux insulaires de Martinique et de Guadeloupe. Symposium PICG 274/ORSTOM, Cayenne (GUF), 1990/11/09-04.

Roques C., Bengoubou-Valerius M. et Le Cozanet G. (2010). Evolution et dynamique du trait de côte de l'archipel guadeloupéen - Etude de 1956 à 2004. Rapport BRGM/RP-58750-FR. 93 p.

Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (2017). Références Altimétriques Maritimes, Ports de France métropolitaine et d'outre-mer. 120 p.

Thieler E.R., Himmelstoss E.A., Zichichi J.L. et Ergul, Ayhan (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278. *current version 4.3



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction Régionale Guadeloupe

Parc d'activités de Colin
La Lézarde

97170 – Petit-Bourg –Guadeloupe (FWI)

Tél. : 05 90 41 35 48