

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : Martinique, Observatoire, risques côtiers, littoral, trait de côte, tempête tropicale, Bret

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

Bouvier C. et Geba E. 2023. Saison cyclonique 2023 – impact de la tempête tropicale BRET du 22 juin sur les plages du littoral martiniquais. Rapport final V1. BRGM/RP-73011-FR, 60 p.

© BRGM, 2023, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-09/03/2023

Synthèse

Le 19 juin 2023, la cinquième dépression tropicale de la saison cyclonique prend forme dans l’océan Atlantique au large des côtes africaines et devient rapidement une tempête tropicale forte nommée BRET dont le centre traversera l’arc des Petites Antilles au niveau de Saint-Vincent dans la nuit du 22 au 23 juin. Tout au long de son parcours, la tempête tropicale BRET génère de fortes vagues qui se propagent vers le littoral de la Martinique avec un fort potentiel érosif. Les vagues les plus importantes sont mesurées dans le canal de Sainte-Lucie et atteignent une hauteur significative autour de 6 m au pic de l’évènement dans la soirée du 22 juin.

Dans le cadre du suivi réalisé par l’Observatoire de la dynamique du littoral Martiniquais (www.observatoire-olimar.fr), un diagnostic post-tempête a été réalisé sur certaines plages sableuses du littoral de la Martinique. Des observations et des mesures ont été collectées avant et après le passage de BRET sur plusieurs secteurs afin de mieux qualifier la réponse morphologique de ces plages à ce type d’évènement extrême. L’opération a été conduite par le BRGM entre le 20 juin et le 4 juillet et comprend des levés topographiques sur neuf plages de Martinique. Afin de compléter ces observations, des images capturées par un dispositif de suivi par imagerie photo ont également été analysées sur plusieurs cellules sédimentaires. Une échelle de classification des impacts est également formulée, basée sur l’évolution de différents indicateurs morphologiques et permet de dresser un bilan des évolutions associés au passage de BRET.

Les plages situées sur la façade Atlantique (plage du bourg du Lorrain, anse Charpentier ou la plage du bourg de Sainte-Marie), montrent des évolutions significatives, généralement caractérisées par un recul de la position de la berme sur une dizaine de mètre, entraînant un recul de la position du trait de côte sur une distance supérieure à 5 m. Sur ces cellules sédimentaires, la diminution du stock de sable disponible sur la partie émergée de la plage rend certaines portions du littoral plus vulnérable aux prochains épisodes cycloniques qui pourraient avoir lieu au cours de la saison. Sur les façades Sud-Atlantique (Petite anse Macabou au Vauclin) et Sud-Caraïbe (plage de Dizac au Diamant), les évolutions mesurées sont également bien marquées et se traduisent parfois localement par un affaissement généralisé du profil de plage qui provoque un recul de la position du trait de côte sur plus de 3 m. Sur l’ensemble de ces cellules sédimentaires, l’impact morphologique de BRET a été évalué comme étant fort.

Certains secteurs montrent des évolutions moins marquées, essentiellement concentrées sur le bas de plage. Ainsi, les impacts enregistrés restent modérés sur les sites de l’anse l’Etang (La Trinité), anse Baleine (Le Marin), la grande anse des Salines (Sainte-Anne), les plages de Sainte-Luce ou encore la plage du Carbet avec un recul de la position du trait de côte inférieur à 3 m en moyenne. La baie du Marigot et la plage de la Pointe Faula (Le Vauclin) ne montrent pas d’évolutions significatives liées au passage de la tempête tropicale. Sur l’ensemble de ces cellules sédimentaires, l’impact morphologique de BRET a été évalué comme étant modéré.

Les mesures réalisées montrent que la réponse morphologique des plages sableuses du littoral martiniquais face à un évènement extrême est très contrastée et reste spécifique sur chacune des cellules sédimentaires. Les informations collectées pendant la tempête tropicale BRET constituent un nouveau maillon essentiel pour améliorer la compréhension et la quantification des phénomènes de reculs évènementiels majeurs du trait de côte en Martinique.

Sommaire

1. Cadre et objectif de l'étude	10
2. Caractérisation du phénomène cyclonique	11
2.1. Chronologie	11
2.2. Conditions météorologiques en Martinique	12
2.3. Houle cyclonique	13
2.4. Niveaux d'eau et surcote associée à l'évènement	15
3. Méthodologie	17
3.1. Introduction	17
3.2. Observations et mesures topographiques	17
3.3. Suivi par imagerie photo	19
3.4. Indicateur d'impact érosif	20
4. Résultats	22
4.1. Observations issues des levés topographiques	22
4.1.1. <i>Façade Nord-Atlantique</i>	22
4.1.2. <i>Façade Sud-Atlantique</i>	28
4.1.3. <i>Façade Sud-Caraïbe</i>	32
4.1.4. <i>Bilan des observations</i>	39
4.2. Observations issues du Suivi par imagerie photo	41
4.2.1. <i>Façade Caraïbe</i>	41
4.2.2. <i>Façade Nord-Atlantique</i>	42
4.2.3. <i>Façade Sud-Atlantique</i>	45
4.2.4. <i>Bilan des observations</i>	45
5. Conclusion	49
6. Références	50

Liste des figures

Figure 1 : (a-b) trajectoire IBTrACS (International Best Track Archive for Climate Stewardship) de la tempête tropicale BRET (https://www.ncei.noaa.gov/products/international-best-track-archive). (c) Image satellite de l'évènement capturé le 22 juin 2023 (source : Nasa/GSFC/EOSDIS/Terra MODIS, NHC).....	11
Figure 2 : localisation des différentes stations permettant de mesurer les conditions météorologiques (Sm), les caractéristiques de vagues (Sw, houlographe) et les hauteurs de niveaux d'eau (St, marégraphe). La bouée houlographe Sw3 est située dans le canal de Sainte-Lucie à environ 15 km au large.	12
Figure 3 : évolution temporelle (heure locale) de la pression atmosphérique (P, en hPa) des vitesses moyennes (U10, en m/s) et de la direction du vent (Theta, en °) mesurée sur les stations du Lamentin et de la Trinité (http://donneespubliques.meteofrance.fr/).	13
Figure 4 : cartographie des hauteurs significatives (Hs) et direction (vecteurs) des vagues sur la Martinique entre le 21 juin à 23h et le 23 juin à 11h (heure locale). Les données illustrées proviennent des prévisions de vagues issues du modèle WAVEWATCH-III pour la zone Antilles (WW3-ANTILLES-UG). Plus d'informations sur https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues	14
Figure 5 : Hauteur significatives (Hs), maximales (Hmax), périodes (Tp) et directions pics (Dp) des vagues mesurées aux bouées houlographes de Sainte-Lucie (en noir), Basse Pointe (en bleu) et Fort-de-France (en couleur cyan).....	15
Figure 6 : (en haut) évolution temporelle des niveaux d'eau aux stations marégraphiques de Fort-de-France (courbe noire), au Robert (courbe grise) et prédiction de la marée (TPXO, courbe en pointillée). (En bas) surcote calculée aux deux stations (différence entre la hauteur d'eau mesurée et la hauteur d'eau prédite par le modèle).	16
Figure 7 : (à gauche) localisation des profils de référence définis par l'observatoire Olimar sur la plage de Dizac au Diamant. (A droite) réalisation des mesures topographiques sur le profil SC3.P4 le 28 juin 2023 quelques jours après le passage de la tempête tropicale.	17
Figure 8 : localisation des mesures topographiques réalisées avant et après le passage de la tempête tropicale BRET.	18
Figure 9 : localisation (WGS84) des sites équipés d'un dispositif ©Solarcam et qui ont fait l'objet d'une analyse complémentaire suite au passage de la tempête tropicale BRET.	20
Figure 10 : échelle d'impact adaptée aux plages sableuses du littoral martiniquais et construite sur la base des travaux de Leaman et al. (2021).....	21
Figure 11 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur la plage du bourg au Lorrain. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).	22
Figure 12 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (NA7.P1 et NA7.P2) de la plage du Lorrain en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).	23
Figure 13 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage du bourg au Lorrain suite au passage de la tempête tropicale Bret en juin 2023.....	23
Figure 14 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur l'anse Charpentier. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).	24
Figure 15 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (NA5.P1, NA5.P2 et NA5.P3) de l'anse Charpentier en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes	

pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).	25
Figure 16 : schéma conceptuel des impacts observés sur l'anse Charpentier suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.	26
Figure 17 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur la plage de Sainte-Marie. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).....	27
Figure 18 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (NA6.P1, NA6.P2 et NA6.P3) de la plage du bourg à Sainte-Marie en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).	27
Figure 19 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage du bourg de Sainte-Marie suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.	28
Figure 20 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur le site de la Pointe Faula au Vauclin. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).....	29
Figure 21 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SA5.P1, SA5.P2 et SA5.P3) de la Pointe Faula en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).	29
Figure 22 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage de la Pointe Faula suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.	30
Figure 23 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur l'anse Baleine au Marin. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).	31
Figure 24 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SA3.P1 et SA3.P2) à l'anse Baleine en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique)...	31
Figure 25 : schéma conceptuel des impacts observés sur l'anse Baleine suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.	32
Figure 26 : localisation des profils de référence sur la plage de la Grande anse des Salines. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).....	33
Figure 27 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SC1.P1, SC1.P2, SC1.P3 et SC1.P4) de la Grande anse des Salines en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).	33
Figure 28 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage des Salines suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.....	34
Figure 29 : localisation des profils de référence mesurés sur Sainte-Luce à la plage du bourg (SC5.P1 et SC5.P2) et à anse Désert (SC5.P3 et SC5.P4). Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).	35
Figure 30 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SC5.P1 et SC5.P2) de la plage du bourg à Sainte-Luce en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).	36
Figure 31 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SC5.P3 et SC5.P4) de l'anse Désert en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique)...	36

Figure 32 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage du bourg (à gauche) et anse Désert (à droite) suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.	36
Figure 33 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur la plage de Dizac. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).	37
Figure 34: évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SC3.P3, SC3.P4 et SC3.P5) de la plage de Dizac en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).	38
Figure 35 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage de Dizac suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.	38
Figure 36 : cartographie synthétique des sites suivis et des impacts morphologiques observés suite au passage de la tempête tropicale BRET du 22 juin 2023. L'échelle d'impact associée est décrite Figure 10.	40
Figure 37 : Evolution de la position du trait de côte avant (21/06) et après (24/06) BRET sur la plage du Carbet. Les panneaux inférieurs décrivent l'évolution temporelle de la hauteur significative des vagues (Hs) pendant l'évènement et les changements observés sur la largeur de plage en fonction du secteur (la distance augmente du Sud vers le Nord).	41
Figure 38 : Evolution de la position du trait de côte avant (21/06) et après (23/06) BRET sur l'anse Charpentier. Les panneaux inférieurs décrivent l'évolution temporelle de la hauteur significative des vagues (Hs) pendant l'évènement et les changements observés sur la largeur de plage en fonction du secteur (la distance augmente du Nord vers le Sud).	43
Figure 39 : Evolution de la position du trait de côte avant (21/06/2023) et après (24/06/2023) le passage de la tempête tropicale BRET sur la plage du bourg de Sainte-Marie. Les panneaux inférieurs décrivent l'évolution temporelle de la hauteur significative des vagues (Hs) pendant l'évènement et l'évolution de la largeur de plage résultante en fonction du secteur (la distance augmente du Nord vers le Sud).	44
Figure 40 : (en haut) évolution temporelle de la hauteur significative des vagues mesurée à la bouée basse Pointe entre le 16 et le 30 juin 2023. (a1-a3) séquence illustrant la situation « avant l'évènement » sur la plage du Coin au Carbet (a1), la baie du Marigot (a2) et l'anse Charpentier à Sainte-Marie (a3). Les situations « pendant l'évènement » et « après l'évènement » sont illustrées par les figures b1-b3 et c1-c3 respectivement.	46
Figure 41 : (en haut) évolution temporelle de la hauteur significative des vagues mesurée à la bouée basse Pointe entre le 16 et le 30 juin 2023. (a1-a3) séquence illustrant la situation « avant l'évènement » sur la plage du bourg de Sainte-Marie (a1), anse l'Etang à Trinité (a2) et Petite anse Macabou au Vauclin (a3). Les situations « pendant l'évènement » et « après l'évènement » sont illustrées par les figures b1-b3 et c1-c3 respectivement.	47
Figure 42 : cartographie synthétique des sites suivis par imagerie photo et des impacts morphologiques observés suite au passage de la tempête tropicale BRET du 22 juin 2023. L'échelle d'impact associée est décrite Figure 10.	48
Figure 43 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 20 juin 2023 sur le secteur nord (en haut), sud (en milieu) et central (en bas) de la plage du bourg au Lorrain. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 27 juin 2023 (copyright BRGM).	51
Figure 44 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 20 juin 2023 sur le secteur nord (en haut) et sud (en bas) de l'anse Charpentier. (A droite) Photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 27 juin 2023 (copyright BRGM).	52

Figure 45 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 20 juin 2023 sur le secteur sud de la plage du bourg de Sainte Marie. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 27 juin 2023 (copyright BRGM). 52

Figure 46 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 21 juin 2023 sur le secteur nord-ouest (en haut) et sud (en bas) de la Pointe Faula. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale le 06 juillet 2023 (copyright BRGM). 53

Figure 47 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 21 juin 2023 sur le secteur nord (en haut), central (au milieu) et sud (en bas) de l’Anse Baleine. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale le 30 juin 2023 (copyright BRGM). 54

Figure 48 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 21 juin 2023 sur le secteur sud-ouest (en haut), central (au milieu) et nord-est (en bas) de la Grande anse des Salines. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale Bret le 04 juillet 2023 (copyright BRGM). 55

Figure 49 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 22 juin 2023 sur le secteur central (en haut) et est (deuxième panneau en partant du haut)) de la plage du bourg de Sainte Luce ou sur le secteur est (troisième panneau en partant du haut) et central (dernier panneau en partant du haut) de l’Anse Désert. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 26 juin 2023 (copyright BRGM). 56

Figure 50 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 22 juin 2023 sur le secteur central (en haut et au milieu) et est (en bas) de la plage de Dizac au Diamant. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 28 juin 2023 (copyright BRGM). 57

Figure 51: Communiqué de presse de la préfecture de la Martinique du 22 juin. 58

Liste des annexes

Annexe 1 : Catalogue photo (façade Nord-Atlantique) 51

Annexe 2 : Catalogue photo (façade Sud-Atlantique). 53

Annexe 3 : Catalogue photo (façade Sud-Caraïbe) 55

Annexe 4 : Communiqué de presse 58

1. Cadre et objectif de l'étude

Le 19 juin 2023, une dépression tropicale se renforce dans l'océan Atlantique à plus de 3 000 km au large des petites Antilles (8°N, 340°O) et devient une tempête tropicale baptisée BRET (<https://www.nhc.noaa.gov/>). La présence d'un large anticyclone sur le centre de l'océan Atlantique force le système à maintenir son déplacement vers l'ouest au cours des jours suivants. Dans la nuit du 21 juin, BRET devient une tempête tropicale forte et poursuit son déplacement vers l'ouest en direction de l'arc des Petites Antilles. Situé à une centaine de kilomètres au sud de la Martinique, le centre du système traverse Saint-Vincent dans la nuit du 22 au 23 juin. Tout au long de son parcours, la tempête tropicale BRET génère de fortes vagues qui se propagent vers le littoral de la Martinique avec un fort potentiel érosif.

Dans le cadre du suivi réalisé par l'Observatoire de la dynamique du littoral Martiniquais (Olimar, www.observatoire-olimar.fr, convention de partenariat entre la Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement et le BRGM), un diagnostic post-événement a été réalisé sur les plages sableuses de la Martinique suite au passage de la tempête tropicale BRET. Des observations et des mesures avant et après l'évènement ont ainsi été conduites sur certaines plages de manière à apprécier précisément la dynamique événementielle de ces environnements suite à un phénomène cyclonique de forte intensité.

L'opération a été menée par le BRGM entre le 20 juin et le 4 juillet 2023 et comprend des observations et des mesures topographiques sur neuf plages sableuses de Martinique, dont cinq font l'objet de suivis réguliers par l'observatoire Olimar. Afin de compléter ces observations sur un plus grand nombre de sites, les données collectées par un dispositif de suivi par imagerie photo ont également été utilisées sur plusieurs cellules sédimentaires.

Les travaux présentés dans ce rapport ont pour objectifs de :

- décrire et analyser l'ensemble des données météorologiques, hydrodynamiques et morphologiques collectées ou relatives à la tempête tropicale BRET sur la Martinique ;
- établir un bilan des impacts morphologiques générés par la houle.

Dans la continuité des études déjà menées par le passé pour différents épisodes cycloniques ou de fortes houles (e.g. rapport BRGM/RP-67298, 2017, cyclone MARIA ; rapport BRGM/RP-55954-FR, 2008, cyclone DEAN), les observations collectées quelques jours après le passage de la tempête tropicale BRET constituent un nouveau maillon essentiel pour améliorer la compréhension et la quantification des phénomènes de reculs événementiels majeurs du trait de côte en Martinique.

2. Caractérisation du phénomène cyclonique

2.1. CHRONOLOGIE

La cinquième dépression tropicale de l'année, prend naissance dans l'océan Atlantique au large des côtes africaines le 15 juin 2023 et se déplace vers l'ouest en direction de l'arc des Petites Antilles (Figure 1a). Le système se renforce progressivement et devient une tempête tropicale nommée BRET le 19 juin à environ 3 000 km de l'arc Antillais (<https://www.nhc.noaa.gov/>). A quelques centaines de kilomètres de la Martinique, le phénomène gagne encore en intensité (<https://meteofrance.mq/fr/cyclone>) et la Martinique est placée en vigilance rouge cyclone le jeudi 22 juin 2023 (Annexe 4). L'activité économique de l'île s'arrête et les acteurs économiques libèrent le maximum de leur personnel. Tous les transports en commun sont interrompus, les grands rassemblements sont annulés, les sorties en mer sont formellement interdites, les animaux doivent être rentrés et des mesures individuelles et collectives de comportement sont préconisées. Finalement, le centre du système traverse Saint-Vincent dans la nuit du 22 au 23 juin à une centaine de kilomètres au sud de la Martinique (Figure 1b, c).

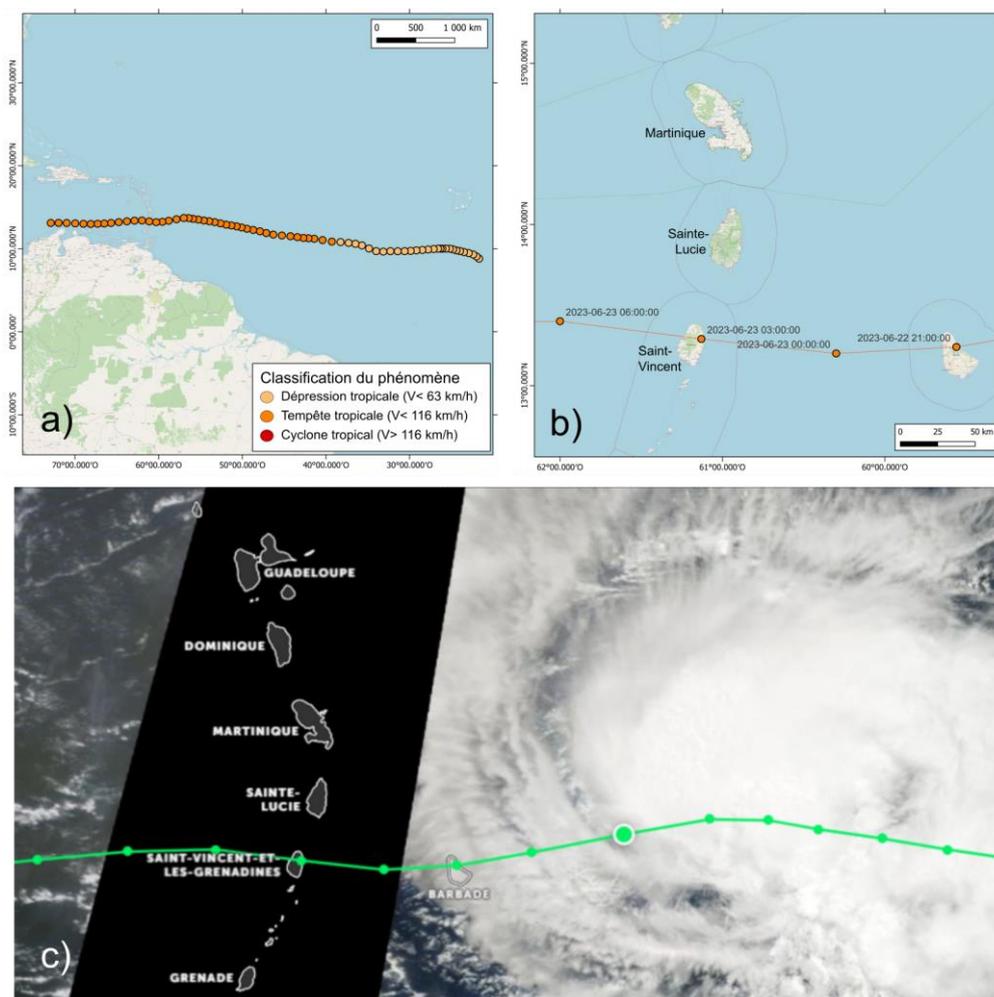


Figure 1 : (a-b) trajectoire IBTrACS (International Best Track Archive for Climate Stewardship) de la tempête tropicale BRET (<https://www.ncei.noaa.gov/products/international-best-track-archive>). (c) Image satellite de l'évènement capturé le 22 juin 2023 (source : Nasa/GSFC/EOSDIS/Terra MODIS, NHC).

2.2. CONDITIONS METEOROLOGIQUES EN MARTINIQUE

Plusieurs instruments de mesure sont installés de façon permanente sur le territoire (stations météorologiques, houlographes et marégraphes, Figure 2) et permettent de suivre la chronologie de la tempête tropicale et surtout de mieux évaluer son intensité en Martinique et les phénomènes hydrodynamiques qui résultent de son passage (e.g. houle, surcote). Parmi les différents paramètres évalués, les stations météorologiques du Lamentin et de la Trinité permettent de mesurer entre autre la pression atmosphérique, la vitesse et la direction du vent (Sm, Figure 2).

L'évolution de la pression atmosphérique mesurée aux stations de la Trinité et du Lamentin montre des variations très similaires tout au long de la période analysée du 18 juin au 28 juin (P, Figure 3). On observe des oscillations journalières (± 1 hPa) avec une augmentation de la pression en matinée (5h-11h) et en soirée (18h-23h) lorsque la température diminue. La pression baisse en général l'après-midi lorsque l'atmosphère se réchauffe. On observe également une légère baisse (~ 4 hPa) de la pression atmosphérique entre le 20 et le 23 juin sur les deux stations de mesures (Figure 3), reliée au passage de la tempête tropicale BRET. La pression atmosphérique atteint une valeur minimale le 22 juin à 17 h avec 1012 hPa. La pression retrouve des valeurs légèrement plus élevées dès le lendemain alors que la tempête tropicale poursuit son déplacement vers l'ouest.

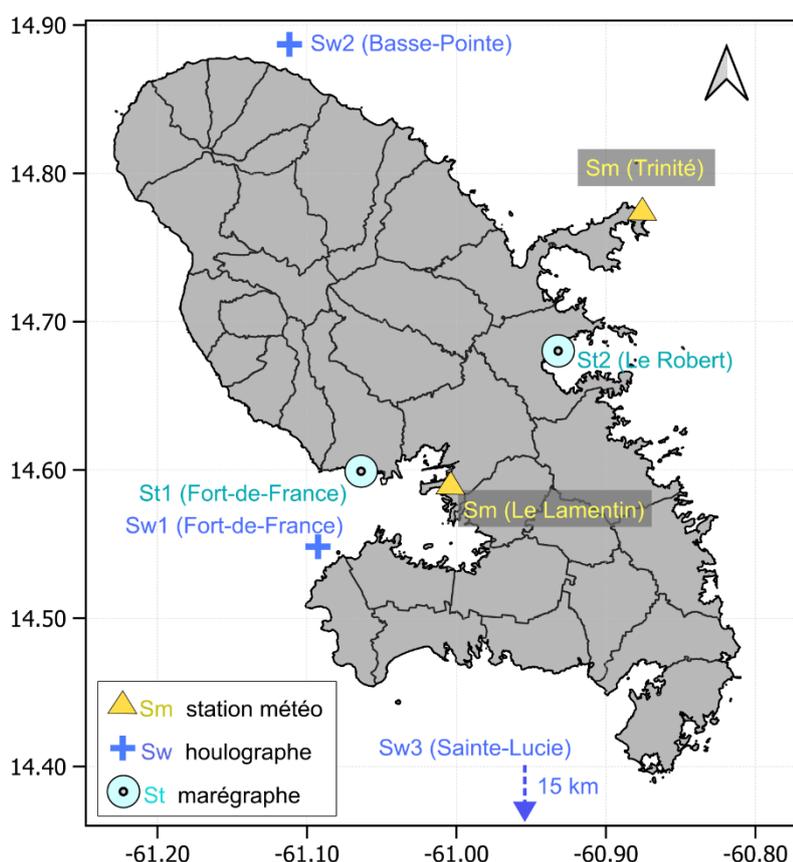


Figure 2 : localisation des différentes stations permettant de mesurer les conditions météorologiques (Sm), les caractéristiques de vagues (Sw, houlographe) et les hauteurs de niveaux d'eau (St, marégraphe). La bouée houlographe Sw3 est située dans le canal de Sainte-Lucie à environ 15 km au large.

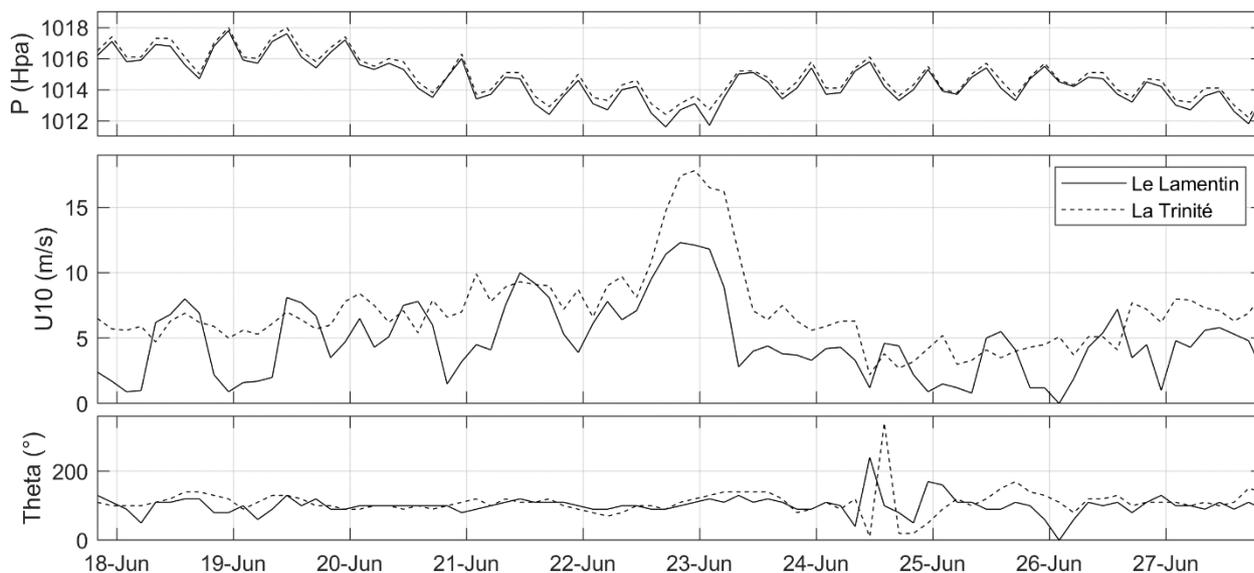


Figure 3 : évolution temporelle (heure locale) de la pression atmosphérique (P , en hPa) des vitesses moyennes (U_{10} , en m/s) et de la direction du vent (Θ , en °) mesurée sur les stations du Lamentin et de la Trinité (<http://donneespubliques.meteofrance.fr/>).

Au cours de l'évènement, les vitesses moyennes de vent enregistrées (U_{10} , Figure 3) atteignent des valeurs maximales de 12 m/s (~ 43 km/h) et 18 m/s (~ 65 km/h) aux stations du Lamentin et de la Trinité respectivement. Les vents sont globalement plus forts sur le secteur sud de l'île en raison de la proximité du centre du phénomène cyclonique situé quelques dizaines de kilomètres plus au sud. A titre d'indication, les vents soufflant sur le sud de la Martinique au pic de l'évènement sont ceux d'une tempête tropicale modérée (système dépressionnaire tropical au sein duquel les vents maximums de surface moyennés sur 10 minutes sont compris entre 63 à 87 km/h). Les rafales de vent enregistrées sur le Lamentin restent relativement faibles avec des valeurs maximales de 22 m/s (80 km/h) dans la nuit du 22 au 23 juin. Les rafales de vent n'ont pas été enregistrées par la station située sur la Trinité. Les vents proviennent d'un secteur est à est sud-est pendant toute la durée de l'évènement (Θ , Figure 3).

2.3. HOULE CYCLONIQUE

Il existe autour de la Martinique trois houlographes du réseau Candhis (Centre d'Archivage National de Données de Houle In-Situ : <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>). Une bouée houlographe est mouillée au large de la Baie de Fort de France par 55 m de fond (Sw1, Figure 2). La seconde est positionnée au nord de la Martinique dans le secteur de Basse Pointe par 51 m de fond (Sw2, Figure 2) tandis que la troisième se situe dans le canal de Sainte Lucie à environ 15 km au sud de la Martinique par 86 m de fond (Sw3, Figure 2). Pour chacune de ces bouées, les caractéristiques des vagues sont mesurées en temps réel toutes les 30 mn. Afin d'offrir un diagnostic plus complet de l'état de la mer pendant le passage de BRET, les données issues du modèle de prévision océanographiques côtières (plateformes MARC-LOPS, <https://marc.ifremer.fr/>) ont également été utilisées (WAVEWATCH-III pour la zone Antilles, WW3-ANTILLES-UG).

Les simulations réalisées montrent une augmentation rapide de la hauteur significative des vagues dans la journée du 22 juin (Figure 4). Les hauteurs significatives de vagues atteignent des valeurs maximales le 22 juin à 23 h (heure locale) avec des valeurs qui dépassent 6 m au large de la façade sud Atlantique. Au pic de l'évènement, sur l'ensemble de la façade atlantique, la houle provient d'un secteur est et se propage du large vers la côte en voyant parfois selon les

secteurs une partie de son énergie se dissiper par déferlement bathymétrique à la rencontre de récifs. Ainsi sur la façade Sud-Atlantique (entre Trinité et Sainte-Anne) l'énergie des vagues est largement atténuée par la présence de ces hauts fonds (Figure 4). Au contraire, sur la façade Nord-Atlantique les récifs sont inexistantes et les vagues se propagent vers la côte avec une énergie importante, en particulier sur les communes du Marigot ou du Lorrain. La façade sud Caraïbe voit les vagues réfracter autour de la pointe Sud de l'île, dans le secteur des Salines (Sainte-Anne) où la houle parvient à atteindre la côte avec une énergie qui reste importante en particulier dans le secteur du Diamant ($H_s > 2$ m au pic de l'évènement, Figure 4). La façade Caraïbe reste moins concernée par cet épisode de forte houle. Les vagues générées par la tempête tropicale parviendront à atteindre la côte sous le vent le lendemain du pic de l'évènement avec une direction sud et des hauteurs significatives qui restent relativement faibles ($H_s < 1.5$ m, Figure 4).

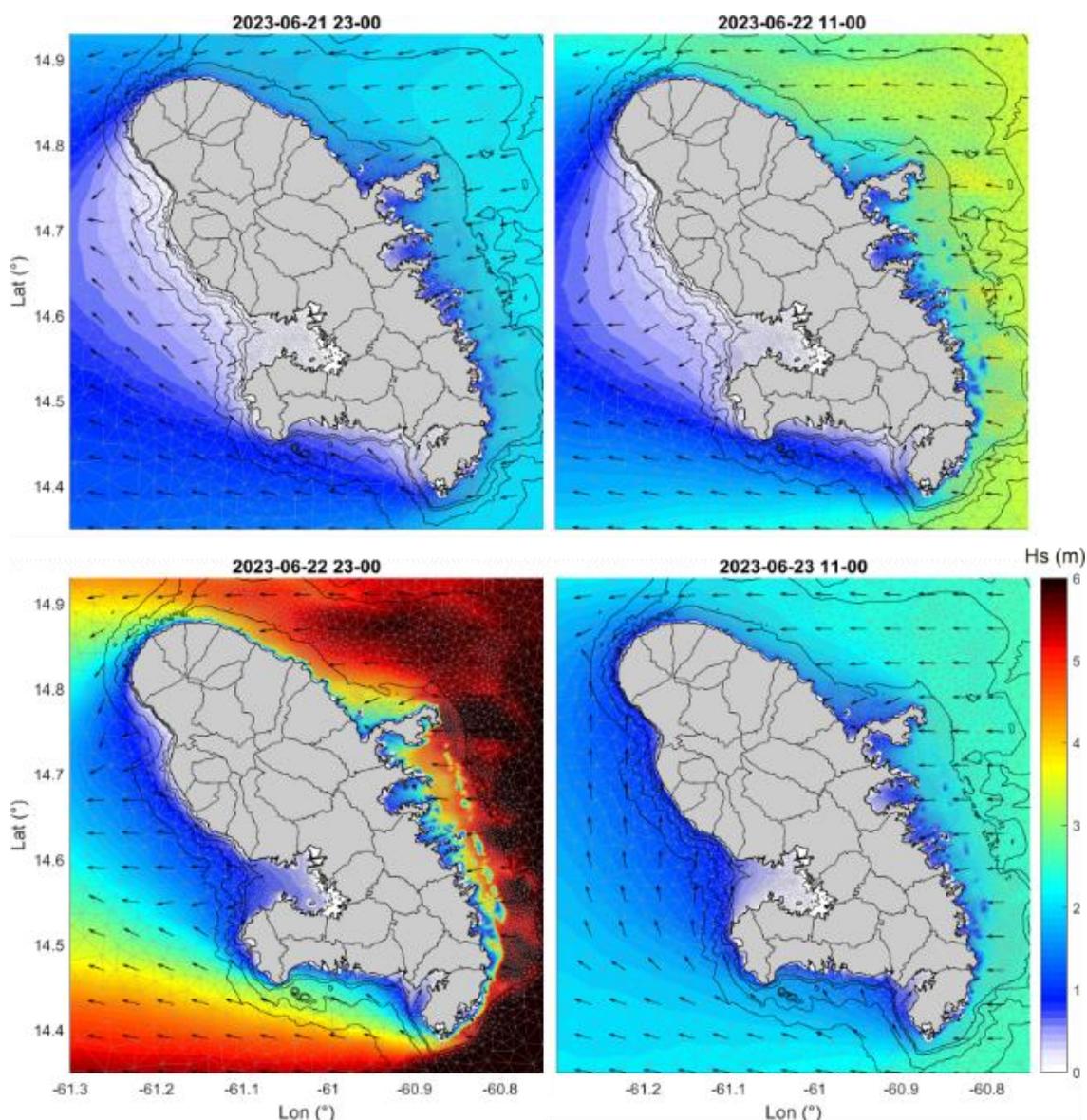


Figure 4 : cartographie des hauteurs significatives (H_s) et direction (vecteurs) des vagues sur la Martinique entre le 21 juin à 23h et le 23 juin à 11h (heure locale). Les données illustrées proviennent des prévisions de vagues issues du modèle WAVEWATCH-III pour la zone Antilles (WW3-ANTILLES-UG). Plus d'informations sur <https://marc.ifremer.fr/resultats/vagues>.

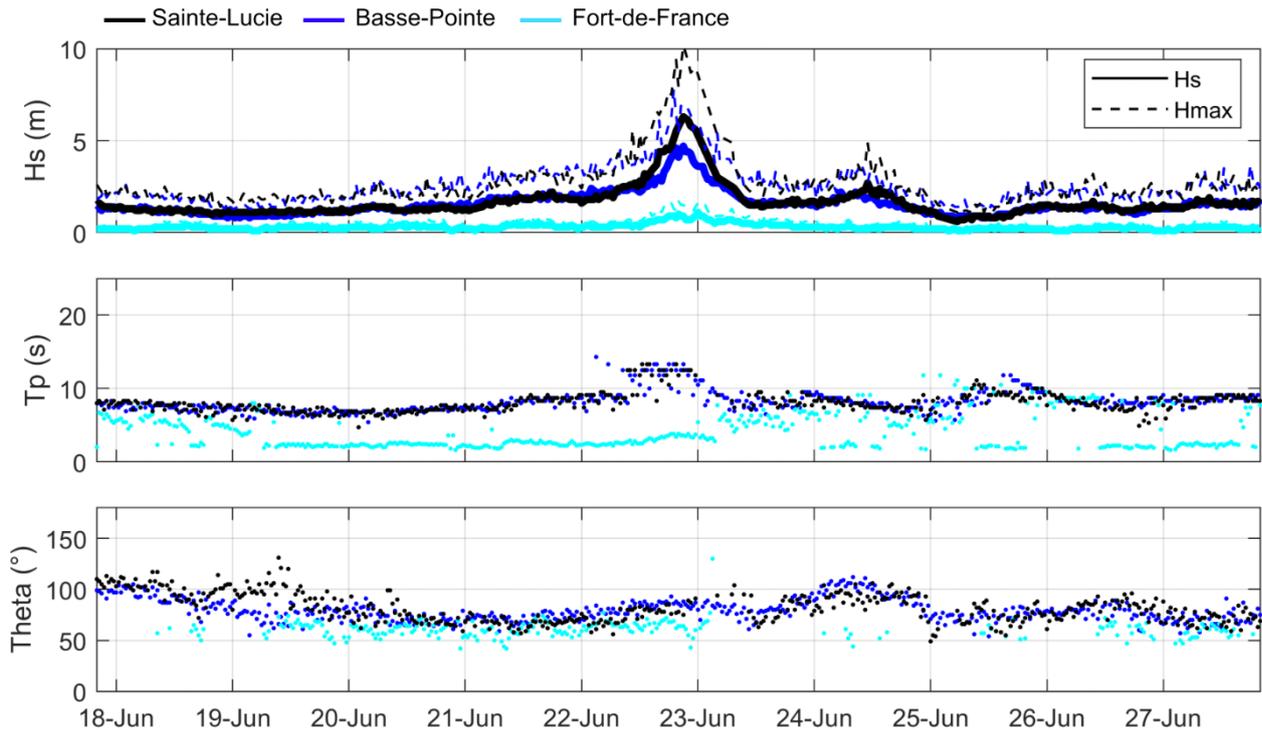


Figure 5 : Hauteurs significatives (H_s), maximales (H_{max}), périodes (T_p) et directions pics (D_p) des vagues mesurées aux bouées houlographes de Sainte-Lucie (en noir), Basse Pointe (en bleu) et Fort-de-France (en couleur cyan).

La variabilité spatiale des conditions de vagues est également visible sur les mesures réalisées aux trois bouées houlographes (Figure 5). Les hauteurs de vagues les plus importantes sont mesurées dans le canal de Sainte-Lucie (courbe noire, Figure 5) avec des vagues qui atteignent des hauteurs significatives (H_s , Figure 5) de 6.3 m et maximales (H_{max} , Figure 5) de 10.2 m. Le pic de hauteur de vagues est atteint dans la soirée du 22 juin à 23 h (heure locale). Sur la façade Nord-Atlantique, les vagues mesurées par la bouée de Basse Pointe (mouillée par 50 m de fond) atteignent des hauteurs significatives (maximales) de 4.7 m (7.8 m, respectivement). Au large de la baie de Fort-de-France, les hauteurs de vagues enregistrées par la bouée sont nettement moins importantes ($H_s < 1.80$ m pendant toute la durée de l'évènement).

La période pic (T_p , Figure 5) mesurée atteint des valeurs autour de 12 s sur le secteur de Basse Pointe et dans le canal de Sainte-Lucie mais reste nettement moins importante dans la baie de Fort-de-France où les vagues sont générées plus localement par le vent qui soufflent à la surface de l'eau ($T_p < 5$ s au pic de l'évènement).

En provenance d'un secteur est, la direction des vagues reste relativement homogène sur les trois bouées. On observe une composante légèrement plus au nord à la bouée de Fort-de-France issu de la mer de vent.

2.4. NIVEAUX D'EAU ET SURCOTE ASSOCIEE A L'EVENEMENT

Les mesures de niveau d'eau disponibles sont collectées par les marégraphes de Fort de France (St1, Figure 2) et du Robert (St2, Figure 2) issus du réseau de référence REFMAR (<http://refmar.shom.fr/fr/presentation/mission-objectifs>). La surcote associée à l'évènement a été évaluée aux deux stations en calculant la différence entre la hauteur d'eau observée et la hauteur d'eau prédite par le modèle global de marée TPXO9 (www.tpxo.net). La Figure 6 présente l'évolution temporelle des niveaux d'eau mesurés à Fort-de-France et au Robert (traits pleins) ou

calculés par le modèle de marée TPXO (traits discontinus). Les niveaux d'eau simulés à marée haute atteignent environ 0.3 m pendant la journée du 22 juin et correspondent à une marée d'amplitude moyenne (n_z , Figure 6). Des écarts de niveaux d'eau (dz , Figure 6) relativement faibles ($dz < 0.12$ m) sont visibles aux deux stations de mesure et montrent des oscillations journalières, probablement reliés aux variations de pression décrites section 2.2. On note toutefois une légère surcote au marégraphe du Robert (~ 15 cm) induite par le passage de BRET dans la nuit du 22 au 23 juin. Aucune surcote significative n'a pu être identifiée à Fort-de-France. La surcote identifiée sur le Robert est bien supérieure (facteur 4) à la surcote barométrique introduite par le passage de la dépression et résulte principalement de la « poussée » des vents sur la surface de la mer. Il est très probable que des valeurs de surcote plus importantes puissent avoir été observées localement sur d'autres secteurs, en particulier sur la façade Sud-Atlantique, à proximité du centre du phénomène cyclonique et de la zone de basse pression.

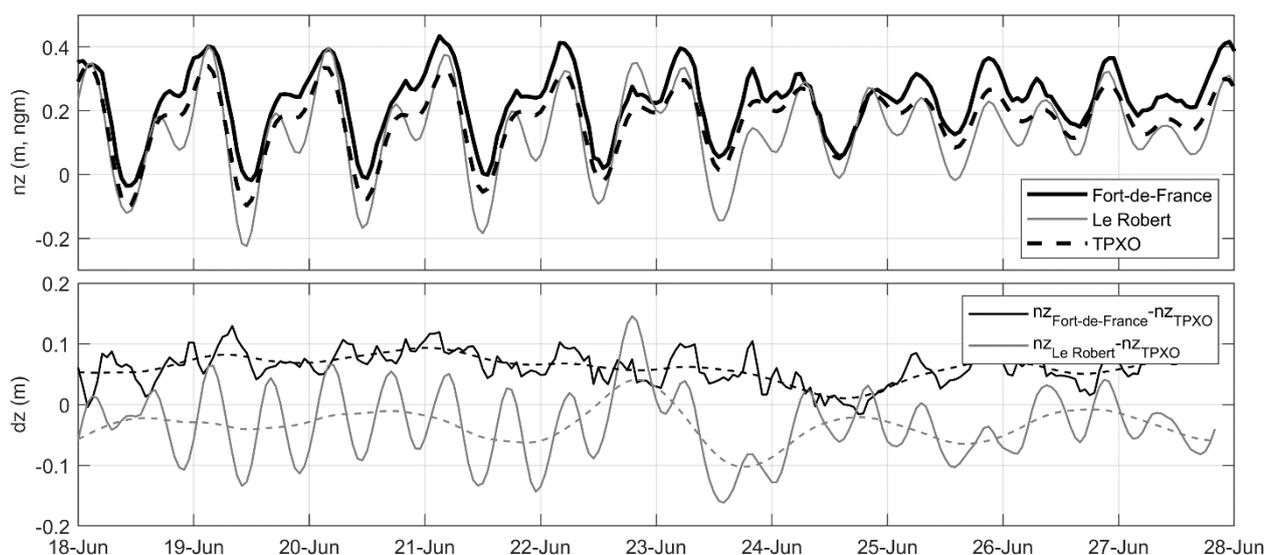


Figure 6 : (en haut) évolution temporelle des niveaux d'eau aux stations marégraphiques de Fort-de-France (courbe noire), au Robert (courbe grise) et prédiction de la marée (TPXO, courbe en pointillée). (En bas) surcote calculée aux deux stations (différence entre la hauteur d'eau mesurée et la hauteur d'eau prédite par le modèle).

3. Méthodologie

3.1. INTRODUCTION

Afin de caractériser les évolutions morphologiques associées au passage de la tempête tropicale BRET le 22 juin 2023, des observations ont été réalisées sur différents secteurs et comprennent la collecte d'informations qualitatives (photographies, témoignages), des mesures topographiques avant et après l'évènement et un suivi par imagerie photo. Une description plus détaillée des campagnes de terrain entreprises entre le 20 juin et le 4 juillet 2023 est proposée ci-dessous (section 3.2). La méthodologie employée relative au suivi par imagerie photo est exposée section 3.3 tandis que la section 3.4 présente les indicateurs utilisés pour caractériser simplement les évolutions morphologiques au cours de l'évènement.

3.2. OBSERVATIONS ET MESURES TOPOGRAPHIQUES

L'acquisition de données topographiques a été réalisée avant et après la tempête tropicale le long de profils de référence (définis par l'observatoire Olimar) orientés perpendiculairement à la côte (Figure 7). Ces levés GPS¹ (GNSS²) très précis sont réalisés à la canne en mesurant l'altitude d'un point à chaque inflexion de la pente, suivant des axes prédéfinis et invariables sur toutes les campagnes de mesure. Ainsi les points mesurés le long de ces profils permettent une comparaison du profil de plage avant et après le passage de la tempête tropicale. Les marges d'erreur sur ce type de données topographiques sont estimées à quelques centimètres en planimétrie et à 5 cm sur l'altitude (enfoncement moyen de la canne dans le sable pris en compte).

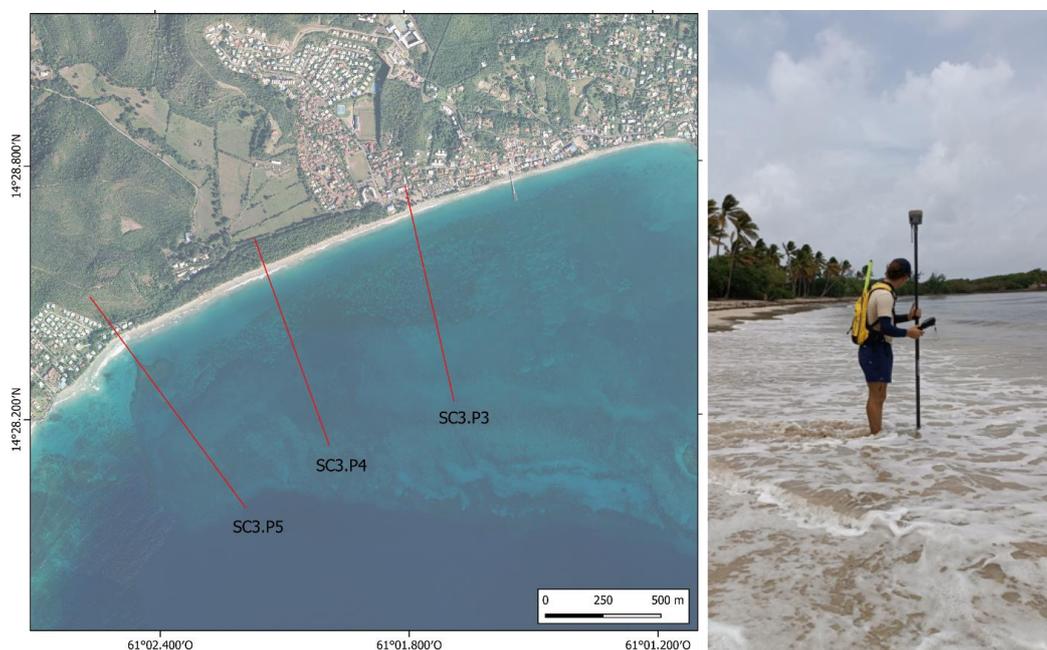


Figure 7 : (à gauche) localisation des profils de référence définis par l'observatoire Olimar sur la plage de Dizac au Diamant. (A droite) réalisation des mesures topographiques sur le profil SC3.P4 le 28 juin 2023 quelques jours après le passage de la tempête tropicale.

¹ GPS : Global Positioning System

² GNSS : Global Navigation Satellite System

Ce type de levé a été réalisé sur neuf cellules sédimentaires (Tableau 1), réparties sur la façade Nord-Atlantique, Sud-Atlantique et Sud-Caraïbe (Figure 8) et concernant principalement des plages déjà suivies par l’observatoire Olimar (www.observatoire-olimar.fr) ou des sites avec des enjeux situés à proximité. Les cellules sédimentaires de la façade Nord Caraïbe n’ont pas fait l’objet de suivi spécifique lié au passage de la tempête tropicale étant donné leurs faibles exposition à la houle générée par le phénomène (section 2.3).

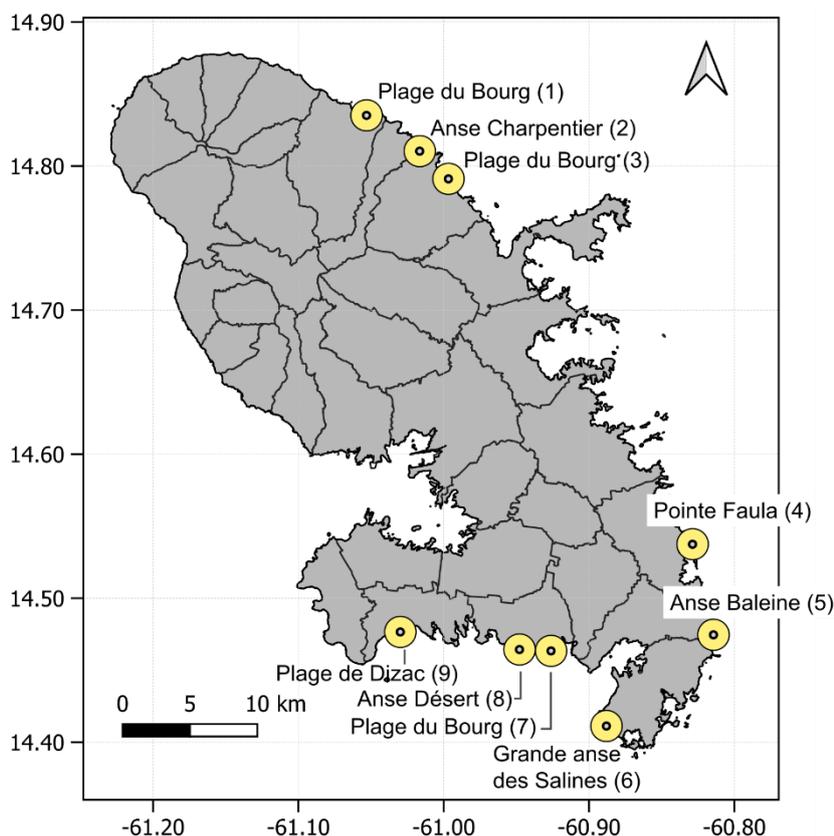


Figure 8 : localisation des mesures topographiques réalisées avant et après le passage de la tempête tropicale BRET.

Tableau 1 : localisation et caractéristiques des campagnes de mesures topographiques réalisées

FACADE	COMMUNE	SITE	TYPE DE PLAGE	DATE DU LEVE (AVANT BRET)	DATE DU LEVE (APRES BRET)	NOMBRE PROFILS	SITES OLIMAR
NORD - ATLANTIQUE	LE LORRAIN	Plage du bourg (1)	Plage de poche	20/06/2023	27/06/2023	2	X
	SAINTE-MARIE	Anse Charpentier (2)	Plage de poche	20/06/2023	27/06/2023	3	V
	SAINTE-MARIE	Plage du bourg (3)	Plage de poche	20/06/2023	27/06/2023	3	X
SUD - ATLANTIQUE	VAUCLIN	Pointe Faula (4)	Plage de poche	21/06/2023	06/07/2023	3	V
	LE MARIN	Anse Baleine (5)	Plage de poche	21/06/2023	30/06/2023	2	V
SUD - CARAIBE	SAINTE-ANNE	Grande anse des Salines (6)	Plage de poche	21/06/2023	04/06/2023	4	V
	SAINTE-LUCE	Plage du bourg (7)	Plage de poche	22/06/2023	26/06/2023	2	X
	SAINTE-LUCE	Anse Désert (8)	Plage de poche	22/06/2023	26/06/2023	2	X
	Le DIAMANT	Plage de Dizac (9)	Plage de poche	22/06/2023	28/06/2023	3	V

Afin de permettre une évaluation de la mobilité de l'interface terre-mer suite au passage de la tempête tropicale, la position du trait de côte a été calculée en considérant l'intersection entre le profil de plage issu des mesures topographiques et la limite marine atteinte pour une hauteur d'eau proche du niveau moyen³ (soit 0.169 m, ngm).

Un catalogue de photos a été établi pour chaque site étudié avant et après le passage de la tempête tropical BRET. Ce catalogue est présenté en Annexe 1, Annexe 2 et Annexe 3.

3.3. SUIVI PAR IMAGERIE PHOTO

Les mesures topo-bathymétriques traditionnelles ne permettent pas de capturer toute la complexité de la dynamique sédimentaire, principalement pour des raisons de temporalité, de coûts mais aussi à cause des difficultés pratiques rencontrées pour suivre l'évolution de la zone côtière, notamment pendant les tempêtes.

D'autres outils se sont développés avec les méthodes de photogrammétrie qui permettent de suivre à une fréquence élevée certaines caractéristiques morphologiques des plages à partir d'images capturées par un appareil photo (e.g. Bouvier et al., 2020, 2023; Harley et al., 2019). L'identification des paramètres morphologiques, ici la position du trait de côte (limite terrestre atteinte pour une hauteur d'eau proche du niveau moyen), n'est pas directe mais elle est estimée par des singularités visibles à la surface de l'eau, comme par exemple l'interface entre la terre et la mer. Un système de suivi par appareils photos fixes est parfaitement adapté à la thématique étudiée ici et constitue un outil essentiel de compréhension et de caractérisation des effets induits par le passage de la tempête tropicale BRET sur les plages sableuses.

Depuis 2017, plusieurs dispositifs de suivi par imagerie photo ont été mis en place sur différents secteurs par le BRGM pour étudier l'évolution des plages ou la dynamique des échouages de sargasses (e.g. rapport BRGM/RP-69651-FR, 2020; BRGM/RP-70659-FR, 2021). L'acquisition des images est réalisée à intervalles réguliers selon une fréquence déterminée par l'utilisateur. La fréquence des prises de vue est généralement fixée à 1 photo/heure avec une résolution entre 8 et 12 mégapixels pour une taille d'environ 1 100 ko par image. Une fois la caméra activée, les images sont transférées via la 3G ou 4G vers un serveur ftp (File Transfer Protocol). Elles sont ensuite archivées sur un serveur du BRGM.

Ainsi, des images ont été capturées pendant toute la durée de la tempête tropicale BRET sur la plage du Coin au Carbet (1), la baie du bourg du Marigot (2), anse Charpentier à Sainte-Marie (3), la plage au nord du bourg de Sainte-Marie (4), anse l'Etang à la Trinité (5) et Petite Anse Macabou au Vauclin (6). Les différentes installations (Figure 9) ont déjà été décrites dans plusieurs rapports du BRGM (rapport BRGM/RP-70659-FR, 2021; BRGM/RP-71396-FR, 2021; BRGM/RP-72256-FR, 2022) et ne seront donc pas décrits plus en détail dans ce rapport.

Sur les sites comme la plage du Coin au Carbet, l'anse Charpentier et la plage du bourg à Sainte-Marie, différents algorithmes ont été utilisés pour géoréférencer les images et détecter la position du trait de côte avant et après le passage de la tempête tropicale (rapport BRGM/RP-72256-FR, 2022) avec une erreur moyenne estimée entre ± 2 m et ± 3 m en fonction des précautions prises par l'opérateur (Bouvier et al., 2023).

³ Niveau moyen : différence entre la hauteur d'eau observée à un instant donné et la contribution astronomique de la marée calculée au même instant, moyennée sur une période. Le niveau moyen est situé à 0.169 m (ngm) à la station de Fort-de-France (SHOM, 2020).

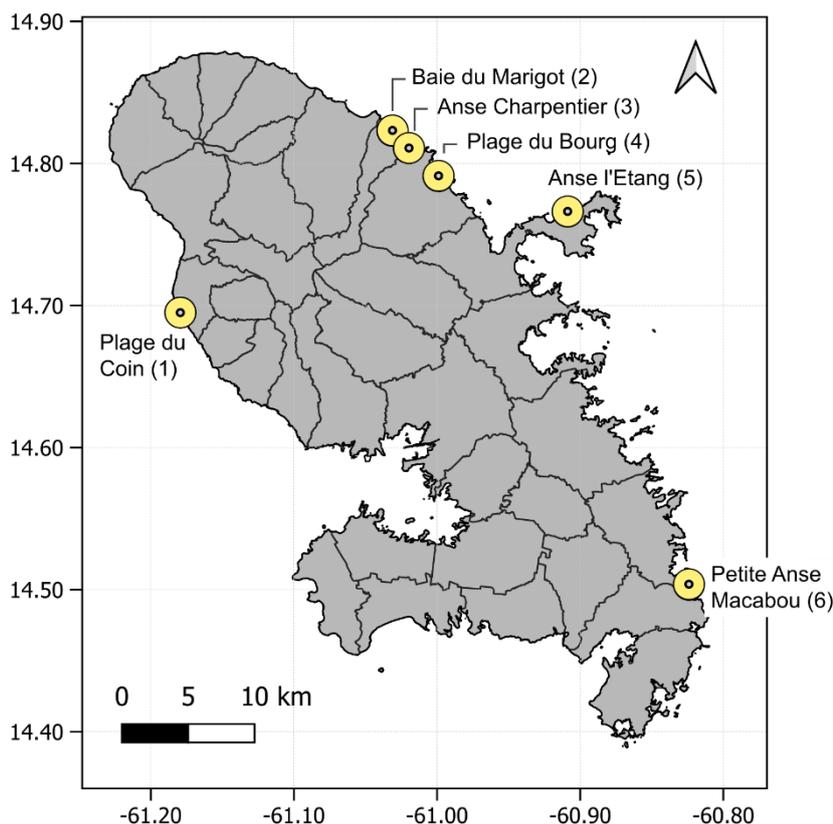


Figure 9 : localisation (WGS84) des sites équipés d'un dispositif ©Solarcam et qui ont fait l'objet d'une analyse complémentaire suite au passage de la tempête tropicale BRET.

3.4. INDICATEUR D'IMPACT EROSIF

Les évènements les plus énergétiques engendrent des fortes houles qui sont parfois à l'origine d'importantes modifications du littoral. Dans ce contexte, les acteurs de l'aménagement et de la gestion du littoral ont besoin de disposer d'informations synthétiques sur les impacts morphologiques enregistrés suite au passage d'un évènement extrême. Une échelle d'impact basée sur la translation horizontale (vers l'intérieur des terres) des caractéristiques clés du profil de plage permet de définir simplement les évolutions morphologiques au cours d'une tempête. De nombreux indicateurs peuvent être utilisés pour décrire ces évolutions morphologiques (e.g. Ferreira et al., 2017; Leaman et al., 2021; Sallenger Jr, 2020). Construits sur la base des travaux de Leaman et al. (2021), les paramètres suivants ont été sélectionnés et adaptés au littoral martiniquais pour refléter l'impact érosif d'un évènement extrême.

- **L'évolution de la largeur de la plage** est définie comme la distance horizontale entre les positions du trait de côte (limite terrestre atteinte pour une hauteur d'eau proche du niveau moyen) avant et après la tempête. Un seuil d'évolution de la largeur de plage permet de distinguer les rétrécissements "modéré" et "fort" de la largeur de la plage. Ce seuil est défini à dire d'expert, reste spécifique à chaque façade du littoral martiniquais et peut varier localement selon le site étudié.
- En l'absence de morphologie dunaire, **la limite dans les terres de l'arrière plage**, définie souvent comme la limite de végétation, constitue également un élément important du profil de plage pour caractériser l'impact morphologique d'une tempête. L'action érosive des vagues peut s'étendre vers l'intérieur des terres jusqu'à entraîner un recul de la limite de

végétation. Ce paramètre indique si la protection contre l'érosion et/ou les inondations côtières fournie par la limite de végétation a été compromise.

En suivant les critères ci-dessus, une échelle d'impact a été construite et classe quatre régimes distincts (Figure 10) :

- **Impact érosif non significatif** : Erosion non visible sur le haut et le bas de plage. Aucun recul significatif de la position du trait de côte n'est observé.
- **Impact érosif modéré** : érosion visible ayant entraînée un recul de la position du trait de côte. Les impacts se concentrent sur le bas de plage. La diminution de la largeur de la plage ne dépasse pas le seuil défini par l'opérateur et aucune modification du système d'arrière plage n'est observée.
- **Impact érosif fort** : la réduction de la largeur de la plage dépasse le seuil défini par l'utilisateur, mais l'arrière plage reste intacte. La zone tampon fournie par la plage est réduite et le système d'arrière plage est vulnérable aux prochains coups de mer.
- **Impact érosif sévère** : ce régime se produit lorsque le système situé en arrière plage est touché. Il s'agit du niveau de risque d'érosion le plus élevé avec des répercussions sur le couvert végétal en arrière plage ou sur tous les biens ou autres infrastructures situés dans cette zone.

Impact érosif sur les plages sableuses

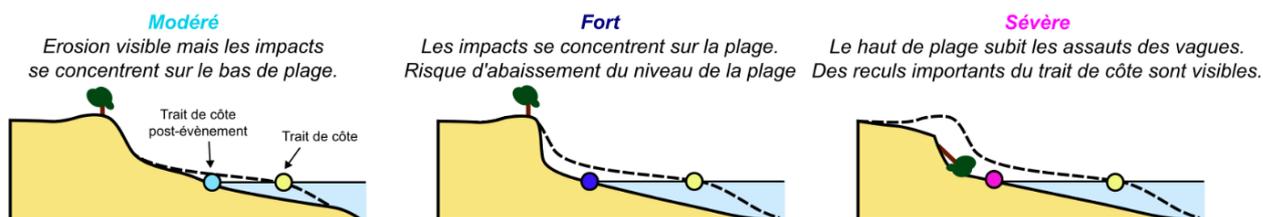


Figure 10 : échelle d'impact adaptée aux plages sableuses du littoral martiniquais et construite sur la base des travaux de Leaman et al. (2021).

4. Résultats

Le chapitre suivant s'intéresse à décrire les évolutions morphologiques observées sur chaque site suivi avant et après la tempête tropicale BRET. Après une courte présentation de chaque cellule sédimentaire investiguée, une description détaillée des déplacements sédimentaires est proposée section 4.1 pour l'ensemble des profils de référence le long desquels ont été réalisées les mesures. Les observations issues du suivi par imagerie sont présentées section 4.2. Une synthèse des observations est proposée sur chaque partie afin de dresser le bilan de l'impact érosif de la tempête tropicale BRET sur l'ensemble des sites évalués (section 4.1.4 et 4.2.4).

4.1. OBSERVATIONS ISSUES DES LEVES TOPOGRAPHIQUES

4.1.1. Façade Nord-Atlantique

a) Le Lorrain

Orientée face à l'Océan Atlantique, la plage du bourg du Lorrain se situe au nord-est de la Martinique (Figure 8) et constitue une cellule sédimentaire qui s'étend sur environ 1600 m de long, majoritairement composée de sable fins d'origine volcanique (Figure 11). L'arrière plage est bordée par une végétation arborée qui longe une falaise peu escarpée sur le secteur ouest de la cellule. Sur le secteur est, l'arrière plage est délimitée localement par quelques enrochements qui protègent des habitations ou des cabanes de pêcheur. Les mesures réalisées au Lorrain suite au passage de la tempête tropicale montrent une érosion significative localisée sur le bas de plage dans le secteur de la berme⁴.

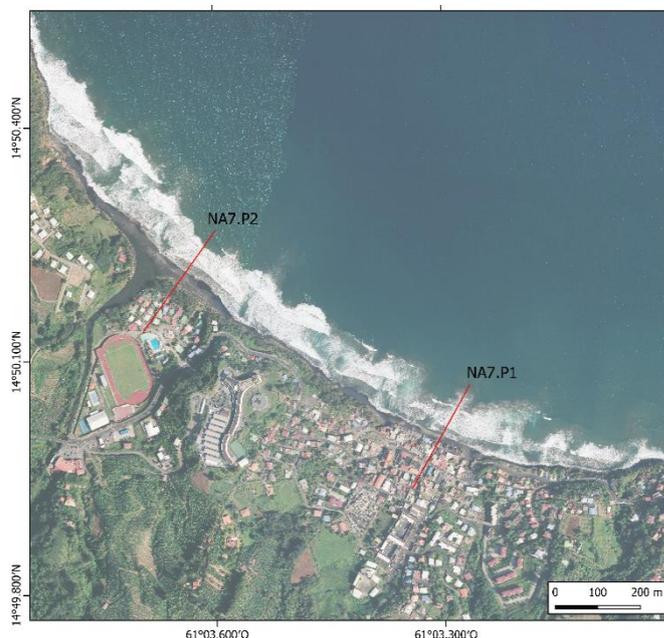


Figure 11 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur la plage du bourg au Lorrain. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).

⁴ Berme : corps sédimentaire sableux constituant un bourrelet en bas de plage sur la zone supérieure de battement de la houle, (en général) créé lors des périodes d'engraissement par des houles calmes et régulières.

Au niveau du secteur est (NA7.P1, Figure 12), la perte de matériel sédimentaire (estimée à environ 8 m³/m sur l'ensemble du profil) entraîne un recul de la berme sur environ 15 m et un rétrécissement de la largeur de plage sur plus de 10 m. Sur la partie haute de la plage, le profil devient plus linéaire mais le secteur en arrière plage reste stable.

Situé sur le secteur ouest de la cellule sédimentaire (NA7.P2, Figure 12), le profil initial (avant BRET) présente une morphologie atypique avec la présence d'un plateau bien marqué d'une longueur de 15 m bordé par une dune sur laquelle la végétation est fixée et une berme bien visible située à une distance de 30 m depuis le haut de plage. Suite au passage de la tempête tropicale BRET, on observe la linéarisation du profil de plage et un recul de la position de la berme initiale sur environ 15 m. Ces évolutions se traduisent par une diminution du volume de sédiments présents le long du profil (estimé à environ 10 m³/m), en particulier sur le secteur initial de de la berme. Dans la zone de battement de la marée, les changements observés sont moins marqués et un recul de la position du trait de côte pouvant être estimé à 3 m a été mesuré.

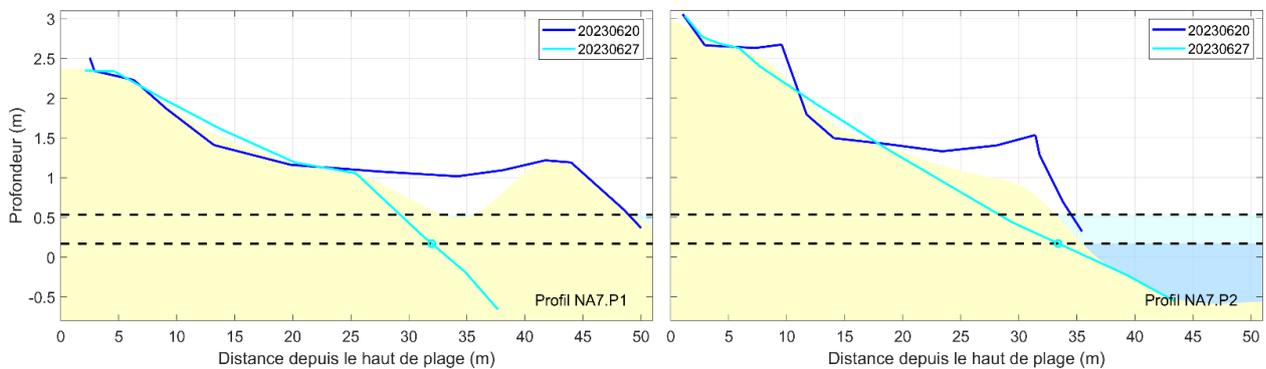


Figure 12 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (NA7.P1 et NA7.P2) de la plage du Lorrain en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

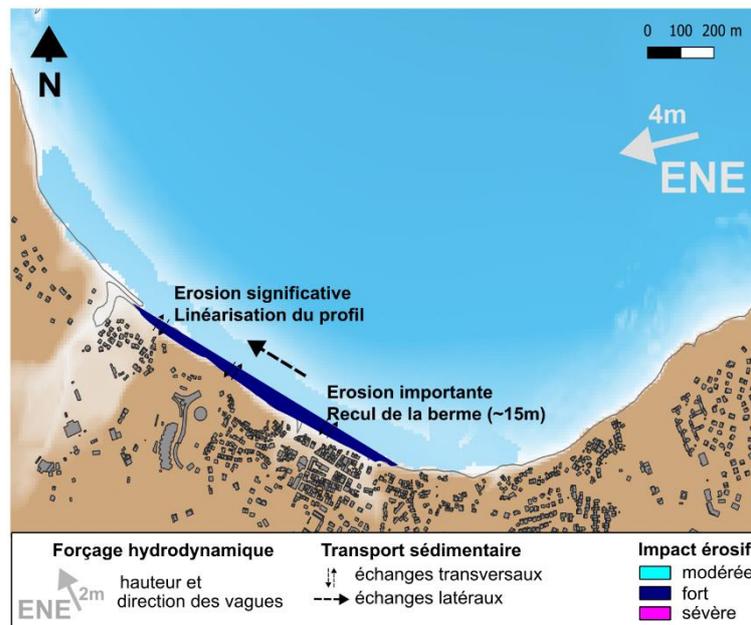


Figure 13 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage du bourg au Lorrain suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.

Les impacts morphologiques observés sur la plage du bourg du Lorrain suite au passage de la tempête tropicale BRET sont bien marqués. Les vagues orientées ENE dont les hauteurs significatives ont pu atteindre des valeurs autour de 4 m au pic de l'évènement entraînent le remaniement des sédiments sur le bas de plage et la linéarisation du profil (Figure 13). Le volume de sédiment présent sur le profil de plage devient plus réduit, avec une grande quantité de sables (~ 10 m³/m) probablement déplacée vers des secteurs de plus grandes profondeurs. Toutefois, les impacts observés se concentrent essentiellement sur le bas de plage et aucune répercussion sur le couvert végétal en arrière page ou sur tous les biens ou autres infrastructures n'ont été observées. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur cette cellule sédimentaire est fort.

b) Anse Charpentier

L'anse Charpentier est une cellule sédimentaire située à cheval sur les communes du Marigot et de Sainte-Marie (Figure 8). La plage s'étend sur plus d'un kilomètre de long, alimentée par une rivière en son centre et délimitée par des côtes rocheuses telles que la pointe Baignoire au nord et la pointe Pain de Sucre au sud (Figure 14). L'arrière plage est bordée par de la végétation arborée plus ou moins présente selon les secteurs qui longe une falaise altérée sur toute la longueur de la cellule.

Initialement, avant le passage de BRET, la morphologie du profil de plage situé sur le secteur est de la cellule sédimentaire (NA5.P1, Figure 15) est caractérisée par un plateau d'une longueur de 25 m environ, délimité par une berme bien marquée. Suite au passage de la tempête tropicale, les observations réalisées décrivent une érosion significative du profil de plage localisée dans le secteur de la berme. Les mesures montrent un recul de la position de la berme sur une distance de 12 m environ qui entraîne un rétrécissement de la largeur du plateau initial. Ces évolutions conduisent à un recul de la position du trait de côte sur environ 10 m. Au contraire, sur le haut de plage, on note une légère surélévation par rapport au profil initial (~ 0.15 m). La tempête tropicale BRET entraîne en moyenne le long du profil de plage une diminution du stock sédimentaire qui peut être estimée à 7 m³/m environ.



Figure 14 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur l'anse Charpentier. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).

Sur le secteur central de la cellule sédimentaire (NA5.P2, Figure 15) les mesures réalisées montrent des évolutions similaires où la position de la berme recule sur environ 10 m et est nettement moins marquée après le passage de BRET. Ces évolutions conduisent à un recul de la position du trait de côte sur environ 7 m.

Sur le secteur ouest de la cellule sédimentaire, le profil NA5.P3 se situe initialement à proximité de l’embouchure de la rivière. Aussi, sa morphologie est caractérisée par la présence du chenal de la rivière, situé à une distance d’environ 15 m de la limite d’arrière plage. Avant le passage de la tempête tropicale, le profil de plage est caractérisé par des hauteurs particulièrement faibles par rapport au niveau de la mer. Au cours de l’évènement, l’embouchure de la rivière migre vers l’est à quelques dizaines de mètre du profil de plage qui devient alors beaucoup plus linéaire. Ces évolutions provoquent une accrétion significative sur l’ensemble du profil de plage (surélévation sur environ 0.20 m), une augmentation du stock sédimentaire disponible (~ 15 m³/m) et une avancée de la position du trait de côte sur environ 10 m.

Comme cela a été montré précédemment sur le site du Lorrain, les impacts mesurés sur l’anse Charpentier sont bien marqués et se traduisent par une érosion importante localisée sur le bas de plage au niveau de la berme (Figure 16). Le volume de sédiment présent initialement sur le profil de plage diminue fortement, probablement déplacé vers des zones de plus grandes profondeurs et vers les secteurs nord-ouest de la cellule par la dérive littorale. Probablement relié à ces transferts sédimentaires, l’extrémité ouest de la cellule reçoit une quantité importante de sédiments suite au passage de BRET, répartie sur l’ensemble du profil de plage. Les observations suggèrent également que cette phase d’accrétion soit aussi reliée à la migration de l’embouchure de la rivière. Des informations complémentaires sont fournies sur ce secteur à la section 4.2, qui traite des résultats obtenus par imagerie photo. De façon générale, sur l’ensemble de cette cellule sédimentaire, les impacts observés se concentrent essentiellement sur le bas de plage et aucune répercussion sur le couvert végétal en arrière page n’a été observée suite au passage de BRET. D’après la classification décrite section 3.4, l’impact morphologique de la tempête tropicale sur cette cellule sédimentaire est fort de par les reculs observés de la position du trait de côte.

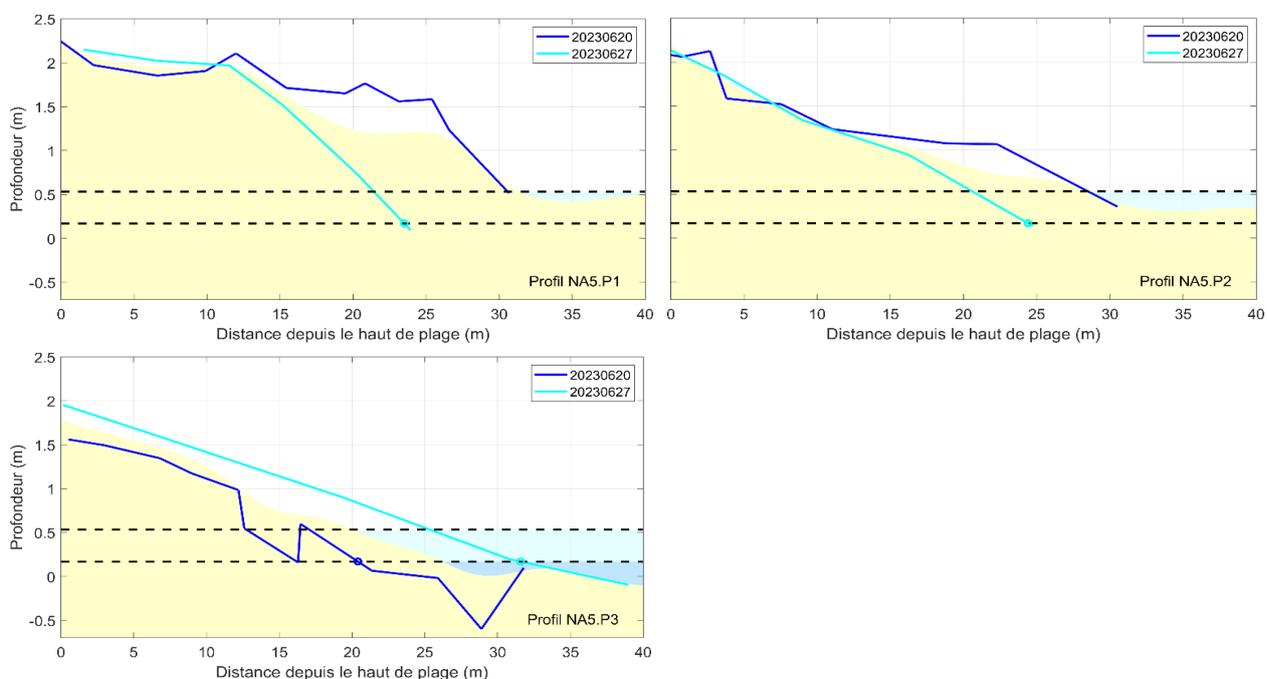


Figure 15 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (NA5.P1, NA5.P2 et NA5.P3) de l’anse Charpentier en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d’eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

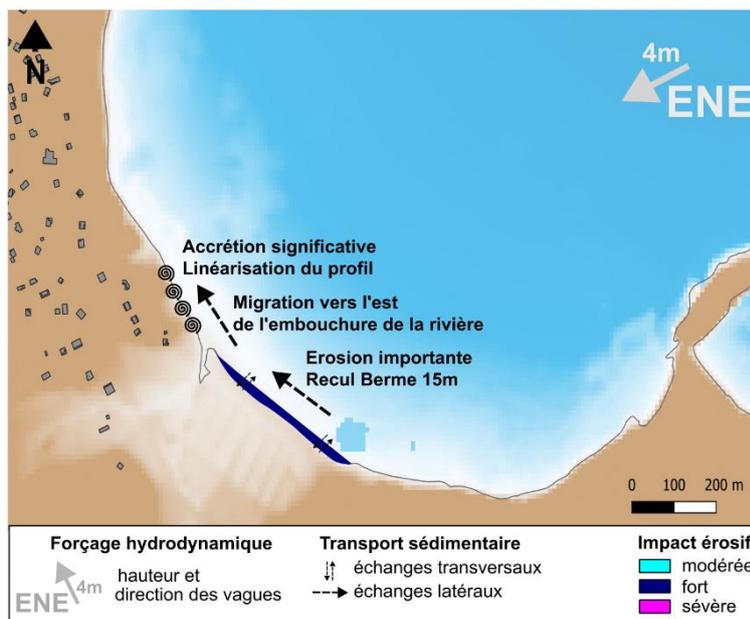


Figure 16 : schéma conceptuel des impacts observés sur l'anse Charpentier suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.

c) La plage du bourg à Sainte-Marie

La plage du bourg est située sur la commune de Sainte-Marie et s'étend sur environ 1 km de long (Figure 8). La cellule sédimentaire est délimitée par un cap rocheux au nord-ouest sur le quartier de petit bourg et des enrochements au sud-est localisés à proximité du tombolo qui relie parfois l'îlet Sainte-Marie à la côte (Figure 17).

Les mesures réalisées sur le secteur du profil NA6.P1 décrivent une érosion localisée sur le haut de plage suite au passage de la tempête BRET (abaissement pouvant atteindre jusqu'à 0.5 m localement, Figure 18). Une certaine stabilité peut être observée sur le secteur central du profil de plage, décrit par un plateau d'une trentaine de mètres de large. Sur le bas de plage, au niveau de la berme, les mesures montrent des évolutions marquées entraînant un recul de la berme sur environ 4 m et une diminution de la largeur de plage.

Située plus à l'ouest, les évolutions observées sur le bas de plage le long du profil NA6.P2 sont similaires (Figure 18). Un recul de la berme sur environ 3 m est visible sur les mesures après le passage du phénomène cyclonique et entraîne une diminution de la largeur de plage sur environ 5 m (estimation approximative étant donné que les conditions en mer au moment de la mesure n'ont pas autorisé l'opérateur à atteindre le bas du profil de plage).

Les impacts associés au passage de BRET sont plus marqués sur le secteur central de la plage, à proximité de l'embouchure de la rivière (NA6.P3, Figure 18). Les mesures réalisées décrivent un fort recul de la berme sur environ 8 m qui induit un recul de la position du trait de côte et une diminution de la largeur de plage supérieure à 5 m d'après nos estimations. Au niveau du plateau, les évolutions sont moins visibles et décrivent au contraire un apport sédimentaire qui entraîne une surélévation de la zone située en arrière plage sur une dizaine de centimètres.

Les observations réalisées sur le secteur de Sainte-Marie suite au passage de BRET montrent que l'érosion est visible sur l'ensemble de la cellule sédimentaire (particulièrement localisée sur le bas de plage) et entraîne systématiquement un recul de la position du trait de côte sur plusieurs mètres. Néanmoins, comme sur les sites précédemment présentés, aucune répercussion sur le

couvert végétal en arrière page ou sur tous les biens ou autres infrastructures n’ont été observées suite au passage de BRET. D’après la classification décrite section 3.4, l’impact morphologique de la tempête tropicale sur cette cellule sédimentaire est fort (Figure 19).

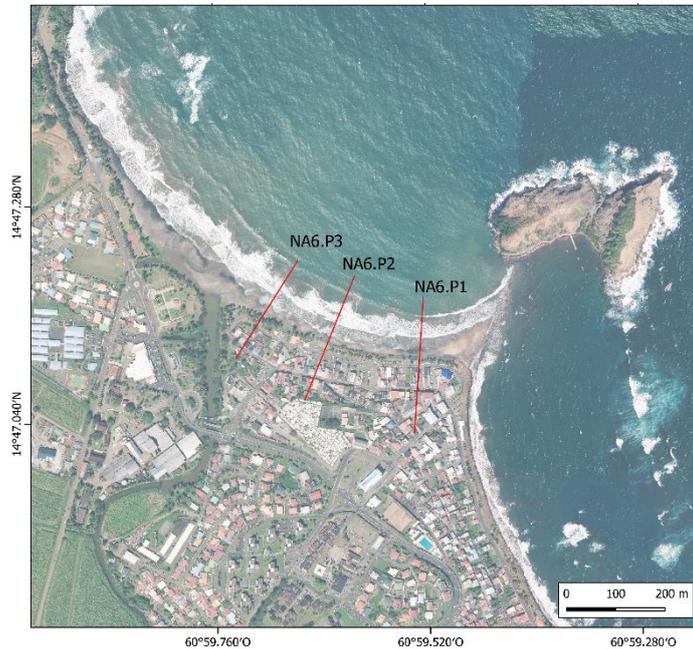


Figure 17 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur la plage de Sainte-Marie. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).

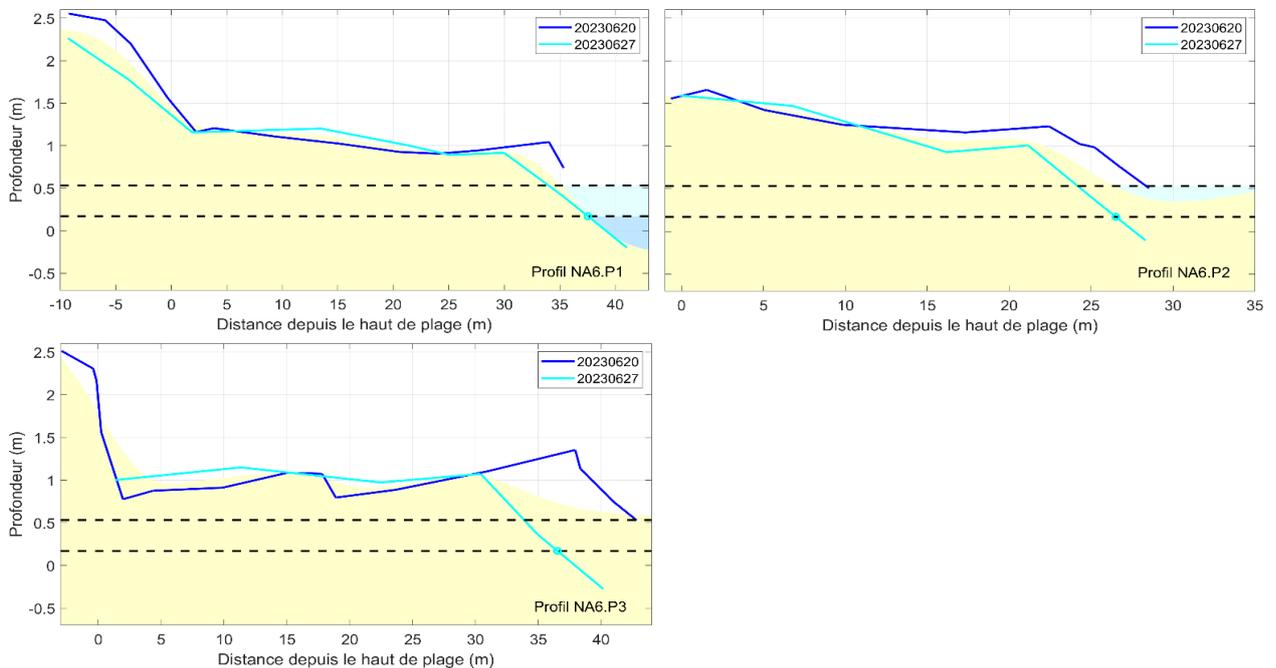


Figure 18 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (NA6.P1, NA6.P2 et NA6.P3) de la plage du bourg à Sainte-Marie en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d’eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

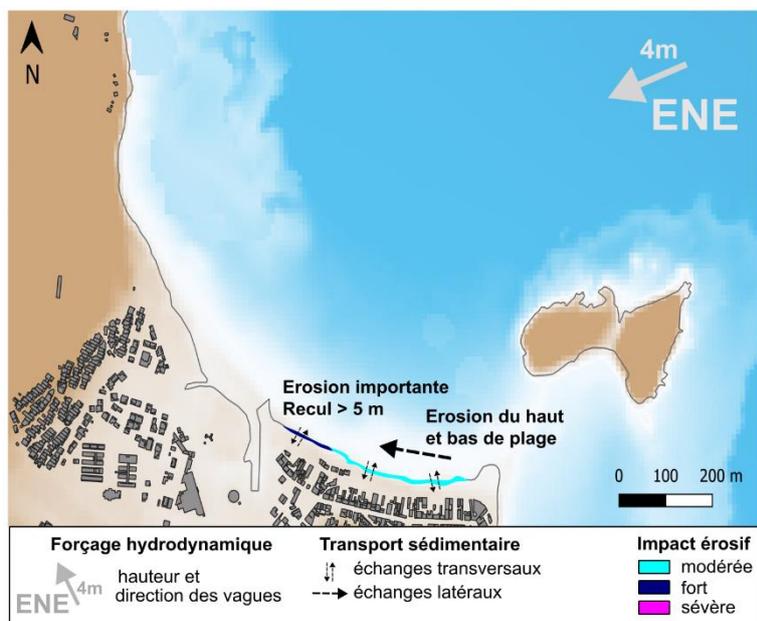


Figure 19 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage du bourg de Sainte-Marie suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.

4.1.2. Façade Sud-Atlantique

a) La Pointe Faula

La plage de la Pointe Faula est située sur la commune du Vauclin et s'étend sur plus de 400 m de long. La cellule sédimentaire est délimitée par des enrochements à l'extrémité nord et une pointe rocheuse plus au sud (Figure 8). Le site est caractérisé par un plateau récifal en forme de pointe vers le large qui s'étend sur plusieurs centaines de mètres (Figure 20). La cellule sédimentaire est bien protégée des vagues par les récifs qui sont situés à environ 3 000 m au large. La plage est caractérisée par des morphologies contrastées selon les secteurs. Contrairement aux extrémités nord et sud où la plage est relativement étroite (Figure 21, SC5.P1 et SC5.P3), la partie centrale de la plage (SC5.P2), présente un stock sédimentaire bien plus important.

Sur l'ensemble de la cellule sédimentaire, les observations réalisées montrent une grande stabilité de la réponse morphologique du profil de plage à la tempête tropicale. Sur le secteur sud de la cellule sédimentaire (Figure 21, SC5.P1), un très léger recul de la berme sur moins d'un mètre a pu être observé. La position du trait de côte est restée stable sur l'ensemble de la plage suite au passage de la tempête tropicale.

Les mesures réalisées sur le site de la Pointe Faula décrivent une grande stabilité du profil de plage suite au passage de BRET. Aucune évolution significative n'a été observée sur ce site certainement en raison de la présence du récif barrière qui a joué un rôle déterminant dans l'atténuation de l'énergie des vagues avant que celles-ci ne parviennent jusqu'à la côte.

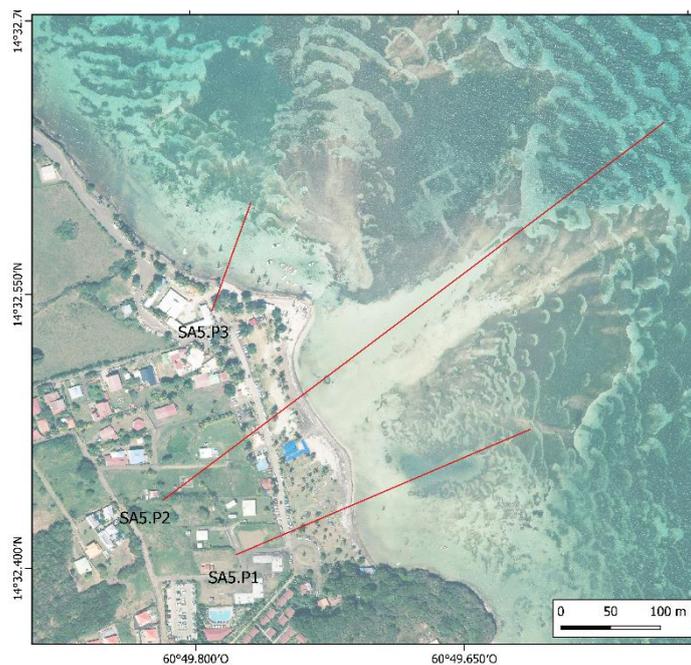


Figure 20 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur le site de la Pointe Faula au Vauclin. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).

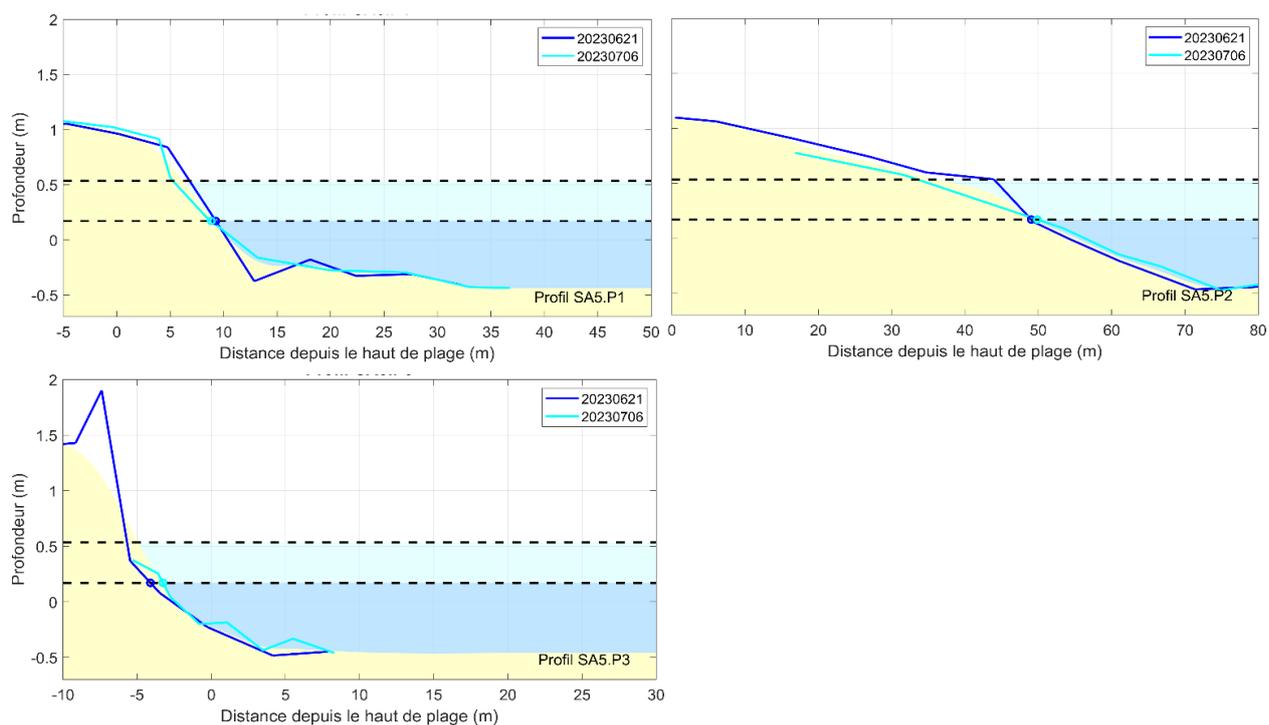


Figure 21 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SA5.P1, SA5.P2 et SA5.P3) de la Pointe Faula en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

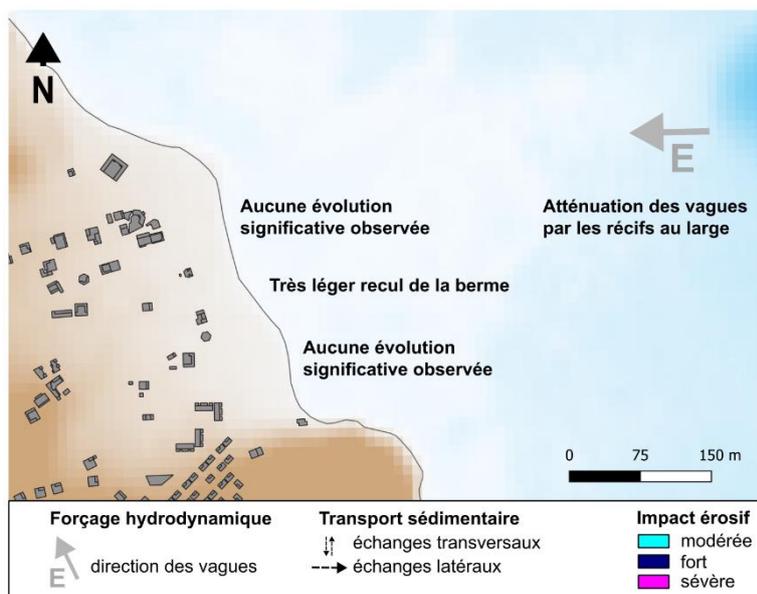


Figure 22 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage de la Pointe Faula suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.

b) Anse Baleine

L'anse Baleine est une plage sableuse située sur la commune du Marin qui s'étend sur un peu plus de 400 m de long (Figure 8). La cellule sédimentaire est délimitée par la pointe Marée au nord qui la sépare de l'anse Four à chaux et par un morne peu escarpé au sud qui la relie avec la pointe Bourgenne (Figure 23). La baie est orientée vers le sud-est et reste comme à la Pointe Faula bien protégée des vagues par la présence de récifs plus au large. La plage est essentiellement constituée de sables fins coquillés, même si l'on note la présence d'un grès de plage (*beach-rock*) sur la partie centrale de la cellule sédimentaire dans la zone du jet de rive.

Sur le secteur situé au nord-ouest de la cellule sédimentaire (SA3.P1, Figure 24), le profil de plage est caractérisé par une morphologie linéaire avec une forte pente (~20 %). Suite au passage de la tempête tropicale, les mesures réalisées montrent une accrétion significative localisée sur le bas de plage (~ 3 m³/m), comprenant la formation d'une berme post événement. Ces évolutions morphologiques induisent une diminution de la pente et une augmentation de la largeur de plage avec une avancée de la position du trait de côte supérieure à 3 m.

Sur la portion nord-est de la plage (SA3.P2, Figure 24), les observations réalisées montrent au contraire une érosion du haut de plage avec une diminution du stock sédimentaire disponible suite au passage de la tempête tropicale (~ 2.4 m³/m). Les mesures décrivent une perte de matériel sédimentaire sur le haut de plage (affaissement sur environ 0.15 m) et la linéarisation du profil de plage post-événement. Les niveaux d'eau atteints au pic de l'évènement ont provoqués la disparition de la végétation rasante qui bordait la limite arrière du profil de plage située à 2.5 m au-dessus du niveau moyen des mers (Figure 47 en annexe 2). On note en revanche une certaine stabilité sur le bas de plage avec peu d'évolution visible dans le secteur du jet de rive.



Figure 23 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur l'anse Baleine au Marin. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).

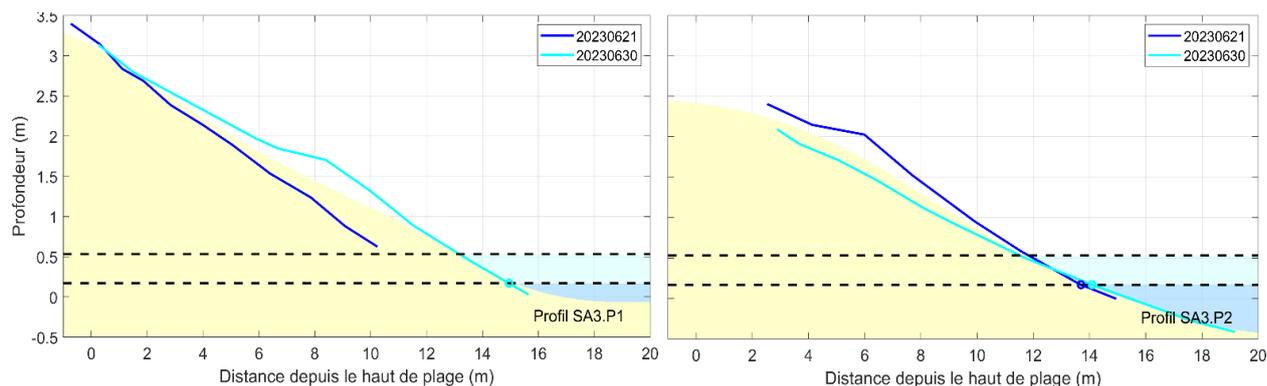


Figure 24 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SA3.P1 et SA3.P2) à l'anse Baleine en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

Les évolutions observées suite au passage de la tempête tropicale montre une réponse très contrastée à l'épisode de forte vague. Alors que les mesures réalisées décrivent une érosion significative du haut de plage sur le secteur nord-est de la cellule, un apport sédimentaire évalué à environ 3 m³/m organisé sous la forme d'une berme a été enregistré. Les fortes vagues d'orientation ENE, bien que certainement dissipée en partie par la présence de récifs au large, ont pu générer un transport sédimentaire dirigé vers le sud-ouest et entraîner des changements dans la répartition des stocks sédimentaires le long de la plage (Figure 25). Aussi, les observations réalisées montrent qu'une partie du couvert végétal bordant le secteur nord-ouest de la plage a été légèrement touché par l'évènement. Néanmoins sur cette même portion du littoral, la morphologie du bas de plage est restée relativement stable et peu d'évolutions sont visibles dans la zone du de battement du jet de rive. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale est modéré sur l'ensemble de la cellule sédimentaire.

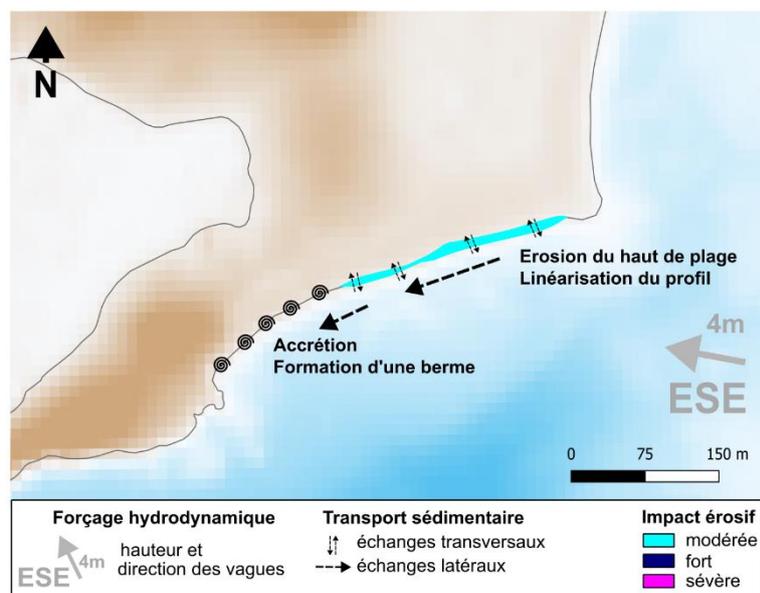


Figure 25 : schéma conceptuel des impacts observés sur l'anse Baleine suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.

4.1.3. Façade Sud-Caraïbe

a) Grande anse les Salines

Le site de la Grande anse des Salines est situé sur la commune de Sainte-Anne non loin de la pointe la plus au sud de la Martinique (Figure 8). Avec plus d'un million de visiteurs par an, cette plage est probablement la plus fréquentée de l'île et constitue aujourd'hui un environnement fragile avec de fortes pressions environnementales et économiques. Exposée vers le sud-ouest, la plage s'étend sur 1400 m de longueur, encadrée par des promontoires rocheux d'origine volcanique (Figure 26).

Sur le secteur sud-est de la plage (SC1.P1, Figure 27), le profil initial (avant BRET) est caractérisé par la présence d'une berme bien marquée et située à environ 4 m de distance depuis la limite de végétation en arrière plage. Suite au passage de la tempête tropicale, on observe la disparition de cette berme avec un profil de plage qui devient alors plus linéaire. Le bas de plage connaît également une légère érosion entraînant un recul de la position du trait côte sur environ 1 mètre. Les observations réalisées décrivent en moyenne une diminution du stock sédimentaire disponible ($\sim 3.6 \text{ m}^3/\text{m}$) sur l'ensemble du profil de plage.

Un peu plus au nord, sur le secteur central de la plage (SC1.P2, Figure 27), on observe après le passage de BRET une légère augmentation de la pente de plage (+ 1%). Une légère érosion est visible sur le bas de plage qui se traduit par un recul de la position du trait de côte sur environ 2 mètres.

Au niveau du profil SC1.P3, les fortes vagues générées par le passage de la tempête tropicale ont entraîné une légère érosion du haut de plage (Figure 27). Sur le bas de plage, au contraire, une accrétion significative est visible et la berme devient alors plus prononcée. Une augmentation du stock sédimentaire disponible sur l'ensemble du profil de plage a été évaluée à $1.7 \text{ m}^3/\text{m}$. Ces évolutions restent assez atypiques en période de fortes vagues et induisent une avancée de la position du trait de côte sur environ 1 mètre.

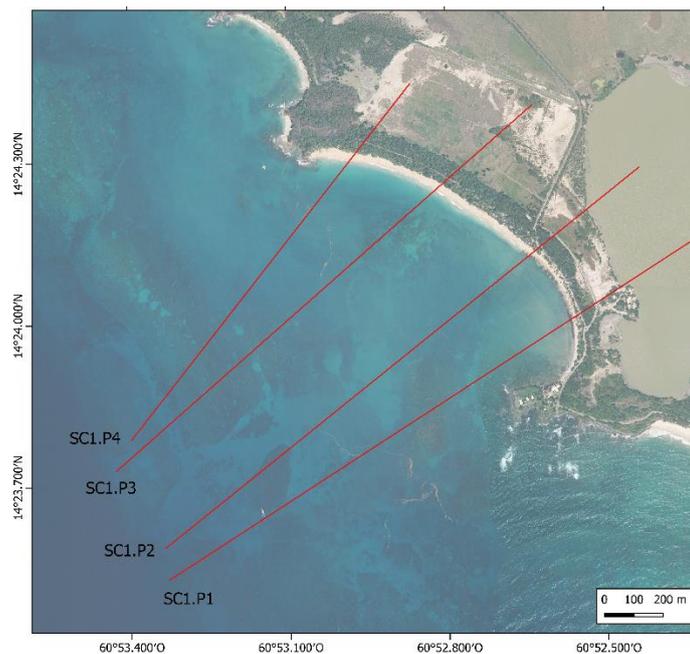


Figure 26 : localisation des profils de référence sur la plage de la Grande anse des Salines. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).

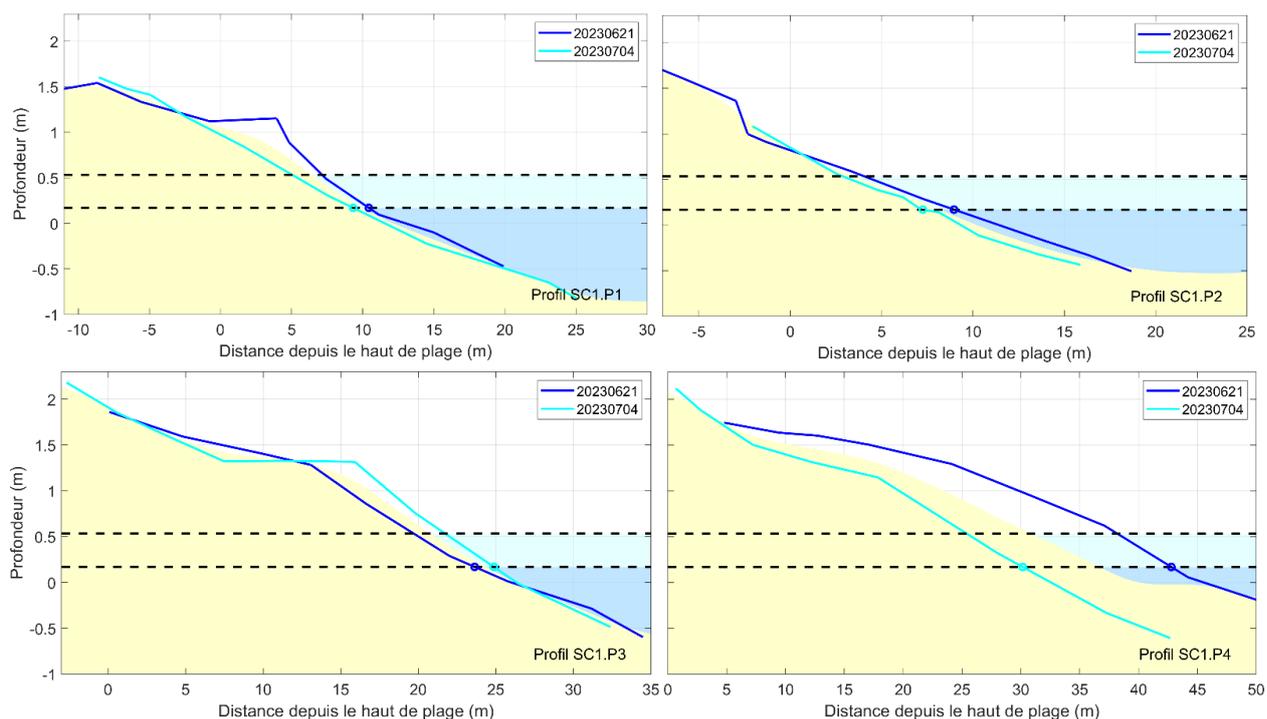


Figure 27 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SC1.P1, SC1.P2, SC1.P3 et SC1.P4) de la Grande anse des Salines en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

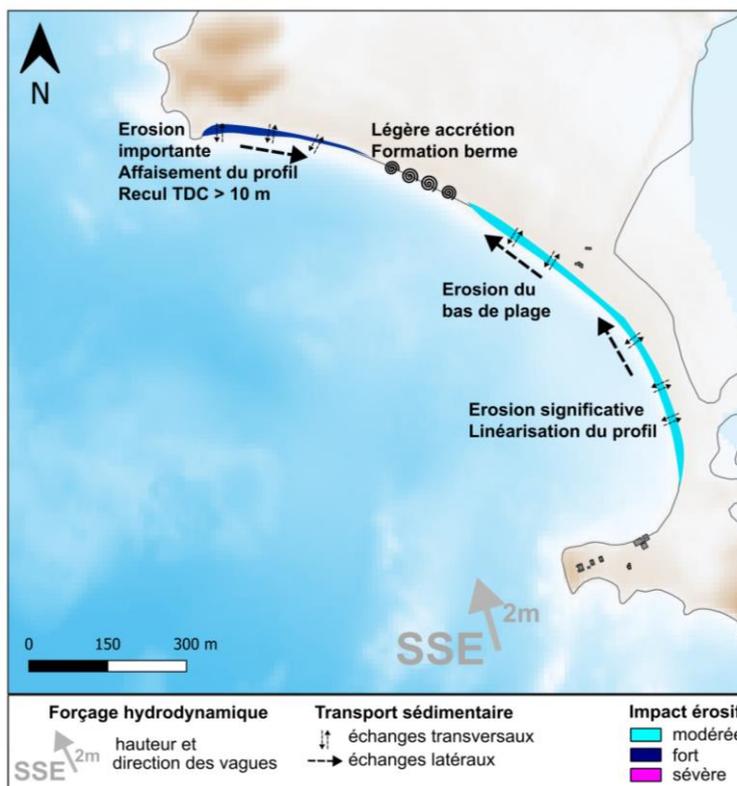


Figure 28 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage des Salines suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.

Des évolutions plus marquées ont été enregistrées au niveau de l'extrémité nord-ouest de la cellule sédimentaire (SC1.P4, Figure 27) suite au passage de la tempête tropicale. Les mesures réalisées décrivent un abaissement général du profil de plage dont l'amplitude peut atteindre jusqu'à 1 m sur le bas de plage dans la zone du jet de rive. Sur le haut de la plage, l'érosion est moins importante mais reste significative avec un affaissement du profil sur environ 0.30 m. Le bilan sédimentaire est largement négatif sur ce secteur (diminution du stock disponible évalué à ~ 22 m³/m sur l'ensemble du profil) et se traduit par une augmentation de la pente de plage (+2 %) et un recul de la position du trait de côte sur environ 13 mètres.

La plage de la Grande anse des Salines a subi d'importantes évolutions morphologiques provoquées par les fortes vagues générées au passage de la tempête tropicale. La houle de SSE a pu atteindre plus de 2 m, provoquant la mise en circulation des masses d'eau et des échanges sédimentaires transversaux et latéraux essentiellement localisés sur le bas de plage (Figure 28). Les observations réalisées suggèrent un transport sédimentaire orienté principalement du sud-est vers le nord-ouest sur le secteur sud de la plage conduisant à une érosion modérée de cette même portion du linéaire, localisée principalement au niveau de la berme. Le secteur central bénéficie probablement des mouvements sédimentaires en provenance des autres secteurs et une légère accrétion sur le haut du profil de plage a été observée. Au nord de la plage, les impacts morphologiques mesurés sont plus importants, probablement relié à l'orientation et à la puissance de la houle sur ce secteur. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur cette plage est toutefois restée modérée au vu des faibles reculs observés sur la majorité de la cellule sédimentaire.

b) *Sainte Luce, plage du bourg et anse Désert*

La plage du bourg et l'anse Désert sont situées sur la commune de Saint Luce (Figure 8), et s'étendent sur une longueur de 350 m et 730 m respectivement (Figure 29). La plage du bourg est majoritairement composée de sable fins et est bordée en arrière plage par une route le long de laquelle se concentrent quelques activités économiques et habitations. Situé plusieurs kilomètres plus à l'ouest, l'anse Désert est constituée de sables fins et délimitée par la présence de deux caps rocheux. La plage est également caractérisée par la présence d'un grès de plage (*beach-rock*) situé sur le secteur est, dans la zone de battement du jet de rive. L'arrière page est délimitée par une végétation arborée sur une grande partie de la cellule sédimentaire.

Les changements morphologiques observés sur la plage du bourg après le passage de BRET se traduisent majoritairement par des mouvements sédimentaires transversaux (Figure 30). Sur le secteur est (SC5.P1, Figure 30) les mesures effectuées montrent une légère érosion du profil de plage (affaissement sur ~ 15 cm) dans la zone du jet de rive qui provoque un recul de la position du trait de côte sur moins d'un mètre. Au contraire, on note une certaine accrétion localisée sur le bas de plage.

Au niveau du profil SC5.P2, une diminution du stock sédimentaire présent sur le haut de plage a été observée (affaissement de l'arrière plage sur ~ 20 cm) suite au passage de la tempête tropicale (Figure 30). Les visites sur le terrain du 26 juin ont montré qu'une quantité importante de sables présents sur la route après la tempête a été déplacée vers l'arrière plage par des agents de la commune. Ainsi, les évolutions mesurées sur ce secteur sous-estiment probablement légèrement le réel impact de la tempête tropicale. Ces observations suggèrent un transport sédimentaire depuis le haut de plage vers la route située en arrière, induit par le franchissement des vagues au pic de l'évènement (phénomène d'*overwash*). La position du trait de côte reste stable sur ce secteur.

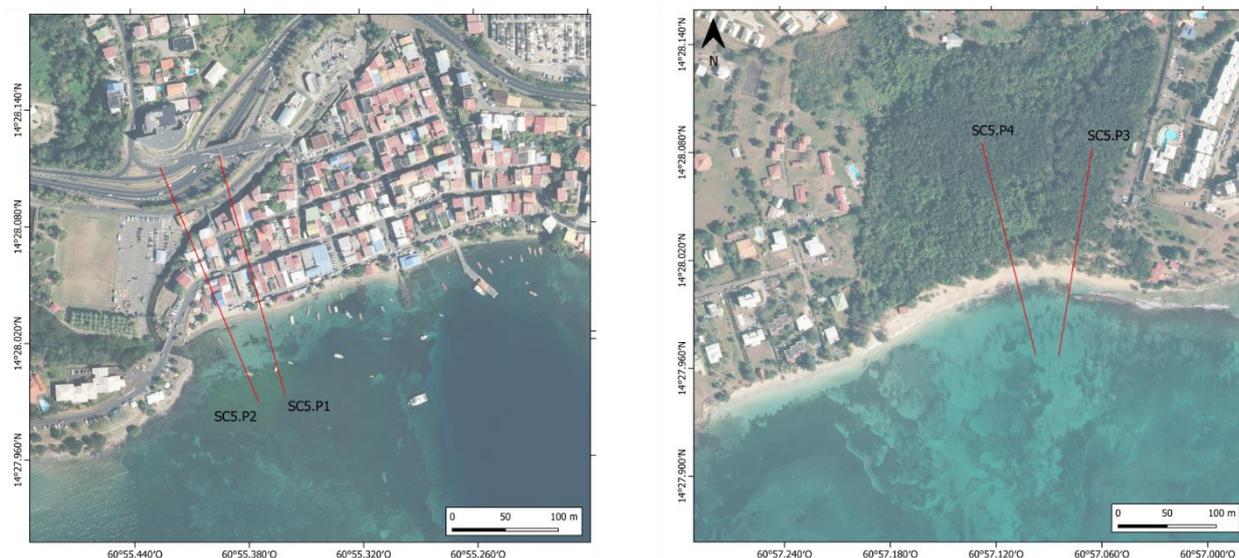


Figure 29 : localisation des profils de référence mesurés sur Sainte-Luce à la plage du bourg (SC5.P1 et SC5.P2) et à anse Désert (SC5.P3 et SC5.P4). Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).

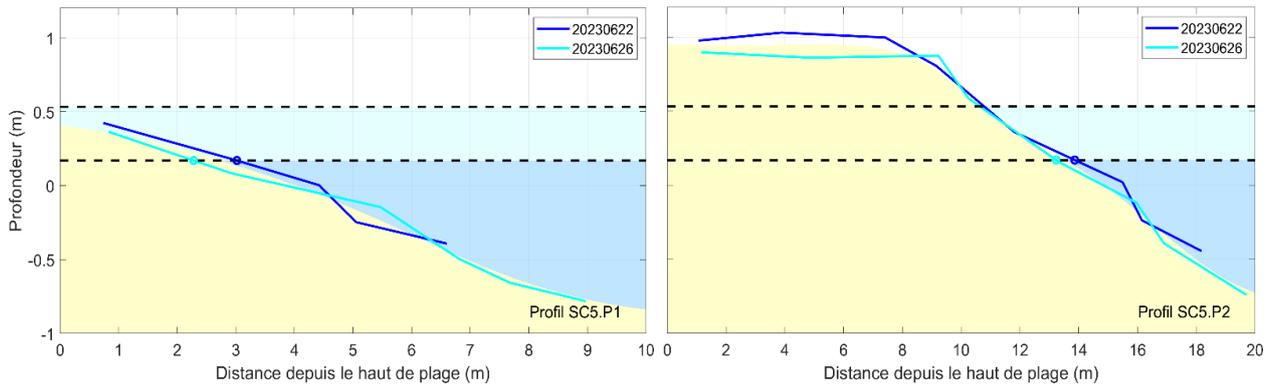


Figure 30 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SC5.P1 et SC5.P2) de la plage du bourg à Sainte-Luce en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

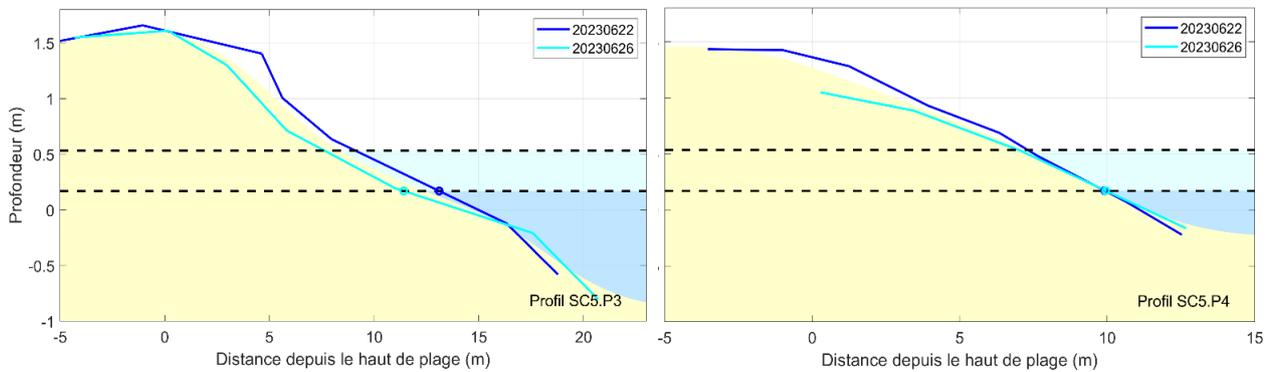


Figure 31 : évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SC5.P3 et SC5.P4) de l'anse Désert en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

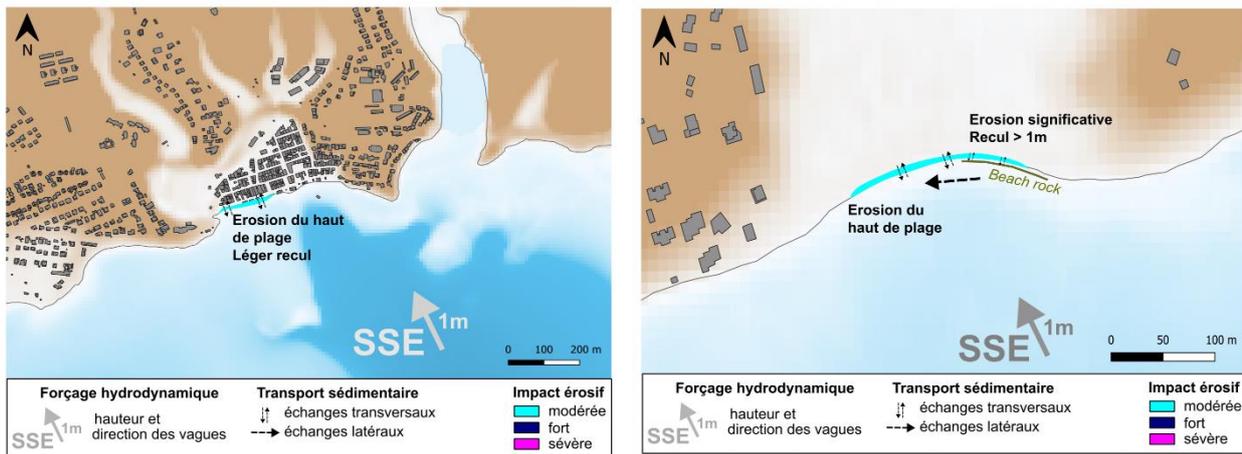


Figure 32 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage du bourg (à gauche) et anse Désert (à droite) suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.

Sur l'anse Désert, les évolutions observées sur les deux profils de plage montrent également une certaine érosion localisée sur le haut de plage (SC5.P3 et SC5.P4, Figure 31). Ces observations se traduisent par une diminution de la pente de la plage sur les deux secteurs analysés. Alors que sur le secteur ouest de la cellule sédimentaire (SC5.P4, Figure 31), une certaine stabilité de la largeur de plage a été mise en évidence, les mesures réalisées montrent un recul de la position du trait de côte sur environ 2 m quelques dizaines de mètres plus à l'est sur le secteur qui fait face au *beach-rock* (SC5.P3, Figure 31).

Les plages de Sainte-Luce montrent une certaine homogénéité dans leurs réponses morphologiques associées au passage de la tempête tropicale. Les observations réalisées suggèrent alors des transferts transversaux importants avec généralement une diminution du stock sédimentaire situé sur le haut de plage. Le sable initialement présent a alors pu atteindre des secteurs situés plus en arrière du profil de plage (e.g. limite de végétation, route) comme cela a pu être observé sur la plage du bourg à Sainte-Luce. Sur ce site, des agents de la commune sont intervenus quelques jours après le passage de la tempête tropicale afin de replacer le sable sur l'arrière plage. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur ces cellules sédimentaires est modéré.

c) Le Diamant (plage de Dizac)

La plage de Dizac est située sur la commune du Diamant au sud-ouest de la Martinique (Figure 8). Cette cellule sédimentaire s'étend sur plus de 3 km de long et s'impose comme l'une des plages les plus étendues de l'île (Figure 33). Orientée vers le sud-est et exposée à un climat de vague relativement énergétique, la plage de Dizac est composée majoritairement de sables fins. Le haut de plage est délimité par de la végétation arborée à l'ouest et par un muret ou des enrochements à l'est qui séparent la plage du bâti situé quelques mètres en arrière.

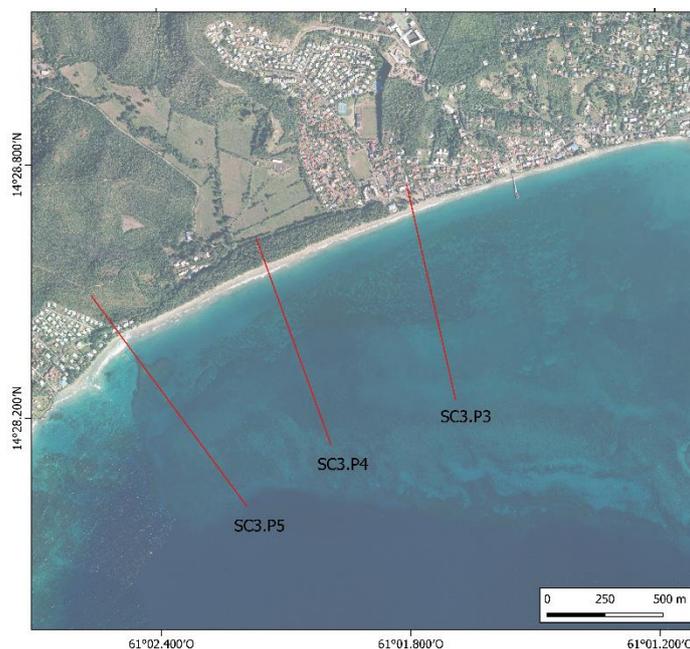


Figure 33 : localisation des profils de référence mesurés avant et après le passage de BRET sur la plage de Dizac. Fond de carte : orthophoto 2017 (IGN).

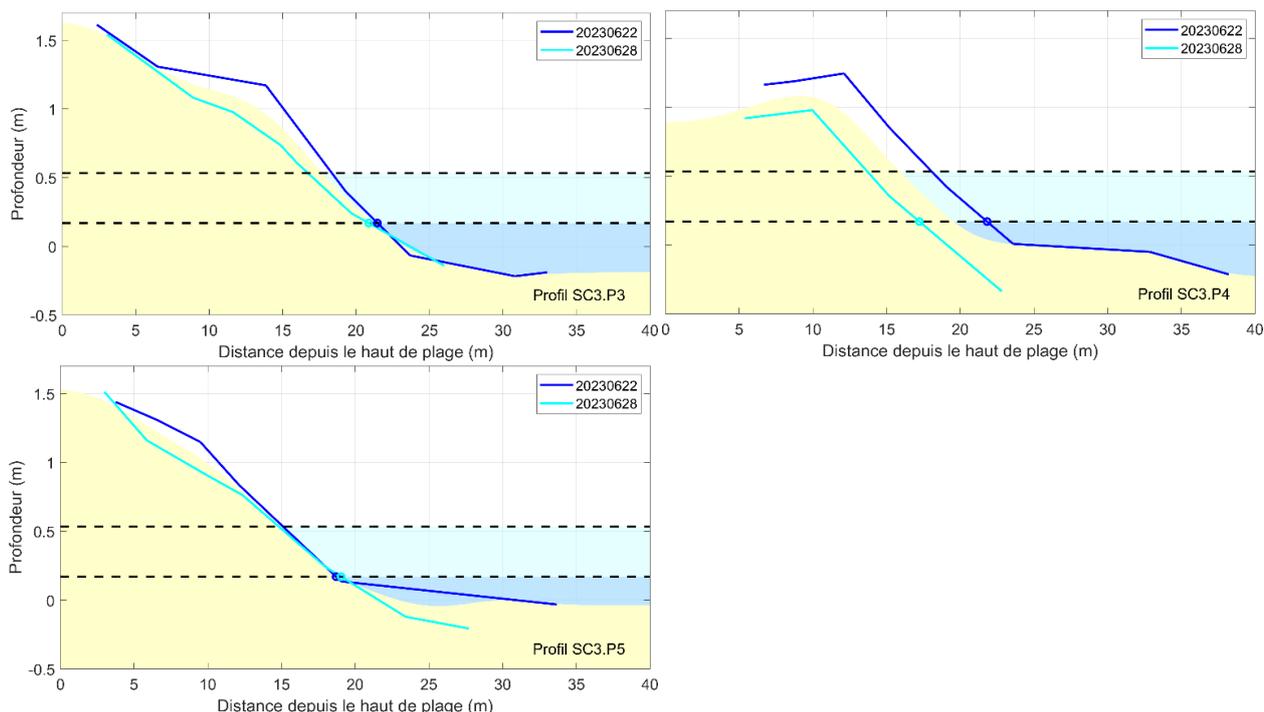


Figure 34: évolution du profil avant/après BRET sur différents secteurs (SC3.P3, SC3.P4 et SC3.P5) de la plage de Dizac en fonction de la distance depuis le haut de plage. Les lignes pointillées situent le niveau d'eau atteint à mi-marée et à marée haute (niveau de plus haute mer astronomique).

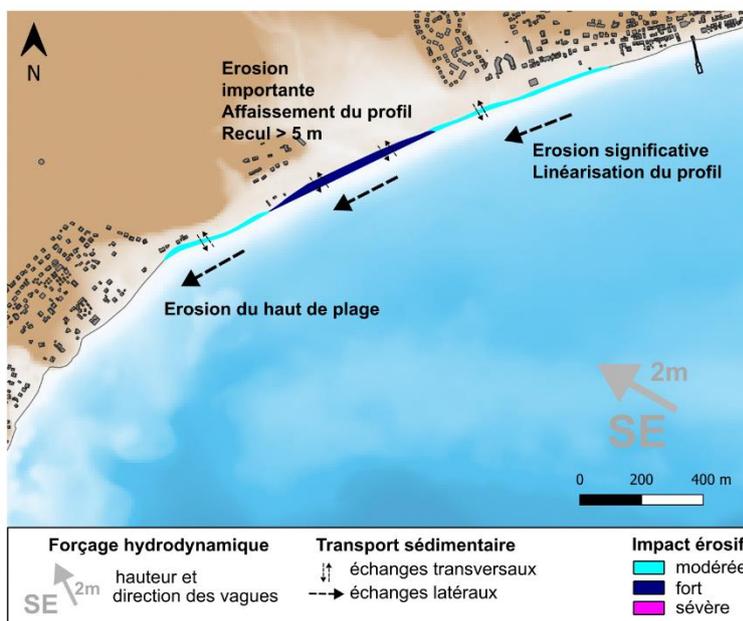


Figure 35 : schéma conceptuel des impacts observés sur la plage de Dizac suite au passage de la tempête tropicale BRET en juin 2023.

La morphologie du profil de plage SC3.P3 présente initialement une berme située à une distance d'environ 13 m depuis la limite de végétation (Figure 34). Suite au passage de la tempête tropicale, la disparition de cette morphologie et la linéarisation du profil de plage ont pu être

observées. Ces évolutions se traduisent par une perte de matériel sédimentaire estimées à environ 3 m³/m. Les observations réalisées montrent que le stock sédimentaire perdu au niveau de la berme ne se retrouve pas directement sur le bas de plage et suggèrent alors un transport vers le large sur des secteurs de plus grandes profondeurs qui n'ont pas pu être mesurées lors de ces campagnes de suivis.

Un affaissement généralisé du profil de plage (~ 0.25 m) est observé sur SC3.P4 quelques jours après le passage de BRET (Figure 34). Ces évolutions restent homogènes sur l'ensemble du profil et entraînent un recul de la position du trait de côte et une diminution de la largeur de plage sur environ 5 m. Les photographies à disposition montrent sur ce secteur un recul de la limite de végétation (Figure 50 en Annexe 3) avec une diminution de la surface occupée par les patates bord-de-mer (*ipomoea pes-caprae*). Le bilan sédimentaire est largement négatif sur ce secteur et se traduit par une diminution du stock disponible (~ 6.5 m³/m sur l'ensemble du profil).

Sur le profil SC3.P5, une érosion du haut de plage est observée et se traduit par un affaissement qui atteint jusqu'à 0.25 m à proximité de la berme initialement présente sur le profil initial (Figure 34). La pente de plage est également légèrement moins importante mais la largeur de plage reste quasiment identique. Les mesures réalisées décrivent en revanche une érosion significative localisée à l'extrémité basse du profil de plage.

Les impacts morphologiques associés à cette tempête tropicale sont hétérogènes le long de la cellule sédimentaire et certains secteurs sont restés plus stables selon le stock sédimentaire initialement disponible ou leurs expositions à la houle. La partie centrale de la plage de Dizac a subi le plus de dégâts avec une diminution importante du stock sédimentaire (Figure 35) répartie de façon homogène sur le profil de plage. Les mesures réalisées au cours des prochaines campagnes de l'observatoire permettront de mieux évaluer la capacité résiliente de la cellule sédimentaire sur ce secteur. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur cette cellule sédimentaire est fort et peut varier selon les secteurs.

4.1.4. Bilan des observations

Les observations réalisées avant et après le passage de la tempête tropicale BRET montrent des évolutions morphologiques contrastées selon les secteurs. Sur la façade Nord-Atlantique, les plages du bourg du Lorrain, de l'anse Charpentier et de la plage du bourg de Sainte-Marie ont été largement touchées par les fortes vagues générées par le passage de BRET. Sur ces cellules sédimentaires, les mesures topographiques décrivent un recul marqué de la position de la berme et la linéarisation du profil de plage. Ces évolutions entraînent un recul de la position du trait de côte sur plusieurs mètres et une diminution de la largeur de plage. Toutefois, les impacts observés se concentrent essentiellement sur le bas de plage et aucune répercussion sur le couvert végétal en arrière page ou sur tous les biens ou autres infrastructures n'ont été observées. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur ces cellules sédimentaires est fort (Figure 36). Sur les sites de l'anse Charpentier et de la plage du bourg de Sainte-Marie, un dispositif de suivi par imagerie photo installé au niveau des extrémités nord de chaque cellule sédimentaire permet de compléter ce diagnostic (section 4.2).

Sur les plages de la façade Sud-Atlantique la réponse morphologique associée au passage de la tempête tropicale est moins homogène. La plage de la Pointe Faula située sur la commune du Vauclin ne montre pas d'évolutions significatives liées au passage de BRET probablement en raison de la présence du récif barrière qui a dû jouer un rôle majeur dans l'atténuation de l'énergie des vagues. Au contraire, sur la plage de l'anse Baleine, des évolutions morphologiques

importantes ont été mesurées et suggèrent des échanges sédimentaires latéraux du nord-est vers le sud-ouest dirigés dans le sens de la dérive littorale. Les observations réalisées enregistrent ainsi une érosion du haut de plage sur le secteur nord-est et un engraissement sur le secteur sud-ouest de la plage avec la formation d'une berme post-événement. Ces observations montrent qu'il reste parfois difficile de dresser un bilan synthétique des impacts associés à un événement extrême au sein d'une même cellule sédimentaire. Toutefois, malgré la non-homogénéité des évolutions observées et d'après la classification décrite section 3.4, les impacts associés au passage de BRET ont été évalués à modéré sur ce secteur (Figure 36).

Les plages de la façade Sud-Caraïbe ont également subi différentes modifications morphologiques provoquées par les fortes vagues générées au passage de la tempête tropicale. Les observations réalisées suggèrent principalement des échanges sédimentaires transversaux (dans la direction perpendiculaire au trait de côte) mais aussi parfois latéraux et orientés principalement du secteur est vers le secteur ouest. Comme sur les autres façades, la réponse morphologique associée au passage de la tempête tropicale peut varier localement, selon l'orientation de chacune des cellules sédimentaires et de leurs spécificités. D'après les observations réalisées, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur la Grande anse des Salines à Sainte-Anne et sur les plages de Sainte-Luce montrent généralement une diminution du stock sédimentaire et une érosion modérée, localisée principalement au niveau de la berme située sur le bas de plage. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur ces cellules sédimentaires est modéré (Figure 36). Sur la plage de Dizac au Diamant, les impacts morphologiques mesurés sont plus importants, en particulier sur la portion centrale de la cellule sédimentaire probablement relié à l'orientation (quasi frontale) et à la puissance de la houle sur ce secteur. L'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur cette cellule sédimentaire est fort (Figure 36). Les mesures réalisées au cours des prochaines campagnes de l'observatoire Olimar permettront de mieux évaluer la capacité résiliente de la cellule sédimentaire sur ce secteur.

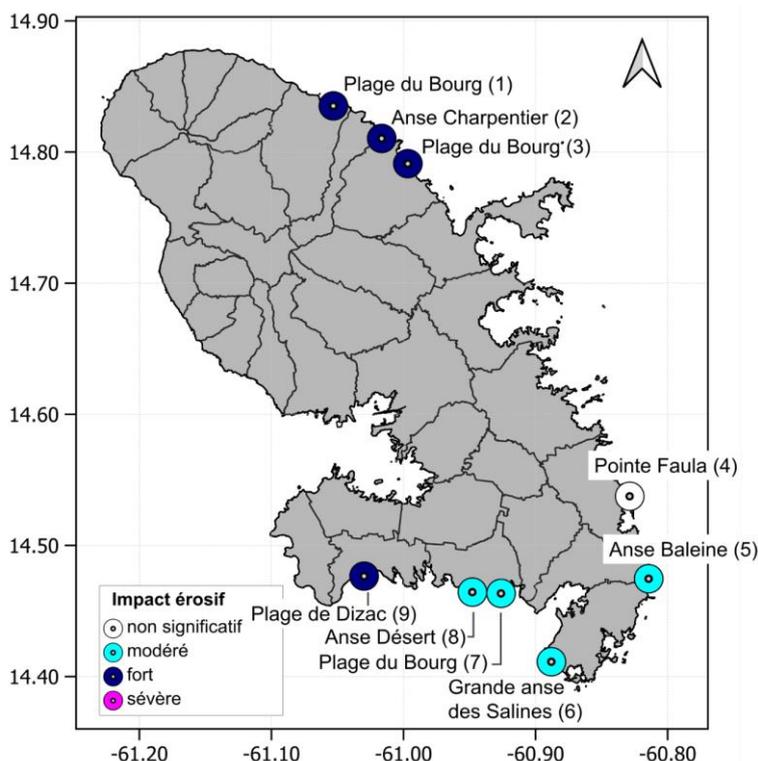


Figure 36 : cartographie synthétique des sites suivis et des impacts morphologiques observés suite au passage de la tempête tropicale BRET du 22 juin 2023. L'échelle d'impact associée est décrite Figure 10.

4.2. OBSERVATIONS ISSUES DU SUIVI PAR IMAGERIE PHOTO

4.2.1. Façade Caraïbe

a) La plage du Coin au Carbet

La plage du Coin est située sur la commune du Carbet (Figure 9) et fait partie d'une cellule sédimentaire qui s'étend sur environ 2.4 km de long. Orientée du nord vers le sud, la plage fait face à la mer des Caraïbes et est caractérisée par un grand linéaire sableux de part et d'autre de l'embouchure de la rivière du Carbet.

Les images capturées par le dispositif de suivi montrent que la plage reste relativement peu exposée aux vagues générées par la tempête tropicale (Figure 40 a1-c1). Au lendemain du passage de BRET sur Saint Vincent et jusqu'au 24 juin, les vagues se propagent avec une composante sud et parviennent alors jusqu'à la côte de la façade Nord-Caraïbe avec des hauteurs qui restent faibles malgré tout par rapport aux autres secteurs de l'île (Figure 40, c1 et Figure 4). D'après les images à disposition, l'amplitude du jet de rive demeure restreinte et atteint le milieu de l'arrière plage sans engendrer d'évolution morphologique majeure. Sur l'image du 24 juin, au lendemain de l'évènement, on note toutefois la formation d'un talus d'érosion peu marqué qui s'étale sur l'ensemble de la cellule sédimentaire (Figure 40, c1).

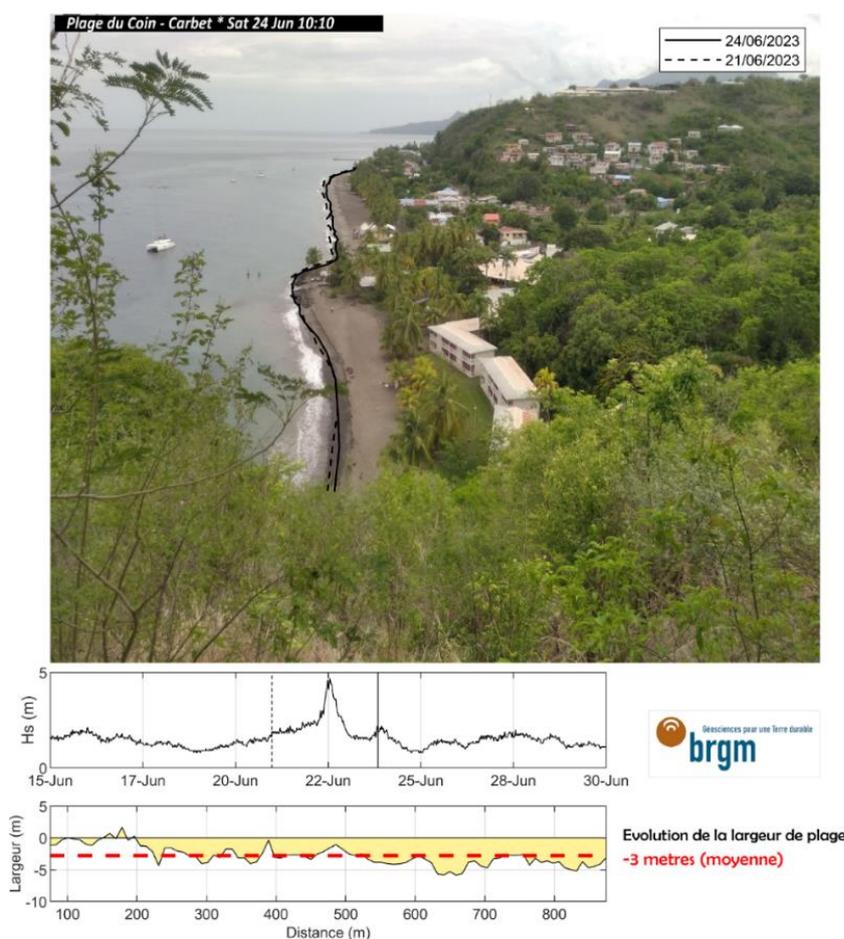


Figure 37 : Evolution de la position du trait de côte avant (21/06) et après (24/06) BRET sur la plage du Carbet. Les panneaux inférieurs décrivent l'évolution temporelle de la hauteur significative des vagues (Hs) pendant l'évènement et les changements observés sur la largeur de plage en fonction du secteur (la distance augmente du Sud vers le Nord).

Ces évolutions morphologiques se traduisent également par un recul de la position du trait de côte et une diminution de la largeur de plage sur environ 3 m en moyenne (Figure 37). D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur cette plage est modéré.

4.2.2. Façade Nord-Atlantique

b) La baie du Marigot

Le site du bourg du Marigot correspond à un fond de baie relativement étroit (~ 250 m de large), orienté vers l'est et donc habituellement exposé aux vagues générées par les alizés. Le secteur nord de la baie abrite quelques bateaux grâce à deux ouvrages portuaires d'une centaine de mètre de long ouvrant vers un chenal d'une vingtaine de mètre de large qui assure les entrées et les sorties du port. Le secteur sud de la baie n'est pas protégé par des ouvrages et reste largement exposé aux échouages de sargasses (Figure 40, b2).

Les images capturées par le dispositif de suivi montrent que les vagues générées par la tempête tropicale parviennent à pénétrer dans la baie avec quelques déferlements ponctuels jusque dans le port le 22 juin en soirée (Figure 40 b2). D'après les images à disposition, l'amplitude du jet de rive reste faible et ne parvient pas à atteindre la zone arrière de la bande côtière (cordon de galets grossiers). Quelques algues sargasses ont été déposées à mi-hauteur sur l'arrière plage et témoignent de la hauteur maximale des niveaux d'eau atteint au cours de la nuit (Figure 40, b3). Les conditions de vagues reviennent à la normale dès le lendemain et aucune évolution morphologique significative n'a été observée.

c) L'anse Charpentier à Sainte-Marie

L'anse Charpentier représente une cellule sédimentaire située à cheval sur les communes du Marigot et de Sainte-Marie et a déjà été décrite dans ce rapport section 3.2f. La baie est ouverte vers l'océan Atlantique et donc exposée aux vagues pendant la durée de la tempête tropicale (Figure 40 a3-c3).

Le puissant jet de rive généré par le déferlement des vagues parvient jusque dans la zone d'arrière plage dans la soirée du 22 juin (Figure 40, b3) en atteignant des hauteurs estimées à plus de 1.50 m (ngm). Les images disponibles montrent une érosion significative du cordon sableux bordant la rivière Charpentier (Figure 40, b3). Ces évolutions morphologiques entraînent le déplacement de l'embouchure de la rivière plusieurs dizaines de mètres vers le sud et un recul de la position du trait de côte évalué à 4 m en moyenne sur la cellule sédimentaire. Toutefois, ces déplacements sédimentaires présentent une certaine variabilité selon le secteur de la plage avec des reculs qui peuvent atteindre jusqu'à 10 m localement. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur cette cellule sédimentaire est fort.

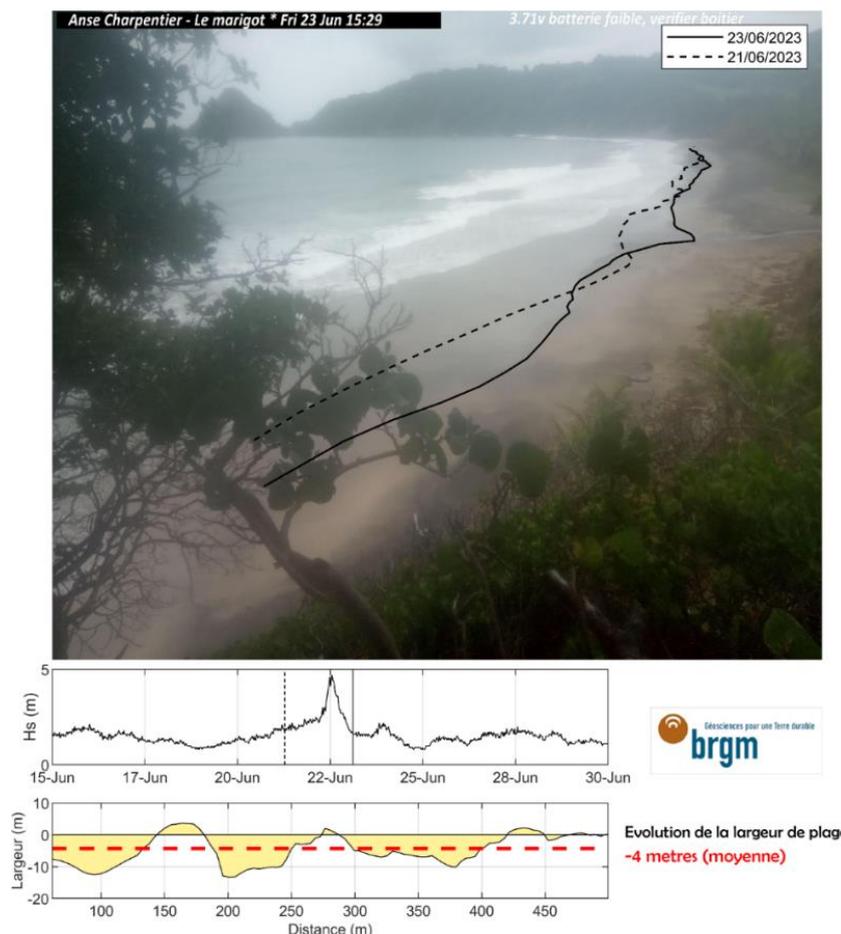


Figure 38 : Evolution de la position du trait de côte avant (21/06) et après (23/06) BRET sur l'anse Charpentier. Les panneaux inférieurs décrivent l'évolution temporelle de la hauteur significative des vagues (Hs) pendant l'évènement et les changements observés sur la largeur de plage en fonction du secteur (la distance augmente du Nord vers le Sud).

d) La plage du bourg à Sainte-Marie

La plage du bourg est située sur la commune de Sainte-Marie et s'étend sur environ 1 km de long et a déjà été décrite dans ce rapport section 3.2e. Orientée nord-est et ouverte vers l'océan Atlantique, la plage est exposée aux vagues pendant la durée de l'évènement (Figure 41, a1-c1).

Comme sur le site de l'anse Charpentier, le jet de rive généré par le déferlement des vagues parvient jusque dans la zone d'arrière plage dans la soirée du 22 juin (Figure 41, c1) en atteignant des hauteurs estimées à plus de 1.20 m (ngm). Les images disponibles montrent que la submersion temporaire d'une partie de la plage entraîne la remobilisation des algues par la mer et une forte diminution de la quantité de sargasses échouées sur le bord de plage dès les premières heures de l'évènement. Le 24 juin, alors que les conditions en mer reviennent à la normale (Hs < 2 m, Figure 41), un recul de la position du trait de côte supérieur à 10 m est visible à l'extrémité nord de la cellule sédimentaire (Figure 41, a3 et Figure 39).

Ce recul se traduit par une diminution de la largeur de plage et reste légèrement moins prononcé (facteur 2) sur le secteur central de la cellule où il atteint ~ 5 m. Similairement aux évolutions morphologiques observées sur le l'anse Charpentier, l'impact de la tempête tropicale BRET sur la plage de Sainte-Marie a été évalué comme étant fort.

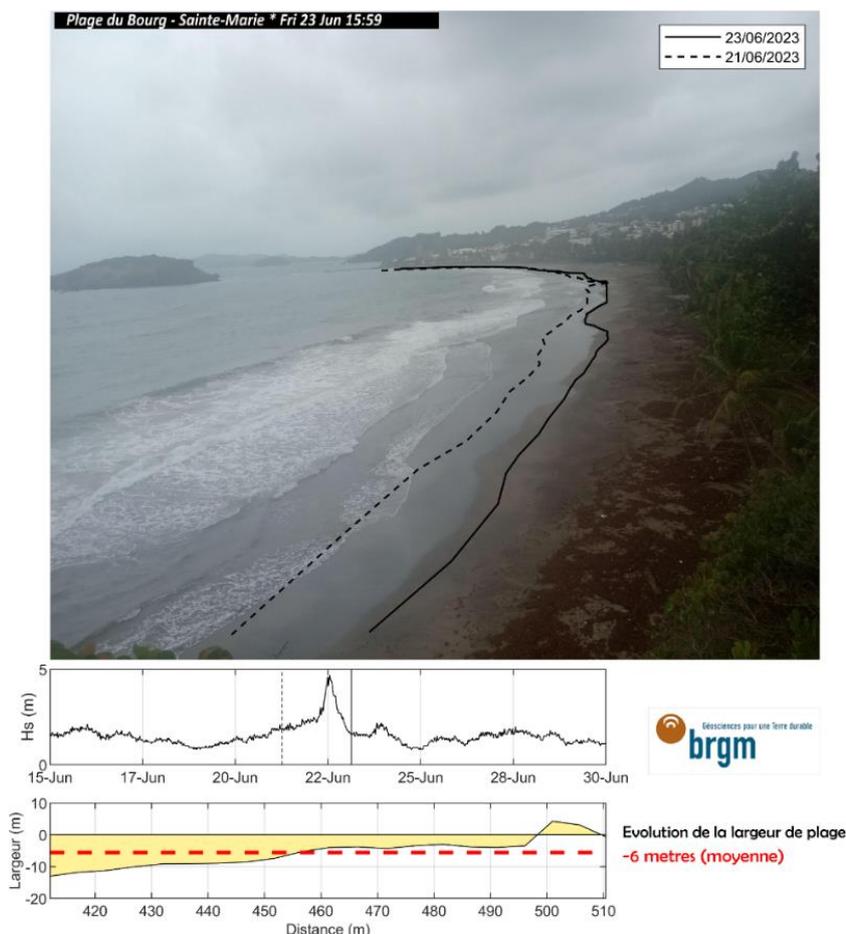


Figure 39 : Evolution de la position du trait de côte avant (21/06/2023) et après (24/06/2023) le passage de la tempête tropicale BRET sur la plage du bourg de Sainte-Marie. Les panneaux inférieurs décrivent l'évolution temporelle de la hauteur significative des vagues (Hs) pendant l'évènement et l'évolution de la largeur de plage résultante en fonction du secteur (la distance augmente du Nord vers le Sud).

e) L'anse l'Etang à la Trinité

La plage de l'anse l'Etang est une cellule sédimentaire située sur la presqu'île de la Caravelle à la Trinité et fait partie des sites suivis par l'observatoire depuis 2019. La plage s'étend sur plus de 700 m de long, délimitée par un cap rocheux à l'ouest (pointe de l'anse l'Etang) et une pointe rocheuse à l'est qui la sépare de l'anse Dufour.

Au cours de l'évènement alors que l'énergie des vagues augmente, les images disponibles montrent que les hauts fonds situés à plusieurs dizaines de mètres du rivage provoquent le déferlement des vagues. Les vagues parviennent à atteindre la côte avec une énergie relativement faible par rapport aux conditions mesurées au large et dans la soirée du 22 juin, le jet de rive reste peu étendu sur la plus grande partie de la cellule sédimentaire (peu de débordement sur l'arrière plage, Figure 41). Toutefois, le cordon sédimentaire est très réduit sur le secteur est de la cellule et les observations réalisées indiquent que le jet de rive a pu atteindre la basse falaise située en arrière-plage. En effet, contrairement au secteur ouest où la plage est relativement large, son extrémité opposée, située en face du village vacance est très exposée au phénomène d'érosion car la quasi-totalité du stock sédimentaire a disparu sur ce secteur. Les observations réalisées sur site quelques jours après l'évènement n'indiquent pas d'évolution morphologiques majeures suite au passage de la tempête tropicale BRET. D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de la tempête tropicale BRET sur cette cellule sédimentaire resté modéré.

4.2.3. Façade Sud-Atlantique

f) *Petite anse Macabou au Vauclin*

La plage de Petite anse Macabou est située sur la commune du Vauclin et s'étend sur environ 0.6 km de long. La cellule sédimentaire est délimitée par la pointe Marie-Catherine au Sud et par une côte végétalisée peu escarpée au Nord. Des sargasses échouées sont très fréquemment présentes sur la plage.

Les images disponibles montrent que les niveaux d'eau atteignent des valeurs bien supérieures à la normale dans la soirée du 22 juin (Figure 41, b3). Le jet de rive s'étend jusqu'à la limite de végétation située sur l'arrière plage et la banquette de sargasse initialement présente et bien visible à proximité du rivage est remobilisée temporairement par la mer. Suite au passage de la tempête tropicale BRET, les algues parviennent à s'échouer de nouveau en grande quantité à la côte et une diminution importante du stock sédimentaire est visible sur le secteur de l'arrière plage (Figure 41, c3). De par la présence de sargasses, il reste difficile d'estimer précisément le recul de la position du trait de côte associé au passage de BRET mais la zone tampon fournie par la plage apparaît réduite et le système d'arrière plage est vulnérable aux prochains coups de mer (Figure 41, b3). D'après la classification décrite section 3.4, l'impact morphologique de BRET sur le site de Petite anse Macabou a été évalué comme étant fort.

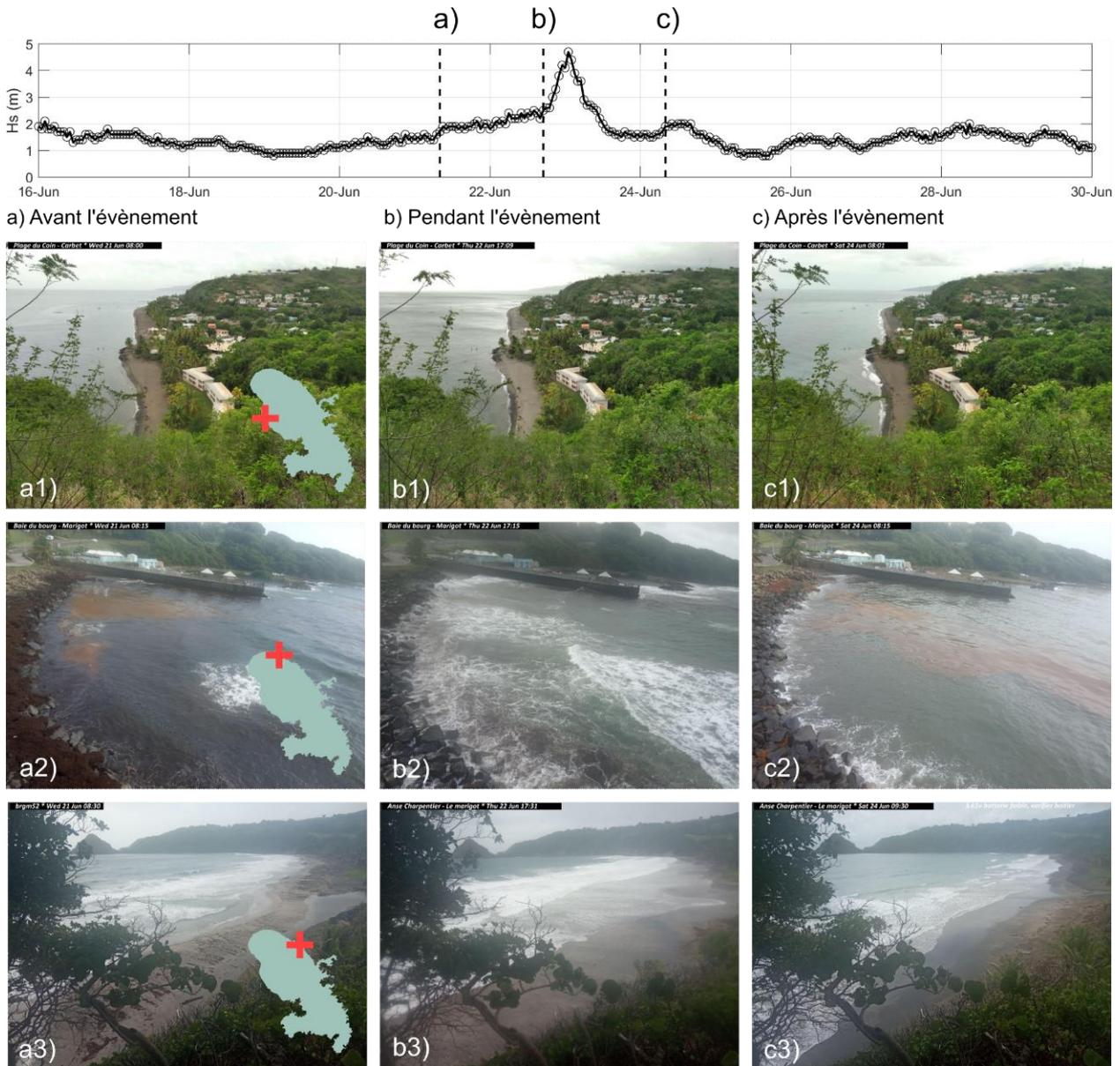
4.2.4. Bilan des observations

Sur l'ensemble des sites suivi par imagerie photo et analysés dans le cadre de cette étude, seul le fond de baie situé dans le bourg du Marigot ne montre pas d'évolutions significatives liées au passage de la tempête tropicale BRET.

Sur d'autres secteurs de la façade Nord-Atlantique (anse l'Etang) ou de la façade Nord-Caraïbe (plage du Coin), les évolutions sont plus marquées avec parfois une réduction de la largeur de la plage sur quelques mètres et une érosion visible avec des impacts concentrés uniquement sur le bas de plage. Ces plages, dont l'orientation se situe sur le quart nord-nord-est à ouest-nord-ouest, est resté peu exposé à la houle d'est générée par le passage de la tempête et montre alors des évolutions moins marquées que sur d'autres secteurs.

Sur les plages de la façade Nord-Atlantique comme sur l'anse Charpentier ou sur la plage de Sainte-Marie, les évolutions sont plus marquées avec parfois une réduction de la largeur de la plage qui excède 10 m bien que l'arrière plage soit restée intacte. Sur ces cellules sédimentaires, suite au passage de la tempête tropicale, la zone tampon fournie par la plage est réduite et le système d'arrière plage est vulnérable aux prochains coups de mer.

De par son orientation est et sa proximité avec le centre du système cyclonique, la plage de Petite anse Macabou fut plus exposée aux fortes vagues et à la surcote marine. Les observations réalisées sur cette cellule sédimentaire décrivent une forte érosion.



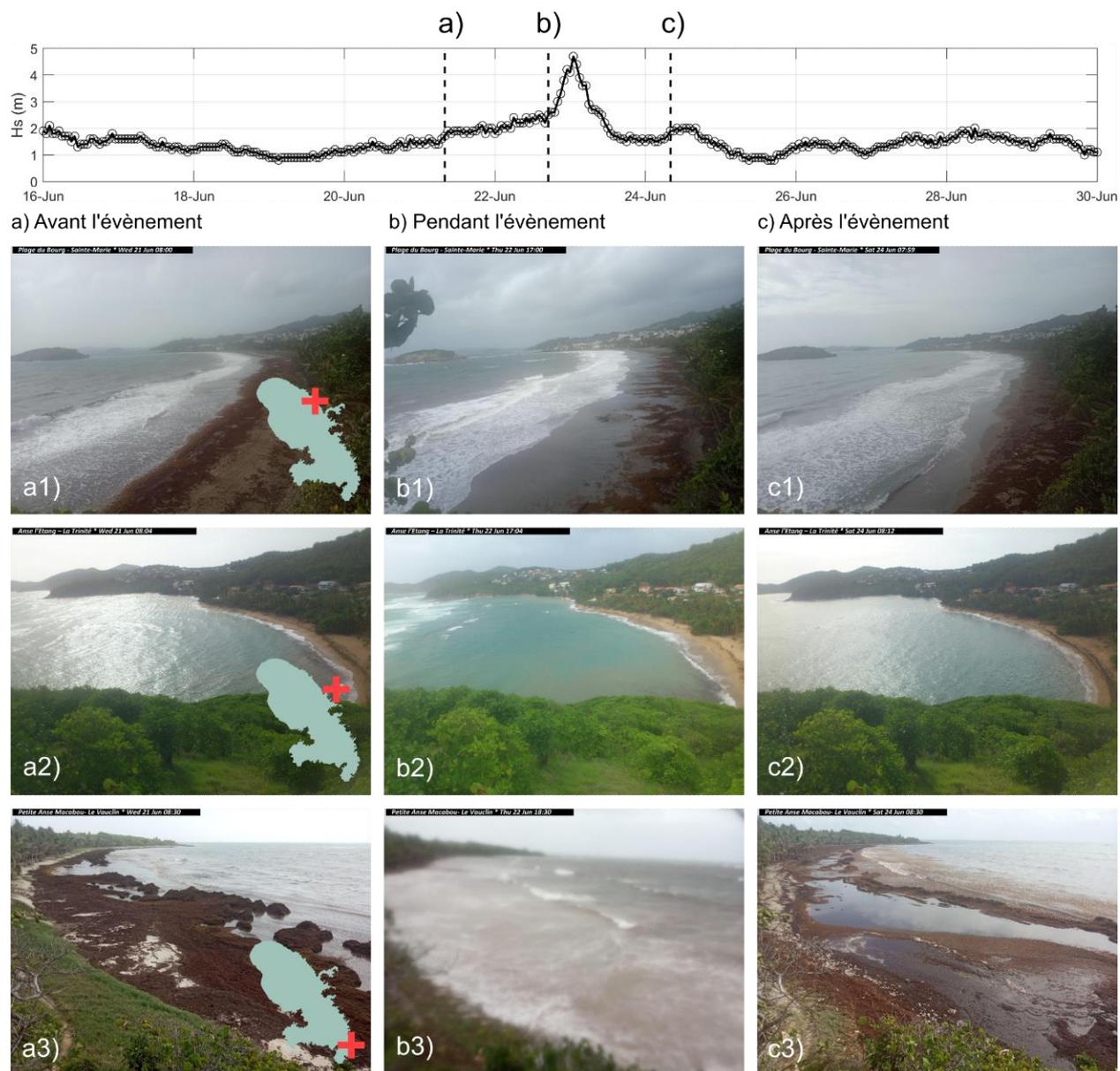


Figure 41 : (en haut) évolution temporelle de la hauteur significative des vagues mesurée à la bouée basse Pointe entre le 16 et le 30 juin 2023. (a1-a3) séquence illustrant la situation « avant l'évènement » sur la plage du bourg de Sainte-Marie (a1), anse l'Étang à Trinité (a2) et Petite anse Macabou au Vauclin (a3). Les situations « pendant l'évènement » et « après l'évènement » sont illustrées par les figures b1-b3 et c1-c3 respectivement.

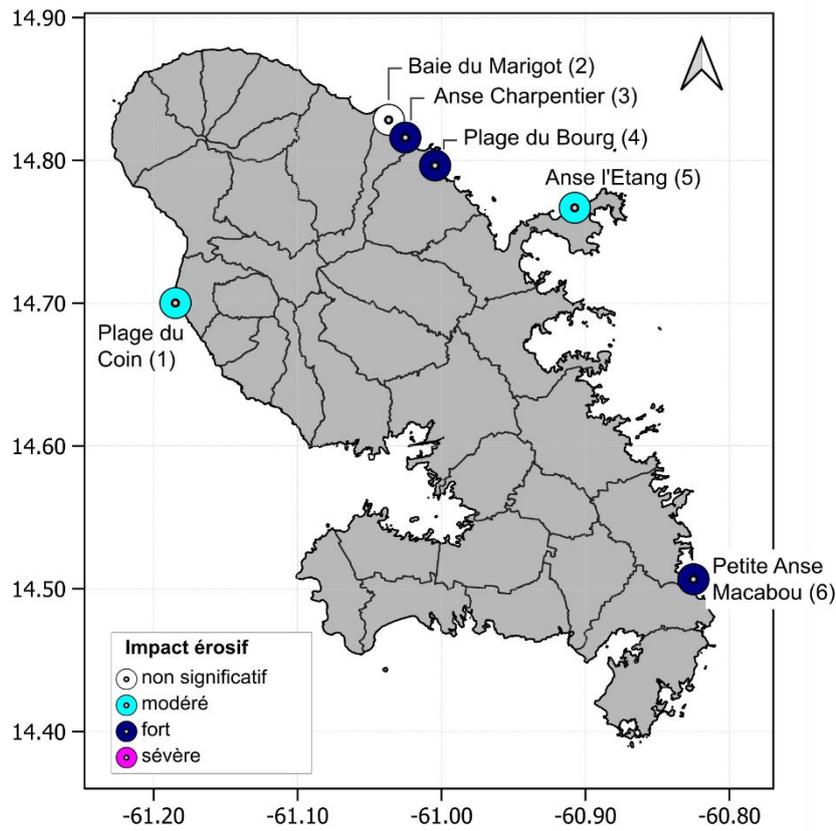


Figure 42 : cartographie synthétique des sites suivis par imagerie photo et des impacts morphologiques observés suite au passage de la tempête tropicale BRET du 22 juin 2023. L'échelle d'impact associée est décrite Figure 10.

5. Conclusion

Dans la nuit du 21 juin 2023, la tempête tropicale BRET poursuit son déplacement vers l'ouest en direction de l'arc des Petites Antilles et traverse Saint-Vincent dans la nuit du 22 au 23 juin. Les vagues mesurées dans le canal de Sainte-Lucie atteignent une hauteur significative autour de 6 m au pic de l'évènement avec un fort potentiel érosif.

Un diagnostic post-évènement a été réalisé par le BRGM entre le 20 juin et le 4 juillet et comprend des observations et des mesures topographiques réalisées avant et après l'évènement sur plusieurs plages sableuses de Martinique afin d'établir un bilan des impacts morphologiques générés par la houle.

Sur les plages de la façade Nord-Atlantique (Plage du bourg du Lorrain, anse Charpentier ou la plage du bourg de Sainte-Marie), les évolutions observées sont essentiellement caractérisées par un recul de la position de la berme entraînant un recul de la position du trait de côte supérieur à 5 m. Sur les façades Sud-Atlantique (Petite anse Macabou au Vauclin) et Sud-Caraïbe (plage de Dizac au Diamant), les évolutions observées sont légèrement moins marquées mais décrivent parfois localement un affaissement généralisé du profil de plage qui entraîne un recul de la position du trait de côte significatif supérieur à 3 m. Sur le site de l'anse l'Etang (La Trinité), anse Baleine (le Marin), la grande anse des Salines (Sainte-Anne), les plages de Sainte-Luce ou encore sur la plage du Carbet, les impacts sont plus modérés avec des reculs de la position du trait de côte inférieurs à 3 m en moyenne. La baie du Marigot et la plage de la Pointe Faula (Le Vauclin) ne montrent pas d'évolutions significatives liées au passage de BRET.

Les mesures réalisées montrent que la réponse morphologique des plages sableuses du littoral martiniquais face à un évènement extrême est très contrastée et reste spécifique aux différents caractéristiques de chacune des cellules sédimentaires. Par ailleurs, les liens entre les évènements extrêmes et les évolutions morphologiques du littoral sont encore très peu documentés en Martinique et la compréhension des phénomènes ou la quantification des effets sur le trait de côte restent encore assez méconnus. Néanmoins, dans un contexte de changement climatique, une meilleure anticipation du phénomène de recul de la position du trait de côte est indispensable pour l'aménagement du territoire et repose fondamentalement sur une compréhension quantitative robuste du bilan sédimentaire, y compris toute contribution sédimentaire majeure à court terme par les phénomènes extrêmes. Une meilleure caractérisation des phénomènes de reculs majeurs évènementiels du trait de côte en Martinique est donc aujourd'hui un sujet essentiel.

Les informations collectées pendant la tempête tropicale BRET constituent un nouveau maillon essentiel pour améliorer la compréhension et la quantification des phénomènes de reculs évènementiels majeurs du trait de côte associés aux évènements météorologiques de fortes intensités. Ainsi, les différentes informations enregistrées viendront alimenter le dispositif de surveillance « érosion » en cours de déploiement et ainsi co-construire une base de données collaborative permettant d'archiver et de quantifier les impacts des évènements extrêmes à venir.

L'anticipation du recul de la position du trait de côte repose sur la connaissance des évolutions historiques et sur une bonne compréhension locale du fonctionnement de la dynamique du littoral. Les observations présentées dans ce rapport montrent que les évènements comme la tempête tropicale BRET peuvent être à l'origine d'importantes modifications du profil de plage. Ainsi, les mesures réalisées par l'observatoire Olimar (www.observatoire-olimar.fr) permettent de mieux appréhender ces phénomènes et sont indispensables pour améliorer la connaissance et notre capacité à prévenir les risques liés aux phénomènes de recul du trait de côte.

6. Références

- Bouvier, C., Korteling, J., Price, T. D., Balouin, Y., & Castelle, B. (2020). OBSERVATION AND MODELLING OF SHOREWARD PROPAGATING ACCRETIONARY WAVES (SPAWS) ON MICROTIDAL BEACHES. *Coastal Engineering Proceedings*, 36v, sediment.27. <https://doi.org/10.9753/icce.v36v.sediment.27>
- Bouvier, C., Njakam, A., Robinet, A., & Azorakos, G. (2023). SMARTPHONE BASED SHORELINE MONITORING: AN INTERSITE COMPARISON IN LESSER ANTILLES. In *Coastal Sediments* (pp. 255–266). https://doi.org/10.1142/9789811275135_0023
- BRGM/RP-69651-FR. (2020). *Bouvier C., De Cathelineau T. et Valentini N. Suivi de la dynamique des échouages de sargasses sur le littoral martiniquais – Développement et application des algorithmes. Rapport final.*
- BRGM/RP-70659-FR, R. (2021). *Bouvier, C. Observatoire de la dynamique du littoral martiniquais (OLiMar) – Rapport technique d’année 2 et 3 (2019-2020).*
- BRGM/RP-71396-FR. (2021). *Bouvier, C. Suivi des échouages de sargasses sur le littoral de la Martinique (rapport technique des années 2020 et 2021). Rapport final V1. BRGM/RP-71396-FR, 42 p.*
- BRGM/RP-72256-FR, R. (2022). *Bouvier, C. Suivi des échouages de sargasses sur le littoral de la Martinique (2020 - 2022).*
- Ferreira, Ó., Plomaritis, T. A., & Costas, S. (2017). Process-based indicators to assess storm induced coastal hazards. *Earth-Science Reviews*, 173, 159–167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.07.010>
- Harley, M. D., Kinsela, M. A., Sánchez-García, E., & Vos, K. (2019). Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images. *Coastal Engineering*, 150, 175–189. <https://doi.org/10.1016/J.COASTALENG.2019.04.003>
- Leaman, C. K., Harley, M. D., Splinter, K. D., Thran, M. C., Kinsela, M. A., & Turner, I. L. (2021). A storm hazard matrix combining coastal flooding and beach erosion. *Coastal Engineering*, 170, 104001. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.104001>
- rapport BRGM/RP-55954-FR. (2008). *A.V Barras, C. Oliveros, B. Joseph, C. Marimoutou. Inventaire et caractérisation des impacts de la houle cyclonique de Dean (17 août 2007) sur le littoral de la Martinique.*
- rapport BRGM/RP-67298. (2017). *M. Lombard et A. Nachbaur. Inventaire des impacts occasionnés par la houle cyclonique associée à l’ouragan MARIA (18 septembre 2017) sur la côte Nord-Caraïbe de la Martinique.*
- Sallenger Jr, A. H. (2020). Storm Impact Scale for Barrier Islands. *Journal of Coastal Research*, 890–895. <https://www.jstor.org/stable/4300099>
- SHOM. (2020). *Références Altimétriques Maritimes.*

Annexe 1 : Catalogue photo (façade Nord-Atlantique)

1. Le Lorrain



Figure 43 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 20 juin 2023 sur le secteur nord (en haut), sud (en milieu) et central (en bas) de la plage du bourg au Lorrain. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 27 juin 2023 (copyright BRGM).

2. Anse Charpentier



Figure 44 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 20 juin 2023 sur le secteur nord (en haut) et sud (en bas) de l'anse Charpentier. (A droite) Photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 27 juin 2023 (copyright BRGM).

3. Sainte Marie



Figure 45 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 20 juin 2023 sur le secteur sud de la plage du bourg de Sainte Marie. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 27 juin 2023 (copyright BRGM).

Annexe 2 : Catalogue photo (façade Sud-Atlantique)

1. Pointe Faula



Figure 46 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 21 juin 2023 sur le secteur nord-ouest (en haut) et sud (en bas) de la Pointe Faula. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale le 06 juillet 2023 (copyright BRGM).

2. Anse Baleine



Figure 47 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 21 juin 2023 sur le secteur nord (en haut), central (au milieu) et sud (en bas) de l'Anse Baleine. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale le 30 juin 2023 (copyright BRGM).

Annexe 3 : Catalogue photo (façade Sud-Caraïbe)

1. Les Salines



Figure 48 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 21 juin 2023 sur le secteur sud-ouest (en haut), central (au milieu) et nord-est (en bas) de la Grande anse des Salines. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 04 juillet 2023 (copyright BRGM).

2. Sainte Luce

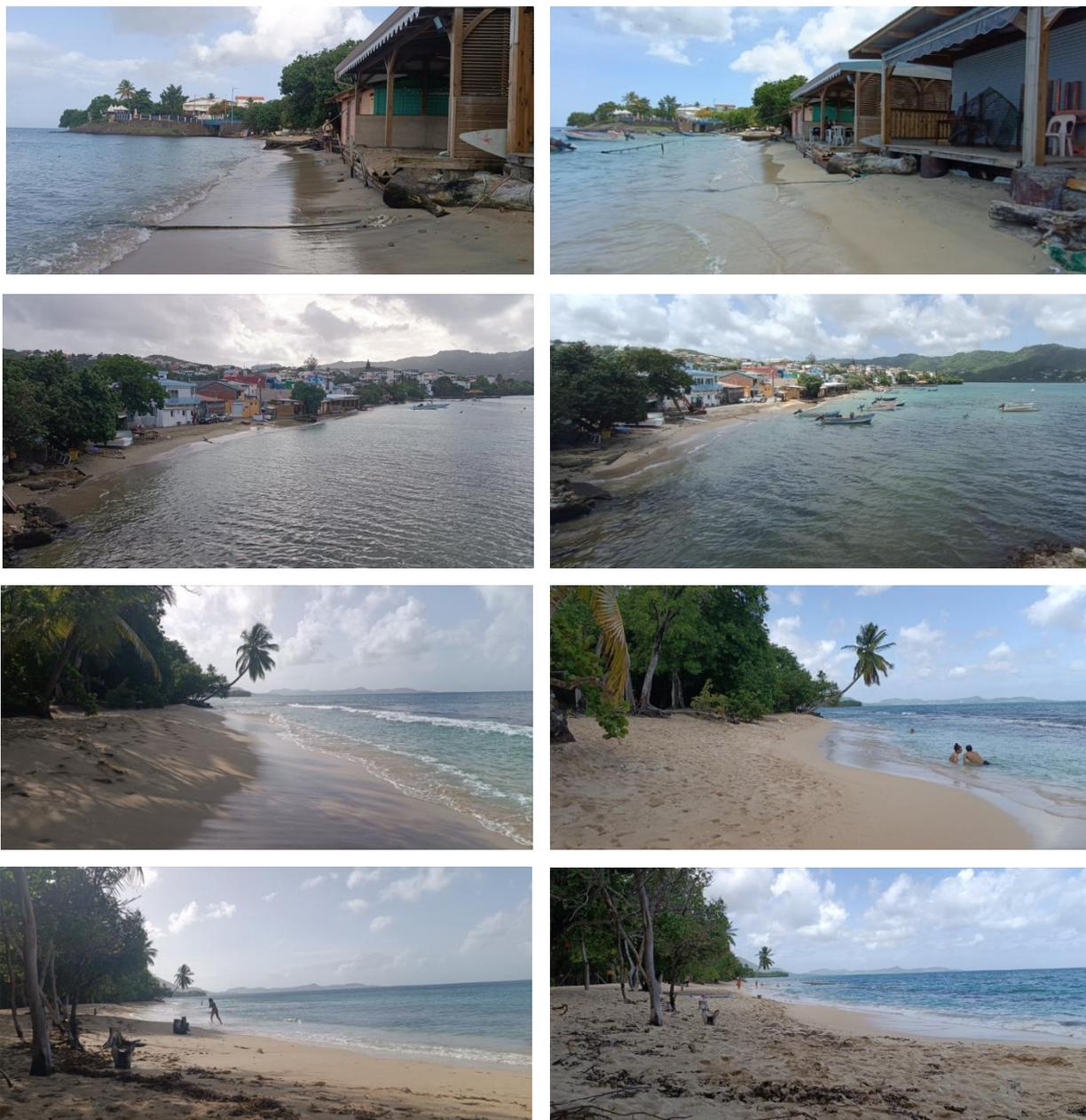


Figure 49 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 22 juin 2023 sur le secteur central (en haut) et est (deuxième panneau en partant du haut)) de la plage du bourg de Sainte Luce ou sur le secteur est (troisième panneau en partant du haut) et central (dernier panneau en partant du haut) de l'Anse Désert. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 26 juin 2023 (copyright BRGM).

3. Le Diamant



Figure 50 : (à gauche) photographies capturées avant le passage de la tempête tropicale BRET le 22 juin 2023 sur le secteur central (en haut et au milieu) et est (en bas) de la plage de Dizac au Diamant. (A droite) photographies capturées après le passage de la tempête tropicale BRET le 28 juin 2023 (copyright BRGM).

Annexe 4 : Communiqué de presse



Fort-de-France, le 22 juin 2023

Communiqué de presse

**Alerte cyclonique : passage au niveau ROUGE
PRÉPAREZ-VOUS**

Le renforcement de la tempête tropicale BRET pendant la nuit du 21 au 22 juin a conduit le Préfet à réunir ce matin à 06h30 les services de l'État et Météo-France pour un point de situation.

Compte tenu de l'évolution de la situation, le Préfet place la Martinique en alerte cyclonique ROUGE

Cette décision prend effet à compter de **12h00** ce jour.

Un nouveau point sur la situation de la tempête tropicale BRET sera fait par les services de l'État **aujourd'hui à 12h00**.

Il est ainsi demandé de se préparer et de suivre les mesures individuelles et collectives suivantes, à diffuser le plus largement possible.

Mesures collectives :

- L'activité économique est arrêtée et les acteurs économiques doivent mettre en œuvre les mesures de protection de leur entreprise ou commerce et libérer le maximum de leur personnel,
- Tous les transports en commun sont interrompus (bus, liaison inter-îles, etc.),
- Tous les grands rassemblements (sportifs, festifs, culturels, etc.) sont annulés,
- Toutes les sorties en mer (professionnelles ou loisirs) sont formellement interdites,
- Tous les animaux, y compris ceux de compagnie, doivent être rentrés,
- Les médias vont diffuser de manière continue les informations sur le phénomène.

Mesures individuelles :

- Tenez-vous informés de l'évolution du phénomène en consultant régulièrement les bulletins de Météo-France et appliqués les consignes de sécurité,
- Avant de prendre la route, informez-vous des éventuelles déviations mises en place par la Collectivité territoriale de Martinique,
- Préparez votre habitation (protection des ouvertures, mise à l'abri des objets, démontage des installations susceptibles d'être emportées),
- Mettez hors d'eau les objets susceptibles d'être touchés par une inondation,
- Protégez vos documents personnels et importants (papiers d'identité, carnet de vaccination, factures, certificats de garanties, etc.),
- Si vous habitez en zone inondable, surveillez la montée des eaux,
- Ne vous engagez sous aucun prétexte à pied ou en voiture sur une voie immergée,
- Les activités en mer sont totalement interdites (ex. : kitesurf, voile),
- Signalez votre départ et votre destination à des proches,

Figure 51: Communiqué de presse de la préfecture de la Martinique du 22 juin.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale de Martinique

4 lot. Miramar – Route Pointe des Nègres

Tél. : 05 96 71 17 70

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm