Document public

Digitalisation de la position du trait de côte de 2017 sur les plages sableuses en Martinique, par photo-interprétation de l'ORTHO HR®

Rapport final

BRGM/RP-69930-FR
Août 2020

PRÉFET DE LA MARTINIQUE
Liberté
Égalité
Fraternité

Direction
de l'environnement,
de l'aménagement et du logement

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

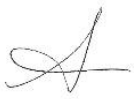
Digitalisation de la position du trait de côte de 2017 sur les plages sableuses en Martinique, par photo-interprétation de l'ORTHO HR®

Rapport final

BRGM/RP-69930-FR
Août 2020

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Recherche du BRGM 2019 – AP18FDF009

M. Lombard
Avec la collaboration de
C. Bouvier

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : Manuel MOISAN	Nom : B. Vittecoq
Fonction : Ingénieur littoral	Fonction : Directeur Régional Martinique
Date : 20/05/2020	Date : 18/08/2020
Signature **:** 	Signature **:**

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

PRÉFET DE LA MARTINIQUE
Liberté
Égalité
Fraternité

Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots-clés : littoral, plage sableuse, trait de côte, jet de rive, haut de plage, photographie aérienne, Martinique

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

Lombard M. et Bouvier C. (2020) – Digitalisation de la position du trait de côte de 2017 sur les plages sableuses en Martinique, par photo-interprétation de l'ORTHO HR®. Rapport final. BRGM/RP-69930-FR, 20 p., 10 ill.

© BRGM, 2020, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans la démarche de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte initiée par le MEDDE en 2012 et dans le cadre des opérations de Service public du BRGM, une convention de recherche et développement a été signée le 1er octobre 2018 entre la DEAL et le BRGM relative à l'accompagnement de la gestion de l'érosion du littoral en Martinique.

Une des actions de cette convention concerne la digitalisation de la position du trait de côte sur les 117 plages sableuses principales de la Martinique, par photo-interprétation de l'orthophotographie de l'IGN de 2017. Les deux indicateurs retenus ici pour définir la position du trait de côte sont la limite du jet de rive et le haut de plage, caractérisé par la limite de végétation ou la présence d'aménagement. Les 117 plages à partir desquelles la position de ces deux indicateurs a été digitalisée représentent un linéaire de 57 km.

Depuis 2011, plusieurs études ont été produites par le BRGM à la demande de la DEAL : caractérisation des climats de vagues et définition des cellules sédimentaires (Nachbaur et al., 2015), analyse diachronique de l'évolution du trait de côte à l'échelle régionale (Lemoigne et al., 2013 ; Nachbaur et al., 2015), réseau de suivi du littoral sur les plages à enjeux (Nachbaur et al., 2019). Plus d'information sur les publications réalisées par le BRGM relatives à la thématique littorale sont disponibles sur www.observatoire-olimar.fr.

Les données produites dans le cadre de ces études sont mises à la disposition de l'ensemble des acteurs de la gestion et de l'aménagement du littoral. Cette nouvelle action vise à consolider les données existantes sur l'évolution du littoral martiniquais et s'inscrit dans la continuité de l'étude comparative de l'évolution de la position du trait de côte de 1951, 2004 et 2010 (avec un indicateur de la position du haut de plage) réalisée par Nachbaur et al. (2015), pour évaluer la dynamique des plages sableuses de la Martinique.

Les données SIG produites sont visualisables et téléchargeables via la plateforme de cartographie Carmen accessible sur le site de l'Observatoire OLIMAR (www.observatoire-olimar.fr).

Sommaire

1. Cadre et objectifs 7

2. Principes retenus pour l'étude du trait de côte en Martinique 9

2.1. PRESENTATION DE LA METHODE RETENUE POUR L'ETUDE.....9
2.1.1. Donnée source utilisée 9
2.1.2. La définition du trait de côte adoptée en Martinique 9

2.2. DIGITALISATION DU TRAIT DE COTE.....12
2.2.1. Outils de digitalisation 12
2.2.2. Précision de la digitalisation 12
2.2.3. Digitalisation de la limite de jet de rive 13
2.2.4. Digitalisation de la limite de végétation 15

2.3. RESULTATS SIG.....16

3. Conclusion.....17

4. Bibliographie 19

Liste des illustrations

Illustration 1 - Caractéristiques de la campagne photographique ORTHO HR® 2017 9

Illustration 2 - Localisation des 117 plages sableuses à l'échelle de la Martinique 10

Illustration 3 - Désignation des types de trait de côte "haut de plage" de 2017 en fonction de la typologie côtière de référence de 2010 10

Illustration 4 - Types de traits de côte "haut de plage" (Source : ORTHO HR® IGN 2017) 11

Illustration 5 - Type de haut de plage "rocher" défini dans le cas des côtes rocheuses peu escarpées, des côtes à falaises escarpées et des côtes peu escarpées végétalisées (Source : ORTHO HR® IGN 2017)..... 11

Illustration 6 - Exemples de position de l'indicateur de trait de côte "jet de rive" (Source : ORTHO HR® IGN 2017 – Echelle des figures : 1/1000)..... 14

Illustration 7 - Aide à la détermination du jet de rive sur certaines plages par les photographies de terrain - Exemples : Anse Azérot à gauche (31/08/18) et Anse Michel à droite (04/09/18)..... 15

Illustration 8 - Position de l'indicateur de trait de côte "haut de plage" en cas d'ombre apporté par la végétation (Source : ORTHO HR® IGN 2017) 15

Illustration 9 - Limite de végétation rampante (trait jaune en pointillés) à Petite Anse Macabou (photo prise le 04/09/2018) 16

Illustration 10 - Exemple de données SIG disponibles : deux indicateurs de trait de côte sur la plage du Diamant (Source : ORTHO HR® IGN 2017) 16

1. Cadre et objectifs

La Martinique est une île volcanique tropicale d'environ 1080 km² et qui présente un linéaire côtier d'environ 450 km, dont 117 plages sableuses principales réparties sur un linéaire de 57 km.

Depuis 2011, plusieurs études ont été produites par le BRGM à la demande de la DEAL et mises à la disposition de l'ensemble des acteurs de la gestion et de l'aménagement du littoral :

- caractérisation des climats de vagues et définition des cellules sédimentaires (Nachbaur et al. 2015) ;
- digitalisation de la position du trait de côte et analyse diachronique de l'évolution du littoral (Lemoigne et al., 2013 ; Nachbaur et al. 2015) ;
- suivi saisonnier des plages à enjeux (Nachbaur et al. 2019)

Dans la continuité de ces actions visant à améliorer la connaissance de la dynamique globale du trait de côte à l'échelle de la Martinique et des processus côtiers locaux à l'origine des évolutions observées, l'analyse comparative de la position du trait de côte sur différentes années est nécessaire pour évaluer la dynamique des plages sableuses sur le long terme. L'analyse comparative de la position du trait de côte de 1951, 2004 et 2010 a permis de quantifier la mobilité du trait de côte martiniquais à l'échelle régionale sur les 60 dernières années (Nachbaur et al. 2015). Sur les 117 plages sableuses identifiées, 25 présentent un recul de la limite de végétation entre 1951 et 2010. Dans la continuité de cette analyse diachronique de la position du trait de côte, l'intégration d'une donnée réactualisée apparaît essentielle pour affiner la compréhension de dynamique des plages sableuses de la Martinique sur la période récente.

L'étape préliminaire dans cette action de capitalisation et de valorisation des données littorales, prévue dans le cadre de la convention de recherche et développement partagée entre le BRGM et la DEAL signée le 1er octobre 2018, a consisté à digitaliser la position du trait de côte par interprétation de l'orthophotographie de l'IGN de 2017.

Ce travail s'inscrit pleinement dans la démarche de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte initiée par le MEDDE en mars 2012, visant notamment à « Développer l'observation du trait de côte et identifier les territoires à risques érosion pour hiérarchiser l'action publique ».

2. Principes retenus pour l'étude du trait de côte en Martinique

2.1. PRESENTATION DE LA METHODE RETENUE POUR L'ETUDE

Le principe repose sur la digitalisation de la position du trait de côte à partir d'une photographie aérienne. Il s'agit de l'étape préalable à la comparaison diachronique de l'évolution du littoral. Cette méthode permet de mesurer, de manière quantitative la dynamique du trait de côte sur des linéaires importants à différentes échelles temporelles.

2.1.1. Donnée source utilisée

Dans le cadre de cette étude, la campagne photographique géoréférencée utilisée pour la digitalisation du trait de côte est l'ORTHO HR® de 2017, la plus récente disponible sur l'intégralité du littoral. Les spécifications de l'orthophotographie sont résumées dans le tableau suivant (Illustration 1).

Année	Période	Type	Colorimétrie	Source	Résolution
2017	Carême (janvier - mars)	Collection de mosaïques numériques d'orthophotographies aériennes	Couleur	IGN	20 cm

Illustration 1 - Caractéristiques de la campagne photographique ORTHO HR® 2017.

2.1.2. La définition du trait de côte adoptée en Martinique

L'analyse de la mobilité du littoral repose avant tout sur la définition d'un indicateur de la position du trait de côte, qui puisse être représentatif de l'état global du littoral du point de vue de son évolution sédimentaire (Mallet et Michot, 2012).

Une définition géomorphologique du trait de côte a été attribuée à chaque type de côte martiniquaise par Lemoigne et al. (2013). Un trait de côte de référence, précisant la typologie côtière martiniquaise, a ainsi été digitalisé, à partir de l'ORTHO HR® de 2010. Un type de côte « plage sableuse » a notamment été défini.

Les 117 plages considérées dans la présente étude (cf. Illustration 2), réparties sur un linéaire de 57 km, ne correspondent pas sensu stricto à la typologie « plage sableuse » identifiées par Lemoigne et al. (2013) mais plutôt aux cellules sédimentaires, définies par Nachbaur et al. (2015). Ces unités, peuvent être définis par des portions de côte à l'intérieur desquelles les circulations sédimentaires, contrôlées par la dérive littorale ont un fonctionnement autonome par rapport aux portions voisines. Ces 117 cellules sont composées en majorité du type de côte « plage sableuse » mais présentent parfois des portions où la typologie peut être différente.

Le limite du haut de plage peut ainsi être naturelle ou anthropique, selon la présence de végétation (arborée ou rampante), d'un pied de falaise ou d'aménagements côtiers (enrochements, ouvrages portuaires, habitations). Ces différents indicateur de la position du trait de côte au sens « haut de plage » sont présentés à titre d'exemple dans plusieurs contextes rencontrés en Martinique en Illustration 4 et 5.

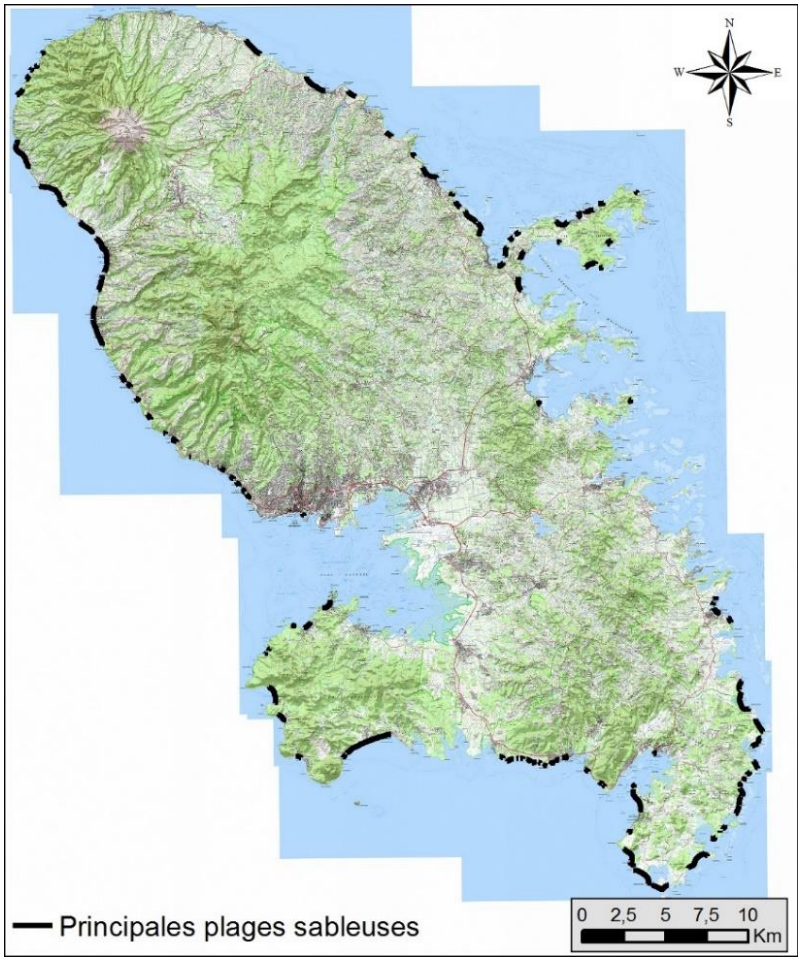


Illustration 2 - Localisation des 117 plages sableuses à l'échelle de la Martinique.

Type de côte	Indicateur de la position du trait de côte d'après Lemoigne et al. (2013)	Désignation de l'indicateur « haut de plage » utilisé en 2017
Côtes basses rocheuses	Limite de la zone déferlement	Rocher
Côtes à falaises escarpées	Pied de falaise	
Côtes peu escarpées végétalisées	Limite de végétation ou pied de versant	
Cordons de galets	Haut de cordon de galets ou limite de végétation	Arboré ou Rampant selon le type de végétation
Plages sableuses	Limite de végétation	
Ouvrages portuaires	Limite côté mer des aménagements	Anthropique
Ouvrages de défense contre la mer	Enrochements (limite du jet de rive) et murs (limite côté mer du mur)	
Aménagements urbains (habitation en front de mer)	Contours extérieurs des aménagements « côté mer »	

Illustration 3 - Désignation de la position du trait de côte "haut de plage" de 2017 en fonction de la typologie côtière de référence utilsée par Lemoigne et al. (2013)

(a) Sur une plage naturelle

(b) Sur une plage aménagée

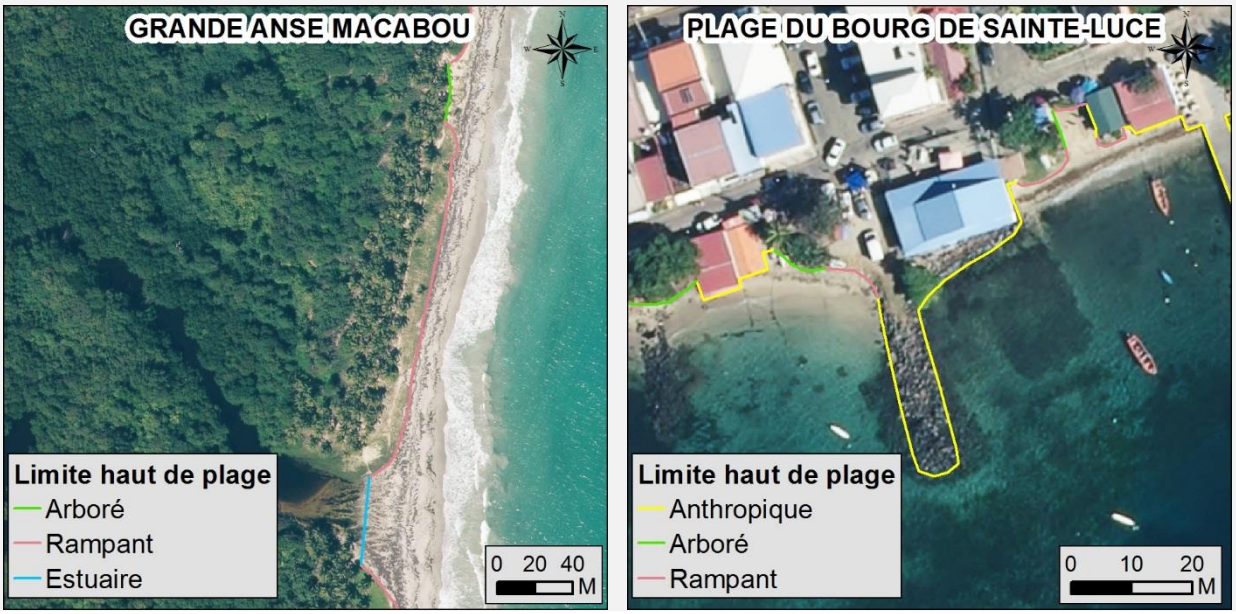


Illustration 4 - Exemples d'indicateur de la position du trait de côte "haut de plage" dans le contexte d'une côte basse sableuse naturelle (a) et aménagée (b). Source : ORTHO HR® IGN 2017.

(a) Type de haut de plage « rocher »

(b) côtes peu escarpées végétalisées

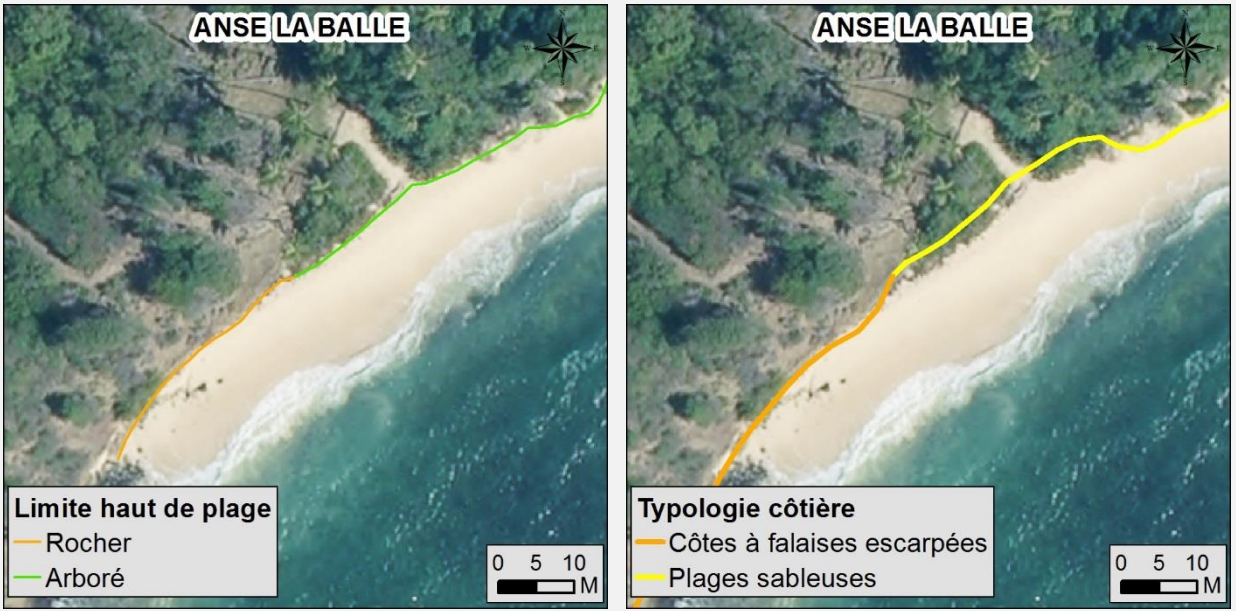


Illustration 5 - Exemple d'indicateur de la position du trait de côte « haut de plage » le contexte d'une plage associée à une côte de type rocheuse. Source : ORTHO HR® IGN 2017.

Les études précédentes reposaient donc sur l'analyse d'un seul indicateur de la position du trait de côte, pour tous les types de côtes, y compris les plages. Néanmoins, pour les côtes basses sableuses plusieurs indicateurs peuvent être utilisés pour analyser la dynamique d'une plage :

- La limite de végétation, plus stable dans le temps, adaptée à l'analyse des phénomènes érosifs sur le long terme à une échelle décennale ou pluri-décennale. C'est cet indicateur qui a été utilisé pour quantifier la mobilité du trait de côte entre 1951, 2004 et 2010 sur les plages sableuses martiniquaises (Nachbaur et al., 2015).
- La limite du jet de rive, plus variable dans le temps et qui traduit des évolutions de court terme du stock sédimentaire à l'échelle évènementielle ou saisonnière. La zone du jet de rive correspond à la partie de la plage soumise aux balancements des vagues. La limite du jet de rive est un indicateur hydrodynamique qui correspond à la limite entre le sable sec et le sable mouillé, à un instant donné.

Ces deux indicateurs sont complémentaires. En effet, une plage où la limite de végétation est stable mais où l'interface terre-mer recule de manière chronique, voit sa vulnérabilité à l'érosion augmenter progressivement alors qu'une plage où la limite de végétation a reculé lors d'un événement, mais où la largeur de son stock de sable reste stable, indique un potentiel de résilience beaucoup plus important (Nachbaur et al., 2019).

Ainsi, ces deux indicateurs de la position du trait de côte ont été retenus pour la présente étude : la limite de végétation et la limite du jet de rive.

2.2. DIGITALISATION DU TRAIT DE COTE

2.2.1. Outils de digitalisation

La position du trait de côte sur les 117 plages martiniquaises a été digitalisée sous SIG (ArcMap 10.5.1 ®ESRI), par photo-interprétation de l'ORTHO HR® de 2017 à une échelle du 1/1000.

2.2.2. Précision de la digitalisation

Deux types d'incertitude affectent la qualité de la digitalisation : les incertitudes liées à la digitalisation elle-même et celles liée à la convention choisie pour identifier le trait de côte (Le Cozannet et al., 2013).

Concernant le premier type, l'incertitude qui affecte la précision de la digitalisation comprend :

- La résolution de la photographie, liée à la taille du pixel de l'image. La résolution de l'ORTHO HR® de 2017 est de 20 cm, ce qui réduit l'incertitude liée à ce paramètre.
- Le géoréférencement et l'orthorectification de la photographie ;
- La présence d'artéfacts diminuant localement la visibilité sur la photo :
    - Le manque de contraste colorimétrique ;
    - La présence d'ombre projetées ;
- L'échelle de la digitalisation et l'erreur commise par l'opérateur en digitalisant.

Le second type d'incertitude, liée à la convention choisie pour identifier le trait de côte, est détaillé dans les paragraphes suivants.

Au regard de ces différentes sources d'incertitude, la précision accordée à la position des traits de côte digitalisés à partir de l'ORTHO HR® de 2017 est inférieure à 2 m.

2.2.3. Digitalisation de la limite de jet de rive

La digitalisation du trait de côte « jet de rive » sur la photographie aérienne de 2017 a été réalisée à l'échelle de 1/1000, et parfois à une échelle inférieure (1/500), lorsque le jet de rive était difficilement détectable sur l'orthophotographie à l'échelle 1/1000. L'utilisation de cette échelle permet de garantir une certaine linéarité et régularité du tracé du jet de rive, tout en restant cohérent avec la précision du support photographique.

Cet indicateur se dessine d'après l'orthophotographie en détectant la limite sable sec/sable mouillé, comme la définition du jet de rive l'indique. Néanmoins, cette limite n'est pas systématiquement identifiable sur l'orthophotographie. Selon les plages, la limite haute de l'écume peut être choisie pour représenter la position du jet de rive. Dans d'autres cas, le jet de rive est masqué par la végétation ou par l'ombre de la végétation, le tracé de la position du jet de rive est alors approximatif.
En ce qui concerne l'indicateur « jet de rive », différents cas de figure sont présentés en illustration 6.

- Dans le premier cas (1), le contraste entre le sable sec et le sable mouillé étant bien marqué, le jet de rive se distingue facilement, et sa précision est bonne.

- Dans le second cas (2), la limite sable sec/sable mouillé se situe en haut de plage et correspond en fait à la limite des plus hautes eaux (marée haute). Cette limite ne correspond donc pas au jet de rive défini dans le cadre de cette étude. La limite haute formée par l'écume des vagues est alors considérée comme jet de rive. Ce choix est appuyé par la confrontation de l'orthophotographie avec une photographie de terrain (cf. Illustration 7).

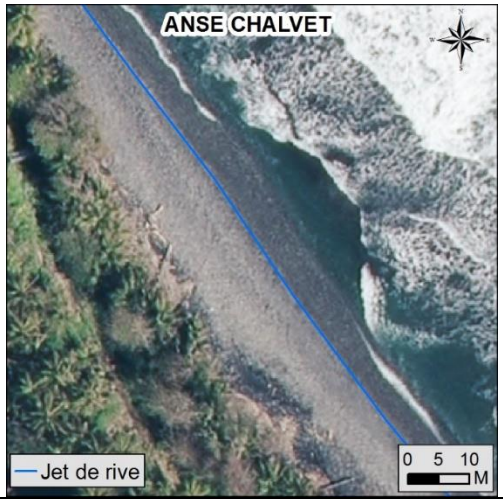
- Dans le troisième cas (3), comme dans le cas précédent, un contraste de couleur net s'observe entre le sable mouillé (résiduel de la marée haute précédente) et le sable sec. Un contraste de couleur, moins marqué, se repère également au sein du sable mouillé, entre un sable mouillé par le déferlement des vagues juste avant la prise de la photo (plus foncé) et le sable mouillé résiduel. Cette dernière limite est alors considérée comme jet de rive.

- Dans le quatrième cas (4), la limite haute de l'écume est visible et le front constitué par des algues (plus foncées) fraîchement déposées par les vagues constitue le jet de rive.

- Dans le cinquième cas (5), aucun déferlement de vagues n'est perceptible et la clarté de l'eau et du sable ne permet pas de faire apparaître un contraste net entre un sable mouillé et un sable sec. Le front constitué par les algues fraîchement déposées (laisse de mer récente) est considéré jet de rive. Ce choix est appuyé par la confrontation de l'orthophotographie avec une photographie de terrain (cf. Illustration 7).

- Dans le dernier cas (6), la végétation elle-même ou son ombre masque le jet de rive. Il se repère uniquement par endroits, au niveau des trouées. Il est alors tracé par linéarité entre les tronçons où il est perceptible.

(1) Limite sable sec/sable mouillé

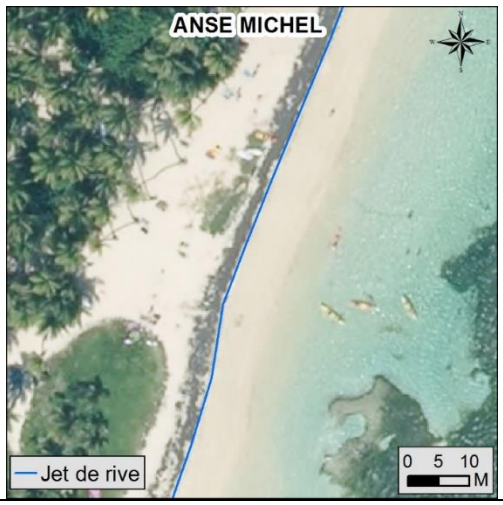


(2) Limite haute de l'écume

(3) Limite haute de l'écume

(4) Limite de dépôt récent des algues

(5) Limite de dépôt récent des algues



(6) Limite masquée par les arbres

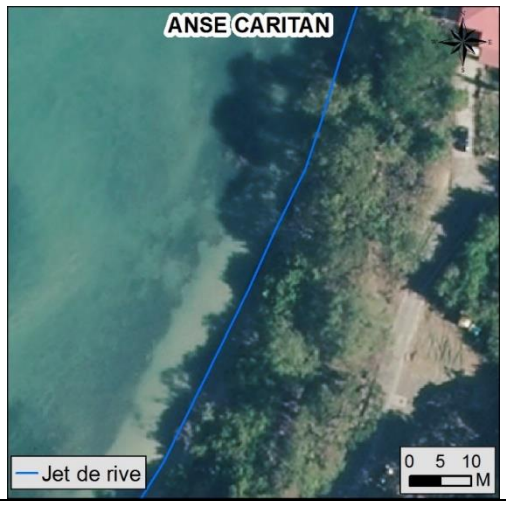


Illustration 6 - Exemples de position de l'indicateur du trait de côte "jet de rive" (Source : ORTHO HR® IGN 2017 – Echelle des figures : 1/1000).

Illustration 7 - Aide à la détermination de la position du jet de rive sur certaines plages par les photographies de terrain - Anse Azérot à gauche (31/08/18) et Anse Michel à droite (04/09/18).

2.2.4. Digitalisation de la limite de végétation

La digitalisation de la limite de végétation sur la photographie aérienne de 2017 a été réalisée à l'échelle de 1/500, et parfois à une échelle inférieure (1/200), lorsqu'elle était difficilement identifiable sur l'orthophotographie à l'échelle 1/500. L'utilisation de cette échelle permet de garantir une définition précise des différentes typologies et une précision du tracé tout en restant cohérent avec la précision du support photographique.

Pour cet indicateur, la précision du tracé est diminuée sur les clichés de l'orthophotographie où l'ombre de la végétation est présente et créée une gêne visuelle : la position du trait de côte se devine mais son tracé est plus approximatif (exemple en Illustration 8).

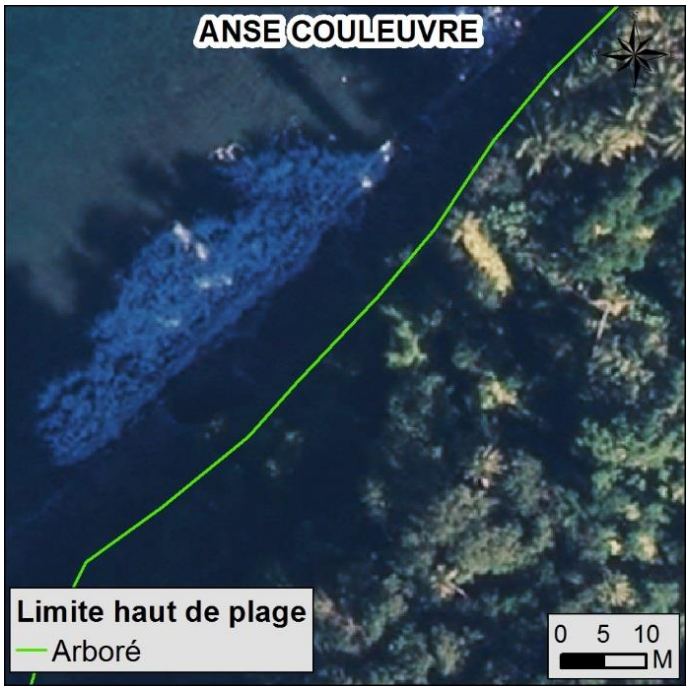


Illustration 8 - Position de la limite de végétation en cas d'ombre apporté par la végétation (Source : ORTHO HR® IGN 2017)

Une autre difficulté se présente dans certains cas pour distinguer la végétation rampante et la végétation arborée. Le recours aux photographies prises sur les plages lors de missions de terrain (exemple en Illustration 9) peut alors s'avérer utile pour appuyer le choix. Lorsqu'un doute intervient et ne peut être résolu par recours aux photographies de terrain, le type arboré est choisi par défaut.

Illustration 9 - Limite de végétation rampante (trait jaune en pointillés) à Petite Anse Macabou (photo prise le 04/09/2018).

2.3. RESULTATS SIG

Les couches de données SIG produites dans le cadre de ce projet sont :

- Un trait de côte jet de rive (2017) sur les 117 plages ;
- Un trait de côte haut de plage (2017) sur les 117 plages. Le type d'indicateur utilisé pour caractériser la position du trait de côte haut de plage est indiqué comme donnée attributaire.

L'Illustration 10 propose un exemple des deux couches de données produites sous SIG. Ces données sont utilisables au 1/1000 au format .shp.

Illustration 10 - Exemple des couches de données produites avec la position du trait de côte « haut de plage » et jet de rive sur la plage du Diamant (Source : ORTHO HR® IGN 2017).

3. Conclusion

Cette étude a permis d'exploiter l'orthophotographie de l'IGN datée de 2017 pour digitaliser la position du trait de côte à l'aide de deux indicateurs complémentaires associés à la limite du jet de rive et le haut de plage, caractérisé par la limite de végétation ou la présence d'aménagement, sur les 117 plages sableuses principales de la Martinique.

Cette nouvelle donnée vient donc compléter les données existantes, à savoir les positions du trait de côte de 1951, 2004 et 2010, existants sur tout le littoral martiniquais pour un unique indicateur de la position du haut de plage (Nachbaur et al., 2015).

Elle pourra être utilisée pour actualiser la connaissance de la dynamique de ces plages à une échelle décennale sur la période récente (2004-2017).

Les données SIG produites seront visualisables et téléchargeables via la plateforme de cartographie Carmen accessible sur le site de l'Observatoire OLIMAR (www.observatoire-olimar.fr).

4. Bibliographie

Le Cozannet G., Garcin M., Petitjean L., Cazenave A., Becker M. Meyssignac B., Walker P., Devilliers C., Le Brun O., Lecacheux S. et al. Exploring the relation between sea level rise and shoreline erosion using sea level reconstructions: an example in French Polynesia. Journal of Coastal Research 65 (Special Issue= (2013) pp. 2137-2142

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

Mallet C., Michot A., avec la collaboration de De La Torre Y., Lafon V., Robin M. et B. Prevoteaux (2012) – Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte – Rapport BRGM/RP-60616-FR, 226 p., 101 ill.., 7 ann.

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

Nachbaur A., Lombard M. et Longueville F. (2019) – Suivi de la mobilité du trait de côte de la Martinique – Résultats de mesures de terrain 2017 – 2018 concernant les plages du Carbet, des Salines, de Coco l'Echelle et de onze plages soumises aux échouages de sargasses. Rapport final. BRGM/RP-68470-FR, 81 p., 63 ill., 12 ann.

Nachbaur A., Paulineau M., Le Roy M. (2015). Evolution multidécennale (1951-2010) et décennale (2004-2010) du trait de côte de la Martinique. Rapport final. BRGM/RP-63238-FR, 95 p., 66 ill., 2 ann.

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - **www.brgm.fr**

Direction régionale Martinique
4 Lot. Miramar
Route Pointe des Nègres
97200 – Fort de France
Tél. : 05 96 71 17 70