



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Observatoire de la dynamique côtière de Guyane – ODyC : Bilan de l'année 2021

Rapport final

BRGM/RP-71796-FR

30 avril 2022

Lanson M., Longueville F.

Vérificateur :

Nom : Desmazes Franck

Fonction : Ingénieur risques côtiers

Date : 12/08/2022

Signature :

Approbateur :

Nom : Tronel Frédéric

Fonction : Directeur BRGM Guyane

Date : 17/08/2022

Signature :

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

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

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/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : Littoral, Observatoire, Dynamique côtière, Érosion, Guyane, Rémire-Monjoly, Cayenne, Kourou, Awala-Yalimapo, Macouria

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

Lanson M., Longueville F. (2022) – Observatoire de la dynamique côtière de Guyane – ODyC : Bilan de l'année 2021. Rapport final V0. BRGM/RP-71796-FR, 115 p., 87 Fig., 6 Tab., 3 ann.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-20/01/2022

Synthèse

Le littoral guyanais fait partie des côtes les plus dynamiques de la planète. L'appréhension et l'anticipation de son évolution sont complexes, ce qui demande une connaissance fine des phénomènes en fonction des conditions hydrodynamiques, sédimentaires et saisonnières. Le suivi temporel régulier à long terme est primordial pour anticiper et répertorier les dynamiques morpho-sédimentaires. C'est pourquoi, en 2014, l'Observatoire de la Dynamique Côtière de Guyane (ODyC), copiloté par la Direction Générale des Territoire et de la Mer (DGTm) et le BRGM, est créé pour assurer :

- la pérennisation des différents levés topographiques, bathymétriques, du trait de côte, et de la nature des fonds, par DGPS, sondeur bathymétrique, drone et sonar à balayage latéral sur l'ensemble des sites du réseau ;
- la centralisation et la mutualisation de l'ensemble des données relatives aux actions menées sur le littoral afin de les diffuser au plus grand nombre via notamment le site internet de l'observatoire (www.observatoire-littoral-guyane.fr) ;
- le développement des connaissances sur le fonctionnement du littoral et l'appui, à travers des expertises et des recommandations, aux collectivités et acteurs publics sur l'aménagement et la gestion de leur frange côtière.

Les techniques d'acquisition de données sont identiques en 2021 à celles de 2020. Les méthodes mises en place depuis 2014 se sont enrichies au fil des années. Actuellement, des levés topographiques biannuels le long de profils de référence sont effectués. Sur ces mêmes profils un levé bathymétrique est réalisé une fois par an jusqu'à 1 km au large. De plus, des levées de trait de côte au DGPS et des levées drones sur deux grands sites sont également réalisés une fois par an. En 2020 et 2021, des levés au sonar à balayage latéral ont été réalisés au large de Kourou. Les mesures de 2021 suivent exactement le même plan de position que les levés réalisés en 2020. L'objectif est de comparer l'évolution de la nature des fonds entre deux dates.

La migration du banc de vase fait varier les forçages hydrodynamiques et hydrosédimentaires régissant la dynamique des plages de Guyane. En 2021, la presqu'île de Cayenne se trouve face à un banc de vase. Les anses de Rémire, de Montjoly et Montabo se situent dans la zone d'arrière banc. Les petites anses de Cayenne sont en position nettement envasée et la plage de Macouria est, quant à elle, en front de banc de vase. À Kourou, un banc de vase se situe exactement en face des zones d'habitation. La plage d'Awala est encore en position envasée sur sa partie est, le banc de vase stagne à cet endroit depuis 2018.

Partant de ces observations, plusieurs faits marquants sont mis en évidence :

- sablon : envasement des fonds marins proche côtier de la plage ;
- petites anses de Cayenne : envasement continu et développement de la mangrove sur l'ensemble des petites anses de Cayenne ;
- anse de Montabo : présence d'une barre de vase consolidée ;
- anse de Montjoly : migration d'une barre de vase fluide associée à un taux de recul de 15 m par an au sud-est de l'anse et début de désenvasement de la zone subtidale ;
- anse de Rémire : migration progressive vers la côte d'une barre vaseuse d'arrière-banc ;
- Kourou : envasement marqué de la plage et des fonds marins au large jusqu'aux battures de Lamotte-Piquet ;
- plage d'Awala-Yalimapo : perte de 18 000 m³ +/- 5 000 m³ entre mars 2020 et mai 2021 dans la zone centrale du bourg de Yalimapo ;

Les suivis réguliers de l'ODyC permettent d'interpréter et de contextualiser l'ensemble des résultats présentés ci-dessus. La caractérisation des aléas est un résultat essentiel pour l'évaluation des risques. Il permet par la suite d'anticiper et de suivre les potentiels impacts des événements hydrodynamiques extrêmes ou chroniques sur les plages. La réalisation d'expertises est d'un intérêt majeur pour suivre les effets des événements énergétiques et leurs impacts.

L'une des grandes questions encore en vigueur concerne l'évolution du budget sédimentaire sableux d'une plage, au cours des différentes phases de passage d'un banc de vase. L'élaboration d'un protocole affiné de quantification des départs et arrivées de sable serait une première étape primordiale. Les données déjà acquises dans le cadre de l'ODyC ainsi que les données futures seront un réel avantage pour répondre à cette question.

Sommaire

1. Introduction	13
2. Contexte général	15
2.1. CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE DU LITTORAL.....	15
2.1.1. Formation et morphologie d'un banc de vase	15
2.1.2. Migration d'un banc de vase.....	16
2.1.3. Les plages sableuses : une morphologie influencée par les bancs de vase.....	17
2.2. CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES COTIÈRE EN GUYANE.....	20
2.2.1. Données disponibles	20
2.2.2. Marée et hauteur d'eau.....	20
2.2.3. Houle.....	22
3. Bilan d'activité de l'observatoire sur l'année 2021	25
3.1. GÉNÉRALITÉ ET RAPPEL DU PROGRAMME	25
3.2. ACQUISITION DES DONNÉES.....	25
3.3. PILOTAGE ET COMMUNICATION.....	26
4. Données acquises et méthodes	27
4.1. SUIVI TOPO-BATHYMÉTRIQUE.....	27
4.1.1. Acquisition des données.....	27
4.1.2. Traitements des données	30
4.2. SUIVI TOPOGRAPHIQUE PAR PHOTOGRAMMÉTRIE DRONE.....	31
4.2.1. Acquisition des données.....	31
4.2.2. Traitement des données	32
4.3. SUIVI SATELLITAIRE : IMAGE SENTINEL 2	33
4.3.1. Type de données et acquisitions.....	33
4.3.2. Traitements et applications.....	33
4.4. SUIVI PHOTOGRAPHIQUE.....	34
4.5. SUIVI AU SONAR À BALAYAGE LATÉRAL	34
4.5.1. Acquisition des données.....	35
4.5.2. Traitements des données du sonar à balayage latéral.....	37
5. Résultats	39
5.1. LITTORAL DE LA PRESQU'ÎLE DE CAYENNE.....	39
5.1.1. Description générale du littoral : Localisation et position du banc de vase	39
5.1.2. Les petites anses de Cayenne.....	40
5.1.3. La plage de Montabo	43
5.1.4. La plage de Montjoly.....	47
5.1.5. Évènement de Juillet 2021.....	54
5.1.6. La plage de l'anse de Rémire	57
5.2. LA PLAGE DE SABLANCE À MACOURIA	64

5.2.1. Évolution annuelle du trait de côte	64
5.2.2. Évolution bathymétrique annuelle de la zone subtidale.....	66
5.2.3. Évolution biannuelle du haut de plage	67
5.3. LA PLAGE DE KOUROU	69
5.3.1. Position du banc de vase et dynamique sédimentaire antérieure.....	70
5.3.2. Évolution annuelle du trait de côte	71
5.3.3. Évolutions saisonnières et annuelles du haut de plage.....	74
5.3.4. Évolution bathymétrique de la plage de Kourou.....	76
5.3.5. Bilan sédimentaire : Données hautes résolutions	77
5.3.6. Cartographie des fonds marins au large de Kourou	80
5.4. LA PLAGE DE YALIMAPO À AWALA-YALIMAPO.....	88
5.4.1. Présentation du site et contexte.....	88
5.4.2. Position du banc de vase et contexte morphologique	88
5.4.3. Évolution sédimentaire de la plage de Yalimapo entre 2020 et 2021	90
6. Discussions et recommandations.....	97
7. Conclusion.....	99
8. Bibliographie	101

Liste des figures

Figure 1 : Localisation générale des secteurs du réseau de l'ODyC (Données : Sentinel-2, Octobre 2020)	13
Figure 2 : Schéma explicatif de la structure d'un banc de vase.	15
Figure 3 : Morphologie et localisation des bancs de vase (Limite d'atténuation de la houle - en rouge) le long de la Guyane en octobre 2020.	16
Figure 4 : Schéma géomorphologique d'une plage sableuse du littoral guyanais.	17
Figure 5 : Schéma de synthèse du principe de rotation de plage (d'après Anthony et al., 2010, modifié par Brunier et al., 2016).	18
Figure 6 : Image satellite de l'embouchure du fleuve Kourou (Sentinel-2, en fausse couleur, octobre 2020) et mise en évidence du phénomène d'épi hydraulique. ...	19
Figure 7 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de Guyane. PHMA : plus hautes mers astronomiques, PMVE : pleines mers de vives eaux, PMME : pleines mers de mortes-eaux, NM : Niveau Moyen, BMME : basses mers de mortes-eaux, BMVE : basses mers de vives eaux, PBMA : Plus basses mers astronomiques. Les valeurs sont données par rapport au zéro hydrographique (SHOM, 2020).	21
Figure 8 : Niveaux d'eau par rapport au zéro hydrographique à l'île Royale en fonction du temps au cours de l'année 2021.....	21
Figure 9 : Rose des Houles entre le 01/01/2021 et 31/12/2021 au large de la Guyane. La hauteur significative des vagues (Hs) se lit suivant le code couleur en haut à droite, le pourcentage de houle de même direction calculé sur l'année 2021 se lit sur l'axe radial. Le point d'extraction est situé à (5.5°N ; 52°W) au large de Kourou.	22

Figure 10 : Paramètres des vagues au large de l'île Royale en Guyane de janvier 2021 à décembre 2021 (a) hauteur significative de vague (m), (b) Période de vague (s), (c) Direction de la houle (°), (d) Potentiel énergétique de vague en kW/m. Les événements hydrodynamiques remarquables cités dans le texte sont notés (1), (2) et (3). La zone encadrée en vert correspond à une période hydrodynamiquement calme.	24
Figure 11 : Schéma de l'organisation entre les différents partenaires de l'ODyC.....	26
Figure 12 : Schéma explicatif du système de géoréférencement DGPS-RTK avec TERIA (©Teria) et présentation du mobile (©BRGM).....	28
Figure 13 : Levés des profils de référence (à gauche) et de la position du trait de côte (à droite).....	28
Figure 14 : Indicateurs géomorphologiques de caractérisation de la position du trait de côte : (gauche) talus d'érosion (Plage de Yalimapo – Awala 2020), (centre) limite de végétation (Plage des Salines – Remire 2020) et (droite) limite de laisse de mer (Plage de Montabo – Cayenne).....	29
Figure 15 : Installation de la sonde mono-faisceau mono-fréquentielle couplée avec le DGPS-RTK avec le système de correction TERIA.	30
Figure 16 : Pour chaque site, emprises des zones d'acquisition des vols drone RTK.....	31
Figure 17 : Propagation de la houle dans la région de Kaw observée sur l'image SPOT (décembre 2001) d'après Baghdadi et al. (2005).....	34
Figure 18 : EMLO utilisé lors de la campagne d'acquisition en mer (KTM©).....	34
Figure 19 : Fonctionnement d'un sonar à balayage latéral - A: bruit et réverbération dans l'eau- B: premier écho de fond- C: zone de sable- D: roche- E: vase- F: écho de cible- G: ombre portée par la cible. (Ifremer©).....	35
Figure 20 : Déploiement du sonar le long d'un câble de 150 m à l'arrière du bateau et acquisition auprès de l'ordinateur de contrôle ; en haut à gauche : Sonar à balayage latéral ; en haut à droite : PC d'acquisition sonar ; en bas : manœuvre de remontée du sonar (BRGM, 2020).	35
Figure 21 : Utilisation de la benne Schipeck© (à droite ; BRGM, 2019) à l'aide d'un tire casier (à gauche ; BRGM, 2020) à tribord du navire.....	36
Figure 22 : Benne VanVeen	36
Figure 23 : Géométrie d'acquisition du sonar à balayage latéral et de la sonde bathymétrique mono-fréquentielle.	37
Figure 24 : Localisation des anses de Cayenne sur une image satellite Sentinel-2 prise à marée basse en août 2021, mise en évidence de la zone intertidale du banc de vase.	39
Figure 25 : Limite du banc de vase subtidale obtenue selon la limite d'atténuation de la houle à partir des images satellites Sentinel-2.	40
Figure 26 : Suivi orthophotographie de l'extrémité ouest de l'Anse Hôpital par drone de la limite vase/sable depuis 2018 Anse Hôpital.	41
Figure 27 : Photographie du développement de la mangrove en 2021, (à gauche) vue sur la pointe Buzaré à partir de l'anse Meret, (à droite) vue sur le mont Montabo à partir de l'anse Chaton.	41
Figure 28 : Altimétrie différentielle (m) entre l'année 2021 et 2020.	42
Figure 29 : Trait de côte de la plage de Montabo mesuré in situ en octobre 2021 comparé à celui mesuré en novembre 2020.	43

Figure 30 : Mise en évidence de l'évolution du trait de côte à partir du suivi photographique à proximité du profil C3.	44
Figure 31 : Vue satellite de l'anse de Montabo à marée basse et mise en évidence d'accumulation de vase dans l'estran.....	44
Figure 32 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Montabo et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C1, (b) C2 et (c) C3. (TDC = Trait de côte).....	45
Figure 33 : Vue du profil C1 vers la plage, le centre de la plage de Montabo et mise en évidence d'un désenvasement de 2020 du nord-ouest de la plage de Montabo.	46
Figure 34 : Zone de prélèvement de sable ; photographie prise le 29 mars 2021.....	46
Figure 35 : Trait de côte de octobre 2021 et comparaison avec celui de novembre 2020.....	47
Figure 36 : Taux d'évolution (m/an) moyenné depuis 2014 le long des profils P1, P2 et P3 localisé sur la Figure 35.	48
Figure 37 : Diminution de la quantité de vase intertidale entre août 2021 et septembre 2021 - Vue satellite Sentinel-2.....	49
Figure 38 : Comparaison photographique de la largeur de l'estran sableux et mise en évidence d'un envasement.....	49
Figure 39 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Montjoly et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C4 et (b) C5.	50
Figure 40 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Montjoly et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C8 et (b) C9.	51
Figure 41 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Montjoly et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C6, (b) C-Stab et (c) C7.....	52
Figure 42 : MNT différentiel entre septembre 2021 et septembre 2020.	53
Figure 43 : Vue aérienne de la zone d'accumulation en sable (délimitée en jaune) sur la plage de Montjoly (vue en direction du Mont Bourda).....	54
Figure 44 : Hydrodynamisme au large de l'île Royale en Guyane en juillet 2021 (a) hauteur significative de vague (m) ; (b) Période de vague (s) ; (c) Direction de la houle (°) ; (d) Potentiel énergétique de vague en Kw/m.	54
Figure 45 : (a) Photographie du talus d'érosion laissant apparaître des nids d'œuf de tortues marines ; (b) Profil topographique C-Stab ; (c) Localisation des zoom d, e et f, des profils topographiques et localisation de la photographie (étoile jaune) ; (d) Zoom sur la zone centrale de la plage des Salines ; (e) Zoom au nord-ouest de la plage des Salines ; (f) Zoom au sud-est de la plage des Salines ; (g) Profil topographique C9 ; (h) Limite du banc de vase intertidale identifié à partir des images satellites Sentinel-2 du 24 août 2021.	56
Figure 46 : Vue du profil C10 vers l'ouest, mise en évidence d'un trait de côte fixe. (TDC = Trait de côte).....	57
Figure 47 : Vue de l'extrémité est de la plage de l'anse de Rémire et mise en évidence de zone d'érosion de vase et du mauvais état des pousses de mangrove.	57
Figure 48 : Trait de côte de la plage de Rémire mesuré in situ en octobre 2021 comparé à celui mesuré en novembre 2020	58
Figure 49 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Rémire et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C10 et (b) C11.	59

Figure 50 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Rémire et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C12 et (b) C13.	60
Figure 51 : Barre vaseuse au large de la plage de l'anse de Rémire vue par satellite en août 2021 à marée basse.....	61
Figure 52 : Photographies vue du profil C10 de l'ouvrage anthropique en (a) novembre 2020 et en (b) octobre 2021.....	62
Figure 53 : Mangrove en face du profil C11 en (a) novembre 2020 et (b) octobre 2021.	62
Figure 54 : Mangrove en face du profil C13 en octobre 2021.	63
Figure 55 : Localisation de la plage de Sablance à Macouria et localisation des profils topobathymétriques suivis dans le cadre de l'ODyC (S1, S2, S3 et S4).	64
Figure 56 : Évolution du trait de côte (a) le long de la plage de Sablance et zoom (b) sur la zone en érosion et (c) sur une zone en accrétion.	65
Figure 57 : Photographie d'une des habitations dans la zone en érosion (Figure 56b).	65
Figure 58 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Sablance et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) S1 et (b) S2. Les flèches vertes correspondent à une élévation topographique par envasement...	66
Figure 59 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Sablance et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) S3 et (b) S4. Les flèches vertes correspondent à une élévation topographique par envasement...	67
Figure 60 : Suivi photographique le long du profil S1 à l'aplomb des habitations depuis novembre 2020.	68
Figure 61: Comparaison de l'évolution du profil S3 entre novembre 2020 et octobre 2021...	68
Figure 62 : Positionnement des différents profils suivis (en rouge) dans le cadre de l'ODyC ainsi que des ouvrages de défense existants (en jaune) sur le secteur de Kourou.	70
Figure 63 : Position annuelle du banc de vase en face du littoral de Kourou de 2018 à 2021 (fond : image sentinel-2 prise le 20 juillet 2021).....	71
Figure 64 : (à gauche) Carte de localisation des profils topo-bathymétrique sur la plage de l'hôtel des Roches et trait de côte mesuré in situ de 2019 à 2021 ; (à droite) Taux d'évolution annuel (m/an) par rapport à 2014 (Fond : orthophotographie mars 2021).....	71
Figure 65 : Carte générale de Kourou et présentation des données annuelles de trait de côte levées in situ depuis 2019 et de la limite sable vase en 2021. (Les flèches oranges correspondent à l'avancée de la limite vase-sable vers la terre entre la prise de l'orthophotographie en mars 2021 et les mesures in situ d' octobre 2021).....	73
Figure 66 : Mise en évidence d'érosion plus forte en période de saison des pluies sur le haut de plage du profil K1.	74
Figure 67 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de l'hôtel des Roches et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) K1 et (b) K2.	75
Figure 68 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de la Cocoteraie et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) K3 et (b) K4.	76
Figure 69 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage du CSG et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) K5 et (b) K6.....	77

Figure 70 : MNT différentiel entre mars 2021 et août 2020, les structures sédimentaires entourées en noir correspondent à des croissants de plage.....	79
Figure 71 : Plan de position des levées géophysiques (Sonar à balayage latéral et sondeur bathymétrique mono-fréquentiel) au large de Kourou et localisation des « boîtes » étudiées.	81
Figure 72 : Carte bathymétrique des battures de Lamotte-Piquet (échelle en mètre)	82
Figure 73 : (à gauche) Photographie du sable coquillé, échantillon numéro B9 ; (à droite) Courbe granulométrique de l'échantillon ODyC21-B9 de sable coquillé prélevé à proximité des battures de Lamotte Piquet.	83
Figure 74 : Carte au sonar à balayage latéral (a) et de la nature des fonds en 2021 (b) et 2020 (c) des battures de Lamotte-piquet (2021) et localisation des échantillons prélevés.	83
Figure 75 : Cartographie au sonar à balayage latéral des zones des battures de Lamotte-Piquet et zoom sur deux zones en 2020 et 2021. Les contours en noirs correspondent à la limite des formations rocheuses en 2021.	84
Figure 76 : Carte des données obtenues à partir du sonar à balayage latéral et données bathymétriques du profil perpendiculaire à la boîte.....	85
Figure 77 : Courbe de répartition de la taille des sédiments en pourcentage des échantillons ODyC-B4, B5 et B6.....	86
Figure 78 : Données bathymétriques et mosaïque d'imagerie du sonar à balayage latéral de la boîte "épave" située à 31 km au large des côtes de Kourou.	87
Figure 79 : Localisation de la plage d'Awala-Yalimapo.....	88
Figure 80 : Vue satellite de l'Ouest Guyanais de l'embouchure du Maroni à l'Ouest jusqu'à la réserve de l'Amana à l'Est ; Zoom sur la plage de Yalimapo et limite du banc de vase intertidal.....	89
Figure 81 : Limite du banc de vase intertidale digitalisée à marée basse en 2016, 2018, 2019 et 2021 identifiée à partir d'image satellite Sentinel-2.....	90
Figure 82 : Position de la flèche sableuse à l'ouest de la plage de Yalimapo en (a) novembre 2019, (b) février 2020 et (c) novembre 2021. Fond orthophotographie : ODyC et CNRS.....	91
Figure 83 : Localisation des différents secteurs de la plage d'Awala-Yalimapo : (1) secteur ouest ; (2) secteur central et (3) secteur est.	92
Figure 84 : Représentation cartographique du trait de côte annuel de la plage de Yalimapo et mise en évidence des zones de recul et d'avancée du trait de côte.	92
Figure 85 : Taux d'évolution moyen depuis 2014 de la position du trait de côte des profils P1, P2 et P3 localisés sur la Figure 84.....	93
Figure 86 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage d'Awala-Yalimapo et zoom sur les profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) A1, (b) A2 et (c) A3. (En rouge, sont représentés les signes de désenvasement et en jaune, les pertes en sable le long du profil).....	94
Figure 87 : Altimétrie différentielle en mètre entre mai 2021 et mars 2020.	95

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Synthèse pour chaque site des jours d'acquisition avec les drones RTK et du nombre de cibles et de points de contrôle utilisés.....	32
Tableau 2 : Variations altimétriques entre les données mesurées avec le drone RTK de Sentinel© et les points de contrôle mesurés à partir du DGPS par le BRGM....	33
Tableau 3 : Tableau récapitulatif des variations de volumes sédimentaires des petites anses de Cayenne selon les emprises de la Figure 28.....	42
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des variations de volume sédimentaire de la plage de Montjoly selon les emprises de la Figure 42.	53
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des volumes différentiels calculés à partir du MNT différentiel entre août 2020 et octobre 2021 à Kourou. (Les volumes d'incertitude correspondent aux valeurs du MNT différentiel inférieur à l'incertitude de 15 cm).	80
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des variations entre mai 2021 et mars 2020 de volume sédimentaire en fonction des emprises localisées Figure 83.	95

Liste des annexes

Annexe 1 : Caractéristiques des échantillons prélevés à la benne sédimentaire	105
Annexe 2 : Résultats des analyses sédimentaires.....	111
Annexe 3 : Courbes granulométriques des échantillons	113

1. Introduction

Le littoral constitue l'interface entre les domaines continentaux, marins et atmosphériques. L'ensemble des interactions entre ces milieux en fait un espace naturel complexe et dynamique. La dynamique littorale influence grandement la morphologie des côtes, le développement des écosystèmes biologiques et les activités anthropiques.

En effet, la population guyanaise se concentre à 95 % sur les communes du littoral, la démographie des villes est en nette augmentation (+2,4 %/an selon l'INSEE¹). Ainsi, la pression des enjeux et les risques liés aux aléas littoraux augmentent. Depuis 2014, la DGTM et le BRGM ont conjointement mis en place un Observatoire de la Dynamique Côtière de Guyane (ODyC). Cet observatoire, conformément aux dispositions de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (MEDDTL, 2012), vise entre autres à assurer la mobilisation de l'information auprès des partenaires et acteurs locaux.

Dans ce cadre, l'Observatoire de la Dynamique Côtière de Guyane a pour objectif de :

- pérenniser les différents levés scientifiques sur l'ensemble des sites du réseau pour permettre d'améliorer les connaissances sur les aléas littoraux ;
- centraliser et mutualiser les données relatives aux actions menées sur le littoral afin de les diffuser au plus grand nombre, permettant de fédérer ainsi les acteurs et gestionnaires locaux ;
- améliorer la connaissance sur les fonctionnements du littoral et appuyer avec réactivité, à travers des expertises et des préconisations, les collectivités et les acteurs publiques sur l'aménagement et la gestion de leur frange côtière.

Quatre sites sont suivis régulièrement par l'ODyC (Figure 1), de l'ouest vers l'est :

- la plage de Yalimapo à Awala-Yalimapo ;
- les plages du CSG, de la Cocoteraire, Pim-Poum et la plage de la pointe de l'hôtel des roches à Kourou ;
- la plage de Sablance à Macouria ;
- les plages de la presqu'île de Cayenne sur les communes de Cayenne et Rémire-Montjoly.

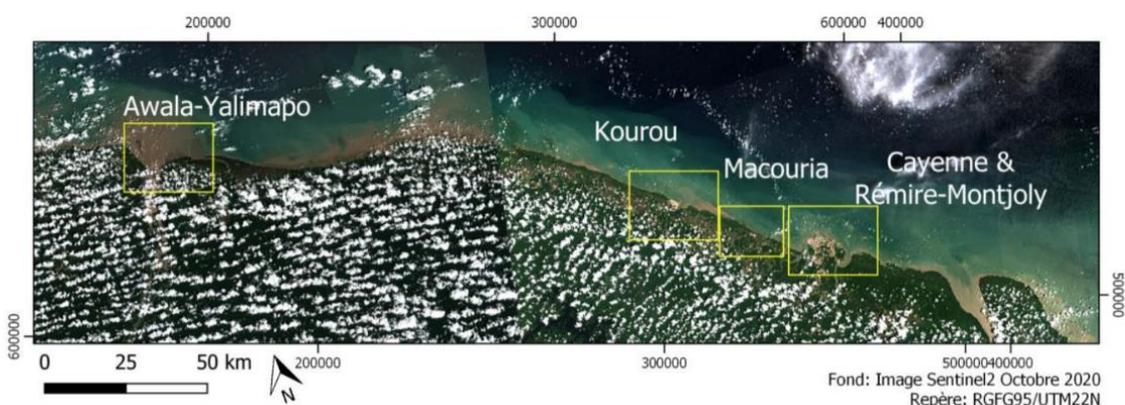


Figure 1 : Localisation générale des secteurs du réseau de l'ODyC
(Données : Sentinel-2, Octobre 2020)

¹ D'après les chiffres de l'INSEE au 1 janvier 2019 tiré du site internet : https://www.insee.fr/fr/statistiques/4313999#graphique-figure2_radio1

Dans ce rapport, un rappel du contexte d'évolution de la côte guyanaise est exposé, suivi d'un bilan des activités menées dans le cadre de l'observatoire (campagne d'acquisition, réalisation d'expertise, manifestation publique, etc.). Ensuite, les méthodes et les outils employés pour mesurer l'évolution des plages au cours de l'année 2021 sont présentés et les résultats sont mis en perspective par rapport aux évolutions géomorphologiques passées.

2. Contexte général

2.1. CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE DU LITTORAL

2.1.1. Formation et morphologie d'un banc de vase

Environ 754 millions de tonnes de sédiments sont drainées chaque année par le fleuve Amazone (Martinez *et al.*, 2009). La majorité des sédiments présents le long du plateau de Guyane proviennent du bassin versant amazonien et sont transportés par le fleuve. Dans certaines études, on estime que 15 à 20 % de l'apport sédimentaire amazonien migre, soit sous forme turbide, soit en s'accumulant sous la forme de vase fluide pour créer des bancs de vase mobiles (Augustinus, 1978 ; Allison *et al.*, 2000 ; Warne *et al.*, 2002). Les bancs de vases du littoral guyanais mesurent 10 à 60 km de long, sur une largeur comprise entre 20 et 30 km pour une épaisseur comprise entre 2 et 5 m (Allison *et al.*, 2000) (Figure 2). Ils sont espacés entre eux de 15 à 25 km (Froidefond *et al.*, 1988 ; Prost et Charron, 1990 ; Allison *et al.*, 2000). Ces zones de bancs présentent des profils convexes d'accrétion vaseuse et de progradation (Gratiot *et al.*, 2007). Les bancs de vase sont décomposés en deux grandes parties : une partie subtidale et une partie intertidale (Figure 2). La première correspond à la zone constamment immergée et la seconde se situe entre les limites des plus hautes et des plus basses marées.

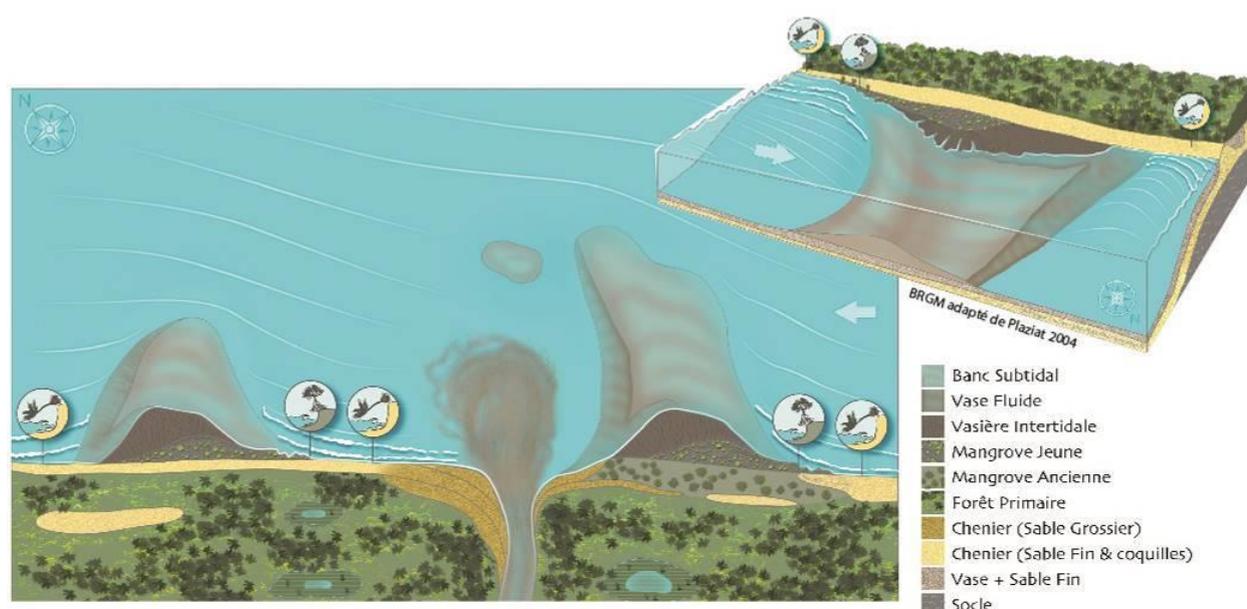


Figure 2 : Schéma explicatif de la structure d'un banc de vase.

2.1.2. Migration d'un banc de vase

La migration d'un banc de vase débute pratiquement à la frontière entre le Brésil et la Guyane et s'étend jusqu'à l'embouchure de l'Orénoque au Venezuela. La longueur des bancs est inégale le long du littoral. Ils sont plus courts à l'est et s'étirent en allant vers l'ouest (Figure 3).

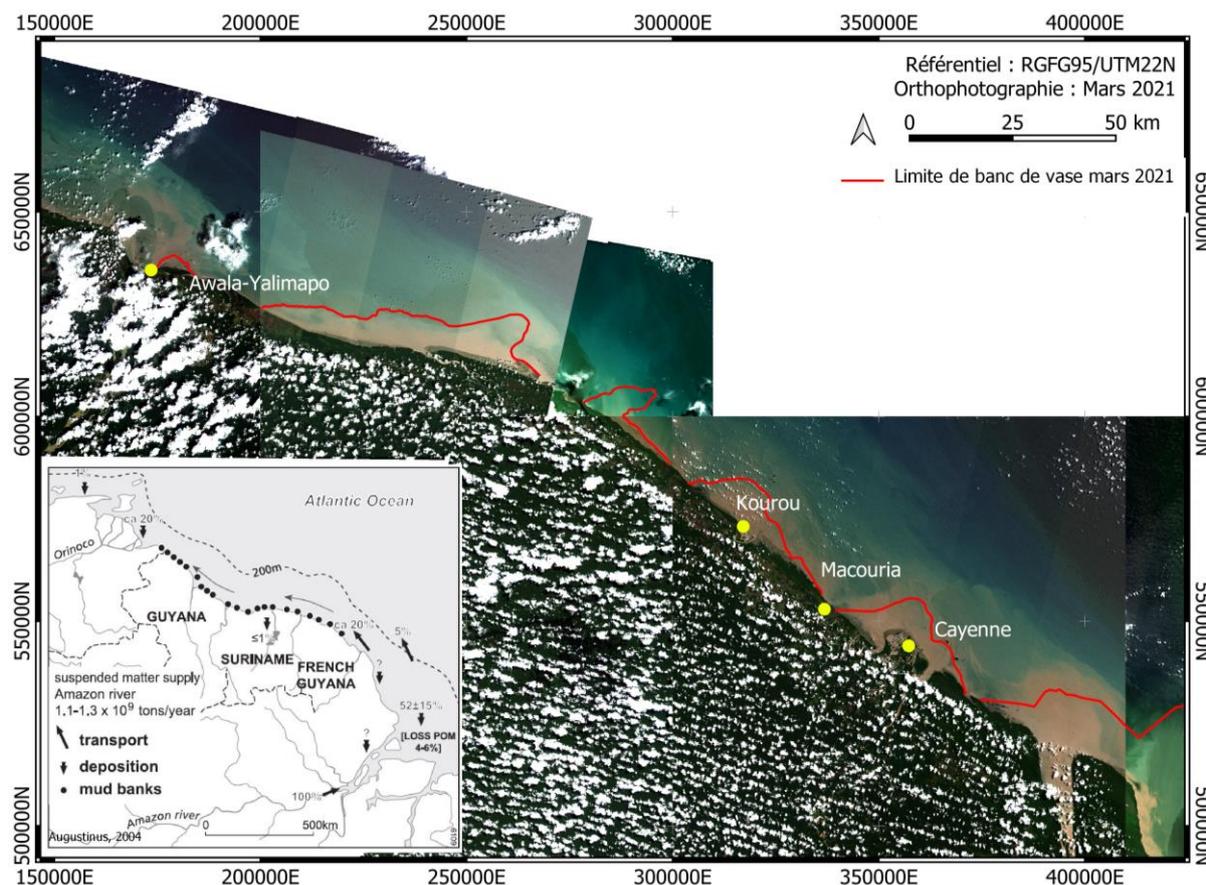


Figure 3 : Morphologie et localisation des bancs de vase (Limite d'atténuation de la houle - en rouge) le long de la Guyane en octobre 2020.

La migration des sédiments s'effectue essentiellement par le transport de vase fluide remobilisée par la houle (Wells et Coleman, 1978 ; Allison *et al.*, 1995). Cette migration s'explique par une remobilisation de la vase entre la zone d'accumulation et celle en érosion (Allison et Lee, 2004). Lorsque la partie subtidale n'est plus tapissée de vase fluide, un phénomène d'érosion de la vase consolidée débute par une remise en mouvement. Cette vase plus fluidifiée est ensuite entraînée par l'action des houles pour être de nouveau amassée à l'avant du banc. À la côte, la houle est le moteur principal de la remise en suspension et du transport des sédiments vaseux vers le nord-ouest de la Guyane. La migration des bancs de vase est également dépendante plus au large des forçages globaux comme le courant des Guyanes, les alizés ou encore le niveau de la mer (Prost *et al.*, 2017).

La présence d'une grande quantité de vase dans le domaine subtidal dissipe et atténue la houle incidente. C'est pourquoi, en présence de banc de vase, les plages sableuses sont moins vulnérables aux actions érosives de la houle. Inversement, en période dite « inter-banc », l'effet « protecteur » de la vase face à des houles est fortement réduit dans la zone intertidale de la plage, augmentant les risques d'érosion et le recul du trait de côte sur les plages sableuses en arrière.

2.1.3. Les plages sableuses : une morphologie influencée par les bancs de vase

L'environnement côtier de Guyane est défini selon trois types : la côte vaseuse colonisée par la mangrove (86 % du littoral), les plages sableuses (13 %) et enfin les promontoires rocheux (1 %) (Moisan et de la Torre, 2014).

Les différents types de plages sableuses sont :

- les plages estuariennes, composées de sable d'origine fluviale. C'est le cas, par exemple, à Awala-Yalimapo dans l'embouchure du Maroni ou encore sur les plages de Rémire à l'embouchure du Mahury ;
- les cheniers, qui sont des cordons sableux reposant sur un substrat argileux (Hoyt, 1969), s'étendent sur des kilomètres de linéaire côtier. Les cheniers se forment majoritairement en période inter-banc (Prost, 1992) ;
- les plages de poches, qui sont également des cheniers mais délimitées de part et d'autre de la plage par des promontoires rocheux, tel que les anses de Cayenne ou encore la plage de l'hôtel des roches à Kourou.

La Figure 4 représente une des morphologies type du littoral sableux guyanais. Du large vers les terres les plages sont délimitées par :

- la zone subtidale, cette zone se situe au-delà de la zone soumise aux marées, par conséquent elle est toujours immergée ;
- l'estran, ou zone intertidale, cette partie du littoral est comprise entre les niveaux extrême de marée ;
- la berme, correspond à la rupture de pente délimitant l'estran de la plage. Il se situe à la limite de la zone de battement de la houle ;
- la plage, cette partie de la plage est située à l'arrière de la berme. La plage peut être soumise aux marées lors d'évènements ponctuels et extrêmes (tempête, fort marnage, etc.) ;
- le cordon sableux, cette zone est apparentée au chenier actif, il s'agit d'une zone d'accumulation de sable façonnée par le vent et les contraintes hydrodynamiques lors des événements extrêmes ;
- l'arrière-plage, également nommée zone supratidale. Il s'agit de la partie la plus haute du littoral. Cet étage assure la transition entre le domaine marin et le milieu terrestre. L'arrière-plage est soumise généralement à la pression anthropique.

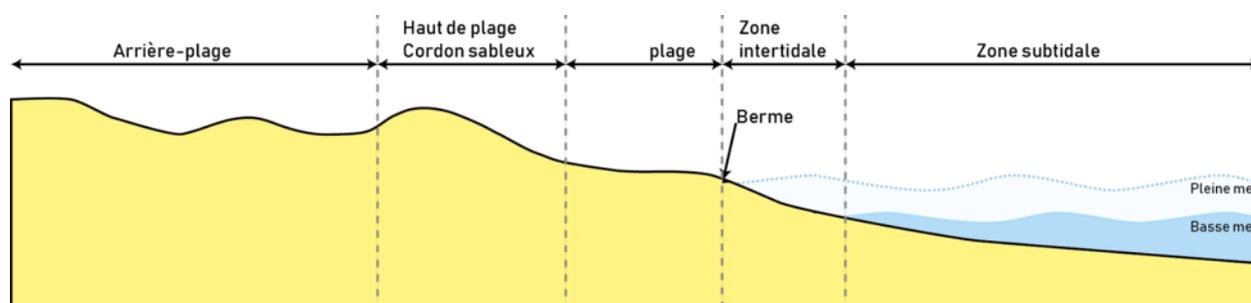


Figure 4 : Schéma géomorphologique d'une plage sableuse du littoral guyanais.

a) *Phénomène de rotation de plage*

En présence d'une plage de poche, le stock sédimentaire peut migrer d'un côté ou de l'autre de la plage à la suite d'une évolution des conditions hydrodynamiques locales (modification du régime des houles, marée, saisonnalité, *etc.*).

Des études sur l'anse de Montjoly et Rémire ont permis de mettre en évidence cette dynamique de rotation de plage sur l'île de Cayenne impulsée par la migration des bancs de vase (Anthony et Dolique 2004, 2006 ; Anthony *et al.* 2011, Brunier *et al.* 2016).

Anthony *et al.*, (2004) ont décrit le phénomène en quatre phases (Figure 5) :

- une phase initiale « Bank » pour laquelle le banc de vase est installé face à la plage. La houle incidente de direction nord-est, est atténuée par la vase et la plage sableuse en arrière-banc reste stable ;
- une deuxième phase « Transition » avec la migration du banc de vase vers l'ouest et la migration du sable de l'est vers l'ouest ;
- une troisième phase dite d'inter-banc « Inter-bank », la plage n'est plus « protégée » par le banc de vase et la dérive littorale s'effectue d'est en ouest ;
- la dernière phase de « Transition » correspond à l'arrivée d'un nouveau banc de vase. Les houles incidentes de direction majoritaire du nord-est se réfractent sur le front du banc de vase entraînant une inversion de la dérive littorale et donc un déplacement du stock sableux d'ouest vers l'est.

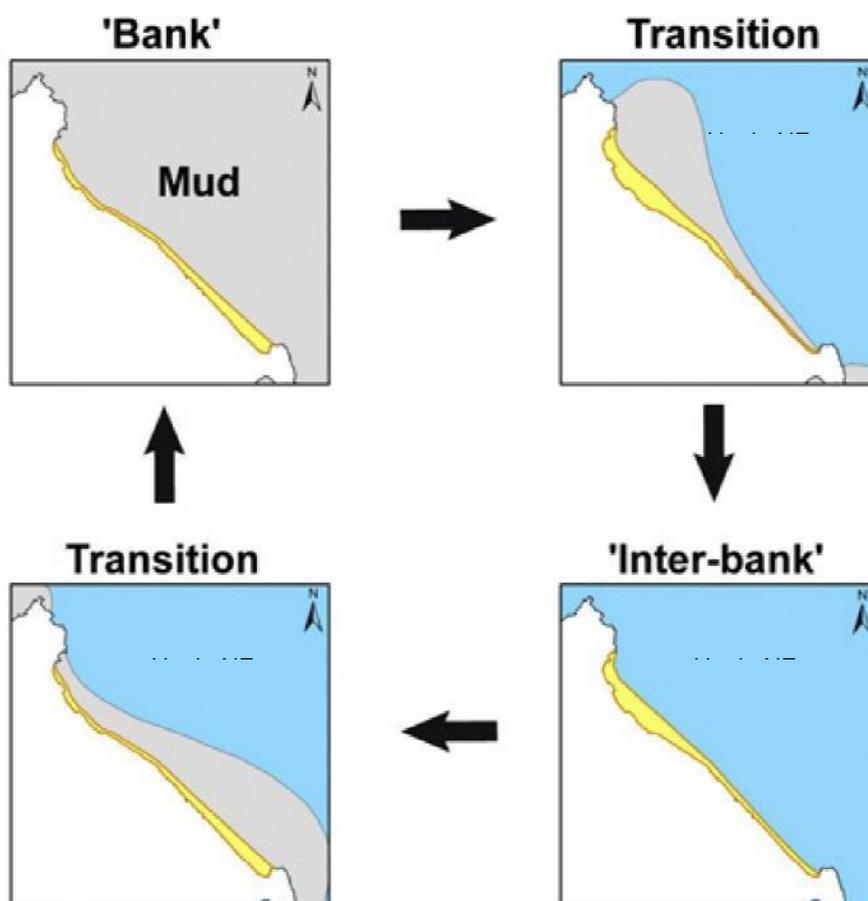


Figure 5 : Schéma de synthèse du principe de rotation de plage (d'après Anthony *et al.*, 2010, modifié par Brunier *et al.*, 2016).

La plage des Salines et la plage de l'anse de Rémire ont connu plusieurs fois ce phénomène de rotation. Le dernier a été observé entre 2014 et 2015 avec l'arrivée d'un banc de vase sur la presqu'île de Cayenne (Brunier *et al.*, 2016).

Dans le cadre des suivis de l'ODyC, le même phénomène a été caractérisé sur les années 2015 et 2016 au niveau des plages de Kourou (Moisan *et al.*, 2016 ; Longueville *et al.*, 2016). Le phénomène de rotation de plage a été observé sur la plage de poche de l'hôtel des roches, mais également de manière plus inattendue sur la plage semi-ouverte de la Cocoteraie. Les derniers levés de l'observatoire ont également mis en évidence les phénomènes de rotation de plage et de migration des stocks sableux sur la plage estuarienne d'Awala-Yalimapo (Longueville *et al.*, 2019).

b) Phénomène d'épi hydraulique : interaction banc de vase et estuaire

Les estuaires de Guyane interagissent avec le phénomène de migration des bancs vaseux littoraux. Les courants tidaux et fluviaux, orientés perpendiculairement au littoral engendrent un blocage partiel du banc de vase en migration ainsi que le transport partiel des sédiments fins hors de l'estuaire dans le domaine côtier (Figure 6). (Todd, 1968 ; Giosan *et al.*, 2005). Ce phénomène dit « d'épi hydraulique » ou encore « de chasse hydraulique » est principalement déterminé par la puissance du débit fluvial (Gensac, 2012).

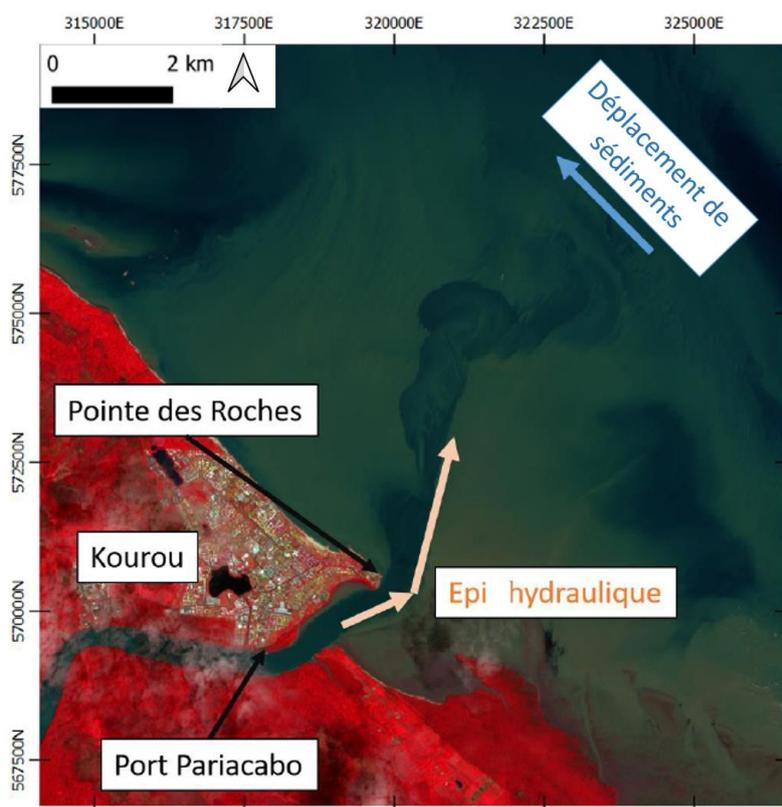


Figure 6 : Image satellite de l'embouchure du fleuve Kourou (Sentinel-2, en fausse couleur, octobre 2020) et mise en évidence du phénomène d'épi hydraulique.

2.2. CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES CÔTIÈRE EN GUYANE

2.2.1. Données disponibles

Afin de caractériser les conditions hydrodynamiques, plusieurs jeux de données sont utilisés :

- des données issues du marégraphe de l'île Royale au large de Kourou. L'ensemble de ces données est tiré du réseau Refmar mis en place par le SHOM (<http://data.shom.fr/donnees/refmar>);
- en l'absence de houlographe viable au large de la Guyane, les données sont issues du modèle MARC WWIII Global mis à disposition par Ifremer. Le point d'extraction est situé à (5.5°N ; 52°W) au large de Kourou.

2.2.2. Marée et hauteur d'eau

Dans cette partie, les niveaux d'eau énoncés ont comme référentiel le Zéro hydrographique (Zh). Le littoral de la Guyane est soumis à un régime de marée semi-diurne avec un marnage méso-tidal et un marnage moyen supérieur à 2 m (Fiot et Gratiot, 2006). Les courants de marée sont généralement dominés par le jusant (courant de marée descendante), bien que l'influence du flot (courant de marée montante) augmente dans les zones estuariennes en période d'étiage (Orseau, 2017). Le marnage n'est pas uniforme sur l'ensemble du littoral guyanais. D'après les références altimétriques du SHOM (Figure 7), les valeurs des niveaux d'eau sont propres à chaque site. Les plus hautes mers astronomiques ont une altimétrie de 3,74 m/Zh au port du Dégrad-des-Cannes, de 4,23 m/Zh à la Point des Hattes, de 2,70 m/Zh au port de Saint-Laurent-de-Maroni et de 3,57 m/Zh à la Montagne d'Argent à l'embouchure de l'Oyapock (Figure 7). De même, les altimétries des plus basses mers astronomiques varient, les valeurs sont de 0,92 m/Zh à l'est (Awala), 0,52 m/Zh au Dégrad-des-Cannes et 0,19 m/Zh dans l'ouest au niveau de la Montagne d'Argent (Figure 8). En 2021, le plus haut niveau d'eau est atteint fin avril avec une valeur de 3,69 m/Zh à la station marégraphique de l'île Royale. D'autres pleines mers de vives eaux à fort coefficient sont notées, notamment fin mars (3,60 m/Zh), début novembre (3,64 m/Zh) et début décembre (3,5 m/Zh) (Figure 7).

Nom	Type	Lat.	Long.	Et.	Année CH	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Iles du Salut [Guyane]	R	05 17 N	52 35 W		2013	03.72	03.30	02.70	02.14	01.55	01.05	00.60
Abords des Îles du Salut												
Pointe Française (Pointe des Hattes) ¹	S	05 45 N	53 57 W			04.23	03.90	03.20	02.60	01.90	01.30	00.92
Saint-Laurent du Maroni	S	05 30 N	54 02 W			02.70	02.50	01.95	01.51	01.00	00.55	
Îlot Brigandin	S	05 26 N	53 00 W				02.50	01.90	01.40	00.75	00.60	
Rivière de Sinnamary (Sinnamary)	S	05 23 N	52 58 W				02.70	02.20	01.45	00.95	00.85	
Kourou	S	05 09 N	52 38 W			03.59	03.20	02.60	02.00	01.40	00.85	00.48
Le Larivot	S	04 54 N	52 22 W			03.71	03.40	02.75	02.14	01.50	00.90	00.62
Îlet la Mère	S	04 54 N	52 11 W		2013	03.89	03.40	02.80	02.24	01.60	01.15	00.68
Dégrad des Cannes ¹	S	04 51 N	52 17 W		2014	03.74	03.45	02.85	02.10	01.50	01.10	00.52
Montagne d'Argent	S	04 23 N	51 41 W			03.57	03.15	02.40	01.70	01.05	00.40	00.19

Nom	Repère fondamental	Organisme	Date	RF/ZH	RF/Ref	ZH/Ref	ZH/Elli	Ref
Iles du Salut [Guyane]	Repère de nivellement Shom scellé horizontalement dans le soubassement d'une construction en ruine (anse Legoff)	Shom	2013	6.884	5.024	-1.860	-36.29	NGG77
Abords des îles du Salut								
Pointe Française (Pointe des Hattes) ¹	9730601A	IGN	1977	6.172	3.790	-2.382	-34.56	NGG77
Saint-Laurent du Maroni	M'M"-1	IGN	2015	5.468	4.414	-1.054	-33.91	NGG77
Îlot Brigandin								
Rivière de Sinnamary (Sinnamary)								
Kourou	MM'-0-I	IGN	2015	7.688	5.802	-1.886		NGG77
Le Larivot	BM-31-I	IGN	2002	5.697	3.530	-2.167	-36.73	NGG77
Îlet la Mère	Repère de nivellement de type Shom scellé horizontalement dans le rocher à six mètres au sud-est du marégraphe	IGN	2003	5.447			-36.23	
Dégrad des Cannes ¹	Repère de nivellement IGN (D.EG-1) scellé horizontalement dans la façade Ouest de la Capitainerie à l'entrée principale du port	IGN	2015	5.407	3.529	-1.878	-36.19	NGG77
Montagne d'Argent								

Figure 7 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de Guyane. PHMA : plus hautes mers astronomiques, PMVE : pleines mers de vives eaux, PMME : pleines mers de mortes-eaux, NM : Niveau Moyen, BMME : basses mers de mortes-eaux, BMVE : basses mers de vives eaux, PBMA : Plus basses mers astronomiques. Les valeurs sont données par rapport au zéro hydrographique (SHOM, 2020).

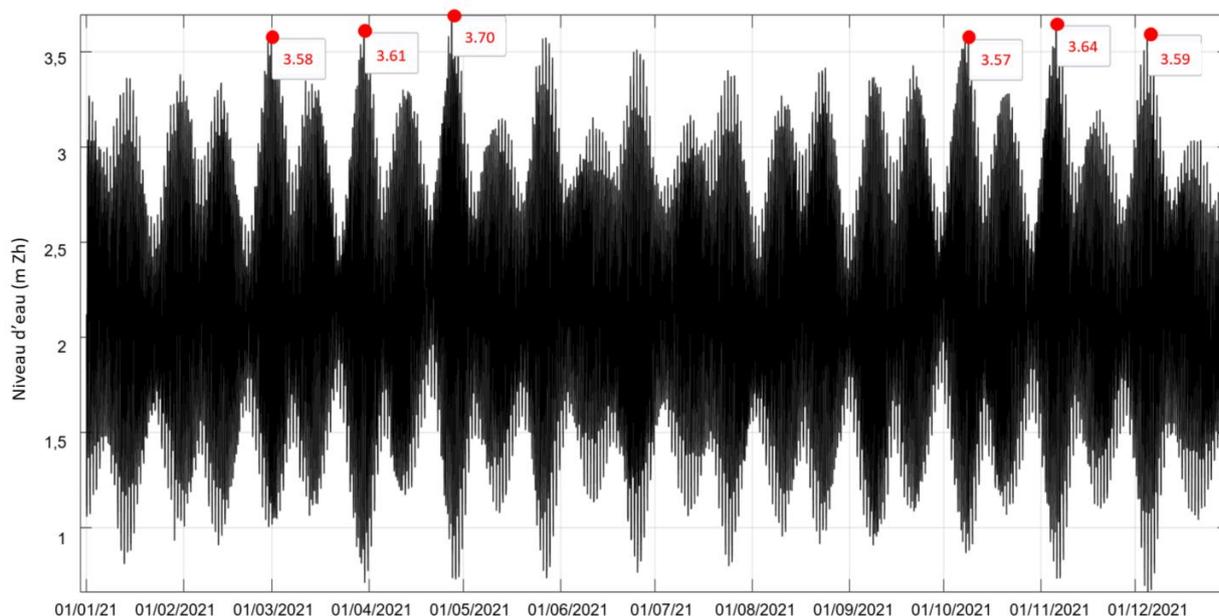


Figure 8 : Niveaux d'eau par rapport au zéro hydrographique à l'île Royale en fonction du temps au cours de l'année 2021.

2.2.3. Houle

En Guyane, de par sa position dans la zone intertropicale de convergence (ZIC), la houle est majoritairement générée par les alizés provenant du nord-est. Toutefois, il est possible d'observer une variabilité saisonnière liée au passage des tempêtes dans l'océan nord-atlantique, engendrant des houles plus énergétiques de direction nord. Deux régimes de houles se distinguent : une période plus calme de juin à septembre et une période plus énergétique d'octobre à mai (Gratiot *et al.*, 2007). En réponse aux alizés, les houles arrivant à la côte sont orientées du nord-est vers le sud-ouest (Figure 9). Les paramètres de houle typiques rencontrés le long de la côte ont des hauteurs significatives de 1 à 2,5 m pour des périodes comprises entre 8 et 10 s (Gratiot *et al.*, 2007).

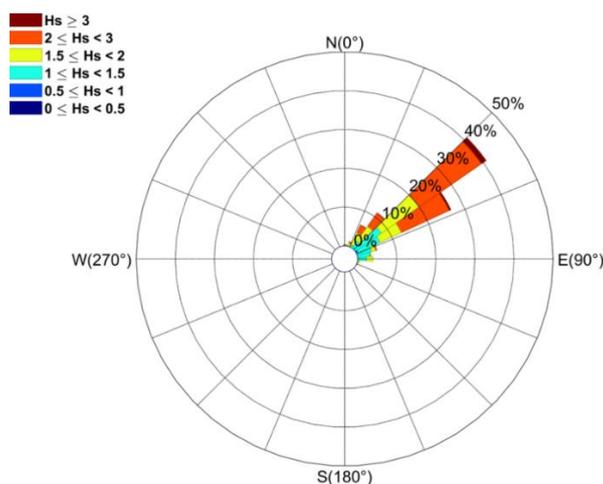


Figure 9 : Rose des Houles entre le 01/01/2021 et 31/12/2021 au large de la Guyane. La hauteur significative des vagues (H_s) se lit suivant le code couleur en haut à droite, le pourcentage de houle de même direction calculé sur l'année 2021 se lit sur l'axe radial. Le point d'extraction est situé à ($5.5^{\circ}N$; $52^{\circ}W$) au large de Kourou.

Pour caractériser une houle, quatre paramètres physiques sont utilisés (Figure 10) :

- la hauteur significative (H_s), qui correspond à la moyenne des hauteurs du tiers des plus fortes vagues, exprimée en mètre ;
- la période, correspondant à l'écart temporel entre deux pics de houle, exprimée en seconde ;
- la direction, correspondant au secteur de provenance, exprimée en degré par rapport au nord ;
- le potentiel énergétique de vague (en kW/m), ou encore dit énergie houlomotrice.

Les principaux coups de mer ont lieu de janvier à avril et d'octobre à décembre, les mois de juin à novembre sont plutôt considérés, en 2021, comme des périodes de calme du point de vue hydrodynamique. La saison des houles de plus fortes périodes et énergies à lieu en fin de saison sèche et en début de saison des pluies. Dans le cas d'un potentiel énergétique, hauteur significative et période de houle présentant des valeurs nettement supérieures aux valeurs moyennes annuelles des vagues (respectivement environ 19 Kw/m , 2 m et 8 s). Un événement est considéré comme remarquable quand l'impact de celui-ci est observable sur le trait de côte, parmi eux (Figure 10) :

- un épisode majeur est recensé en octobre 2021. La période des vagues atteint au maximum 18 s avec des hauteurs significatives de vagues supérieures à 2 m et de direction nord ;

- au mois de janvier 2021, un épisode de fortes houles est identifié. Son impact sur la plage d'Awala-Yalimapo a fait l'objet d'un rapport d'expertise en janvier 2021 (Longueville, 2021) ;
- au mois de février 2021, une succession de plusieurs épisodes de houles énergétiques est enregistrée. Les hauteurs significatives de vagues avoisinent les 3 m. L'ordre de grandeur des périodes de vagues reste en moyenne inférieur à 10 s, elles sont de direction nord-est.

La comparaison des données de houle et de niveaux d'eau permet de corréler les coups de mer recensés en 2021 avec les marées de vives eaux (Figure 8). En période inter-banc, les côtes guyanaises étant basses et meubles, lors de ces phénomènes, l'aléa de submersion est majeur. En parallèle de la migration des bancs de vase, les effets les plus impactant sur les côtes guyanaises sont liés aux houles dites de « Nord » qui se forment dans l'océan nord Atlantique sous l'action de larges systèmes dépressionnaires. Elles sont formées par le passage de cyclones dans l'Atlantique (formation de houles de périodes de 14 s) et peuvent provoquer d'importants dégâts sur le littoral (Van Ledden *et al.*, 2009) notamment lorsque les vagues sont combinées à une marée haute de vives-eaux.

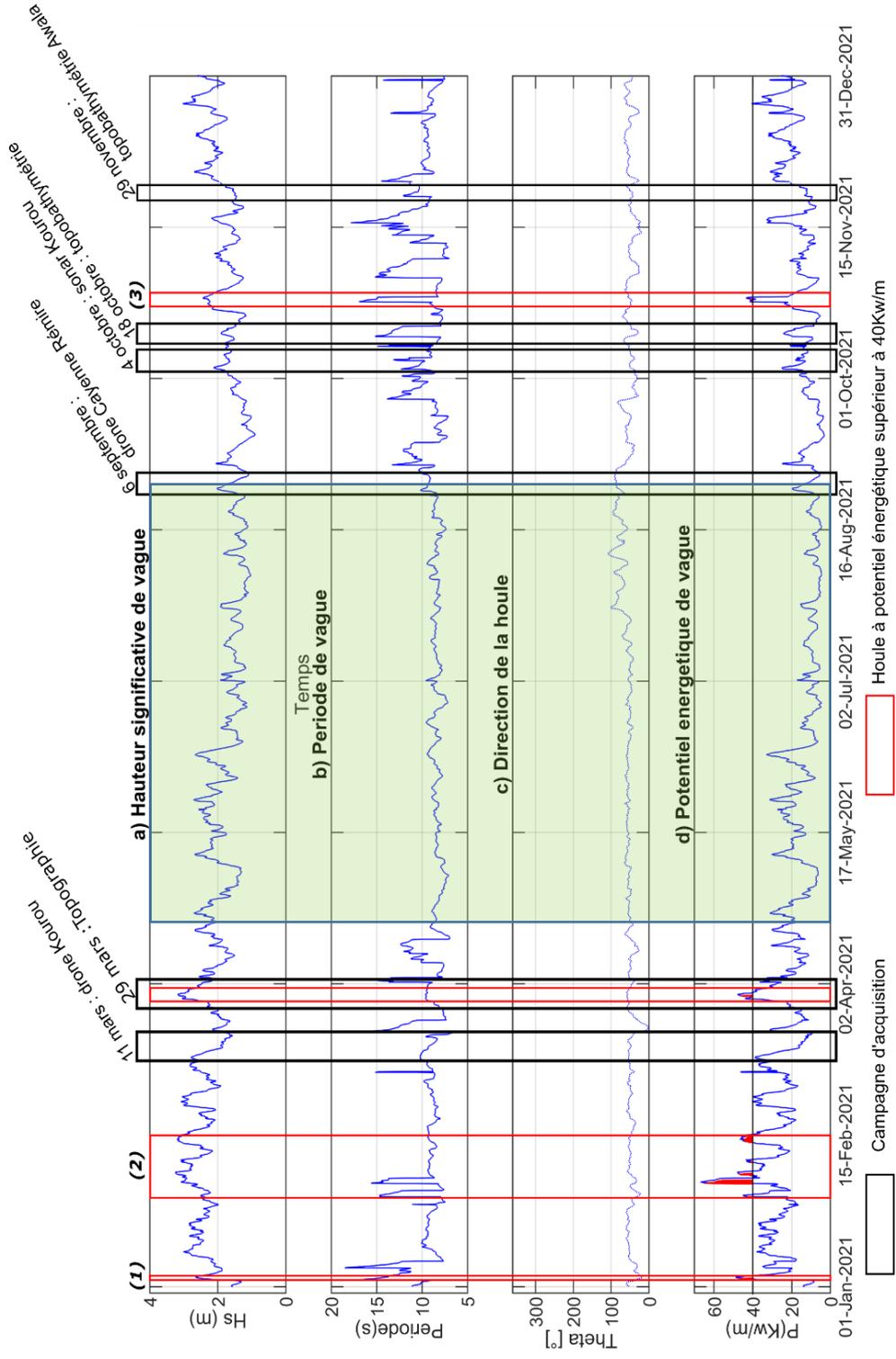


Figure 10 : Paramètres des vagues au large de l'île Royale en Guyane de janvier 2021 à décembre 2021 (a) hauteur significative de vague (m), (b) Période de vague (s), (c) Direction de la houle (°), (d) Potentiel énergétique de vague en Kw/m. Les événements hydrodynamiques remarquables cités dans le texte sont notés (1), (2) et (3). La zone encadrée en vert correspond à une période hydrodynamiquement calme.

3. Bilan d'activité de l'observatoire sur l'année 2021

3.1. GÉNÉRALITÉ ET RAPPEL DU PROGRAMME

L'observatoire de la dynamique côtière de Guyane est en place depuis 2014 et constitue un outil de référence fédérateur de tous les organismes de recherche et d'expertise travaillant sur l'évolution du littoral à l'échelle de la Guyane. Depuis sa mise en place l'observatoire suit quatre sites :

- les plages de la presqu'île de Cayenne : anse de Rémire, anse de Montjoly, anse de Montabo et les petites anses de Cayenne ;
- les plages de Kourou ;
- la plage de Sablance sur la commune de Macouria ;
- la plage de Yalimapo sur la commune d'Awala-Yalimapo.

Pour répondre aux objectifs, le programme de l'ODyC se décompose en quatre grands volets :

- 1] l'acquisition de données ;
- 2] la bancarisation et la diffusion des données ;
- 3] l'analyse des phénomènes et les interprétations ;
- 4] la communication et l'animation.

3.2. ACQUISITION DES DONNÉES

Dans le cadre de la convention 2020/2021 entre la DGTM et le BRGM, sur l'année 2021, cinq campagnes terrains ont été menées. Mise à part la campagne en mer pour l'acquisition des données de sonar à balayage, les campagnes sont réalisées en période de vives-eaux pour bénéficier de la zone d'estran la plus découverte par la marée. Les dates de campagnes terrains sont étalées dans le temps :

- du 29 mars au 2 avril 2021 : levé topographique le long des profils sur tous les sites suivis ;
- le 11 et 12 mars 2021, sur la commune de Kourou : élaboration d'un modèle numérique de terrain et de surface (MNT et MNS) par photogrammétrie à partir d'images acquises par levé drone ;
- du 6 au 8 septembre 2021, sur la presqu'île Cayenne élaboration d'un modèle numérique de terrain et de surface (MNT et MNS) par photogrammétrie à partir d'images acquises par levé drone, au niveau des petites anses de Cayenne et des géotextiles Stabiplates® ;
- du 4 au 8 octobre 2021, sur la commune de Kourou, levé au sonar à balayage latéral au large de Kourou à proximité des îles du Salut ;
- du 18 au 20 octobre 2021, sur les sites de la presqu'île de Cayenne, Macouria et Kourou et le 29 novembre à Awala : levé topographique et bathymétrique le long des profils de plage ainsi que levé de la position du trait de côte par DGPS.

En parallèle, tout le long de l'année, les images satellites Sentinel-2 sont récupérées, au minimum deux fois par an, afin de suivre l'évolution des bancs de vase. En cas de nécessité, la tranche conditionnelle de la convention définissant les travaux de l'observatoire est déclenchée afin de procéder à une expertise de l'évolution du littoral suite à des événements particuliers. Au cours de l'année 2021, suite aux phénomènes d'érosion marine ayant impactés la plage de l'anse de Montjoly, une expertise a été déclenchée en février 2021. En accord avec la DGTM, elle n'a pas donné suite à un rapport d'expertise. Néanmoins l'ensemble des observations et conclusion menées lors de cette expertise sont détaillées dans ce présent rapport.

3.3. PILOTAGE ET COMMUNICATION

Le fonctionnement de l'ODyC repose sur trois instances (Figure 11) :

- **un comité de pilotage** : constitué par les financeurs et les principaux opérateurs techniques de l'ODyC. Ses compétences sont relatives aux missions (périmètres/mise en œuvre) et aux modalités de fonctionnement de l'ODyC (type de suivi, actions scientifiques mises en place);
- **un comité scientifique et technique** : permet de rassembler les fournisseurs de données et d'autres partenaires scientifiques, notamment le Groupement De Recherche « *Littoral de Guyane sous influence Amazonienne* » (GDR LIGA) et les gestionnaires d'espace littoraux (Conservatoire du littoral, Réserves Naturelles par exemple). Il a pour objectif d'appuyer les choix stratégiques du comité de pilotage en lien avec les enjeux scientifiques et les problématiques locales. Ce comité se réunit au moins une fois par trimestre et d'avantage selon les besoins ;
- des **groupes de travail** principalement animés par le BRGM et la DGTM afin de réaliser les actions actées par le comité de pilotage d'un point de vue technique (mode d'acquisition de la donnée, fréquence, réflexions sur les méthodes).

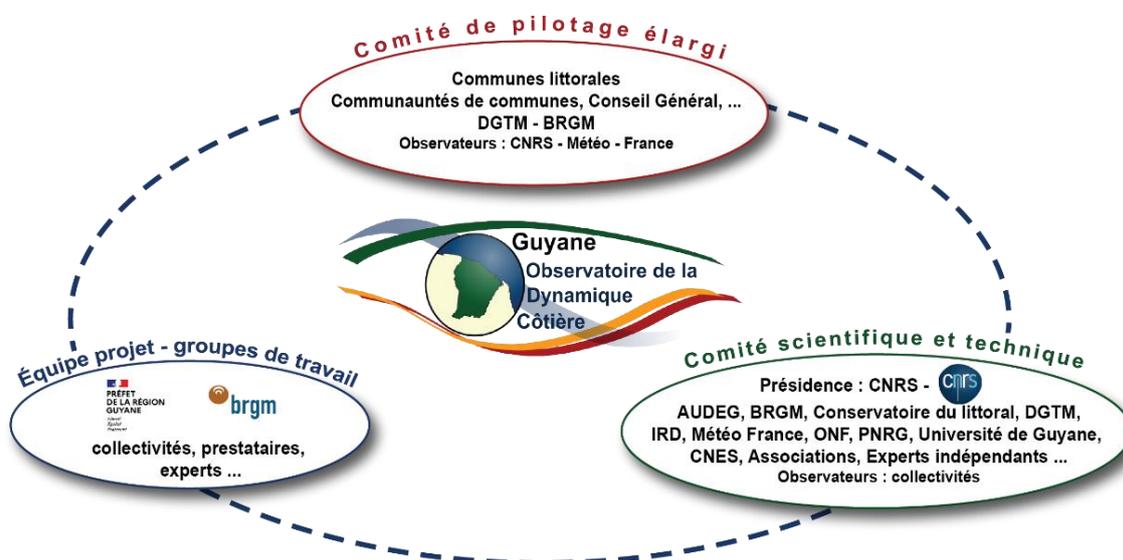


Figure 11 : Schéma de l'organisation entre les différents partenaires de l'ODyC.

Sur l'année 2021, le comité de pilotage s'est réuni le 9 décembre 2021 et a rassemblé les collectivités des quatre sites suivis ainsi que les partenaires techniques et scientifiques.

Concernant la partie communication et animation, dans le cadre de la fête de la science en 2021, une action de sensibilisation auprès du grand public sur la dynamique côtière a été réalisée. Au total deux sorties mi-novembre 2021, regroupant une quinzaine de personnes ont été menées conjointement avec l'association Kwata sur la plage des Salines. Enfin, le 20 novembre, le BRGM et la DGTM ont animé un atelier au sein du village des Sciences.

4. Données acquises et méthodes

4.1. SUIVI TOPO-BATHYMÉTRIQUE

4.1.1. Acquisition des données

Les levés topo-bathymétriques permettent de suivre l'évolution morpho-sédimentaire des plages. Deux types de mesures sont réalisées :

- des levés topographiques qui regroupent les levés de profils prédéfinis et de la position du trait de côte. Les suivis des profils ont lieu deux fois par an, en saison des pluies (avril/mai) et en saison sèche (octobre/novembre) tandis que les levés de la position du trait de côte, ont lieu une fois par an, à la fin de la saison sèche ;
- des levés bathymétriques qui ont lieu une fois par an, à la fin de la saison sèche, période où la mer est la plus praticable pour la réalisation de ce type de levés.

a) *Levés topographiques*

Les mesures topographiques sont effectuées à l'aide d'un DGPS (Differential Global Positioning System) Trimble R8s en levé RTK (Real Time Kinematic). Le mode RTK permet d'obtenir des mesures de précision centimétrique en planimétrie et en vertical.

Depuis 2020, la Guyane dispose du réseau TERIA développé par la société EXAGONE. Ce service de correction des données GPS par GSM permet d'acquérir une mesure en temps réel de précision centimétrique, tout en s'affranchissant des bases du DGPS, communément déployées sur des repères géodésiques.

Le système consiste à capter le positionnement de différentes antennes fixes situées sur le territoire à partir des constellations satellitaires (GPS, GLONASS, BEIDOU ou encore Galileo) (Figure 12). Les antennes comparent en temps réel leurs positions obtenues des constellations et leurs positions connues au centimètre près. La différence mesurée est ensuite envoyée en temps réel à l'aide d'une carte Sim au récepteur mobile du DGPS. Une fois le différentiel appliqué, la mesure obtenue au niveau du DGPS est de précision centimétrique.

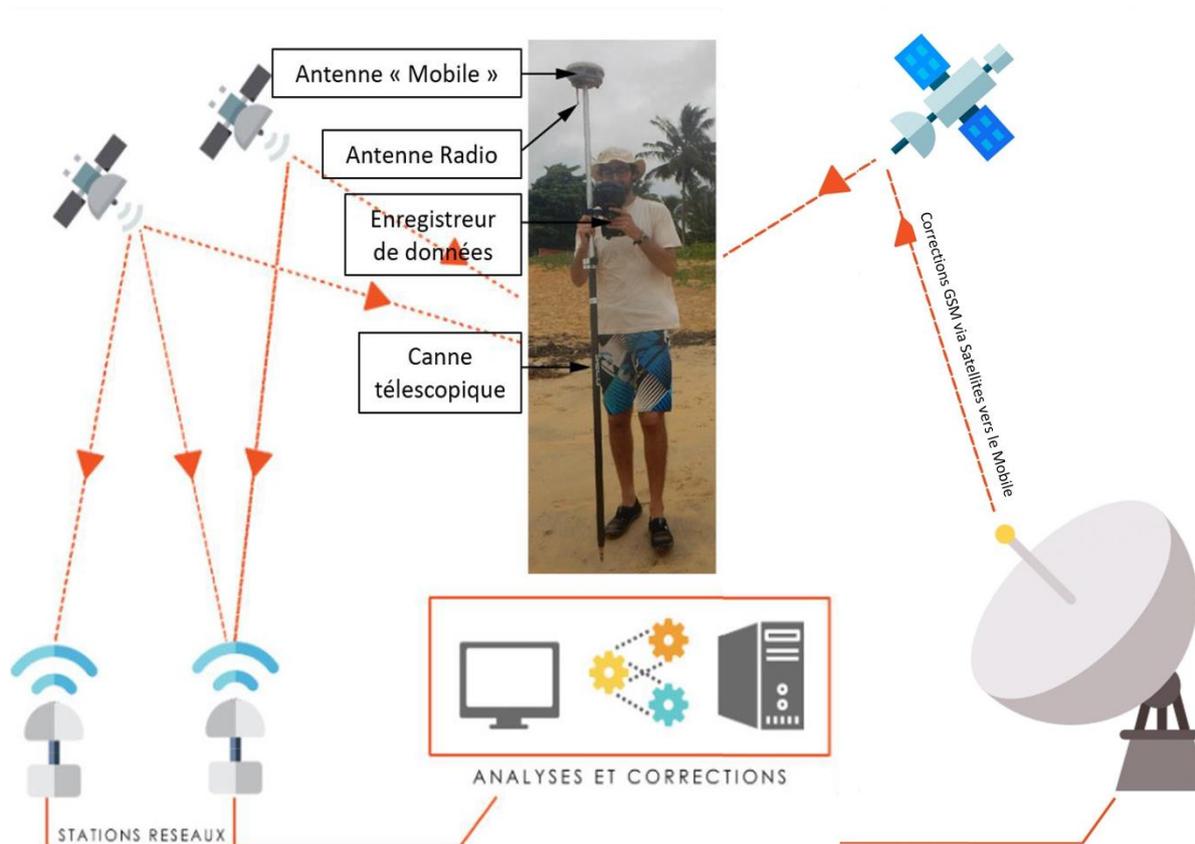


Figure 12 : Schéma explicatif du système de géoréférencement DGPS-RTK avec TERIA (©Teria) et présentation du mobile (©BRGM).

Depuis 2014, des profils topographiques définis sont mesurés selon des axes perpendiculaires aux lignes de rivage sur tous les secteurs d'intérêt du littoral (Awala-Yalimapo, Kourou, Macouria, Rémire-Montjoly, Cayenne-Montabo). Les positions de ces profils de référence sont fixes dans le temps, ce qui permet de suivre l'évolution des plages sableuses, du haut de plage et de la zone intertidale (Figure 4). Les mesures sont effectuées deux fois par an pour un suivi régulier (De la Torre *et al.*, 2015). Pour assurer la représentativité des données par rapport aux morphologies des profils de plage, les mesures sont réalisées à chaque rupture de pente observée au niveau du profil (Figure 13, A).



Figure 13 : Levés des profils de référence (à gauche) et de la position du trait de côte (à droite).

La position du trait de côte est relevée à pied en suivant des indicateurs prédéfinis et constants d'une campagne à l'autre (Figure 13, B). Les trois indicateurs géomorphologiques utilisés pour la délimitation de la position du trait de côte sont : la limite de végétation basse, la laisse de mer² et le pied du talus d'érosion (Figure 14). L'indicateur préférentiel est la limite de végétation, en cas d'absence de végétation la limite de laisse de mer ou le pied de talus d'érosion sera considéré. L'échantillonnage de la position du trait de côte est réalisé à pas régulier tous les mètres.



Figure 14 : Indicateurs géomorphologiques de caractérisation de la position du trait de côte : (gauche) talus d'érosion (Plage de Yalimapo – Awala 2020), (centre) limite de végétation (Plage des Salines – Remire 2020) et (droite) limite de laisse de mer (Plage de Montabo – Cayenne).

Cette année, d'un point expérimental, la cartographie de la **limite vase-sable** est réalisée suivant la même méthode instrumentale que lors de la cartographie du trait de côte. La limite vase-sable correspond à la délimitation entre le sable et la vase au niveau de l'estran. L'objectif est de suivre la largeur de la plage sableuse dans le temps.

b) Levés bathymétriques

L'objectif des profils bathymétriques est de suivre l'évolution des petits fonds situés dans la continuité des profils topographiques relevés sur la plage.

Ces levés sont réalisés à l'aide du moyen nautique de l'entreprise KTM basée à Kourou. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un sondeur mono-faisceau mono-fréquentiel PA500 (500kHz, faisceau conique de 6°, profondeur maximale 50 m) appartenant au BRGM. La sonde bathymétrique envoie une onde acoustique qui est réfléchiée par le fond puis récupérée ensuite par le sondeur. Connaissant la célérité³ de la propagation de l'onde acoustique dans l'eau et le temps de parcours de l'onde, la profondeur est calculée automatiquement par le logiciel ©Hydromagic. La sonde est fixée sur le côté du bateau à l'extrémité inférieure d'une perche en métal. À l'autre extrémité, l'antenne du mobile DGPS Trimble R8s est fixée et relève la position du bateau en RTK et l'altitude de l'antenne, la position est corrigée par voix satellite à partir du système TERIA (Figure 12).

² Dépôt de matériaux naturels (bois, branchage, algues...) et anthropiques (bouteilles, plastiques...) abandonnés par la mer à marée haute (MEDDTL, 2010).

³ Vitesse de propagation d'une onde



Figure 15 : Installation de la sonde mono-faisceau mono-fréquentielle couplée avec le DGPS-RTK avec le système de correction TERIA.

La synchronisation des deux appareils est assurée par le logiciel Hydromagic© embarqué sur un ordinateur de terrain. Ce logiciel assure simultanément le suivi de la navigation et l'acquisition des données levées au cours des opérations de mesure le long des profils.

4.1.2. Traitements des données

a) Données topographiques ponctuelles

Les données topographiques permettent de comparer plusieurs types d'indicateurs géomorphologiques. Les principales données produites sont des profils de référence et la position du trait de côte sous la forme de points XYZ. Après un nettoyage des points aberrants, les points des profils topographiques sont extraits sous Excel, alors que les données de trait de côte et de limite vase-sable sont traitées à partir d'un logiciel SIG.

b) Données bathymétriques

Les données bathymétriques sont post-traitées sous le logiciel d'acquisition Hydromagic©. Les hauteurs d'antenne DGPS et les données de marée sont automatiquement prises en compte, permettant une correction automatique des différences de profondeurs dues à la marée. La référence altimétrique des fichiers de marées est le zéro hydrographique. Les valeurs ont donc été rapportées au zéro NGG avant correction via les mesures DPGS avec le système TERIA :

$$- Z_{\text{NGG}} = ZH - ZH_{\text{teria}} [\text{m}] \text{ pour tous les profils ;}$$

Ainsi les valeurs finales exportées sont exprimées en RGFG95/UTM22N pour la référence spatiale. Les données sont ensuite traitées avec un filtre de houle pour améliorer la prise en compte des mouvements du bateau liés aux vagues.

4.2. SUIVI TOPOGRAPHIQUE PAR PHOTOGRAMMÉTRIE DRONE

4.2.1. Acquisition des données

a) Outils et méthodes d'acquisition

Depuis 2016 des levés photogrammétriques par drones sont effectués chaque année sur les sites de Kourou, Rémire-Montjoly et Cayenne. Au cours de l'année 2021, quatre jours d'acquisition de levé drone ont été réalisés (Tableau 1).

Les campagnes de suivi topographique par photogrammétrie sont effectuées par l'entreprise Sentinel©. Les outils utilisés sont deux drones RTK déployés simultanément sur la plage. L'utilisation de ce type d'outils présente des avantages majeurs : l'obtention de données cartographiques hautes résolutions ainsi qu'un déploiement rapide. L'utilisation de deux drones en parallèle sur une même zone d'étude réduit le temps d'acquisition et permet de limiter l'impact des variations de niveau d'eau. La Figure 16 reprend les zones d'acquisition pour chaque site.

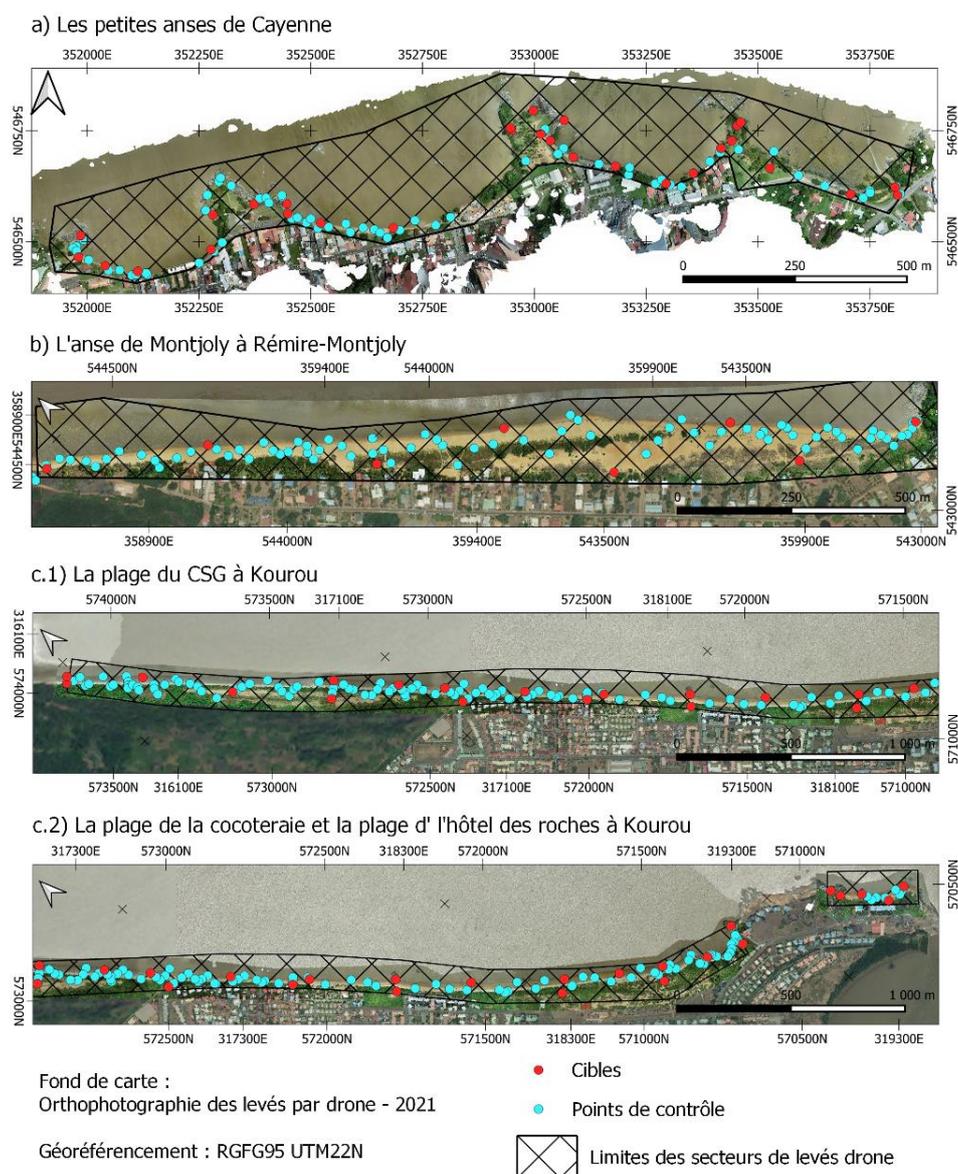


Figure 16 : Pour chaque site, emprises des zones d'acquisition des vols drone RTK.

Pour chaque site, les images aériennes acquises permettent de construire un modèle numérique de surface (MNS) et une orthophotographie géoréférencée.

b) Outil et méthode de contrôle des données

Afin de s'assurer de la précision des données, un géoréférencement en X et en Y des cibles (Figure 16 et Tableau 1) posées au sol est réalisé selon la méthode présentée partie 4.1.1a). Les mesures de ces cibles au DGPS permettent de recaler avec précision les images aériennes. Les valeurs altimétriques des MNS sont ensuite contrôlées à l'aide de points de contrôle (Tableau 1) mesurés au DGPS et répartis sur toute la zone d'acquisition.

Site	Dates d'acquisition	Surface (m ²)	Nombre de cible	Nombre de point de contrôle
Les plages Pimpoum, du CSG et de la Cocoteraie à Kourou	11 et 12 mars 2021	648 752	23	129
La plage de l'hôtel des Roches à Kourou	12 mars 2021	59 762	5	8
Les Salines à Rémire-Montjoly	7 septembre 2021	332 687	8	79
Les petites Anses de Cayenne	6 septembre 2021	397 796	29	66

Tableau 1 : Synthèse pour chaque site des jours d'acquisition avec les drones RTK et du nombre de cibles et de points de contrôle utilisés.

4.2.2. Traitement des données

a) Traitement préalable des données

Une fois les données acquises, un premier traitement est effectué par le prestataire avec le logiciel Photoscan®. Les premiers objectifs sont de vérifier le jeu de données, calibrer le système de prise de vue, mettre en corrélation les couples d'images, caler chacune des images à l'aide des cibles au sol, contrôler la qualité et fournir les orthophotographies au format « .tif ». Les jeux de données récupérés sont des nuages de points topographiques au format « las », une orthophotographie et un MNS au format « .tif » également. Après un traitement du nuage de point le prestataire fournit un Modèle Numérique de Terrain (MNT) au format « .tif » à une résolution de 8 cm.

b) Étude des orthophotographies

La résolution des orthophotographies est de 2,5 cm. Cette grande précision permet de cartographier par digitalisation les zones de mangroves et la limite vase-sable de chaque plage. La comparaison années par années de ces paramètres permet d'étudier les tendances d'évolution spatiale de la mangrove et de la limite vase sable.

c) Précisions sur les mesures

Une comparaison, entre les données prises sur le terrain au DGPS et celles sorties du modèle réalisées sous Photoscan, permet de quantifier les écarts planimétriques *et* altimétriques des données acquises en drone.

Le Tableau 2 reprend les valeurs statistiques des écarts altimétriques entre les valeurs mesurées au DGPS des points de contrôle et les valeurs du MNT sur ces mêmes points. Les moyennes des écarts altimétriques entre les cibles et le MNT sont inférieures à 10 cm pour les anses de Cayenne et toutes les plages de Kourou. La différence entre le MNT de 2021 et MNT de 2020 peut être réalisée directement.

Néanmoins la moyenne et l'écart-type pour la plage de Rémire sont environ trois fois supérieurs à 10 cm. Une erreur linéaire, liée au référencement de la base, au cours de l'acquisition est la cause de ces différences. En se basant sur des points fixes dans le temps un offset de 30 cm a été appliqué au MNT de 2021, permettant de ramener la marge d'erreur autour de 10 cm.

	Nombre de point de comparaison	Statistiques en centimètre des écarts altimétriques entre le MNS de 2021 fourni et les points de contrôle mesurés en 2021			
		Moyenne des valeurs absolues [cm]	Ecart-type [cm]	Minimum [cm]	Maximum [cm]
Les plages Pimpoum, du CSG et de la Cocoteraie à Kourou	152	5,249	7,40	-17,49	35,36
La plage de l'hôtel des Roches à Kourou	13	2,20	2,45	-1,68	5,20
Les Salines à Rémire-Montjoly	87	31,34	27,95	-0,87	183
Les petites Anses de Cayenne	95	3,91	5,20	-10,02	16,41

Tableau 2 : Variations altimétriques entre les données mesurées avec le drone RTK de Sentinel© et les points de contrôle mesurés à partir du DGPS par le BRGM.

d) Calcul de marge d'erreur

Les volumes d'incertitudes ont été obtenus à partir de l'erreur des MNT par une méthode présentée par Byrnes *et al.* (2002). Le volume d'incertitude correspond au volume total de sédiments déplacés en valeur absolue (soit les volumes sédimentaires en accrétion et en érosion sans distinction) pour tous les points de mesures où la hauteur de sédiments déplacés est comprise dans la moyenne absolue arrondie des erreurs sur chaque point de contrôle. Les volumes d'incertitudes seront précisés pour chacune des emprises de calcul dans la suite du document.

4.3. SUIVI SATELLITAIRE : IMAGE SENTINEL 2

4.3.1. Type de données et acquisitions

Les images satellites sont acquises par le satellite Sentinel-2 mis en orbite en 2015 par l'agence spatiale européenne. D'un pas de temps de 5 à 10 jours, les images obtenues ont une largeur au sol de 290 km et d'une résolution de 10 à 60 mètres selon les bandes spectrales allant du visible au moyen infrarouge. Dans le cadre de l'observatoire, les images d'une résolution de 10 m dans le domaine du visible sont utilisées.

Ces images sont en libre accès sur le site de Sentinel : <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>.

4.3.2. Traitements et applications

Les images sont prises à la fin de chaque année afin d'estimer la position des bancs de vase par digitalisation, à l'échelle de la Guyane et des sites suivis. L'indicateur caractérisé pour identifier la position des bancs de vase est la limite de modification du train de houle par atténuation (Figure 17). Les images à marée basse et présentant une couverture nuageuse la plus faible sont retenues préférentiellement. Néanmoins les interprétations s'affranchissent des conditions hydrodynamiques pour proposer une comparaison qualitative de la position du banc de vase au cours du temps.



Figure 17 : Propagation de la houle dans la région de Kaw observée sur l'image SPOT (décembre 2001) d'après Baghdadi et al. (2005).

4.4. SUIVI PHOTOGRAPHIQUE

Cette méthode simple (Mallet *et al.*, 2012), permet de disposer d'un système de veille photographique et d'accompagner les réflexions sur l'évolution du milieu côtier.

À chaque campagne de mesure, que ce soit lors des suivis topographiques biennuelles ou lors des expertises réalisées à la suite des phénomènes érosifs, plusieurs séries photographiques sont prises. Ce suivi consiste à photographier sous différents angles la plage et d'effectuer des photographies panoramiques en un ou plusieurs points des profils topographiques de référence. L'objectif est de comparer qualitativement l'évolution de la plage et les éventuels dégâts occasionnés à la suite de coups de mer.

4.5. SUIVI AU SONAR À BALAYAGE LATÉRAL

Dans le cadre de l'ODyC, des missions au sonar à balayage latéral ont lieu au large de Kourou. La campagne d'acquisition au sonar à balayage latéral a eu lieu entre le 4 octobre et le 8 octobre 2021. Le bateau utilisé est le EMLO de l'entreprise KTM Kourou Transport Maritime, avec comme capitaine Loïc Hebrad (Figure 18). Le bateau a été équipé avec un sonar à balayage latéral ainsi que du sondeur mono-fréquence mono-faisceau PA500.

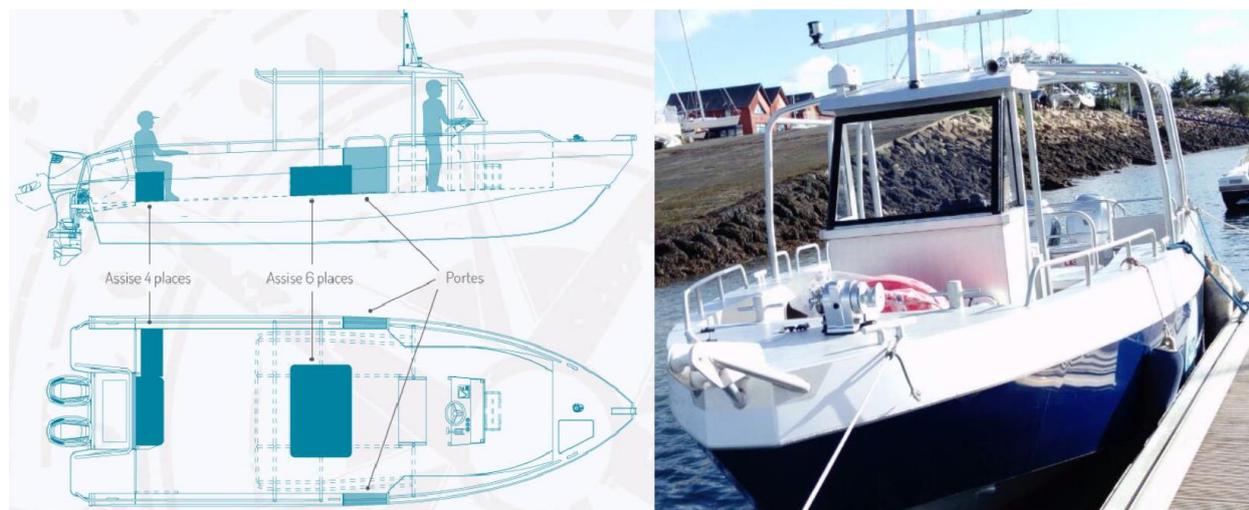


Figure 18 : EMLO utilisé lors de la campagne d'acquisition en mer (KTM©).

4.5.1. Acquisition des données

a) Sonar à balayage latéral

Le sonar à balayage latéral mesure les échos acoustiques du fond en incidence rasante. Les faciès rétrodiffusés informent sur la nature du fond et les structures sédimentaires qui s'y trouvent (Figure 19).

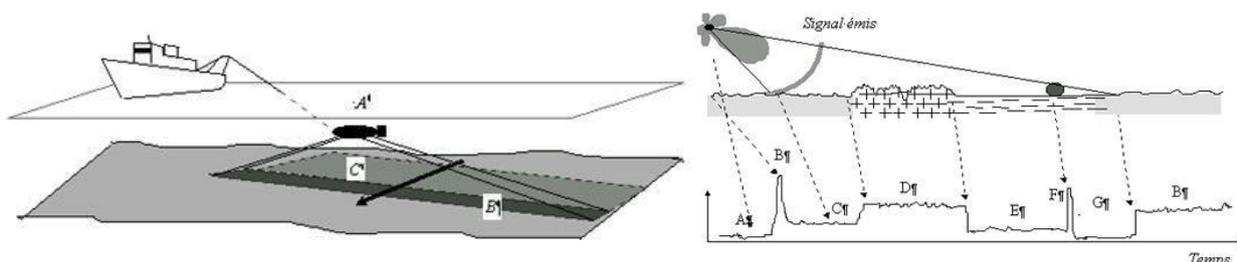


Figure 19 : Fonctionnement d'un sonar à balayage latéral - A: bruit et réverbération dans l'eau- B: premier écho de fond- C: zone de sable- D: roche- E: vase- F: écho de cible- G: ombre portée par la cible. (Ifremer©).

Depuis 2018, le sonar à balayage latéral utilisé est un modèle Edgetech bi-fréquence 4125 (400 kHz et 900 kHz) associé à 150 m de câble électroporteur sur touret. L'acquisition des données est gérée par la centrale Edgetech et le logiciel EdgeTech Discover®. Le logiciel permet des réglages de gain, de contraste et de largeur de mesure pour la visualisation et l'acquisition en temps réel. Il contrôle également l'enregistrement des fichiers bruts. Lors des missions, les fichiers ont été enregistrés au format usine Edgetech (.jsf) et au format interopérable (.xtf) pour les deux fréquences du sonar. Le positionnement du navire est assuré par un GPS métrique Garmin pour la campagne au large de Kourou. La longueur filée de câble est saisie manuellement dans le logiciel, la hauteur d'eau (sous le poisson et au-dessus) est mesurée par détection du fond et par un capteur de pression embarqué (Figure 20). Le cap est fourni par le GPS ou le capteur embarqué dans le poisson.



Figure 20 : Déploiement du sonar le long d'un câble de 150 m à l'arrière du bateau et acquisition auprès de l'ordinateur de contrôle ; en haut à gauche : Sonar à balayage latéral ; en haut à droite : PC d'acquisition sonar ; en bas : manœuvre de remontée du sonar (BRGM, 2020).

b) Suivi bathymétrique

L'acquisition de la bathymétrie est simultanée avec l'acquisition des données sonar. Le sondeur utilisé est le même que celui énoncé partie 4.1.1.b). Le schéma de montage est présenté en Figure 23.

c) Prélèvement à la benne

Les prélèvements à la benne ont pour objectif de caler les nuances de gris des faciès acoustiques obtenus sur les images sonar en associant un faciès acoustique à un faciès sédimentaire. Ces prélèvements se font avec une benne Schipeck© (Figure 21) lorsque la bathymétrie est supérieure à 10 m et à l'aide de la benne VanVeen pour les fonds inférieurs à 10 m (Figure 22). Seule la surface du fond sédimentaire est échantillonnée. La benne Schipeck© est équipée d'un godet monobloc qui pivote sur lui-même. Elle est opérée manuellement depuis l'avant du navire à l'aide d'un tire-casier permettant le déport de l'engin (Figure 21). La benne VanVeen, plus simple d'utilisation, est opérée sur le côté du bateau et consiste à fermer deux mâchoires sous la traction d'un câble (Figure 22). Les prélèvements sont photographiés, positionnés, décrits de façon macroscopique et conditionnés pour analyses ultérieures. Les prélèvements ont eu lieu sur l'ensemble du secteur insonifié. L'ensemble des résultats des prélèvements à la benne sont regroupés en Annexe 1.



Figure 21 : Utilisation de la benne Schipeck© (à droite ; BRGM, 2019) à l'aide d'un tire casier (à gauche ; BRGM, 2020) à tribord du navire.



Figure 22 : Benne VanVeen

d) Géométrie d'acquisition

Lors de la campagne d'octobre 2021, la sonde bathymétrique était positionnée sur le côté tribord du bateau à une profondeur de 0,55 m. Le sonar pour les petits fonds (<10 m) était tracté en subsurface à l'arrière du bateau. Pour les fonds de profondeur supérieure à 10 m le sonar a été déployé à l'arrière du bateau à l'aide du touret de 150 m (Figure 23). La vitesse moyenne du bateau était autour de 5 nœuds.

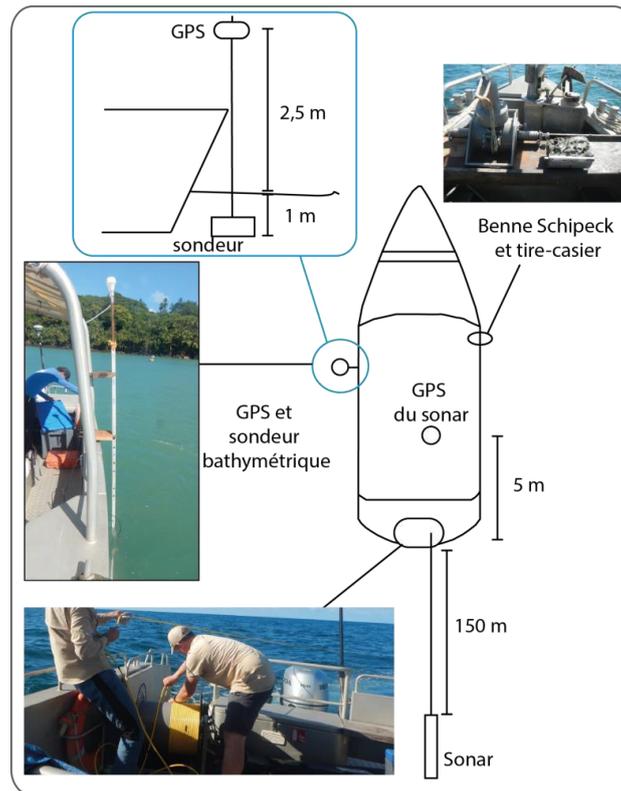


Figure 23 : Géométrie d'acquisition du sonar à balayage latéral et de la sonde bathymétrique mono-fréquentielle.

4.5.2. Traitements des données du sonar à balayage latéral

Les données de sonar à balayage latéral ont été post-traitées avec le logiciel Delph Sonar d'iXblue©. Ce traitement a pour but de réaliser une mosaïque d'images géoréférencées qui permet l'interprétation et la cartographie des faciès acoustiques. Il s'agit de transformer une image rectiligne brute en une image optimisée et géoréférencée.

Plusieurs étapes de post-traitement sont nécessaires :

- suppression de la zone sourde centrale de l'image brute, qui correspond à la profondeur d'eau. Bien que le logiciel propose des options de détection automatique du fond (bottom tracking), des ajustements manuels ont été nécessaires pour cette mission ;
- amélioration de la visualisation des données par un travail sur les palettes de couleurs et le gain. Pour ces données, la palette de couleur sélectionnée pour l'exportation est une palette « gold », représentant les faciès les plus absorbants en jaune clair. Une option de gain automatique optimisé a également été activé (Auto TVG) ;
- exportation des données traitées sous forme d'images géotiff et de points de navigation au format .csv. Des images brutes géoréférencées à 20 cm de résolution ont été exportées pour chaque profil, puis des images géoréférencées de même résolution, améliorées par l'option de gain automatique et une interpolation entre les fauchées.

5. Résultats

5.1. LITTORAL DE LA PRESQU'ÎLE DE CAYENNE

5.1.1. Description générale du littoral : Localisation et position du banc de vase

a) Localisation des plages suivies par l'ODyC

Les plages suivantes sont suivies dans le cadre de l'Observatoire de la Dynamique Côtière (Figure 24) :

- les plages des anses de Cayenne, fortement anthropisées et axées sud-ouest/nord-est. Elles se situent sur le littoral du centre-ville de Cayenne ;
- la plage de Montabo, située entre le mont Montabo et le mont Bourda. Il s'agit d'une plage de poche longue de 1,5 km, orientée nord-ouest/sud-est ;
- la plage de Montjoly est la plus étendue de la presqu'île de Cayenne. Longue de 3,7 km, elle est délimitée par le Mont Bourda et le Mont Ravel. Son orientation est identique à celle de l'anse de Montabo nord-ouest/sud-est. La plage de Rémire-Montjoly est connue pour les nombreuses tortues marines qui pondent en période d'arribada.
- la plage de Rémire, longue d'environ 2,8 km, celle-ci est la plus proche de l'estuaire du Mahury, elle a une morphologie concave.

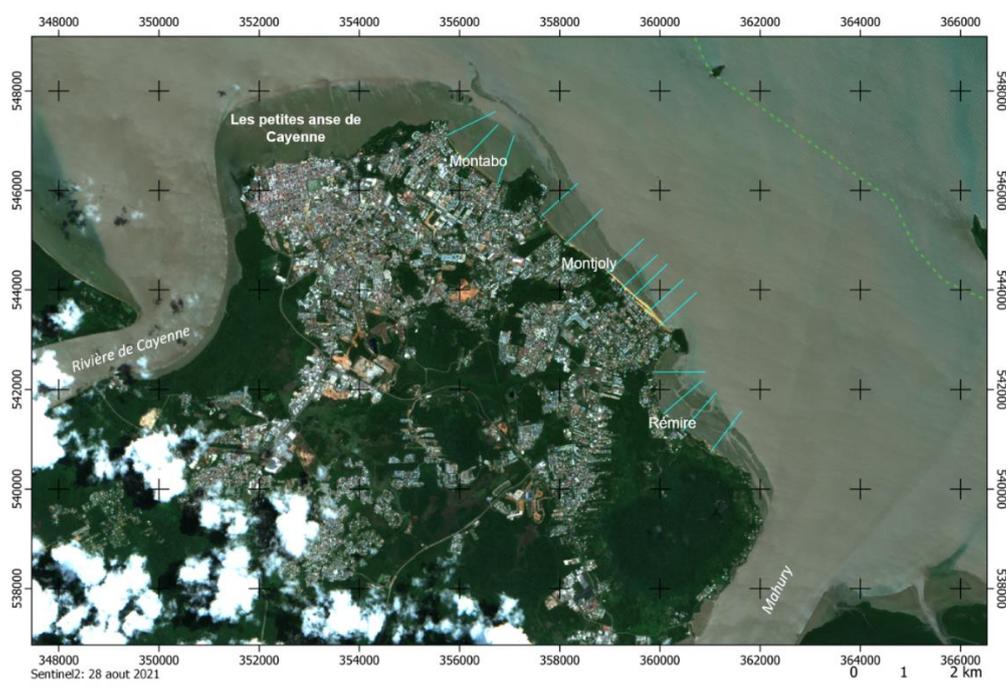


Figure 24 : Localisation des anses de Cayenne sur une image satellite Sentinel-2 prise à marée basse en août 2021, mise en évidence de la zone intertidale du banc de vase.

b) Position du banc de vase

Depuis 2015, le littoral de la presqu'île de Cayenne est marqué par la présence d'un banc de vase. Les bas des plages sont envasés. Au cours des années, le banc de vase n'a cessé d'avancer franchissant la rivière de Cayenne et se positionnant face à la plage de Sablance sur la commune de Macouria. Entre 2017 et 2020, sous l'action de la dérive littorale, la vitesse de déplacement du banc de vase est estimée autour de 1,3 km/an (Lanson *et al.*, 2021).

En 2021, le banc de vase a traversé l'estuaire du Mahury, positionnant les plages des anses de Rémire, Montjoly et Montabo en arrière du banc (Figure 25). À l'inverse, les petites anses de Cayenne sont en toujours en position envasée. Entre 2020 et 2021, le front du banc de vase a avancé de 2 km par rapport à 2020 (Figure 25).



Figure 25 : Limite du banc de vase subtidale obtenue selon la limite d'atténuation de la houle à partir des images satellites Sentinel-2.

5.1.2. Les petites anses de Cayenne

Les petites anses de Cayenne constituent le littoral du centre-ville de Cayenne (Figure 28). Ces petites anses sont des plages de poche, délimitées de part et d'autre par des promontoires rocheux. Cette zone très urbanisée concentre de forts enjeux.

Depuis 2016, l'évolution des petites plages de Cayenne est suivie annuellement à partir de levés de photogrammétries par drone (orthophotographies et réalisation de MNT).

a) Évolutions géomorphologiques

Deux observations majeures sont réalisées sur les petites anses de Cayenne (Figure 26) :

- la limite sable/vase caractérisant la largeur de la zone sableuse recule de 5 m en moyenne vers la terre ;
- la surface colonisée par la mangrove a augmenté. En 2020, environ 5 200 m² de mangrove sont cartographiés contre 6 500 m² en 2021 (Figure 27), soit un peu plus de 1 000 m² en un an.

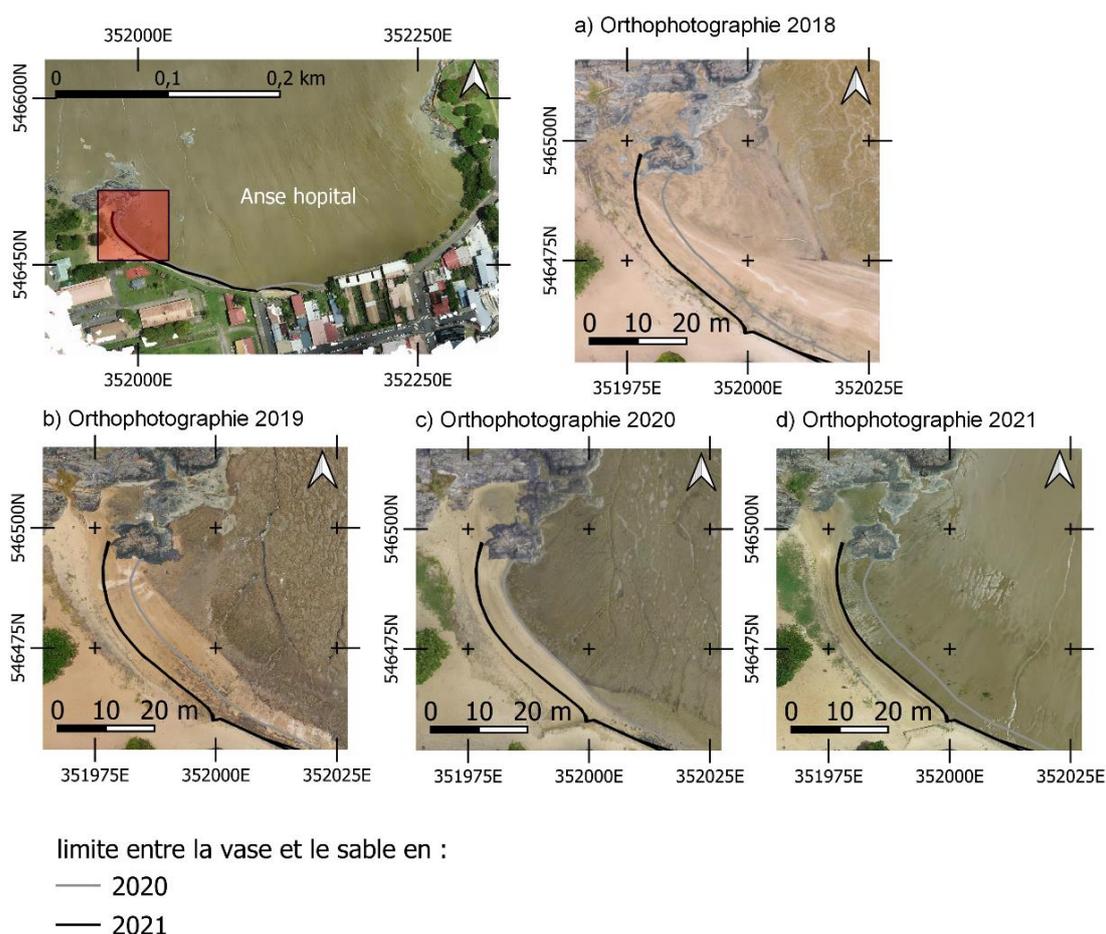


Figure 26 : Suivi orthophotographie de l'extrémité ouest de l'Anse Hôpital par drone de la limite vase/sable depuis 2018 Anse Hôpital.

Ces deux phénomènes sont observés depuis 2018 (Longueville *et al.*, 2019 ; Bossennec *et al.*, 2020 ; Lanson *et al.*, 2021), il s'agit des conséquences de la présence du banc. Le banc de vase atténue la houle, favorise les dépôts vaseux et engendre une diminution de la bathymétrie de la zone littorale. Compte tenu du calme hydrodynamique et de la vase consolidée, la mangrove peut s'y développer (Figure 27).



Figure 27 : Photographie du développement de la mangrove en 2021, (à gauche) vue sur la pointe Buzaré à partir de l'anse Meret, (à droite) vue sur le mont Montabo à partir de l'anse Chaton.

b) Quantification des évolutions géomorphologiques

Le bilan sédimentaire global de la zone est positif entre 2020 et 2021 (~12 000 m³) (Tableau 3).

Site	Volume en accrétion (m ³)	Volume en érosion (m ³)	Bilan sédimentaire entre depuis mars 2021 (m ³)	Surface (m ²)	Volume d'incertitude à 10 cm
Chaton	566	67	2 375	6 093	292
Meret	2 683	114	2 569	12 623	350
Nadeau	2 779	298	2 480	18 044	729
Hôpital	4 187	96	4 091	16 481	256
TOTAL	12 024	508	11 515	53 241	1 627

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des variations de volumes sédimentaires des petites anses de Cayenne selon les emprises de la Figure 28.

On considère que les volumes compris à +/- 10 cm sont incertains. Cependant, les données indiquent une tendance érosive au droit des ouvrages anthropiques. D'après les MNT différentiels (Figure 28), l'accrétion se focalise sur la zone intertidale, ce qui caractérise l'envasement des petites anses de Cayenne. Les bilans sédimentaires sont positifs, malgré une érosion visible sur le haut de plage.

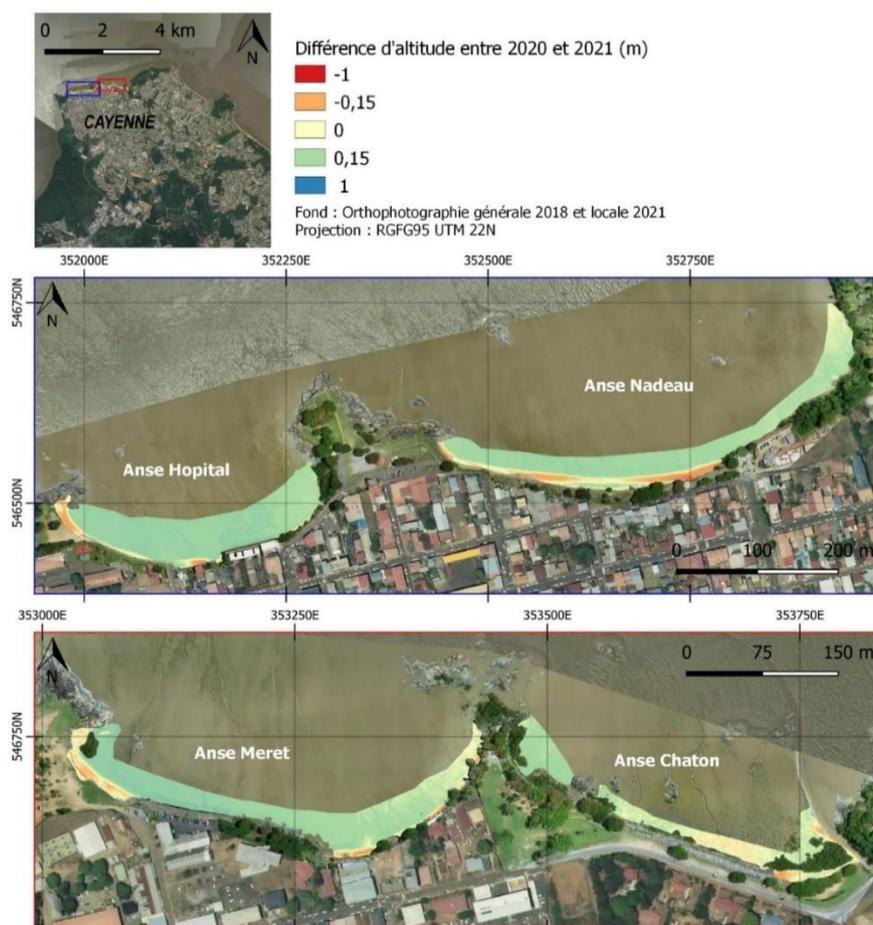


Figure 28 : Altimétrie différentielle (m) entre l'année 2021 et 2020.

5.1.3. La plage de Montabo

a) Évolution du trait de côte de la plage de Montabo

La zone centrale de la plage présente une avancée du trait de côte vers la mer entre novembre 2020 et 2021. Cette avancée présente un maximum de +7 m à proximité du profil C2 (Figure 29c) et une moyenne de +5 m (Figure 29). Les deux extrémités de la plage sont quant à elles restées stables. D'après les observations effectuées lors des mesures annuelles, le talus d'érosion observé en 2019 (Bossennec *et al.*, 2020) est colonisé par de la végétation rampante en 2020 et 2021 (Figure 30). Cette végétation constitue en 2021 la nouvelle limite du trait de côte. Les observations réalisées en 2020 sont similaires, cette plage avait subi un faible recul du trait de côte à ses extrémités et une avancée au centre (Lanson *et al.*, 2021). Le long du profil C3, le trait de côte mesuré en 2020 correspond à la limite du talus d'érosion, alors qu'en 2021 le trait de côte est associé à la limite de végétation. Cette transition de nature du trait de côte permet d'affirmer que la plage est en accrétion au niveau du profil C3 (Figure 30).

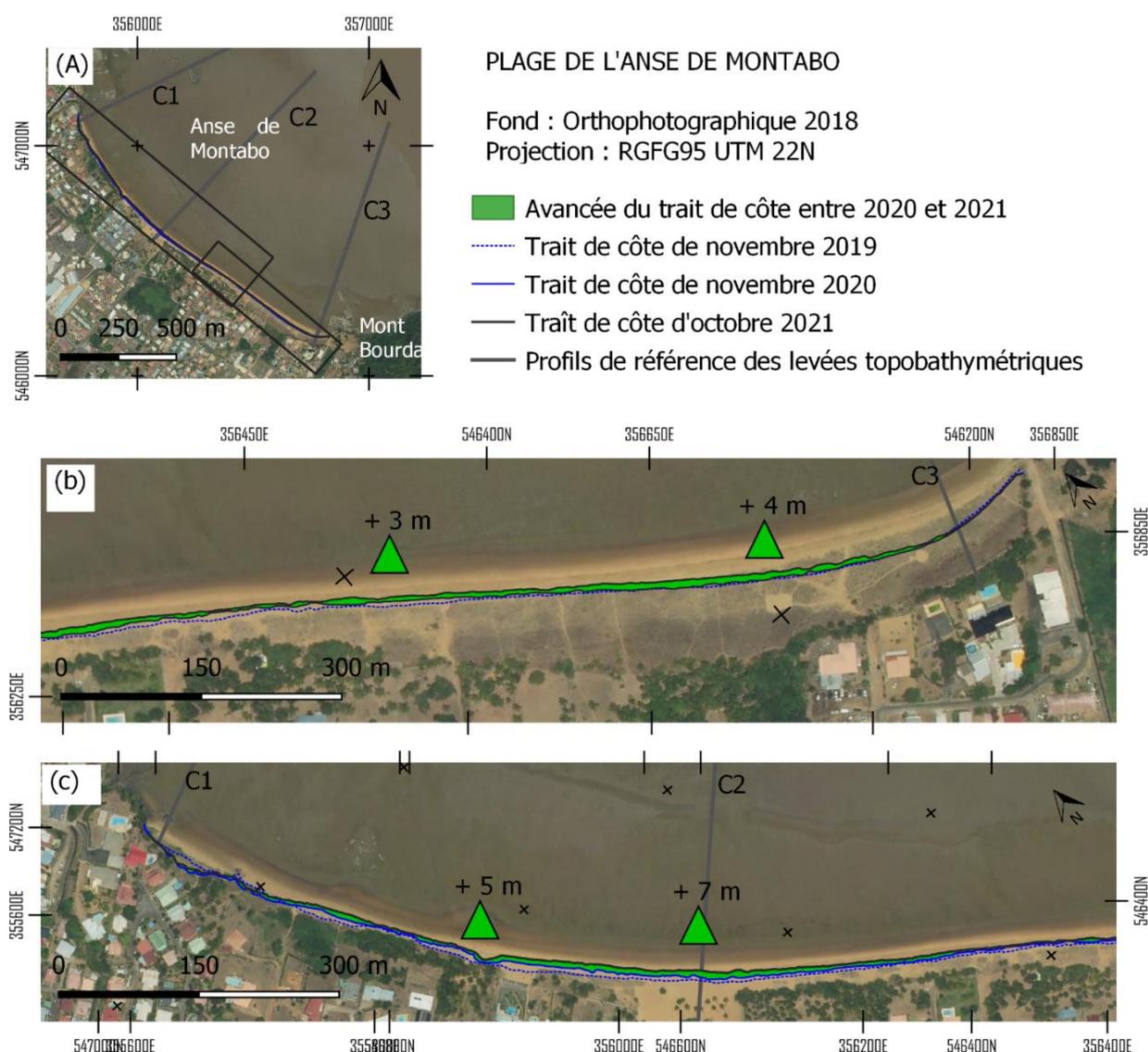


Figure 29 : Trait de côte de la plage de Montabo mesuré in situ en octobre 2021 comparé à celui mesuré en novembre 2020.



Figure 30 : Mise en évidence de l'évolution du trait de côte à partir du suivi photographique à proximité du profil C3.

b) Évolution annuelle de la bathymétrie

Les trois profils C1, C2 et C3 (Figure 32) présentent une différence majeure en 2021 par rapport aux autres années : un haut-fond bathymétrique est visible à partir de respectivement 600 m, 650 m et 700 m de l'origine des profils, il s'agit de l'estran envasé.

Sur les profils C2 et C3, bien que les mesures aient été effectuées à l'étale de la marée haute, le navire n'a pas pu naviguer au-dessus du haut-fond (Figure 32 b et c). D'après les images satellites Sentinel-2 (Figure 31), prise à marée basse en août 2021, ce haut-fond topographique est continu entre les profils. Cette vase favorise la protection de la plage sableuse des actions érosives de la houle et participe ainsi à l'accrétion actuelle du centre de la plage.

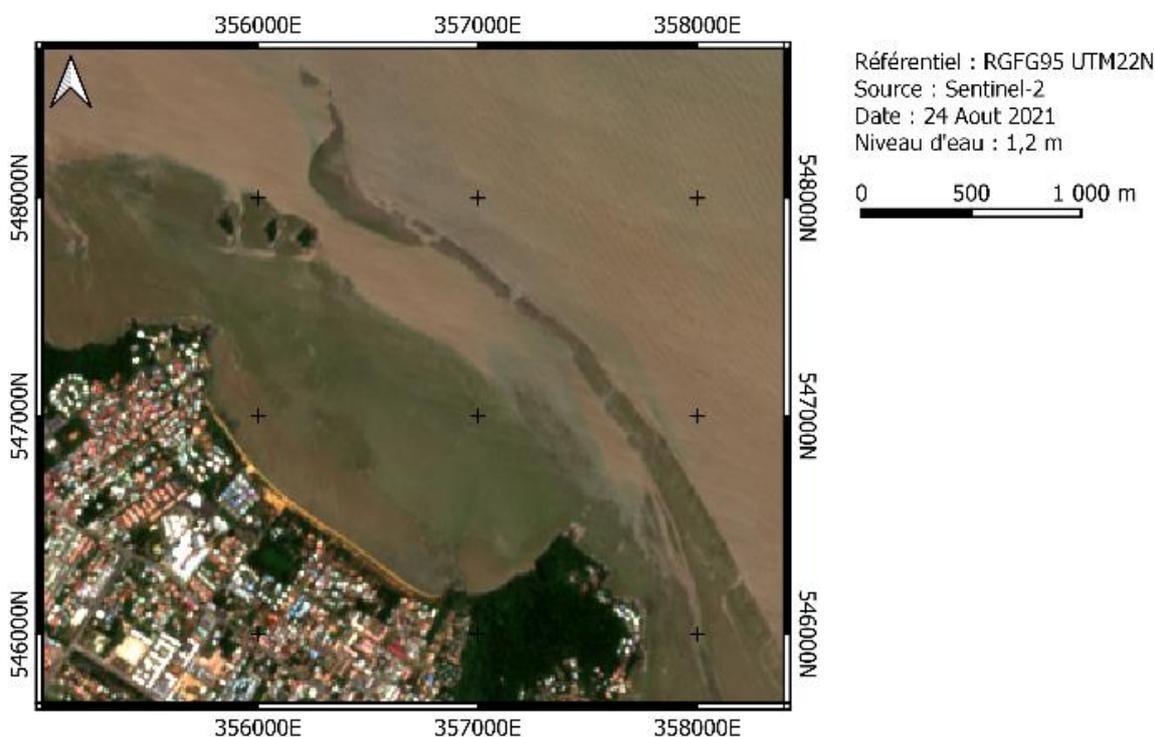


Figure 31 : Vue satellite de l'anse de Montabo à marée basse et mise en évidence d'accumulation de vase dans l'estran.

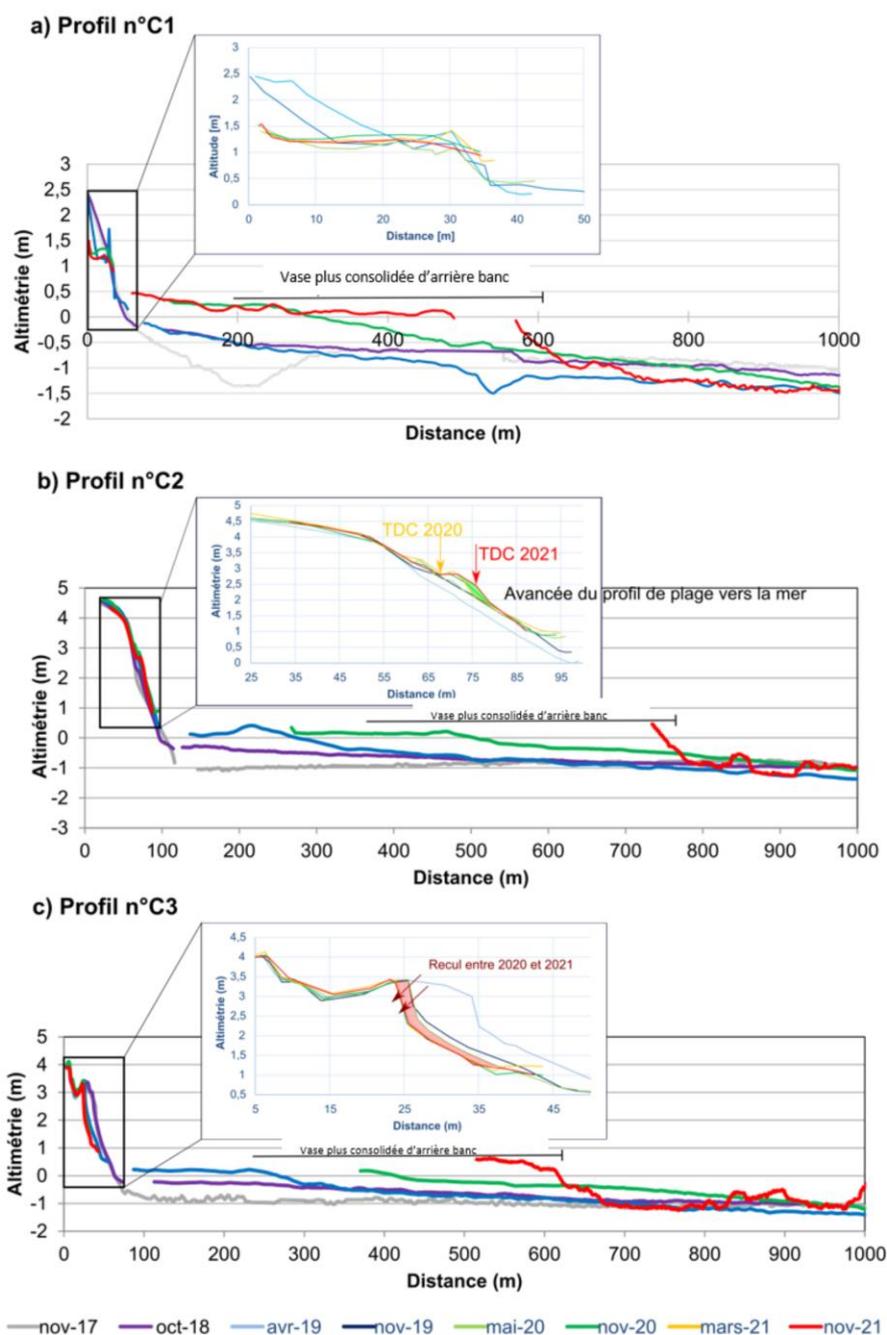


Figure 32 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Montabo et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C1, (b) C2 et (c) C3. (TDC = Trait de côte).

c) Évolution du domaine subtidal et du haut de plage

Le suivi photographique du profil C1 permet de comparer les zones sableuses de la plage entre deux dates. D'après les photographies (Figure 33) réalisées le long du profil, la limite sable-vase a reculé vers le large entre 2020 et 2021. Cette augmentation de largeur de la zone sableuse est engendrée par le déplacement du sable sous l'action de la dérive littorale.



Figure 33 : Vue du profil C1 vers la plage, le centre de la plage de Montabo et mise en évidence d'un désenvasement de 2020 du nord-ouest de la plage de Montabo.

En accord avec les données de trait de côte (Figure 29), le profil C2 (Figure 32b) présente une avancée vers la mer du profil de plage entre novembre 2020 et octobre 2021, qui atteint +7 m au niveau du profil. Ce phénomène est continu au fil des saisons sèches et saisons humides. Cette avancée est également enregistrée de novembre 2020 à mars 2021 et de mars 2021 à octobre 2021 (Figure 32b).

Le profil topographique du haut de plage C3 enregistre une érosion du profil de plage entre novembre 2020 et mars 2021 (Figure 32c), des valeurs de recul d'environ -1,5 m au niveau de trait de côte et -2 m pour le haut du talus d'érosion. Cependant, d'après le suivi photographique, la plage est colonisée par de la végétation rampante (ipomées) jusqu'en novembre 2021 (Figure 30). Cette observation, en apparence contradictoire, pourrait correspondre à une réponse saisonnière de la plage aux conditions hydrodynamiques.

En conclusion, sous l'action de la houle et des courants, la vase et le sable se déplacent principalement en saison des pluies de l'extrémité sud de l'anse de Montabo vers l'extrémité nord, engendrant une accrétion au niveau du profil C1 et une érosion du sable au niveau du profil C3.

d) Autres observations

Des zones ponctuelles d'extraction sauvages de sable sont visibles sur le haut de plage à l'entrée du quartier de Zéphir à l'est de la plage de Montabo (Figure 34). Malgré l'interdiction de prélever du sable sur les plages, ces derniers semblent s'intensifier au cours du temps. Compte tenu de la dynamique locale, prélever du sable sur le haut de plage accentue les phénomènes d'érosion en période d'inter-banc.



Figure 34 : Zone de prélèvement de sable ; photographie prise le 29 mars 2021.

5.1.4. La plage de Montjoly

a) Évolution du trait de côte

En 2020, la grande majorité de la plage de Montjoly présentait un recul du trait de côte par rapport à 2019 (Lanson *et al.*, 2021). En 2021, l'évolution de la plage est plus segmentée. Les phénomènes de recul du trait de côte s'accroissent à l'extrémité sud-est de la plage avec un recul de -20 m entre novembre 2020 et octobre 2021 (Figure 35). Toute la zone centrale de la plage présente une avancée du trait de côte de 8 m en moyenne. L'extrémité nord-ouest est restée stable voire a avancé d'environ 2 m.

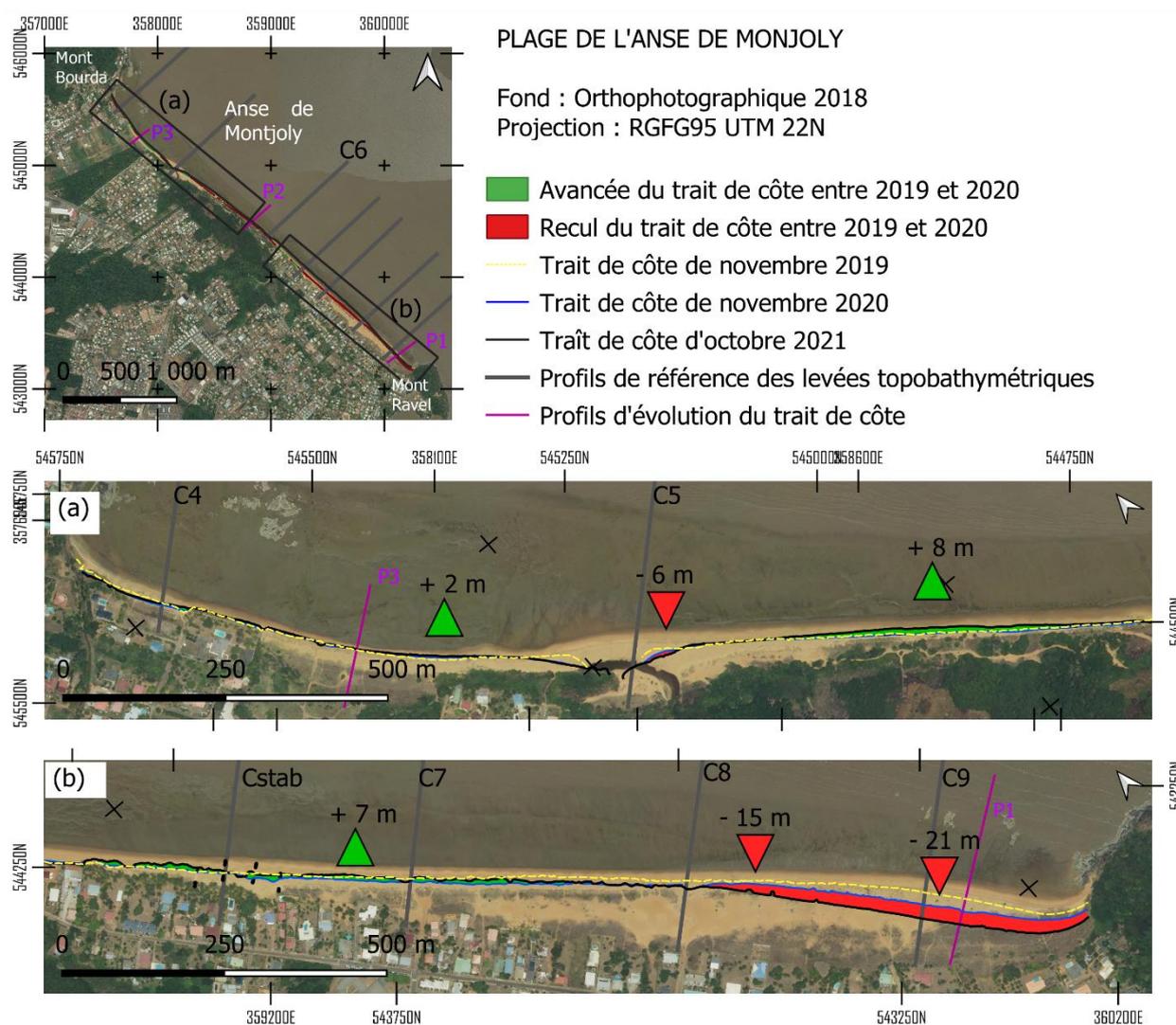


Figure 35 : Trait de côte de octobre 2021 et comparaison avec celui de novembre 2020.

À l'échelle de la plage, les variations de la position du trait de côte sont hétérogènes au cours du temps. La Figure 36 quantifie la variabilité du trait de côte au niveau des trois profils situés à l'est (P1), au centre (P2) et à l'ouest (P3) de l'anse de Montjoly (Figure 35). Depuis 2017, le comportement du trait de côte est inversé entre le Mont Ravel (sud-est de la plage) et le mont Bourda (nord-ouest). Ainsi le long du profil P1, le taux d'évolution est passé d'une avancée d'environ 5 m/an entre 2015 et 2017 à un taux de recul d'environ -12 m/an depuis 2017. À l'inverse le taux d'évolution de la position du trait de côte est passé de -5 m/an entre 2015 et 2017 à +5 m/an depuis 2017. Le profil central est quant à lui resté stable.

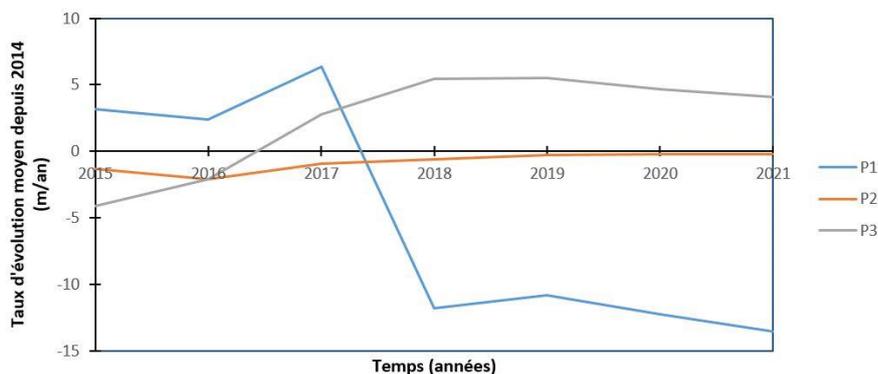


Figure 36 : Taux d'évolution (m/an) moyenné depuis 2014 le long des profils P1, P2 et P3 localisé sur la Figure 35.

Ces tendances d'évolution (Figure 36 et Figure 35) sont interprétées comme un départ de sable depuis quelques années de l'extrémité sud-est vers l'extrémité nord-ouest de l'anse, et ce sous l'action de la dérive littorale de direction est-ouest. Cette évolution peut s'expliquer par l'arrivée d'un banc de vase en 2016 suivie de la position de la plage en arrière banc de vase depuis 2019.

b) Évolution de la bathymétrie et du banc vaseux intertidal

Compte tenu de la position du banc de vase, la bathymétrie et la barre vaseuse présente au large de l'anse ont fortement évolué au cours du temps. Ainsi au regard des levés bathymétriques, tous les profils enregistrent une augmentation de la profondeur caractéristique d'un désenvasement de la zone. Néanmoins les quantités de vase mobilisée sont variables le long de l'anse. Entre novembre 2020 et octobre 2021, les plus grandes quantités de départ en vase sont enregistrées à l'extrémité sud-est de la plage (-1 m le long des profils C9 et C8). Au centre et à l'extrémité nord-ouest de la plage, l'augmentation de la profondeur est localisée sur le domaine subtidal et comprise entre -40 cm et -80 cm (respectivement profil C4 et C6, Figure 40 et Figure 41).

Cette variabilité spatiale de la bathymétrie s'explique bien grâce aux images satellites Sentinel-2 qui permettent une corrélation avec la forme de la vase intertidale. Ainsi, d'après la cartographie de la largeur de la vase intertidale, on constate qu'elle est plus importante au nord-ouest (avec 700 m de large) qu'au sud-est (avec 80 m) (Figure 37).



Figure 37 : Diminution de la quantité de vase intertidale entre août 2021 et septembre 2021 - Vue satellite Sentinel-2.

c) Évolution du haut de plage annuel et saisonnier

Le haut de plage du profil C4 est stable depuis 2019 (Figure 39a). Le bas de plage présente un engraissement par de la vase (Figure 38) (+20 cm). Entre mars et octobre 2021, une légère baisse de l'altitude de la plage est observée. Entre novembre et mars, le profil C4 est en accrétion alors qu'entre mars et novembre, le profil est en érosion, cette observation est valable en 2020 et en 2021. La multiplication de ces observations sur plusieurs années pourrait permettre de mettre en évidence la présence d'effet saisonnier.



Figure 38 : Comparaison photographique de la largeur de l'estran sableux et mise en évidence d'un envasement.

L'effet saisonnier supposé ne se retrouve pas sur le profil C5 (Figure 39b). Le profil C5 se situe au niveau de l'exutoire des Salines. Plusieurs paramètres influencent la morphologie du profil C5 : l'évolution du cours d'eau, l'action de la dérive littorale et la position de la flèche sableuse sur la rive droite. En 2021, une forte érosion a fait reculer le talus vers la terre, ce recul a été initié en 2019. Inversement, la zone de l'estran du profil topographique présente une élévation altimétrique d'environ +20 cm par an.

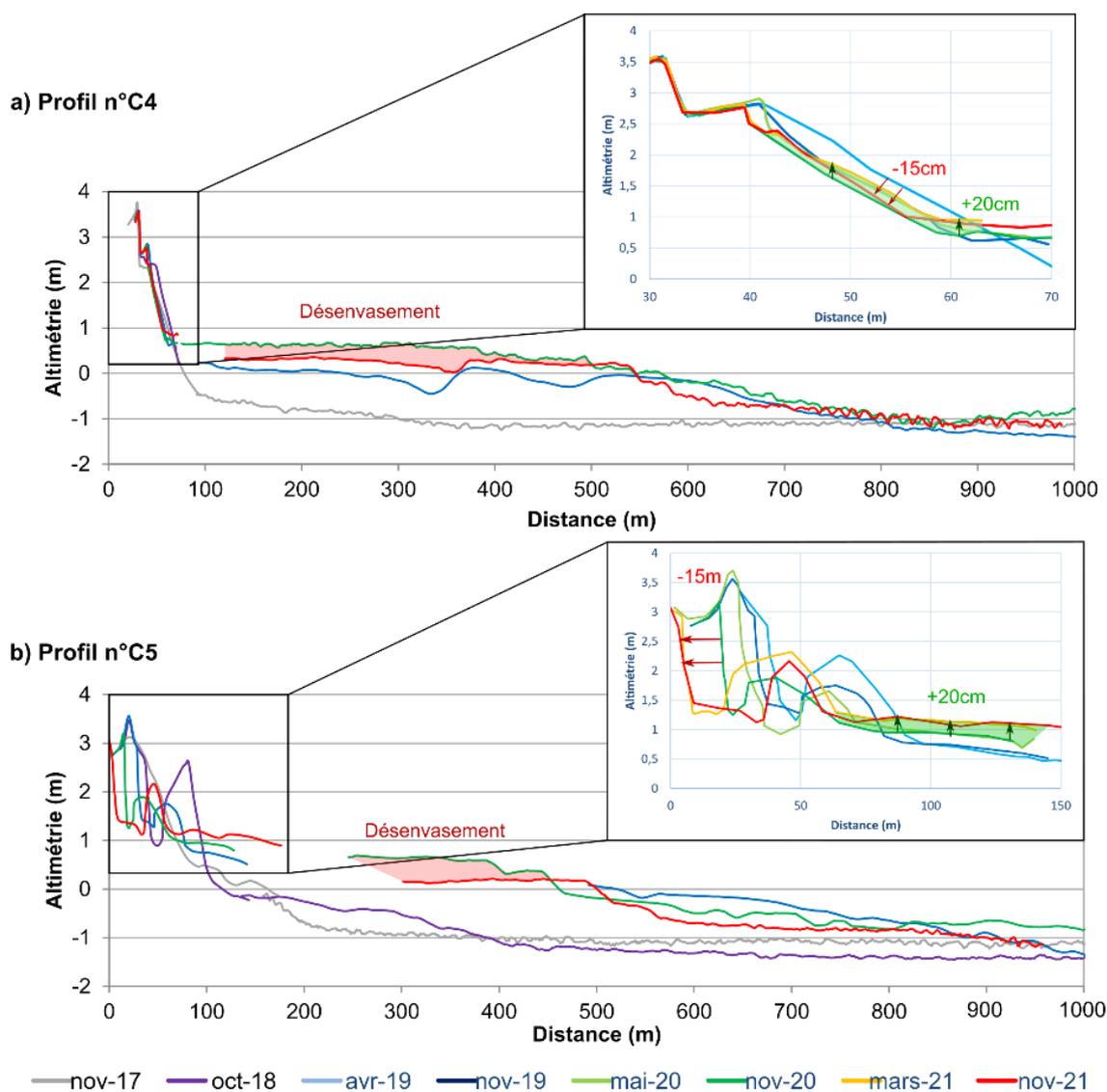


Figure 39 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Montjoly et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C4 et (b) C5.

Les deux profils (Figure 40) de l'extrémité sud-est vers le Mont Ravel subissent un recul chronique depuis 2019 de la berme. Ce recul est observé depuis mai 2020 sur le profil C8 (Figure 40a) et novembre 2020 pour le profil C9 (Figure 40b). Sur le profil C9 ce recul atteint -10 m par an.

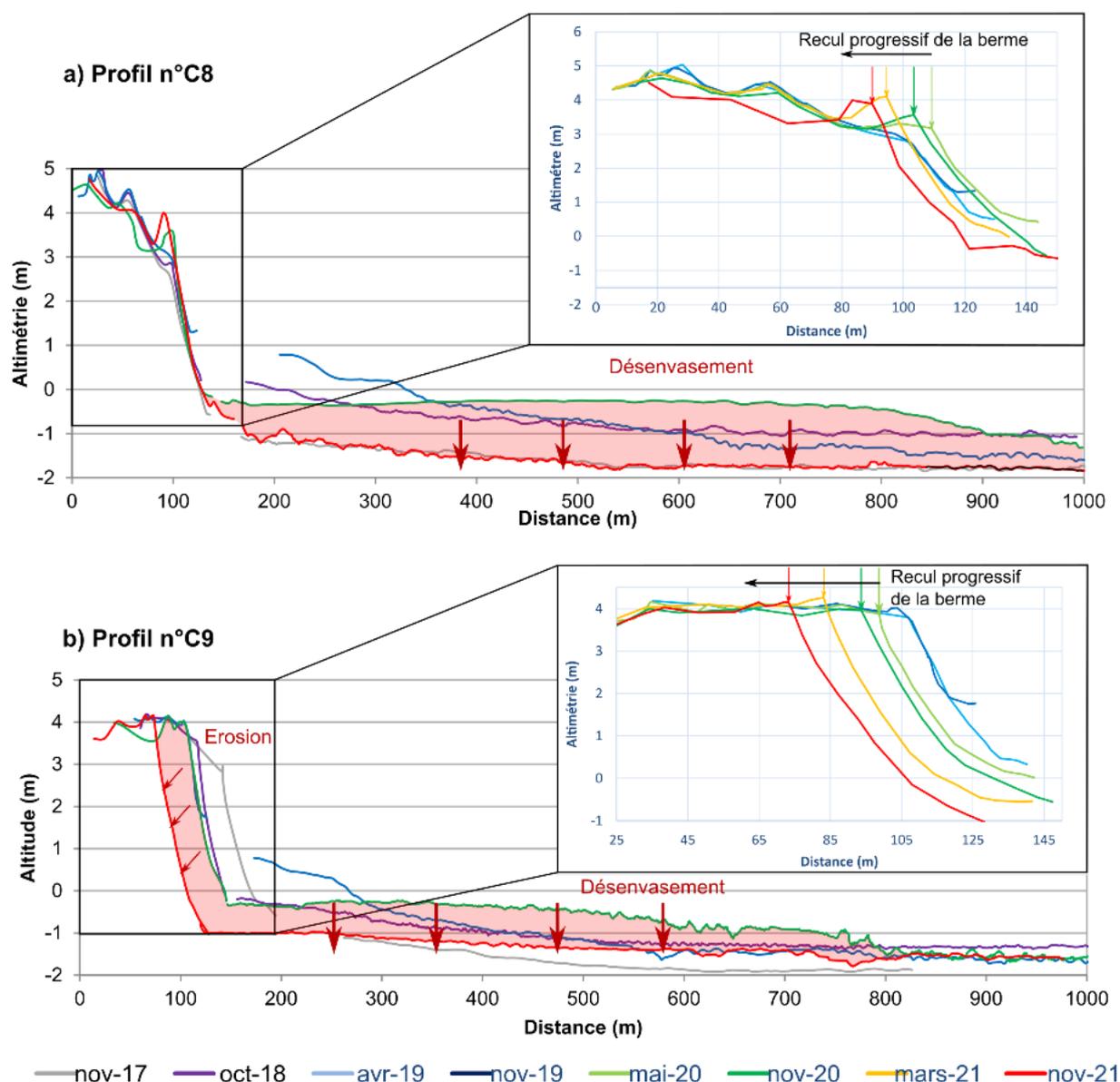


Figure 40 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Montjoly et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C8 et (b) C9.

La partie centrale de la plage de Montjoly peut être considérée comme une zone de transition entre deux régimes d'évolution sédimentaire. Le premier correspond à un régime hydrodynamique calme favorisé par la protection du banc de vase face à la houle (observé entre 2016 et 2021 sur la plage de Montjoly), le second, qui semble se mettre en place depuis 2019, est lié aux actions érosives de la houle qui apparaissent après la migration du banc de vase littoral vers le nord-ouest.

Les ouvrages de défense StabiPlage© influencent le transit sédimentaire et l'évolution de la plage entre les profils C6 et C7. Les profils permettant d'étudier cette zone à un instant précis sont les profils C6 plus au nord-ouest, C-Stab au centre des StabiPlage© et C7 au sud-est (Figure 41). La principale observation réalisée est la faible variation altimétrique entre mars 2021 et octobre 2021. Cependant, entre novembre 2020 et mai 2021, les trois profils présentent des modifications :

- sur le profil C6 la berme recule de -70 cm et l'estran s'élève de +80 cm ;
- le profil C-stab présente d'importants signes d'avancée vers la mer (+13 m) et d'élévation (+1 m), il en est de même pour le profil C7 qui présente une élévation de +1 m.

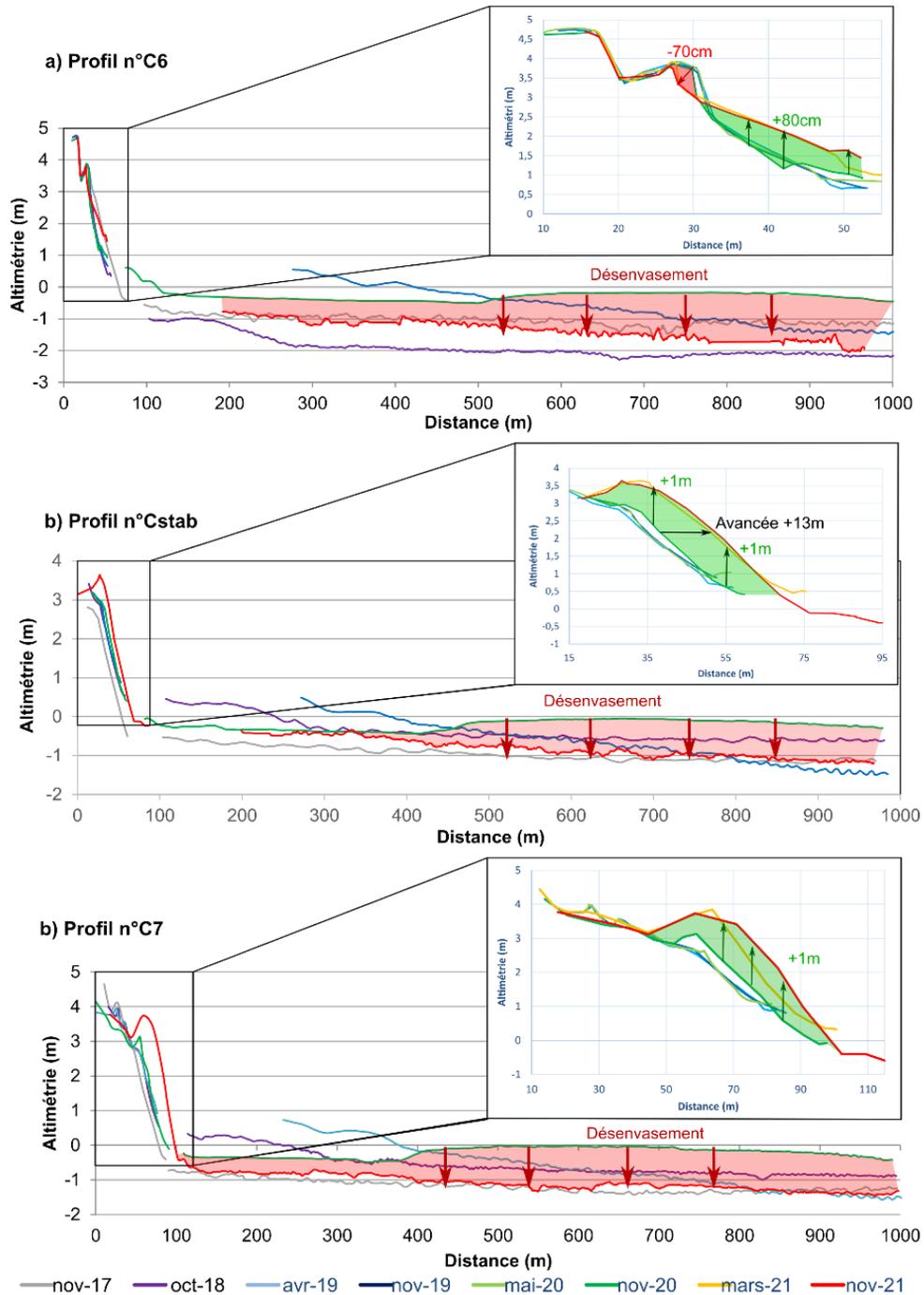


Figure 41 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Montjoly et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C6, (b) C-Stab et (c) C7.

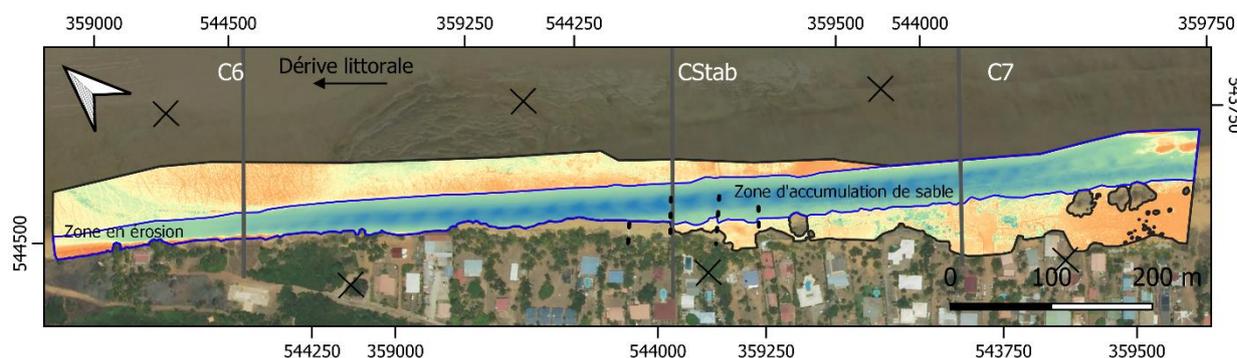
d) *Bilan sédimentaire entre septembre 2021 et septembre 2020 : Données hautes résolutions*

Afin de quantifier l'évolution sédimentaire au droit des Stabiplates un suivi par levé drone est réalisé chaque année depuis 2017. Au fil du temps l'emprise d'acquisition a évolué, mais reste tout de même encore insuffisante car l'ensemble de la cellule hydrosédimentaire, allant du mont Bourda au mont Ravel, n'est pas suivie. Néanmoins la comparaison du MNT de 2020 avec celui de 2021 permet de quantifier un apport en sédiment sur la zone d'environ 31 700 m³ +/- 1260 m³.

	Volume (m ³)			Volume (m ³) d'incertitude à 15 cm
	accrétion	érosion	Bilan sédimentaire	
Emprise total	32 559	3 187	29 371	2 750
Zone de plage sableuse	31 710	526	31 183	1 262

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des variations de volume sédimentaire de la plage de Montjoly selon les emprises de la Figure 42.

L'ensemble de la zone sableuse étudiée présente une altimétrie différentielle positive (Figure 42). Elle est également visible sur les images aériennes (Figure 43). La dérive littorale transporte le sable vers le nord-ouest et crée une zone d'accumulation de sable (Figure 42 et Figure 43).



Plage de l'anse de Montjoly

Fond : Orthophotographique septembre 2021
Repère : RGF95/UTM22N

--- Stabiplates

Altimétrie différentielle (m) entre septembre 2020 et 2021

- -2
- -0,15
- 0
- 0,15
- 2

Emprise de calcul de volume

- Zone totale (Vase, sable, haut de plage)
- Zone sableuse sans végétation

Figure 42 : MNT différentiel entre septembre 2021 et septembre 2020.



Figure 43 : Vue aérienne de la zone d'accumulation en sable (délimitée en jaune) sur la plage de Montjoly (vue en direction du Mont Bourda).

5.1.5. Évènement de Juillet 2021

Suite aux fortes marées du 9 et 10 juillet 2021 avec des marnages respectifs de 3,08 et 3,22 m et une houle de direction est/nord-est au large avec des hauteurs significatives de vague autour de 2 m (Figure 44), une expertise spécifique a été réalisée incluant un relevé de la position du trait et mesures des profils topographiques de référence.

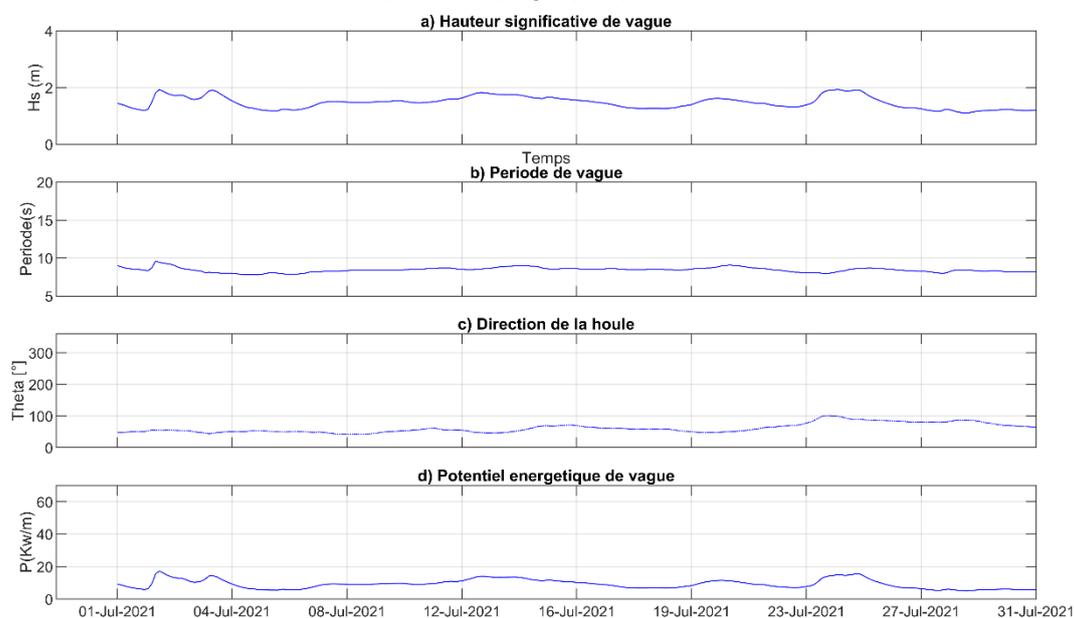


Figure 44 : Hydrodynamisme au large de l'île Royale en Guyane en juillet 2021 (a) hauteur significative de vague (m) ; (b) Période de vague (s) ; (c) Direction de la houle (°) ; (d) Potentiel énergétique de vague en Kw/m.

Un recul important de la position du trait de côte a été enregistré à l'extrémité sud-est de la plage au pied du Mont Ravel. Ce recul est d'environ 15 m entre novembre 2020 et juillet 2021, dont 8 m uniquement entre mars 2021 et juillet 2021. Le profil de plage C9, caractéristique de ce secteur, indique également un abaissement de la zone d'estran d'environ 1,50 m entre mars 2021 et juillet 2021 (Figure 45g).

La zone en face des ouvrages en géotextile StabiPlage® est en accrétion entre novembre 2020 et juillet 2021 (environ +2 m Figure 45b). Le profil des ouvrages n'a pas significativement bougé entre mars et juillet 2021 sous l'effet des coups de mer.

De plus, le secteur situé au nord-ouest de la plage enregistre une avancée de la position du trait de côte d'environ 5 m entre novembre 2020 et juillet 2021. Le profil C4, caractéristique de ce secteur, est resté stable sur la même période. Cette différence s'explique par le fait que l'indicateur choisi pour la limite du trait de côte est la limite de végétation. La végétation a colonisé la plage sans que cette dernière n'évolue d'un point de vue morphologique.

Un point particulier est la zone au niveau de l'exutoire des Salines (profil C5). Ce secteur a fortement évolué pour deux raisons principales :

- la dérive littorale qui contraint l'exutoire à se déplacer vers le nord-ouest de la plage ;
- le débit de l'eau sortant de l'exutoire qui creuse le lit de l'exutoire plus dans les terres, ce dernier point est contrôlé par la quantité de pluie et non par l'influence des coups de mer de juillet 2021.

Compte tenu de la position du banc de vase, sous l'action de la dérive littorale, la vase et le sable se déplacent vers le nord-ouest expliquant ces évolutions. La largeur du banc de vase intertidal est plus importante au nord-ouest (800 m) qu'au sud-est (150 m) (Figure 45h). C'est pourquoi, les houles atteignant la plage ont ainsi une énergie plus forte car moins atténuées par la vase dans la zone au sud-est.

Enfin, le banc de vase étant peu large à l'extrémité sud-est de la plage (environ 150 m), ce secteur est vulnérable aux houles et aux fortes marées, ce qui engendre d'importants reculs. Le sable migre ensuite vers le nord-ouest générant des figures morphologiques comme les croissants de plage. Le secteur le plus impacté par les phénomènes d'érosion est donc situé entre le mont Ravel et l'avenue Caristan. Cette zone a connu cette année un nombre important de ponte de tortues marines, et a vu une dizaine de nids de tortues détruits sous l'action des vagues (Figure 45a). À l'inverse, le déplacement du sable a engendré une accrétion des profils de plage situé au nord-ouest de l'anse.

Étant donné que le banc de vase continue de migrer sous l'action des houles vers le nord-ouest, les phénomènes d'érosion actuels vont perdurer dans le temps, certainement se déplacer vers le nord-ouest (Figure 45f) et être amplifiés lors des marées de vives-eaux.

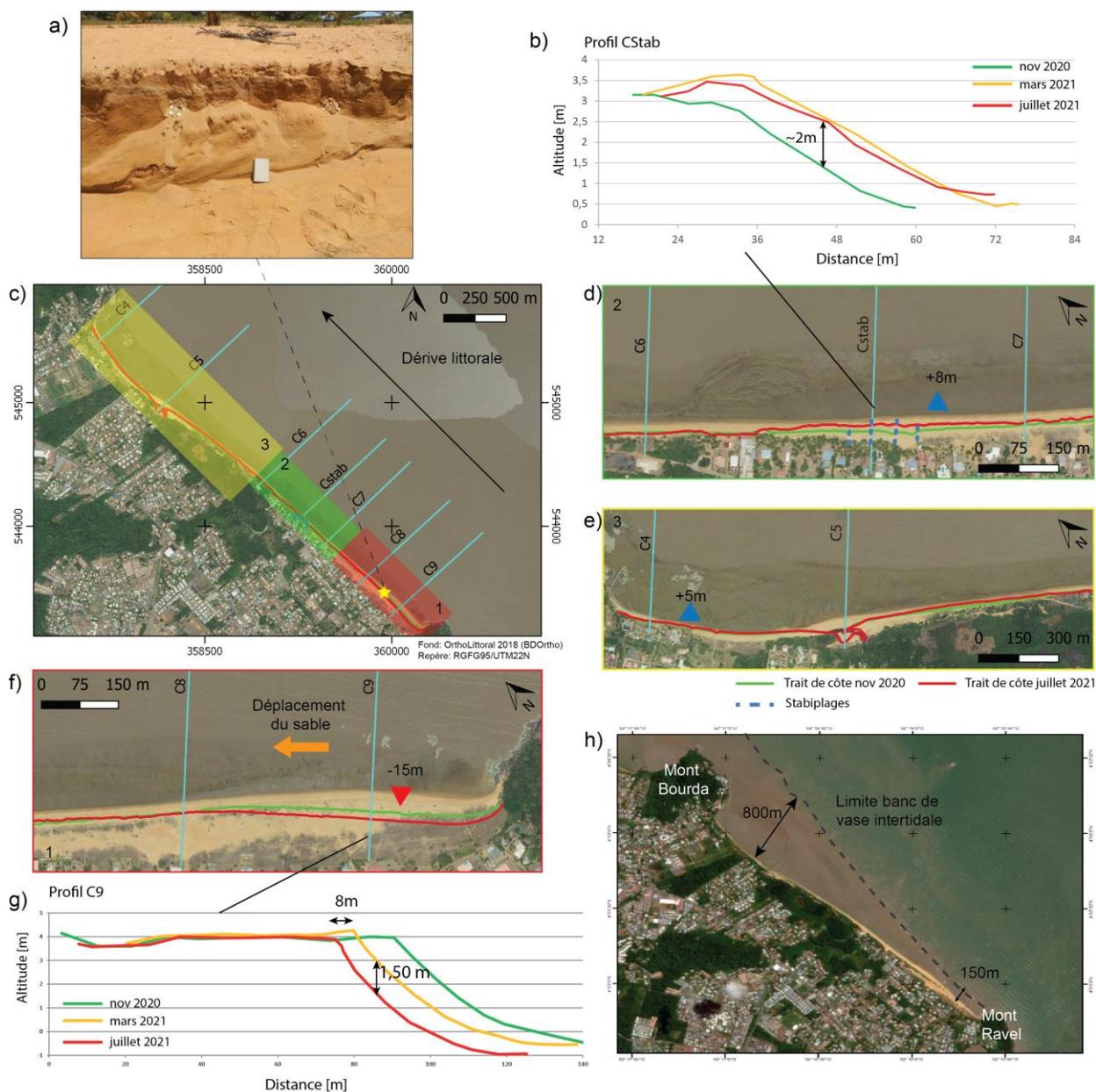


Figure 45 : (a) Photographie du talus d'érosion laissant apparaître des nids d'œuf de tortues marines ; (b) Profil topographique C-Stab ; (c) Localisation des zoom d, e et f, des profils topographiques et localisation de la photographie (étoile jaune) ; (d) Zoom sur la zone centrale de la plage des Salines ; (e) Zoom au nord-ouest de la plage des Salines ; (f) Zoom au sud-est de la plage des Salines ; (g) Profil topographique C9 ; (h) Limite du banc de vase intertidale identifié à partir des images satellites Sentinel-2 du 24 août 2021.

5.1.6. La plage de l'anse de Rémire

a) Évolution annuelle du trait de côte

La plage de Rémire, peut être décomposée en deux segments de plage distincts (Figure 48) :

- une première partie orientée nord-sud sur le côté ouest de la plage et longue de 1,2 km (Figure 48 b) ;
- une seconde partie orientée NO-SE sur le côté ouest de la plage et longue de 1,6 km (Figure 48 c et d).

La partie la plus à l'ouest de la plage (Figure 48 b) est stable, à cet endroit le trait de côte est fixé par des enrochements, des ouvrages en béton ou par des pointes rocheuses naturelles (Figure 46).

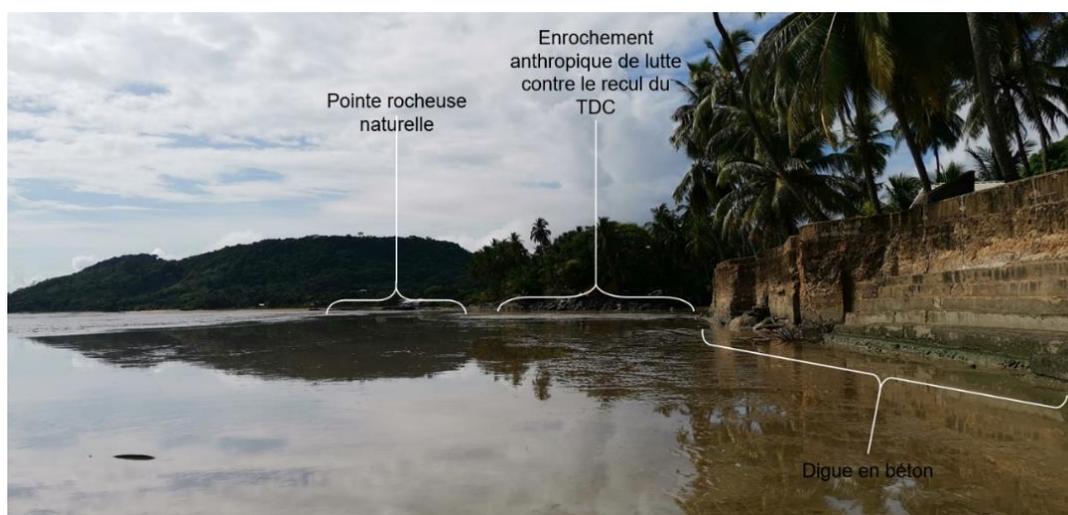


Figure 46 : Vue du profil C10 vers l'ouest, mise en évidence d'un trait de côte fixe. (TDC = Trait de côte).

La seconde partie de l'anse de Rémire présente une alternance de zones d'avancée et de recul du trait de côte (Figure 48 c et d). Sur site, les zones de recul du trait de côte sont reconnaissables par la présence de pousses de mangrove mortes et déracinées et de vase consolidée à aspect grumeleux (Figure 47). Les zones présentant une légère accrétion depuis novembre 2021 sont marquées par d'importantes pousses de mangrove (Figure 54).



Figure 47 : Vue de l'extrémité est de la plage de l'anse de Rémire et mise en évidence de zone d'érosion de vase et du mauvais état des pousses de mangrove.

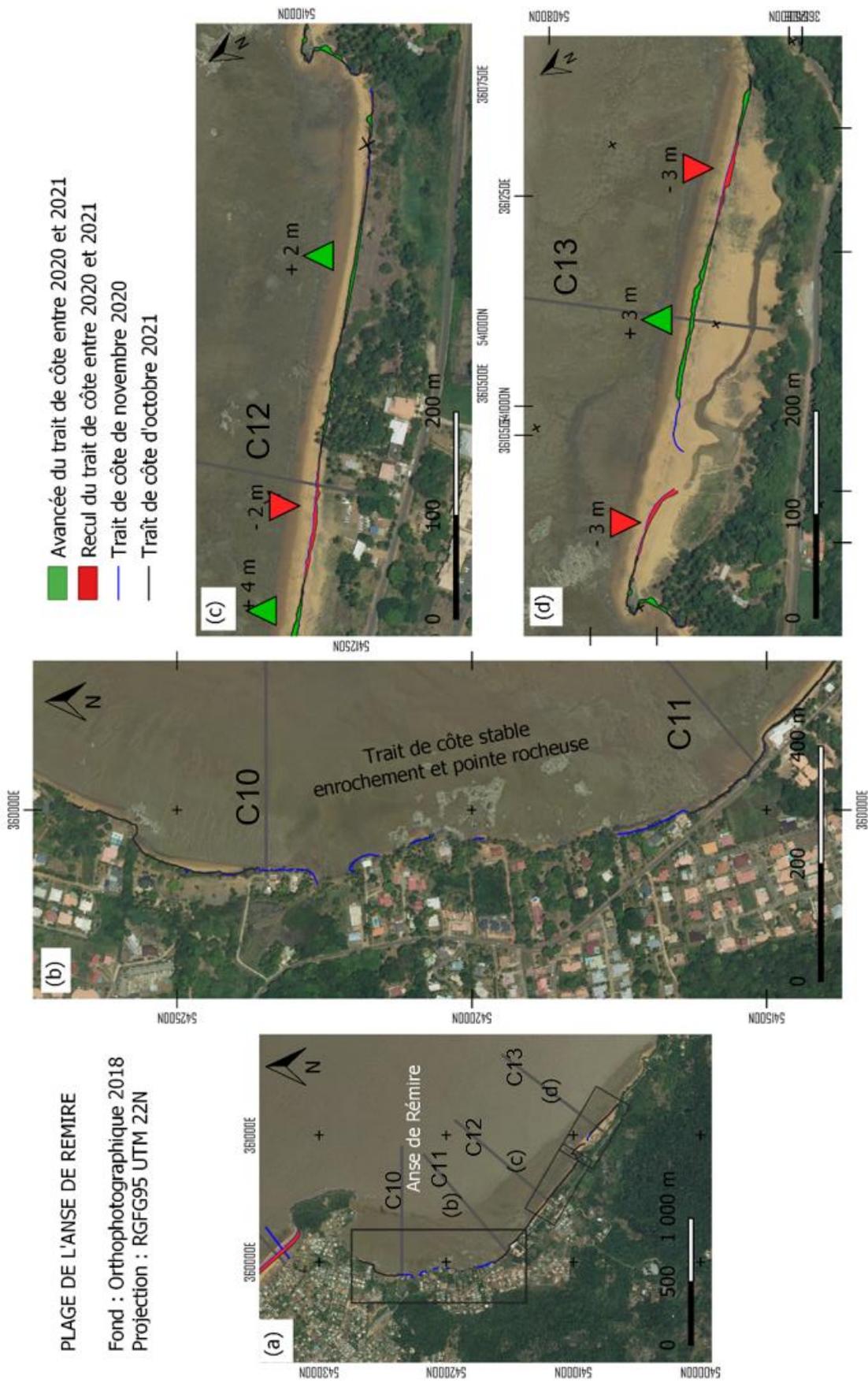


Figure 48 : Trait de côte de la plage de Rémyre mesuré in situ en octobre 2021 comparé à celui mesuré en novembre 2020

b) Évolution bathymétrique annuelle

Les données bathymétriques des profils C10 à C13 (Figures 49 et 50) diffèrent fortement des précédentes années. En 2020, sur les profils C10 et C11 (Figure 49) une barre de vase spatialement restreinte était observée.

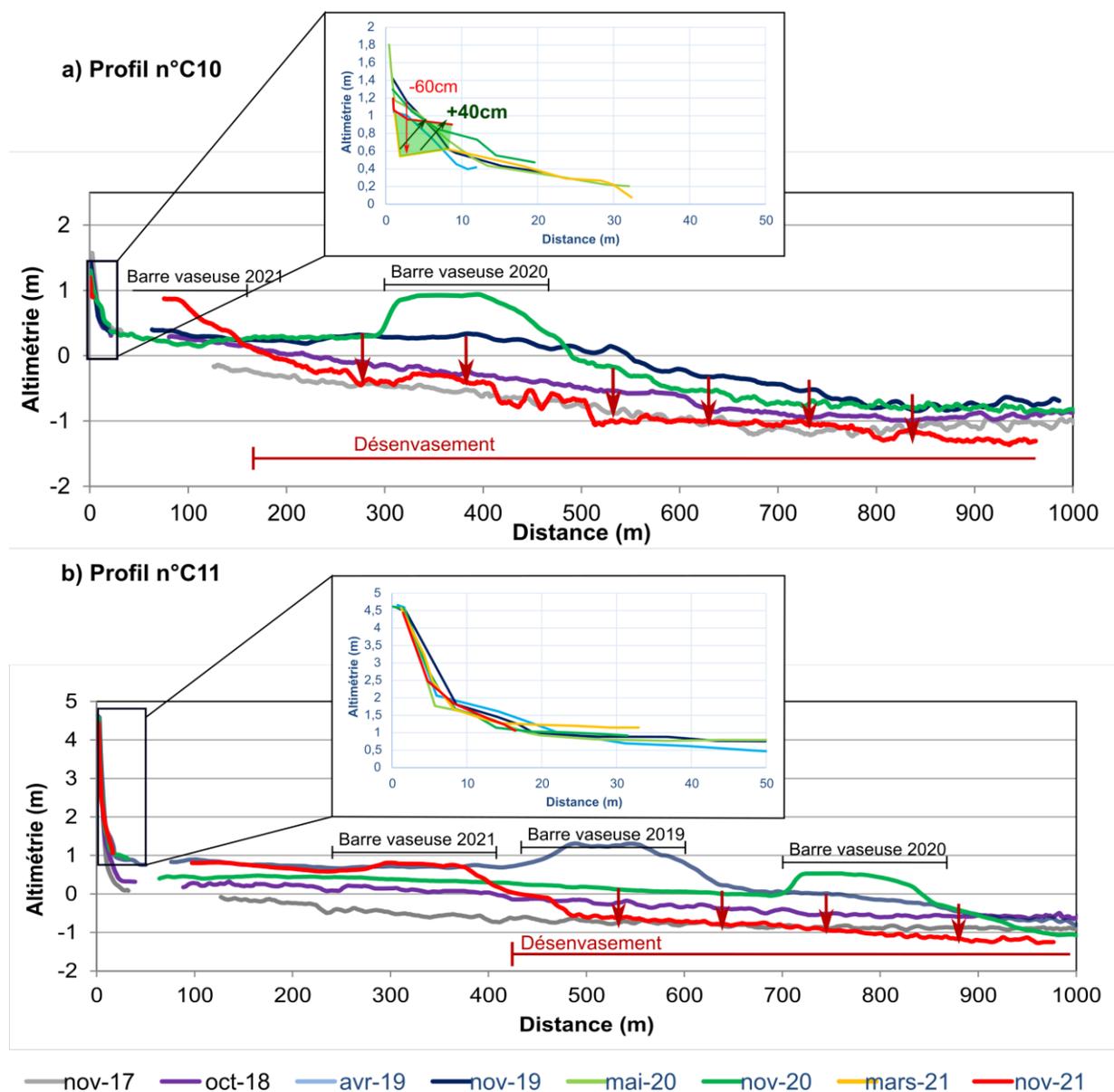


Figure 49 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Rémire et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C10 et (b) C11.

En 2021, une barre vaseuse similaire est visible sur le profil C11 et C12. Cette barre vaseuse marque le fonctionnement de l'estran dans l'anse de Rémire. Elle est plus proche de la côte (autour de 300 m à 400 m de distance par rapport à l'origine des profils) et semble de volume plus limité avec une amplitude de -0,5 m en 2021. Ces observations marquent une diminution nette du stock local de vase.

Sur les profils C10 (Figure 49a) et C13 (Figure 50b), une élévation bathymétrique très proche de la côte est visible. La forme de ce haut fond est, dans sa partie côté mer, identique à celle des barres vaseuses des profils C11 (Figure 49b) et C12 (Figure 50a). Sous l'action de la houle, la barre vaseuse évolue rapidement dans le temps, avec des avancées ou des reculs de plus de 200 m entre la côte et le large.

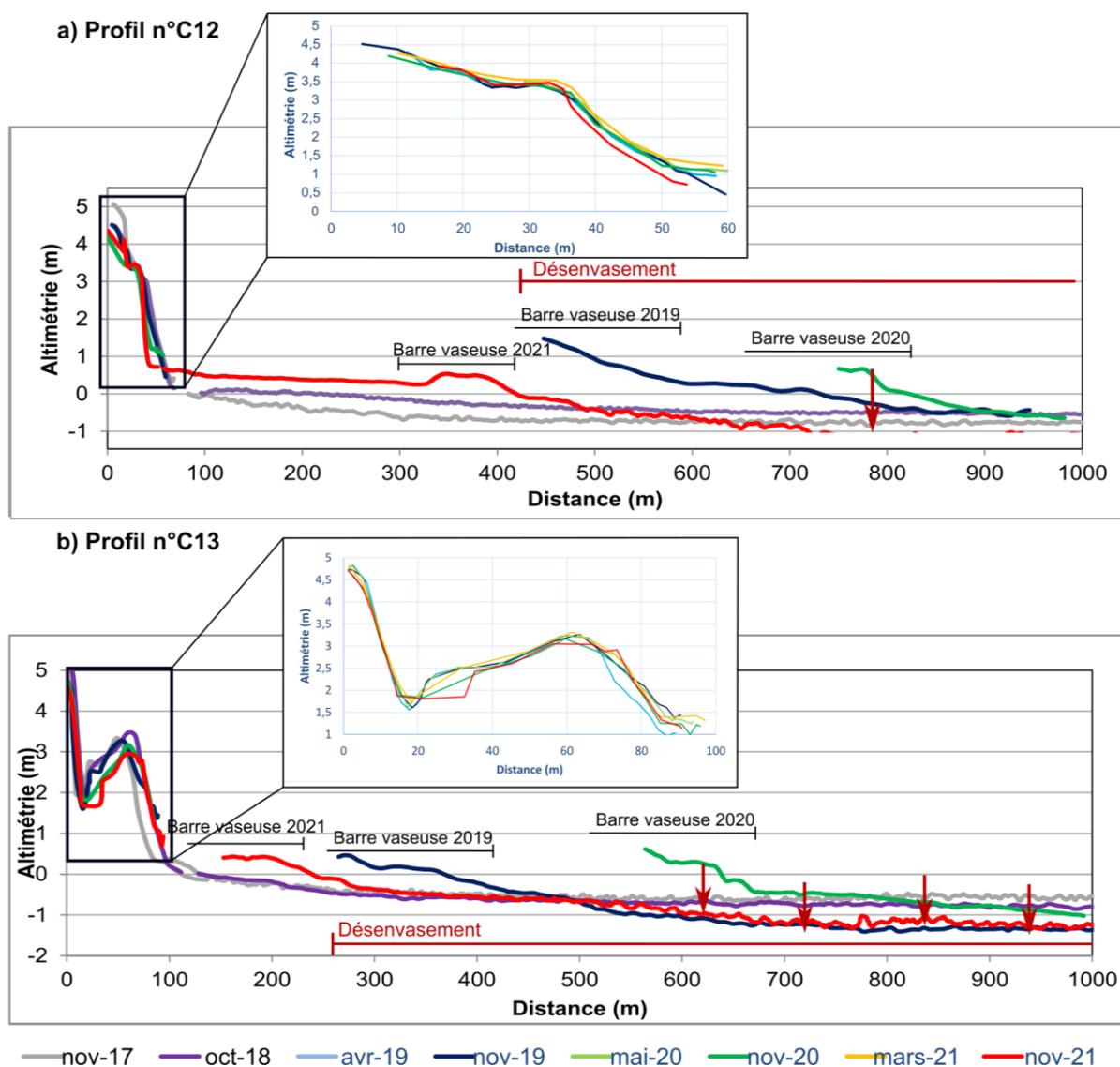


Figure 50 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Rémire et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) C12 et (b) C13.

À l'arrière, côté mer, de cette barre vaseuse, l'érosion atteint -50 cm à -70 cm (Figures 49 et 50).

Il y a dans cette partie des profils, un désenvasement important. Dans les rapports bilans annuels de l'ODyC de 2019 (Bossennec *et al.*, 2020) et de 2020 (Lanson *et al.*, 2021), l'anse de Rémire est depuis 2019 en position d'arrière banc. Par conséquent, l'action de la houle et l'énergie des vagues, à l'approche entraînent une remobilisation de la vase de la zone subtidale et intertidale sous la forme de vase fluidifiée. Cette vase fluide est ainsi maintenue en suspension puis amassée par la houle lors de l'amortissement complet des vagues sur la côte, formant ainsi des barres vaseuses (Gratiot *et al.*, 2007). Ces barres vaseuses accolées à la côte, sont visibles sur l'image satellite Sentinel-2 prise à marée basse (Figure 51).

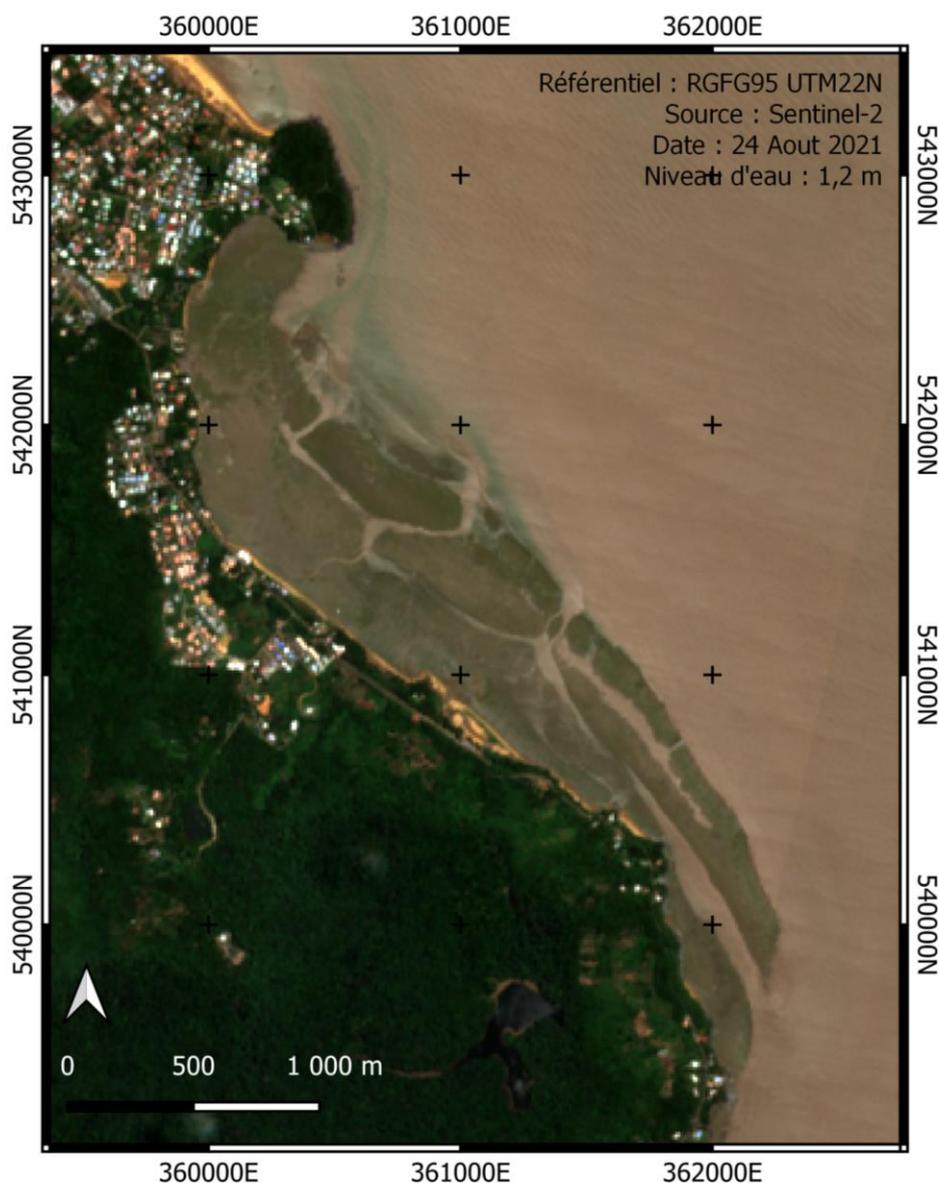


Figure 51 : Barre vaseuse au large de la plage de l'anse de Rémire vue par satellite en août 2021 à marée basse.

c) Évolution biannuelle du haut plage

Lors de la période entre novembre et mars, la plage sur le profil C10 subit un abaissement topographique (Figure 49a).

Alors qu'inversement, entre mars et novembre, il s'agit plutôt d'une élévation topographique. Entre novembre 2020 et mars 2021, une diminution de la topographie d'environ 60 cm est enregistrée alors que cette année, entre mars 2021 et octobre 2021, 40 cm de matière sédimentaire se sont déposés (Figure 52). Les sédiments déposés correspondent à un mélange de vase avec une fraction sableuse.

a) 2020 – Plage de sable et affouillement en droit de l'escalier

b) 2021 – Plage de vaso-sableuse et comblement de la plage au droit de l'escalier



Figure 52 : Photographies vue du profil C10 de l'ouvrage anthropique en (a) novembre 2020 et en (b) octobre 2021.

La topographie du haut de plage du profil C11 est semblable aux années précédentes (Figure 49b). Un léger envasement de la plage est visible entre novembre 2020 et mars 2021. La mangrove continue son développement (Figure 53).

a) Novembre 2020

b) Octobre 2021



Figure 53 : Mangrove en face du profil C11 en (a) novembre 2020 et (b) octobre 2021.

Le haut de plage du profil C12 (Figure 50a) est stable, la végétation herbacée et l'absence de piétinement le long de ce profil participe à la conservation du sable à cet endroit. La zone de plage a quant à elle subi un recul d'environ 2 m entre mars et octobre 2021. Le profil n'a pas subi de changement notable entre novembre 2020 et mars 2021, cette valeur de -2 m est en accord avec les mesures effectuées lors du levé de trait de côte (Figure 48 c).

Enfin, le profil C13 (Figure 50b) le plus à l'est de la plage de Rémire est stable entre novembre 2020 et mars 2021. Les variations topographiques entre mars 2021 et octobre 2021 sont localisées dans la zone d'embouchure de la plage de Gosselin. À cet endroit, l'exutoire de la rivière du Rorota s'est élargi, ce changement morphologique semble lié directement à la dynamique hydrosédimentaire de l'anse. En parallèle la mangrove continue son développement sur la plage (Figure 54).



Figure 54 : Mangrove en face du profil C13 en octobre 2021.

Sur l'ensemble de l'anse de Rémire, peu de signes d'érosion de la plage sont enregistrés et la mangrove continue son développement en plusieurs points (profil C12 – C11). Actuellement, la majorité de la plage profite de la protection de la vase intertidale (Figure 51). Cependant, des traces d'action de la houle au niveau du profil C13 laisse présager une tendance érosive nette dans les années à venir. La plage de l'anse de Rémire est dans un état de transition entre une période de présence de banc de vase et une période inter-banc.

5.2. LA PLAGE DE SABLANCE À MACOURIA

La plage de Macouria est située dans le quartier de Sablance à l'ouest de la presqu'île de Cayenne de l'autre côté de la Rivière de Cayenne (Figure 55). Cette plage, suivie depuis 2018 par l'ODyC, est sous l'influence des marées, de la houle, des courants côtiers, mais également des courants fluviaux de la rivière de Cayenne. L'ensemble de la côte est peu anthropisée, dans la zone d'étude longue d'environ 3 km, moins de 500 m de littoral est bordé d'habitations et de bâtiments.



Figure 55 : Localisation de la plage de Sablance à Macouria et localisation des profils topobathymétriques suivis dans le cadre de l'ODyC (S1, S2, S3 et S4).

La plage de Sablance est également soumise à l'influence du banc de vase. Actuellement, la limite côtière du front du banc de vase intertidal est localisée à 10 km à l'ouest des habitations (Figure 25).

5.2.1. Évolution annuelle du trait de côte

Par rapport à 2020 et 2019, la grande majorité de la plage de Sablance présente une avancée de son trait de côte vers la mer, avec un maximum de +6 m depuis 2020 (Figure 56a). Cependant, comme ce fut le cas en 2020 (Lanson *et al.*, 2021), bien que la grande majorité de la plage soit en accretion, une zone très localisée a subi un recul du trait de côte d'environ 1 m. Les bâtiments et leurs barrières de délimitation (Figure 57 et Figure 60) sont construits sur le trait de côte, ils rentrent donc directement en interaction avec son évolution.

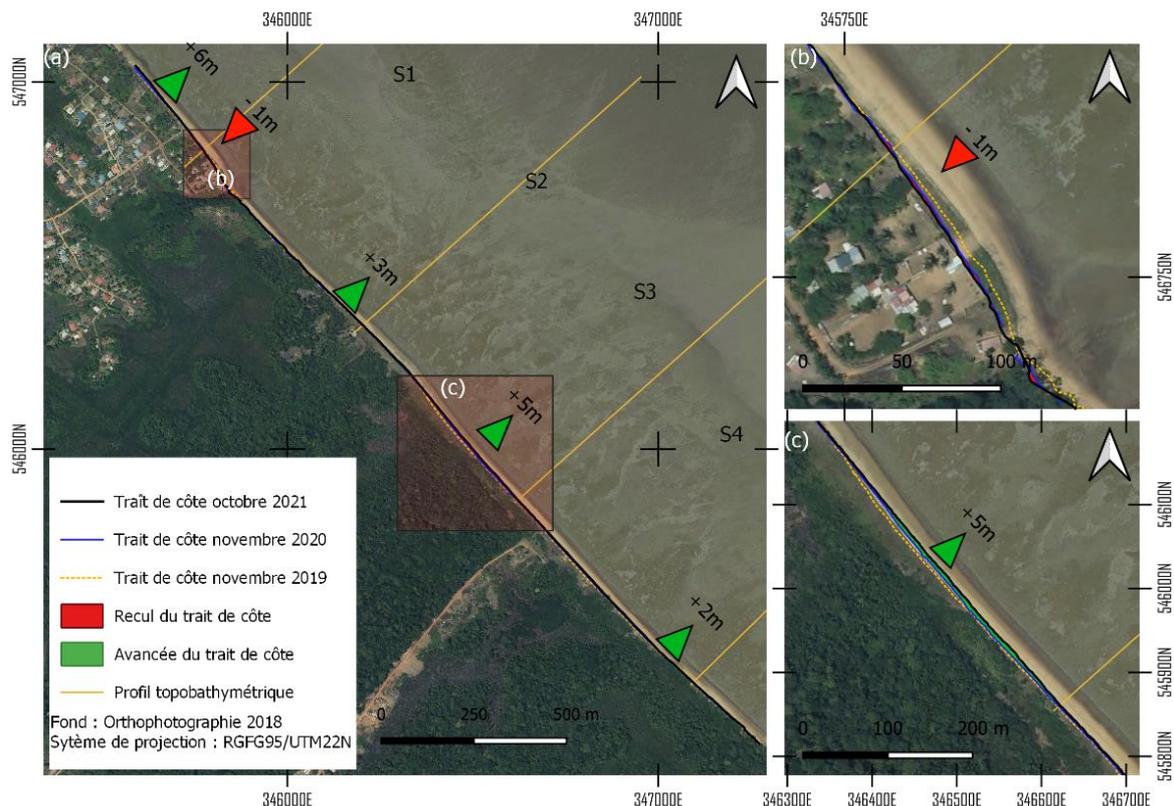


Figure 56 : Évolution du trait de côte (a) le long de la plage de Sablance et zoom (b) sur la zone en érosion et (c) sur une zone en accrétion.



Figure 57 : Photographie d'une des habitations dans la zone en érosion (Figure 56b).

5.2.2. Évolution bathymétrique annuelle de la zone subtidale

Depuis 2020, tous les profils topo-bathymétriques présentent une accréation au niveau de la bathymétrie. Les variations les plus importantes sont sur le profil S1 et S2 avec un différentiel altimétrique de +25 cm (Figure 58). Les profils S3 et S4, les deux plus proches de la rivière de Cayenne, ont gagné environ 10 cm de sédiment (Figure 59).

Les accréations des profils S1 et S2 (Figure 58) sont supérieures aux profils S3 et S4 (Figure 59).

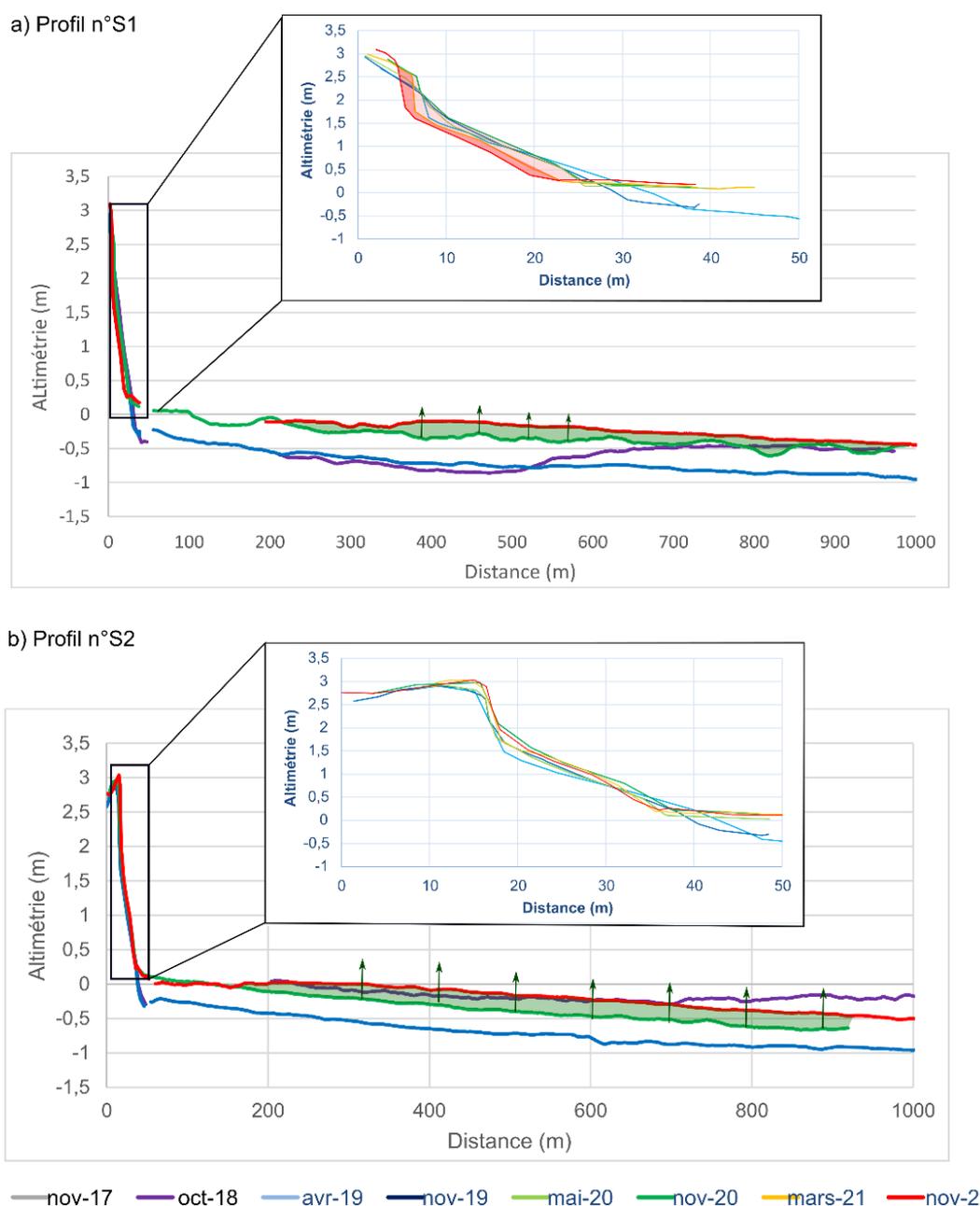


Figure 58 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Sablance et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) S1 et (b) S2. Les flèches vertes correspondent à une élévation topographique par envasement.

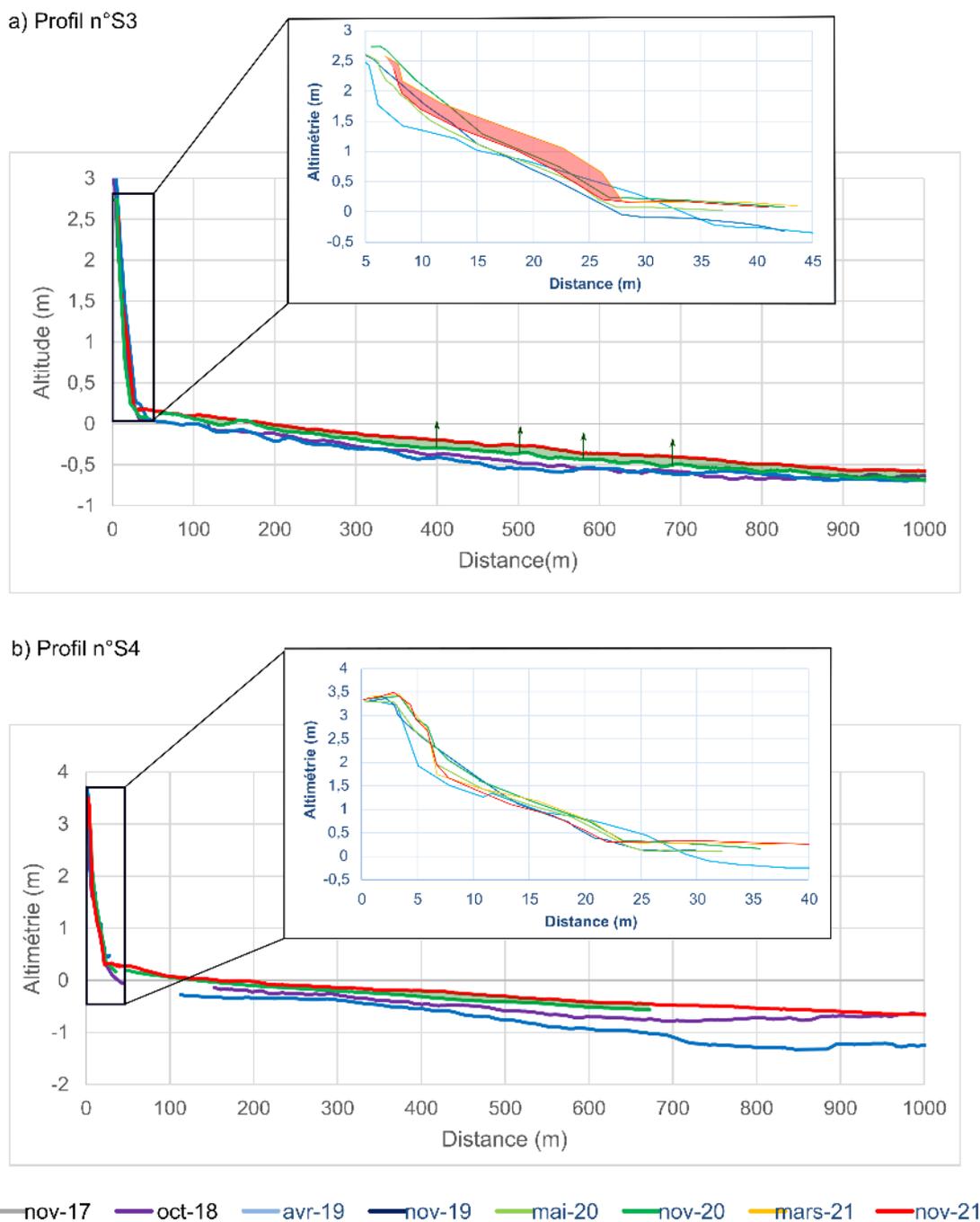


Figure 59 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de Sablance et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) S3 et (b) S4. Les flèches vertes correspondent à une élévation topographique par envasement.

5.2.3. Évolution biannuelle du haut de plage

Sur le profil S1, l'érosion au niveau de l'estran sableux est continue depuis novembre 2020 avec un recul du pied de talus proche des barrières qui délimitent les terrains (Figure 58a et Figure 60).



Figure 60 : Suivi photographique le long du profil S1 à l'aplomb des habitations depuis novembre 2020.

Le haut de plage du profil S2 est stable depuis novembre 2020 (Figure 58b). En bas de la rupture de pente du pied de talus, des variations saisonnières déjà identifiées dans le rapport de l'ODyC de 2020 (Lanson *et al.*, 2021) sont encore d'actualité. La zone de plage sableuse présente une accrétion entre mars et novembre/octobre et inversement une diminution entre novembre et mars. De même, l'estran sableux du profil S3 a connu une accrétion de plus de 40 cm entre novembre 2020 et mars 2021 (Figure 59). Au cours de la saison sèche entre mars 2021 et octobre 2021, le profil est retourné à l'état d'équilibre avec néanmoins la formation d'un talus d'érosion à la limite du trait de côte entre novembre 2020 et octobre 2021 (Figure 61). Ces observations traduisent un transport cross-shore des sédiments entre la plage et l'estran au cours de la saison des pluies. Le sable présent sur l'estran est ensuite emporté sous l'action de la dérive littorale au cours de la saison sèche.



Figure 61: Comparaison de l'évolution du profil S3 entre novembre 2020 et octobre 2021.

Cependant, en 2021, les zones de plage envasées des profils S3 et S4 ont le même niveau depuis novembre 2020 (Figure 59a et Figure 59b). La plage a subi une accrétion entre novembre 2020 et mars 2021 (+40 cm pour S3 et +25 cm pour S4). De mars à octobre 2021, le profil S4 est resté relativement stable alors que le profil S3 présente une érosion importante sur le haut de la plage (-45 cm ; Figure 59a).

5.3. LA PLAGE DE KOUROU

Le site Kourou est séparé en deux cellules hydrosédimentaires distinctes. Une première appelée plage de l'Hôtel des Roches et une seconde regroupant la plage de la Cocoteraie jusqu'à l'extrémité ouest de la plage du CSG (Figure 62).

La plage de l'Hôtel des Roches est longue de 350 m, c'est une plage de poche située à proximité de l'embouchure du fleuve Kourou. L'arrière plage est urbanisée. Afin de protéger les infrastructures d'arrière-plage (hôtel, restaurant, *etc.*) des enrochements ont été installés en 2010 ainsi que des ouvrages en géotextile Stabiplates® perpendiculaires et parallèles à la plage en 2016.

La bande littorale du deuxième secteur de Kourou est segmenté en plusieurs parties :

- une première, dite la plage « Pim-Poum » est une petite plage de poche bordée par la pointe Castor et la pointe Pollux ;
- une seconde zone comprend l'ensemble de la plage de la Cocoteraie jusqu'à l'avenue de l'Anse.

Toute cette frange littorale est urbanisée. Ce secteur à enjeux est fortement sujet aux phénomènes d'érosion et de submersion marine. C'est pourquoi deux systèmes de protection à court terme ont été mis en place (Figure 62) :

- un cordon artificiel à base de sac de sable, les « big-bags ». Cet ouvrage a été installé par la mairie de Kourou en novembre 2016. Ce système d'urgence a pour objectif de préserver les enjeux situés en arrière plage, le temps de la mise en place d'une stratégie de gestion à plus long terme ;
- des palplanches de type « berlinoises » en face de la Cité des 205. Ces ouvrages en bois ont été posés en mars 2017 pour l'un, puis en avril 2018 pour le second.

Enfin, dans la continuité de la plage de la Cocoteraie se trouve la plage du CSG. Cette plage est restée naturelle sans infrastructure anthropique (Figure 62). Cependant, des prélèvements en sable sur le haut de plage ont été réalisés pour renflouer le cordon littoral artificiel de big bags situé devant la zone urbaine.

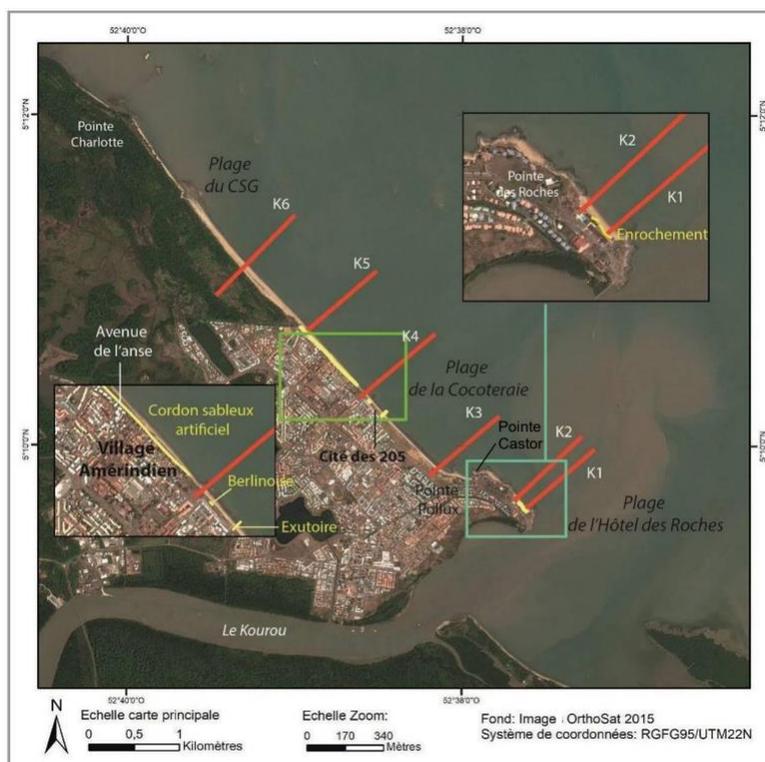


Figure 62 : Positionnement des différents profils suivis (en rouge) dans le cadre de l'ODyC ainsi que des ouvrages de défense existants (en jaune) sur le secteur de Kourou.

L'ensemble de la plage de Kourou est considéré comme une plage de cheniers de la plage de la Cocoteraie jusqu'à la plage du CSG.

5.3.1. Position du banc de vase et dynamique sédimentaire antérieure

En 2016, le banc de vase se situe sur la partie sud-est de l'embouchure du fleuve Kourou, il se déplace du sud-est vers le nord-ouest (Longueville et Aertgeerts, 2016). À ce moment, les plages de Kourou sont en position dite « d'inter-banc », le littoral est alors vulnérable aux phénomènes d'érosion et de submersion. Deux forts épisodes d'érosion et de submersion ont donné suite à des expertises dans le cadre de l'ODyC. L'objectif était de quantifier l'impact des houles sur les plages du littoral de Kourou (Longueville *et al.*, 2016a, 2017b).

À partir de 2017, le front du banc de vase reste majoritairement sur la rive droite du fleuve Kourou (Longueville et Aertgeerts, 2016). Ce n'est qu'à partir de 2018 et 2019 (Figure 63) que le front du banc de vase traverse l'embouchure et que les plages de Kourou sont progressivement en position envasée. En 2021, toutes les plages de Kourou sont en position envasée (Figure 63). Depuis 2018 (Figure 63), il semble que la vitesse de migration du banc se soit accélérée. Plusieurs facteurs peuvent en être la cause : l'évolution des conditions hydrodynamiques au cours du temps ou encore des variations du débit du fleuve. Entre 2020 et 2021, le front offshore du banc de vase a parcouru 5 km (Figure 63). Pour conclure à une accélération pérenne du banc de vase, la continuité des observations au cours des années suivantes sera déterminante.

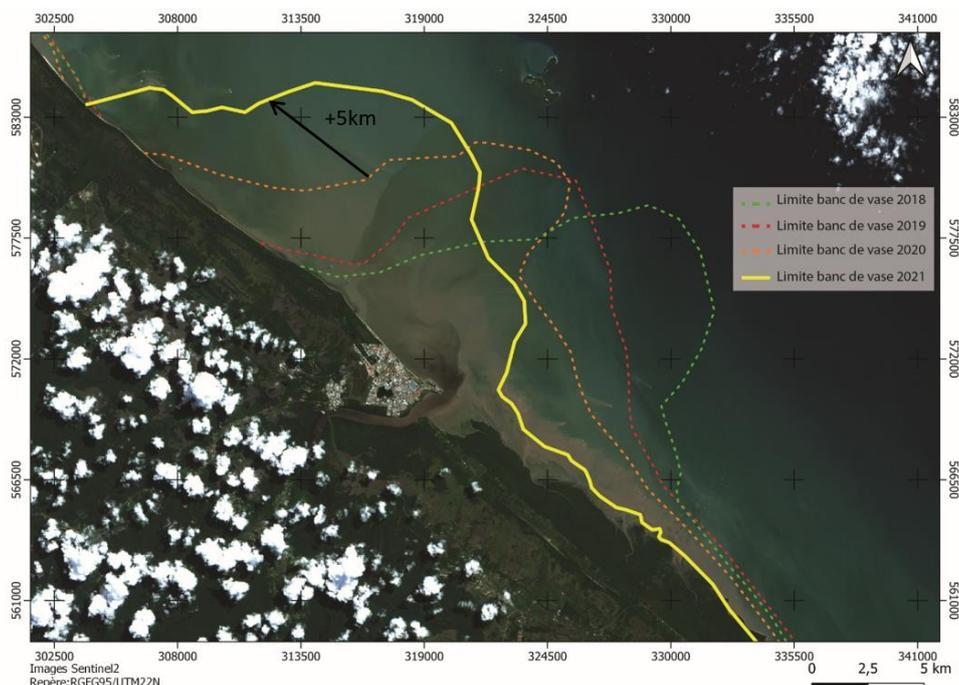


Figure 63 : Position annuelle du banc de vase en face du littoral de Kourou de 2018 à 2021 (fond : image sentinel-2 prise le 20 juillet 2021).

5.3.2. Évolution annuelle du trait de côte

En accord avec les années précédentes de 2019 et 2020 (Bossennec *et al.*, 2020, Lanson *et al.*, 2021), le trait de côte de la plage de l'Hôtel des Roches suit une dynamique sédimentaire similaire. Le recul du trait de côte est marqué à l'est (-4 m, Figure 65b) tandis que l'ouest est plutôt caractérisé par une avancée (+3 m, Figure 65b). D'après les données de trait de côte, au niveau des profils topo-bathymétriques de référence (Figure 64), le profil K1 a connu une forte avancée entre 2015 et 2016 et le profil K2 un recul sur la même période. L'année 2016 correspond au début de l'installation du banc de vase en face de Kourou. Depuis 2016, l'évolution de la plage est inversée entre le profil K1 et K2. Le trait de côte recule de façon chronique au niveau de K1 et avance au niveau de K2. Les pentes des courbes de K1 et K2 diminuent avec le temps, les taux d'évolution tendent vers une position d'équilibre en gardant néanmoins un caractère érosif sur K1 et une tendance à l'accrétion pour K2.

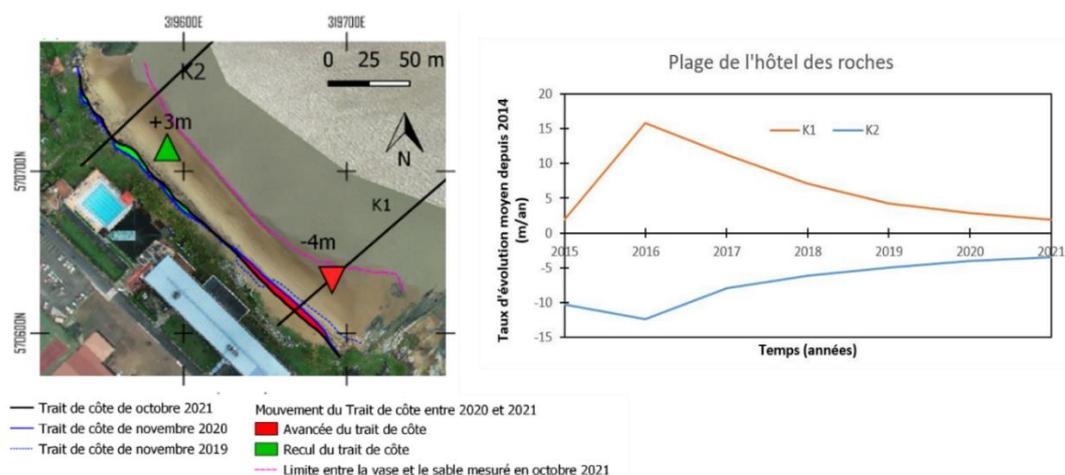


Figure 64 : (à gauche) Carte de localisation des profils topo-bathymétrique sur la plage de l'hôtel des Roches et trait de côte mesuré in situ de 2019 à 2021 ; (à droite) Taux d'évolution annuel (m/an) par rapport à 2014 (Fond : orthophotographie mars 2021).

La plage de poche « Pim-Poum » est marquée en 2021 par une avancée du trait de côte par rapport à celui de 2020 (+4 m en moyenne, Figure 65c). La majorité de la plage de la Cocoteraie et de la plage du CSG (Figure 65c, d) présente également une avancée du trait de côte vers la mer de 2020 à 2021 (+5 m en face du club de voile ; +4 m en face de la cité des 205 ; +4 m en face de l'avenue de l'Anse ; *etc.*). Cependant, trois zones présentent des signes de recul du trait de côte : à l'extrémité est de la plage de la Cocoteraie (-3 m), en amont de l'exutoire en béton par rapport de la dérive littorale (-8 m) et à l'ouest de la zone de mesure sur la plage du CSG (-1 m).

L'envasement progressif de la plage de Kourou est visible sur le levé de la limite vase-sable (Figure 65). En effet, l'orthophotographie de la Figure 65 est prise en mars 2021, les mesures *in situ* de la limite vase-sable sont réalisées en octobre 2021. En moins de huit mois, la limite vase-sable s'est déplacée vers la terre d'environ 10 m en moyenne, ce qui diminue la largeur de la zone sableuse de la plage tout en correspondant à une situation d'avancée du trait de côte vers le large (Figure 64).

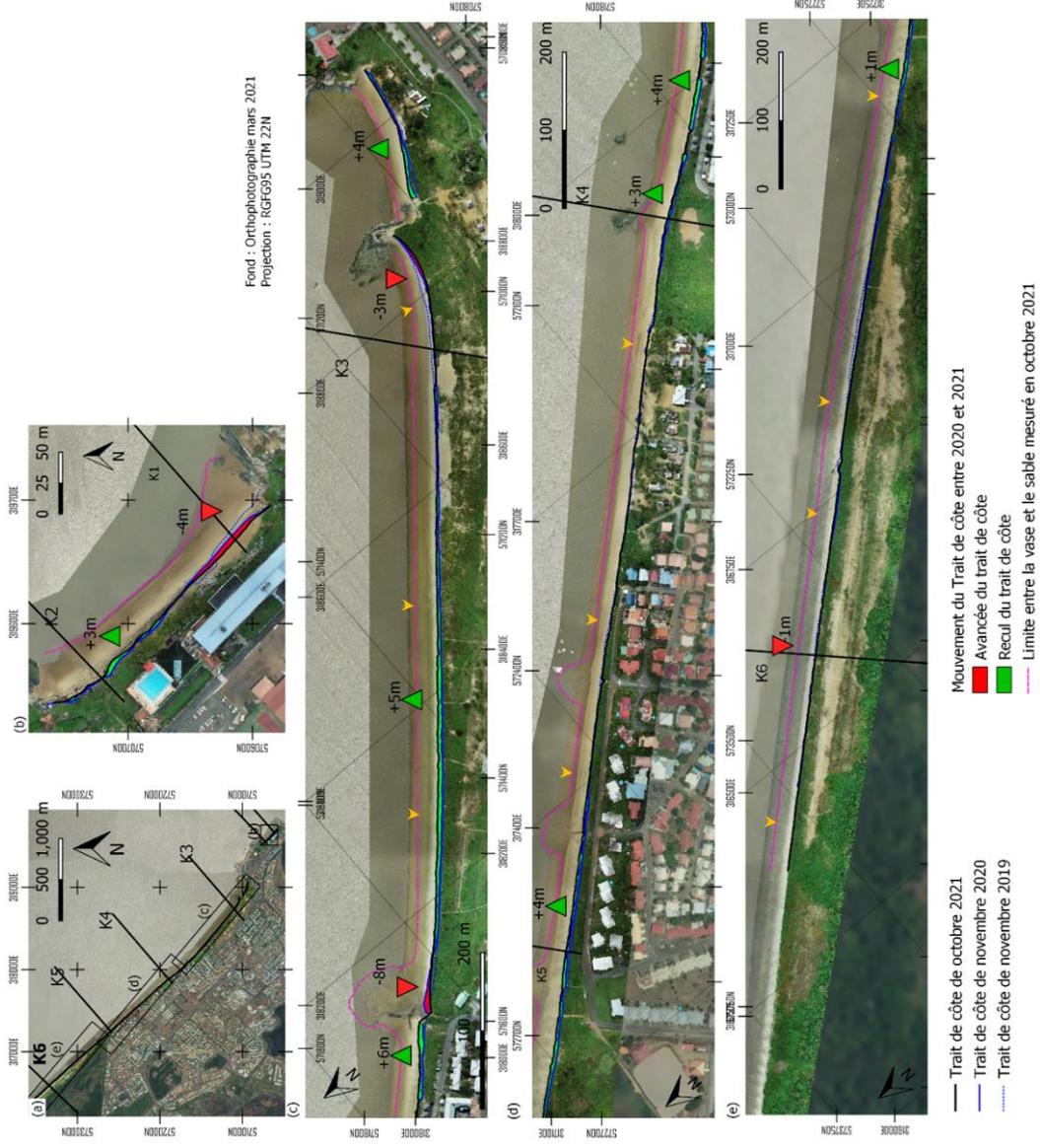


Figure 65 : Carte générale de Kourou et présentation des données annuelles de trait de côte levées in situ depuis 2019 et de la limite sable vase en 2021. (Les flèches oranges correspondent à l'avancée de la limite vase-sable vers la terre entre la prise de l'orthophotographie en mars 2021 et les mesures in situ d'octobre 2021).

5.3.3. Évolutions saisonnières et annuelles du haut de plage

a) Plage de l'hôtel des roches

Depuis 2019, l'extrémité ouest de la plage de l'hôtel des Roches subit une érosion régulière, ce phénomène est toujours présent en 2021 avec 4 m de recul de la berme, depuis mars 2021 (Figure 67a). Des mouvements sédimentaires d'érosion entre mars-mai et octobre-novembre, déjà mis en évidence dans le rapport ODyC 2020 (Lanson *et al.*, 2021), sont en 2021 toujours visibles (Figure 66).

Inversement et en accord avec les observations effectuées depuis 2019, le profil K2 présente une accrétion significative, entre mars et octobre 2021 cette élévation est de +40 cm (Figure 67b). L'influence des saisons impacte également l'est de la plage, l'accrétion observée est toujours plus importante durant la période de mars à novembre que pendant la période de novembre à mars.

De plus, depuis 2019, l'avant du banc de vase a dépassé la pointe de l'hôtel des Roches, ainsi ces données sont en accord avec la présence d'une dérive littorale de l'est vers l'ouest.

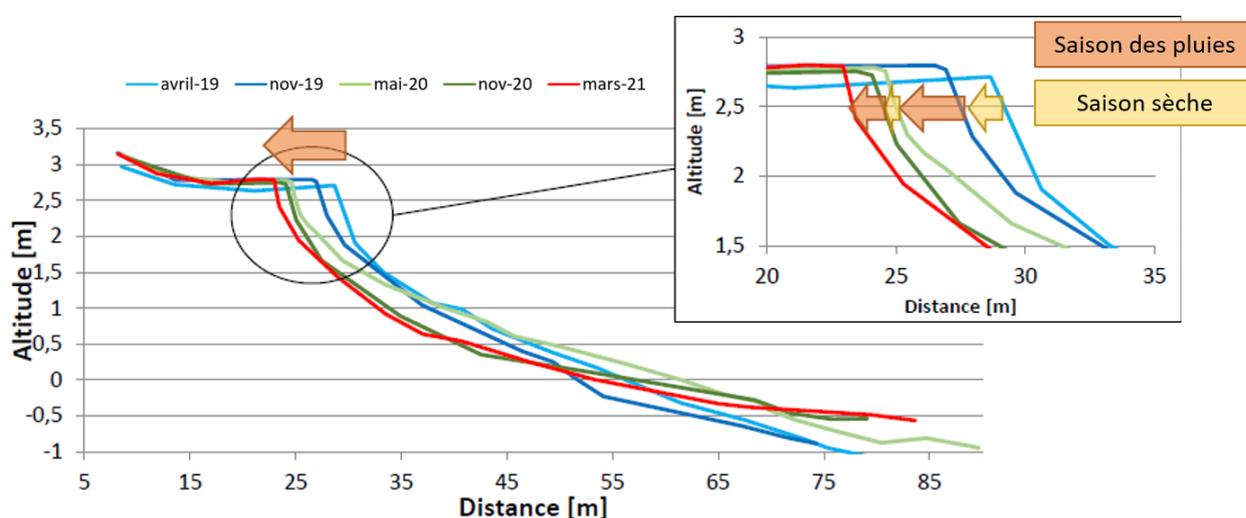


Figure 66 : Mise en évidence d'érosion plus forte en période de saison des pluies sur le haut de plage du profil K1.

b) La plage de la Cocoteraie et la plage du CSG

En 2021, mars ou novembre, les variations observées sur le haut de plage au-delà du trait de côte sont faibles sur les profils de la Cocoteraie et de la plage du CSG.

Le profil K3 (Figure 68a) enregistre une érosion du bas de plage entre la berme et la vase. La position de la crête de berme est stable depuis 2020.

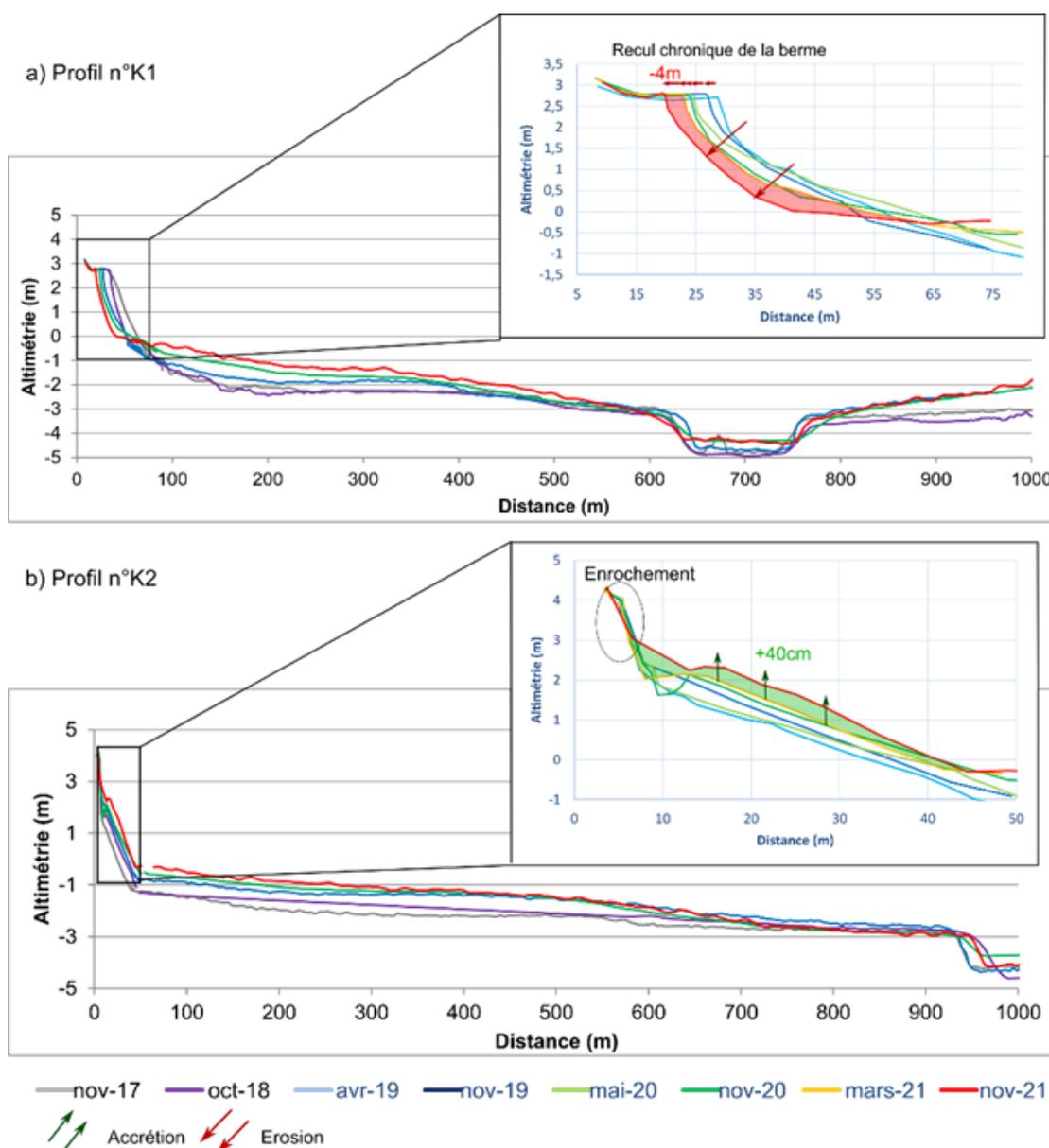


Figure 67 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de l'hôtel des Roches et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) K1 et (b) K2.

Les profils K4 (Figure 68b) et K5 (Figure 69a) se situent dans la zone de big-bags, le haut de plage est fixe depuis leurs mises en place. Cependant, comme sur le profil K3, les pentes des profils de plage se sont également accentuées. Au niveau du profil K4 (Figure 68b), la plage s'est abaissée de -40 cm entre mars et octobre 2021. Dans la zone autour du profil K5 (Figure 69a), au pied des big bags, un bourrelet sédimentaire sableux s'est formé traduisant un apport naturel en sable et donc une accrétion entre mars 2021 et octobre 2021 (+40 cm) sur ce secteur.

Enfin sur le profil K6 (Figure 69b), seul profil situé dans une zone non-anthropisée, les observations effectuées sont similaires à celles des données des profils K3, K4 (Figure 68) et K5 (Figure 69a). Le haut de plage est stable en 2021. Le cordon sableux du haut de plage s'est légèrement accru entre 2020 et 2021. Mais l'estran sableux subit une diminution altimétrique qui accentue la pente du profil.

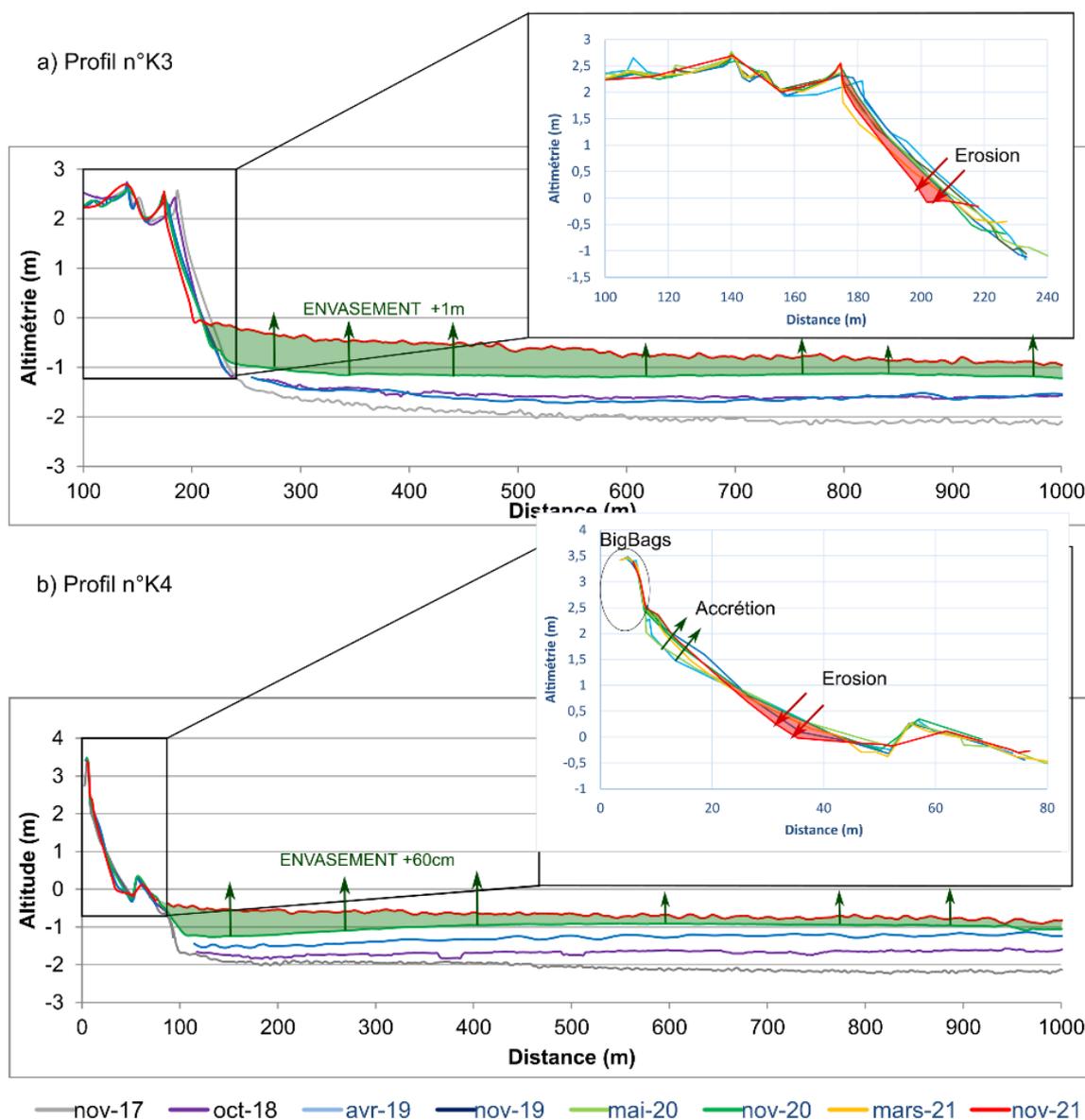


Figure 68 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage de la Cocoteraie et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) K3 et (b) K4.

5.3.4. Évolution bathymétrique de la plage de Kourou

Tous les profils bathymétriques présentent, entre 2020 et 2021, un envasement généralisé. Les envasements les plus importants se trouvent au niveau des profils K3 et K4 avec respectivement +1 m et +60 cm de vase (Figure 68).

L'envasement est plus faible sur K5 et K6 (Figure 69) avec un envasement moyen régulier chaque année entre 10 cm et 20 cm sur presque la totalité des profils.

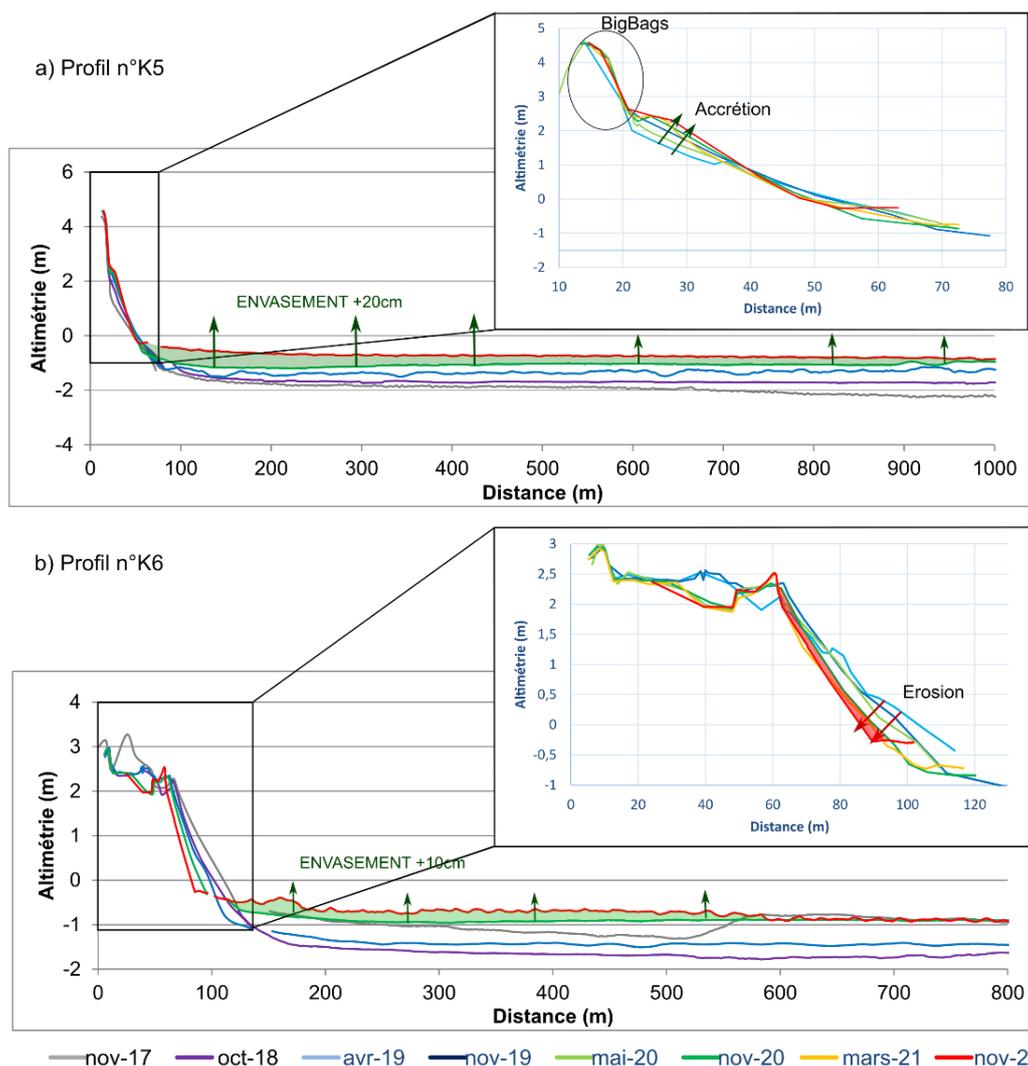


Figure 69 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage du CSG et zoom des profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) K5 et (b) K6.

5.3.5. Bilan sédimentaire : données hautes résolutions

a) Plage de l'Hôtel des Roches

Les levés photogrammétriques sont réalisés sur l'ensemble du haut de plage, la plage et l'estran. Ce type de données permet de quantifier les évolutions altimétriques avec précision. Ici, d'après les données photogrammétriques prises par drone, en accord avec les données d'évolution du trait de côte (Figure 65 et Figure 64) et l'étude des profils topographiques (Figure 67), la plage et l'estran de l'hôtel des Roches présentent une tendance érosive sur sa partie est et une tendance à l'accrétion sur sa partie ouest (Figure 70b). Le bilan sédimentaire de cette plage est stable (Tableau 5), traduisant la position d'équilibre qu'a atteint la plage.

b) De la Cocoteraie à la plage du CSG

Des départs en sable sont enregistrés entre août 2020 et mars 2021. La principale zone où l'altimétrie différentielle est négative se situe entre la limite vase-sable et le trait de côte d'octobre 2021.

Inversement, deux zones de la plage présentent une accrétion entre 2020 et 2021, elles sont localisées sur la plage proche du trait de côte d'octobre 2021 et sur l'estran au-delà de la limite vase sable en direction du large (Figure 70).

Des croissants de plage présents sur le MNT différentiel (Figure 70), se situent dans les zones en accrétion et témoignent du transport sédimentaire.

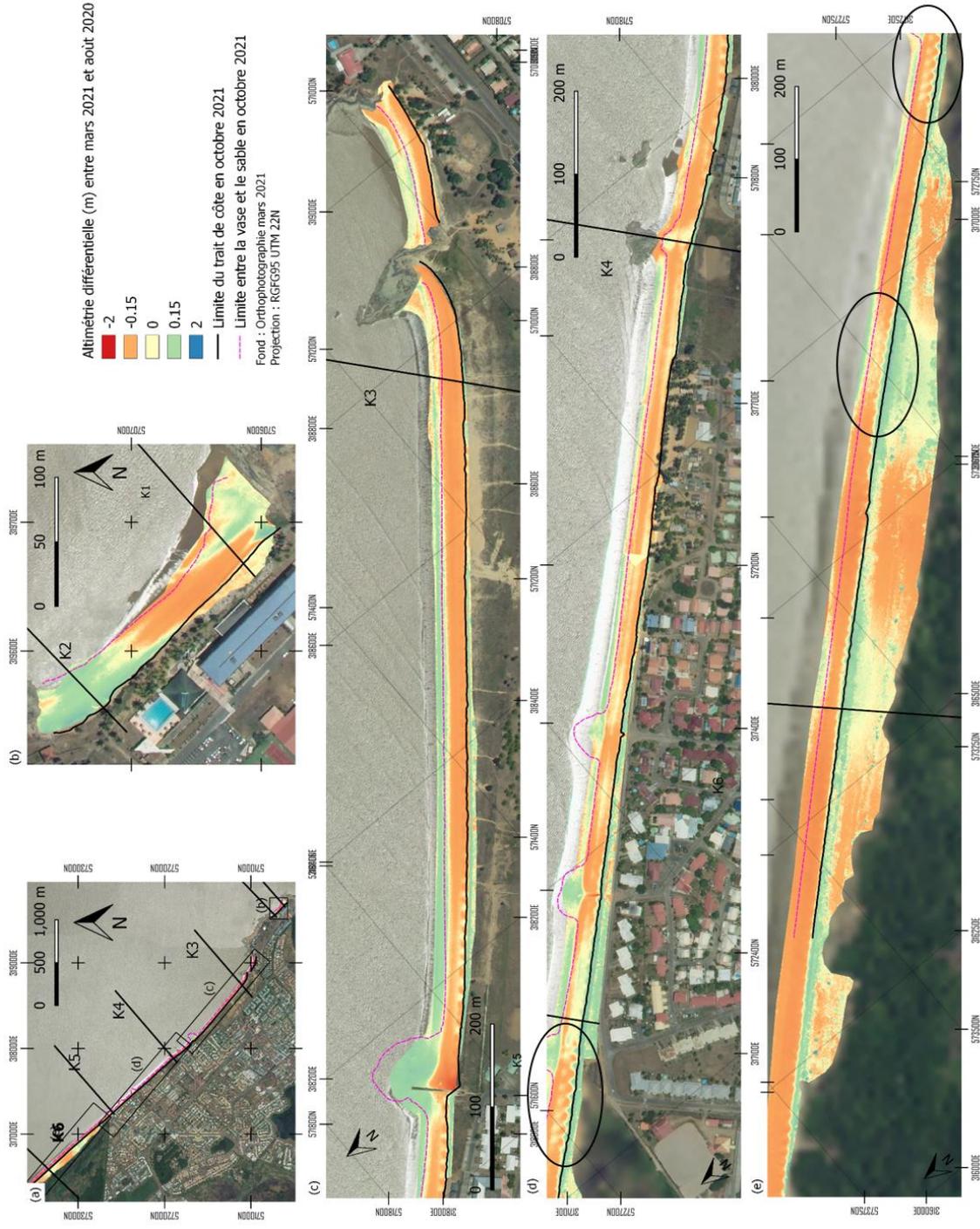


Figure 70 : MNT différentiel entre mars 2021 et août 2020, les structures sédimentaires entourées en noir correspondent à des croissants de plage.

Le bilan sédimentaire total des plages de Kourou est de -16 000 m³ (Tableau 5). Les grandes plages de Kourou présentent un déficit en sédiments sableux depuis 2020, environ -30 000 m³. Les 14 000 m³ d'accrétion correspondent en partie à de la vase arrivée sur la zone de plage. Cependant, la plage de Kourou n'est pas étudiée dans sa totalité, c'est-à-dire jusqu'à la pointe Charlotte. Les bilans sédimentaires ne sont donc pas réalisés sur la totalité de la cellule hydrosédimentaire, les conclusions permettent donc de renseigner les évolutions locales mais pas à l'échelle de la cellule.

Plage	Volume (m ³)			Volume (m ³) d'incertitude à 15 cm	Surface (m ²)
	Accrétion	Érosion	Bilan sédimentaire		
Hôtel des Roches	808	-799	9	350	9 825
Pim-Poum	138	-818	-680	310	7 656
Cocoteraie et CSG	13 679	-29 754	-16 075	8 800	242 477
TOTAL	14 625	31 371	-16 746	9 460	259 958

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des volumes différentiels calculés à partir du MNT différentiel entre août 2020 et octobre 2021 à Kourou. (Les volumes d'incertitude correspondent aux valeurs du MNT différentiel inférieur à l'incertitude de 15 cm).

5.3.6. Cartographie des fonds marins au large de Kourou

En octobre 2021, des levées au sonar à balayage latéral associés à des profils bathymétriques ont été réalisés au large de Kourou. Les zones d'acquisition sont similaires à celles effectuées en octobre 2020, ce qui permet d'évaluer les variations géomorphologiques entre un état initial (octobre 2020, Lanson *et al.*, 2021) et un état final ponctuel (octobre 2021). Les objectifs de ces mesures sont de cartographier dans une zone précise la limite de la zone vaseuse, d'identifier d'éventuelles variations morphologiques et de comparer l'effet du passage du banc de vase sur les fonds en zone rocheuse. L'ensemble des observations menées à l'aide des instruments géophysiques sont complétées par des prélèvements sédimentaires réalisés à la benne à sédiment. Les bennes utilisées sont la Shipeck© pour les fonds supérieurs à 10 m et la benne VanVeen© pour ceux inférieurs à 10 m).

Les acquisitions ont été réalisées du 4 au 8 octobre 2021, elles comprennent (Figure 71) :

- trois transects perpendiculaires à la côte ;
- la boîte dite « Piquet ». Cette boîte est située à l'ouest des îles du Salut au niveau des battures de Lamotte-Piquet. Elle est longue de 2 km sur 1,2 km de large, 20 transects y sont réalisés ;
- la boîte dite « Large ». Cette boîte est longue de 6 km et large de 3 km, elle est située autour de la position en 2020 de l'isobathe 30 m ;
- la boîte dite « épave ». Cette dernière est longue de 4,5 km et large de 2 km, elle se trouve entre 30 m et 40 m de fond et est centrée sur une épave de bateau.

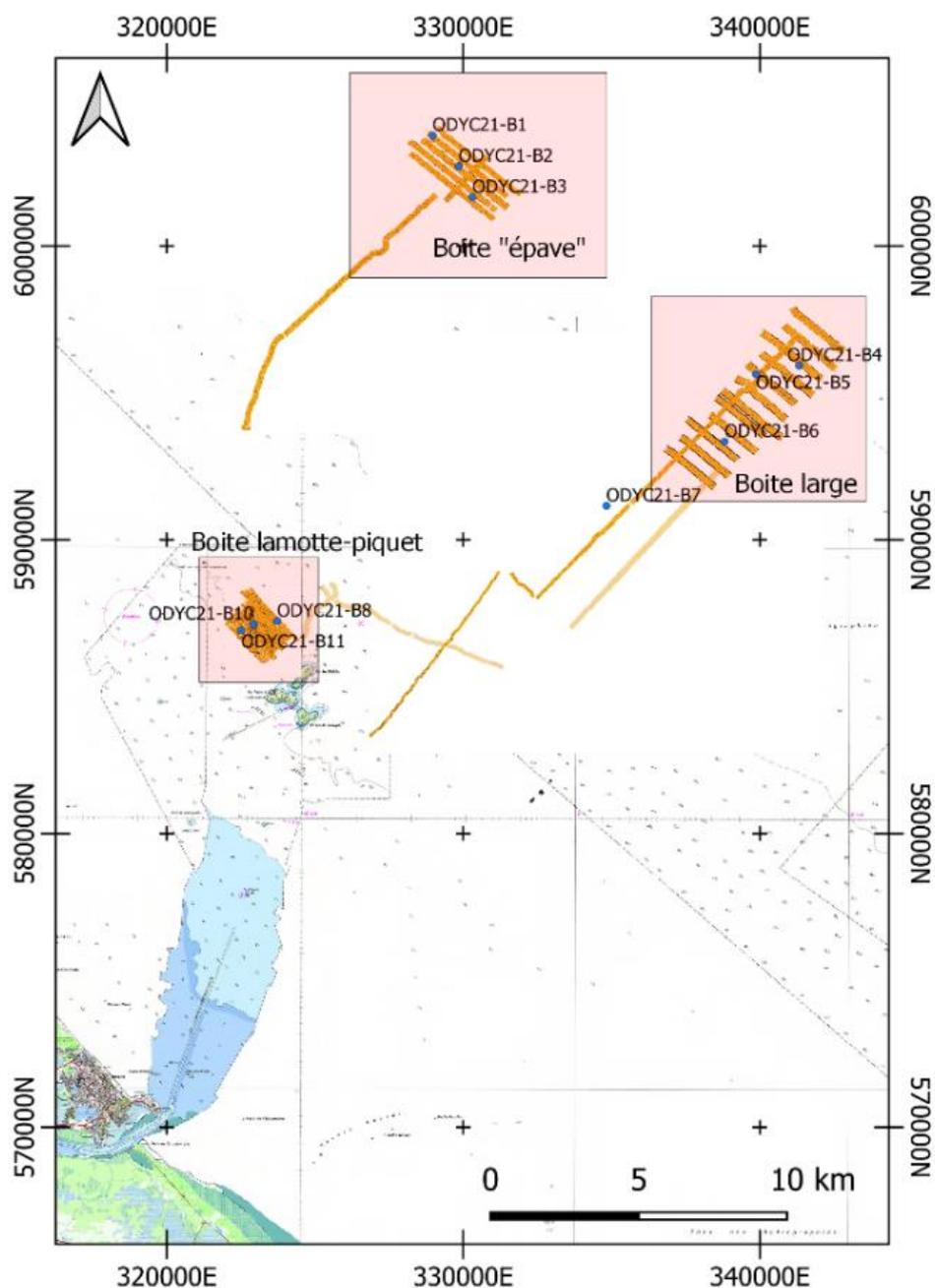


Figure 71 : Plan de position des levées géophysiques (Sonar à balayage latéral et sondeur bathymétrique mono-fréquentiel) au large de Kourou et localisation des « boîtes » étudiées.

a) Évolutions morpho-sédimentaires des battures de Lamotte-Piquet

Les battures de Lamotte Piquet correspondent à un haut fond topographique présentant une forme allongée suivant un axe nord-sud. Le plateau a une valeur bathymétrique moyenne autour de -10 m, alors que la zone de haut-fond à une bathymétrie comprise en -3 m et -9 m de profondeur (Figure 72).

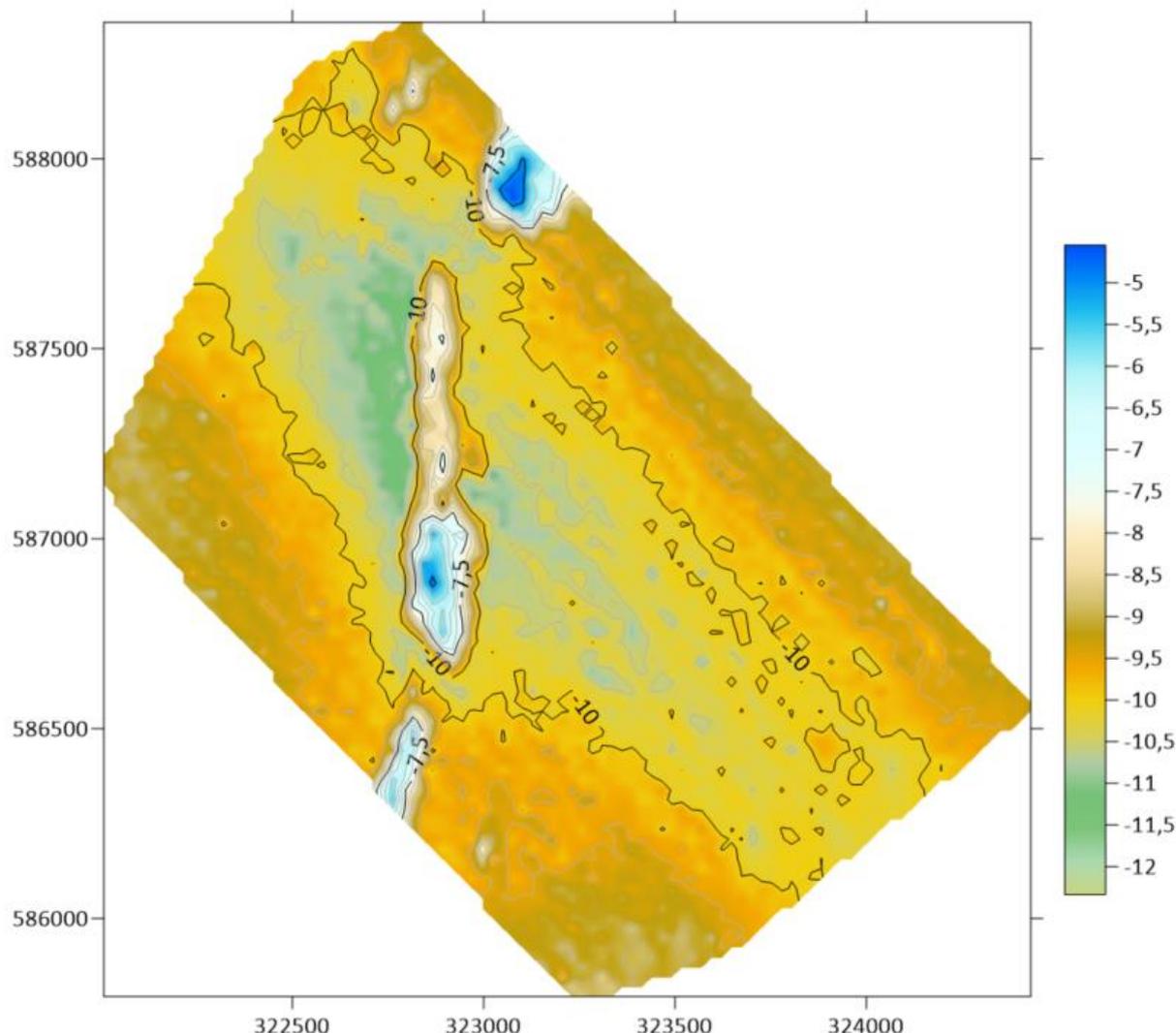


Figure 72 : Carte bathymétrique des battures de Lamotte-Piquet (échelle en mètre)

En accord avec les observations réalisées en 2020 (Lanson *et al.*, 2021), trois faciès acoustiques sont identifiés, l'échantillonnage de ces faciès confirme leur nature. Un faciès fortement réfléchif (en violet, Figure 74) correspondant à un haut-fond rocheux. Cette roche est un massif allongé orienté nord-sud, identifiable sur les cartes bathymétriques du SHOM. Un second faciès peu réfléchif est majoritaire sur la carte produite, ce faciès correspondant aux bennes B8 et B11 est composé de vase homogène (en marron, Figure 74).

Le dernier faciès identifié est moyennement réfléchif (Figure 74), il est identifiable par les structures sédimentaires qui le compose, des rides de longueur d'onde d'environ 1 m sont visibles sur les images du sonar. Deux échantillons de ce faciès sont prélevés, le B9 et le B10 (Figure 74). Ces échantillons correspondent à des sables coquillés grossiers hétérogènes (Figure 73 avec 84 % de carbonate de calcium (CaCO_3) et 95 % d'élément supérieur à 5 mm et 67 % supérieur à 2 mm (Figure 73).

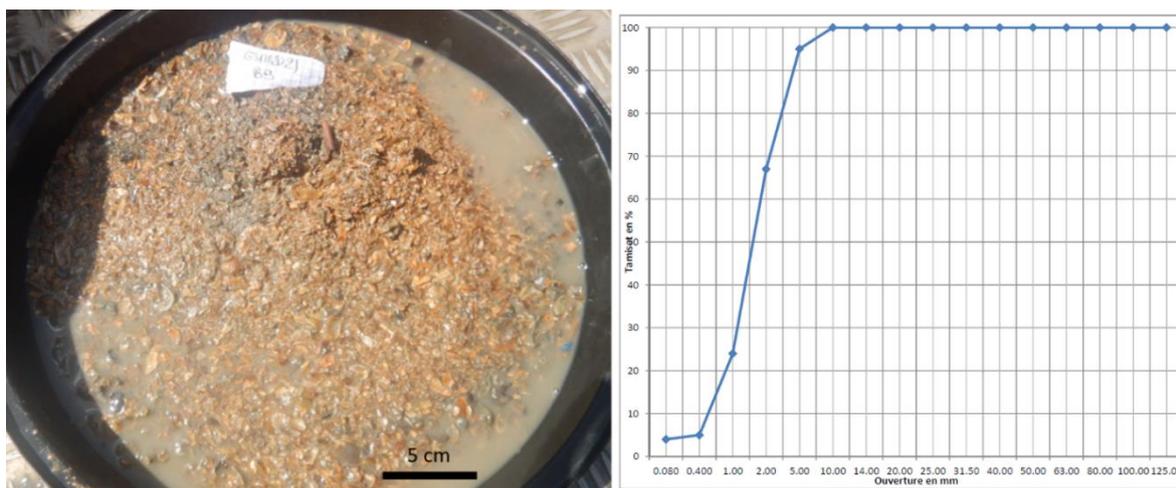


Figure 73 : (à gauche) Photographie du sable coquillé, échantillon numéro B9 ; (à droite) Courbe granulométrique de l'échantillon ODyC21-B9 de sable coquillé prélevé à proximité des battures de Lamotte Piquet.

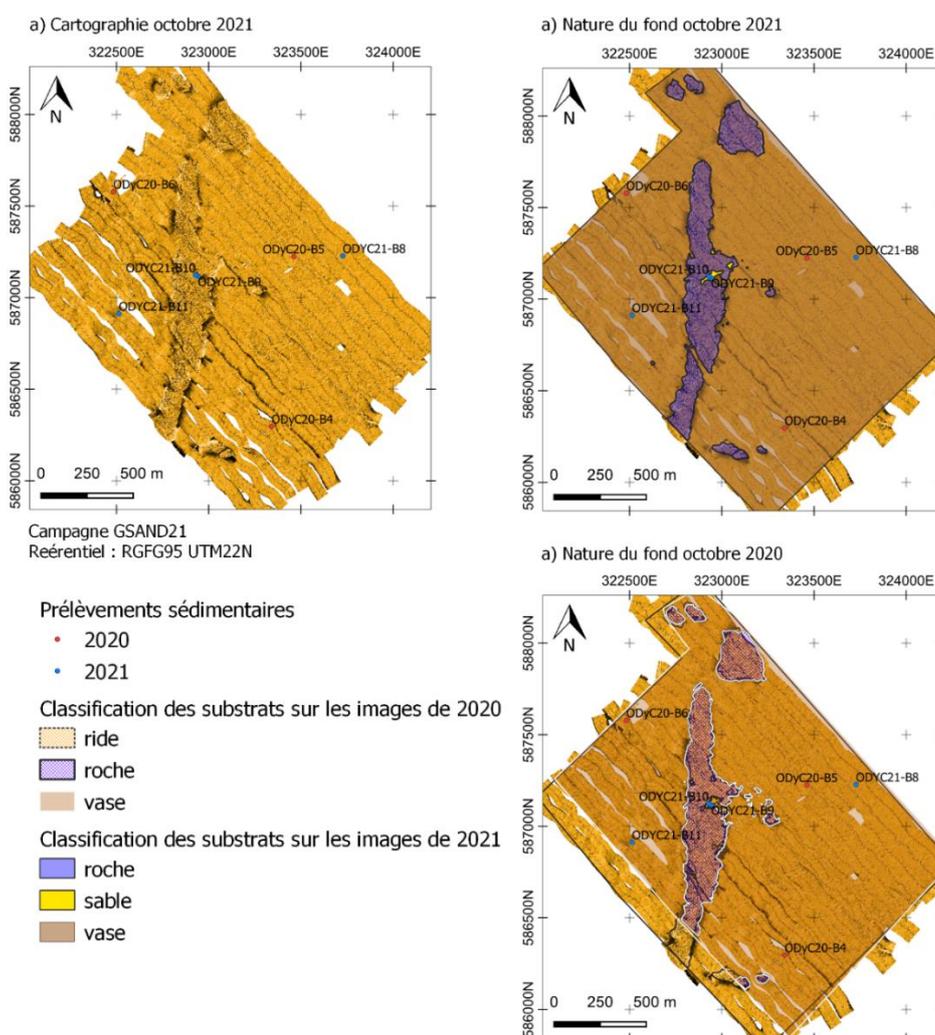


Figure 74 : Carte au sonar à balayage latéral (a) et de la nature des fonds en 2021 (b) et 2020 (c) des battures de Lamotte-piquet (2021) et localisation des échantillons prélevés.

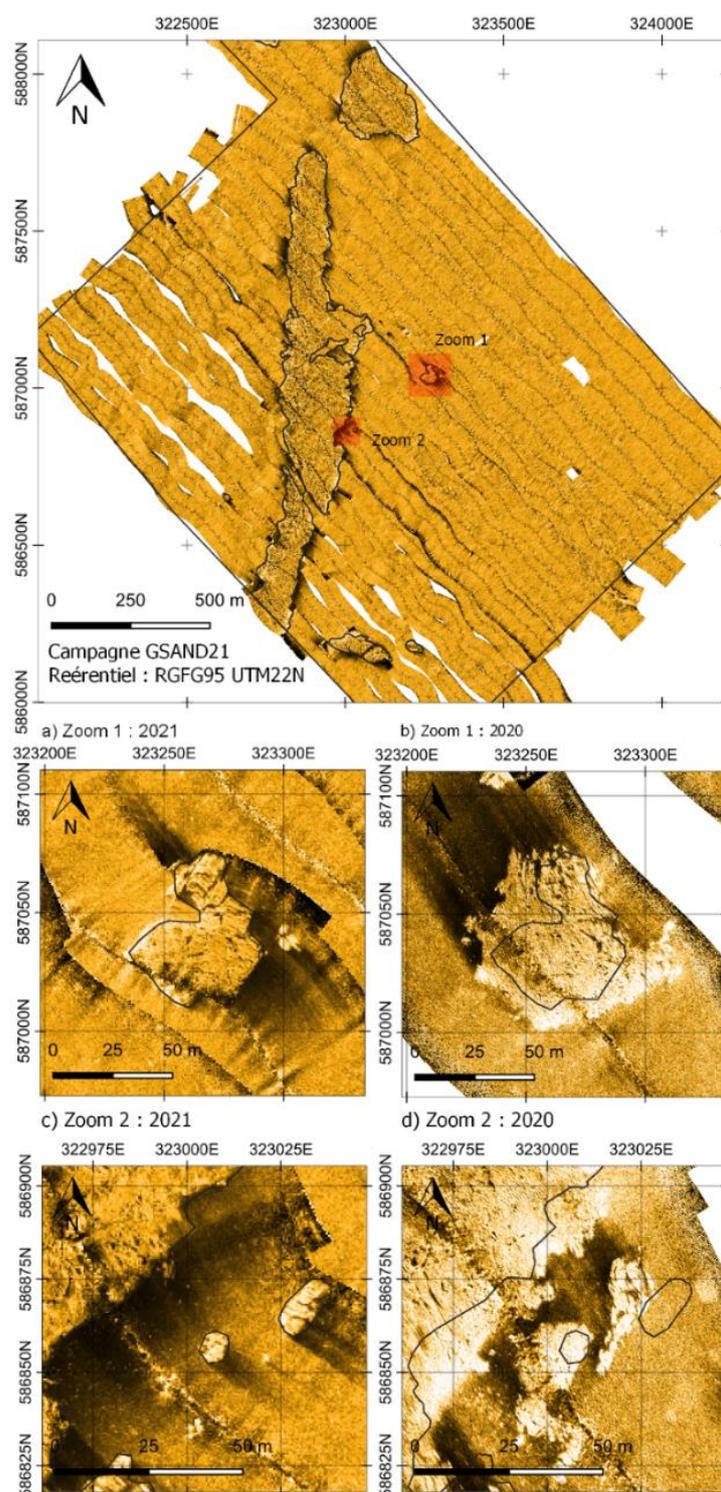


Figure 75 : Cartographie au sonar à balayage latéral des zones des battures de Lamotte-Piquet et zoom sur deux zones en 2020 et 2021. Les contours en noirs correspondent à la limite des formations rocheuses en 2021.

La digitalisation des délimitations entre les faciès insonnifiés permet de faire des comparaisons surfaciques de l'étendue de ces faciès entre 2020 et 2021. La Figure 75 illustre les variations sédimentaires entre 2020 et 2021. L'étendue de certaines roches a diminué pour laisser place à de la vase. Un envasement général des structures rocheuse est observé. De plus, la surface de sable identifiée en 2020 est d'environ 4 730 m² et de 3940 m² en 2021. Une diminution des surfaces de zone sableuse par envasement est visible. L'envasement des battures des îles du Salut est une indication concernant l'étendue du banc de vase dans sa partie subtidale.

b) Cartographie de la limite du banc de vase subtidale

Les contrastes des faciès acoustiques de la boîte dite « large » sont moins marqués que dans la zone côtière (Figure 76). La limite vase/sable est difficilement identifiable à partir des données sonar uniquement. Cependant, l'analyse morphologique montre une rupture de pente dans le profil bathymétrique à environ 34 m de profondeur. Associée aux analyses granulométriques, il est possible de faire l'hypothèse que la variation granulométrique entre les échantillons ODyC21-B5 et ODyC21-B4 est la limite « vase-sable » au niveau du banc de vase subtidal. En effet, les teneurs en sédiments fin (< 63 µm) des échantillons B6 et B5 sont respectivement de 76 % et 83 % alors que cette valeur est de 54 % pour l'échantillon B4 (Figure 75). Il y a donc un changement de faciès sédimentaire entre les échantillons B4 et B5, la répartition des grains dans l'échantillon étant différente (Figure 77).

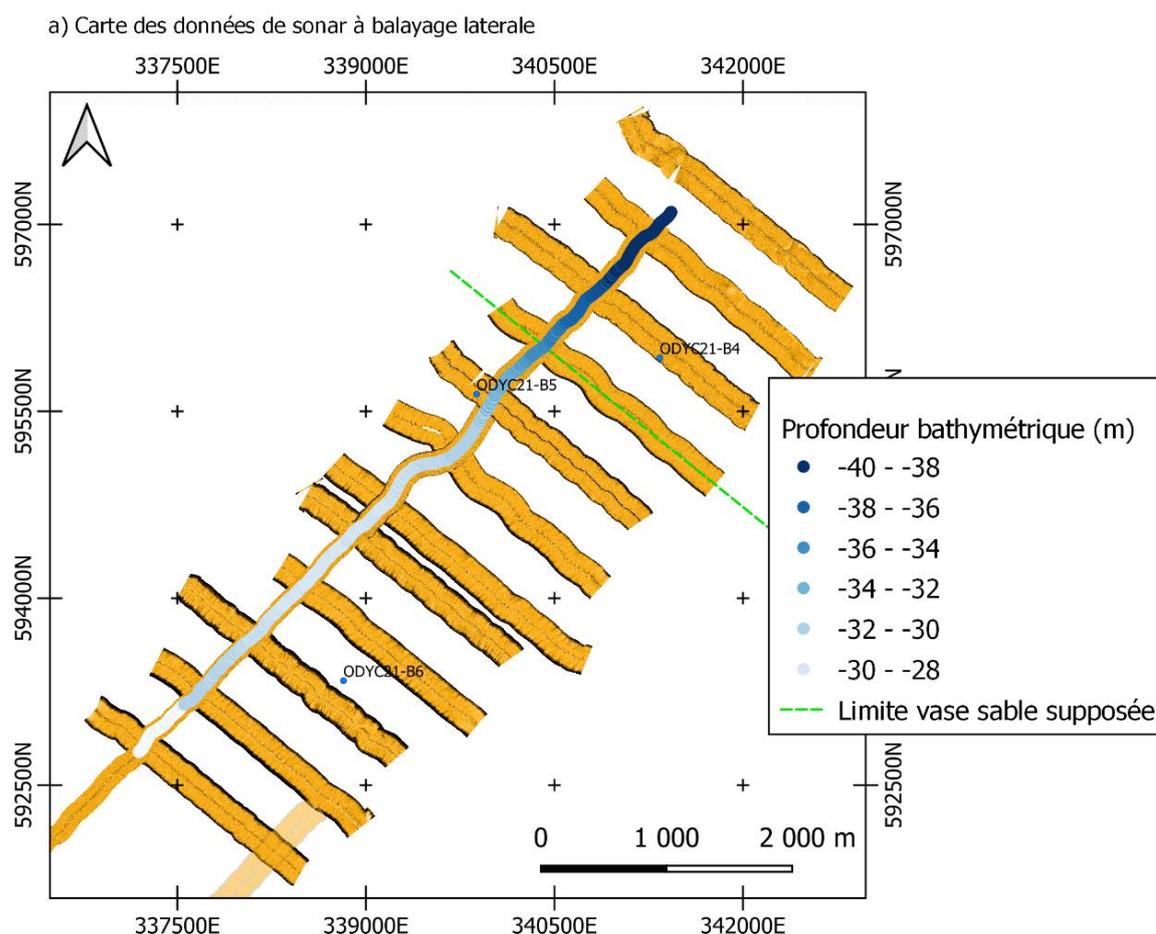


Figure 76 : Carte des données obtenues à partir du sonar à balayage latéral et données bathymétriques du profil perpendiculaire à la boîte.

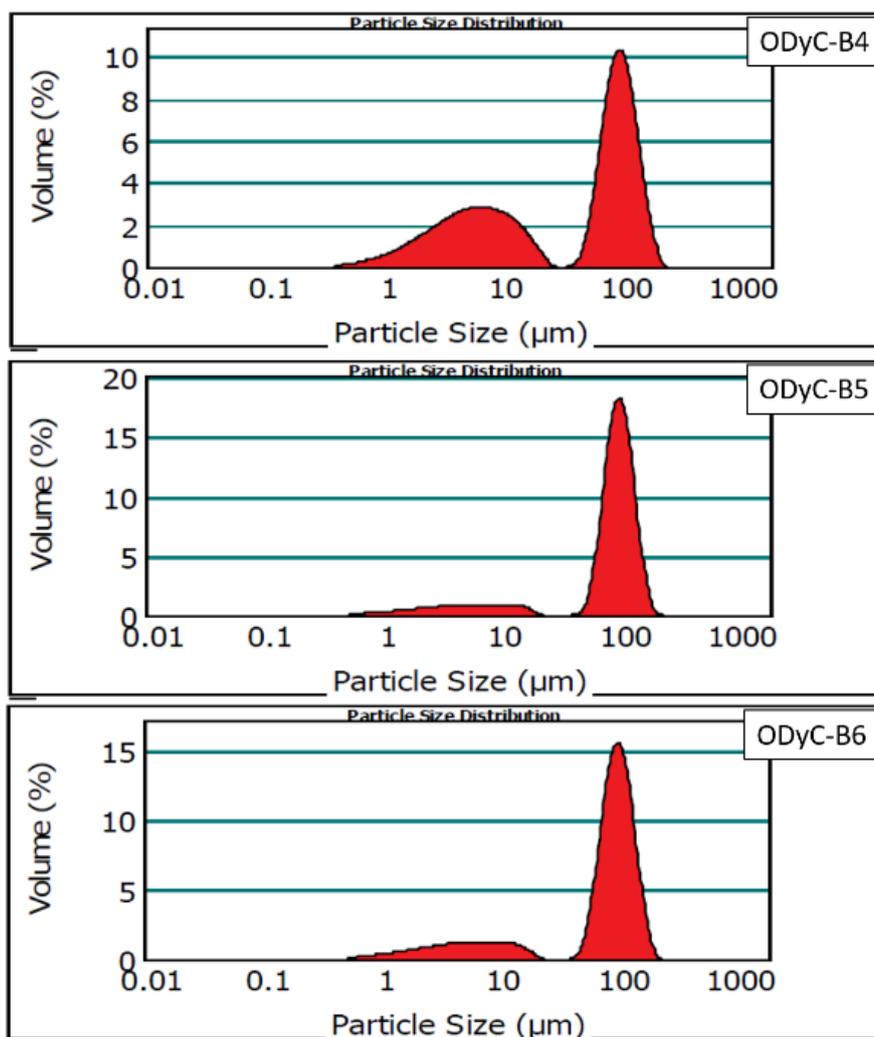


Figure 77 : Courbe de répartition de la taille des sédiments en pourcentage des échantillons ODyC-B4, B5 et B6.

À partir des analyses granulométriques des échantillons B4, B5 et B6 (Figure 77) et de la classification granulométrique des sédiments meubles de Friedman and Sanders (1978) un nom granulométrique est attribué aux échantillons. Les échantillons B5 et B6 sont des sables très fin à fraction de silts fins, l'échantillon B4 est un sable très fin également mais avec une fraction de silts fins doublement supérieure aux deux autres échantillons.

c) Zone l'épave

Une épave est cartographiée sur les cartes marines au large des îles du Salut à environ 30 m de fond. Des images de l'épave ont été réalisées au cours de la campagne de mesures au sonar (Figure 78). Les valeurs bathymétriques de cette boîte dite « épave » suivent des valeurs identiques à celles de 2020 et sont comprises entre 26 m et 36 m de profondeur. Trois prélèvements sédimentaires sont réalisés dans cette zone : les échantillons B1, B2 et B3. Tous ces échantillons sont composés de sables fins, l'échantillon B3 est plus sableux que l'échantillon B1 avec des pourcentages de passants à 63 µm respectivement de 20 % et 47 %. À titre de comparaison, les analyses des échantillons GSAND20-B13, B14 et B15 prélevés dans cette même zone épave en 2020 ont respectivement des valeurs respectives de passant à 63 µm de 18 %, 40 % et 47 %. Les faciès sédimentaires et les faciès acoustiques ne présentent pas de différence majeure entre 2020 (Lanson *et al.*, 2021) et 2021. Dans le cadre de ce suivi annuel, il semble que la zone sableuse de l'épave situé autour de 30 m de profondeur ne subit pas l'influence du banc de vase côtier.

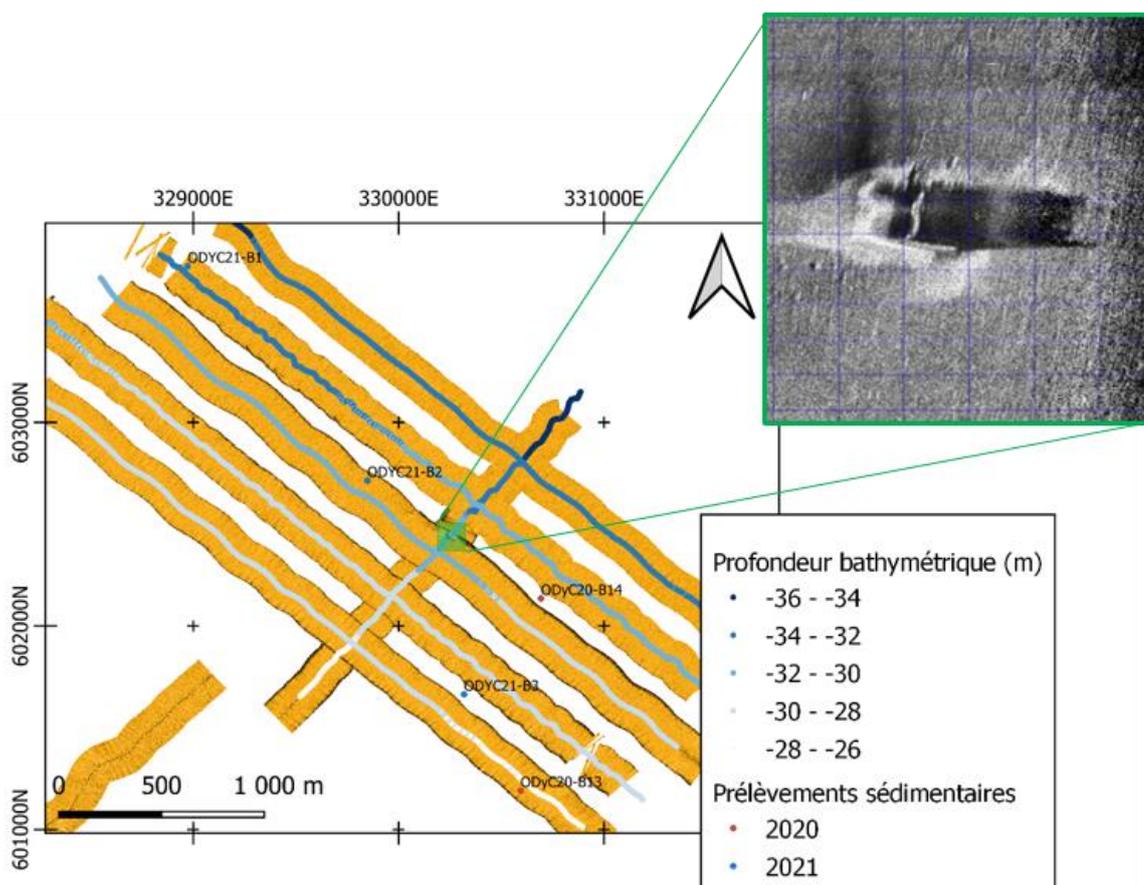


Figure 78 : Données bathymétriques et mosaïque d'imagerie du sonar à balayage latéral de la boîte "épave" située à 31 km au large des côtes de Kourou.

5.4. LA PLAGE DE YALIMAPO À AWALA-YALIMAPO

5.4.1. Présentation du site et contexte

La plage d'Awala-Yalimapo, appelée plage de Yalimapo et anciennement plage des Hattes, se situe à l'est de la Guyane. Elle se trouve sur la rive droite de l'embouchure du Maroni, frontière naturelle avec le Suriname. Partant de la pointe Vigie et orientée est-ouest, elle s'étend sur environ deux kilomètres le long du village d'Awala-Yalimapo.

La nature sédimentaire de la plage de Yalimapo montre plusieurs types de faciès : des sables fins avec fragments coquillers (au large), des sables grossiers quartzeux (à l'ouest) ou encore de la vase grise (à l'est) (Longueville *et al.*, 2017).

L'évolution de la plage de Yalimapo dépend de plusieurs facteurs : débit du fleuve, état de la mer (marée et houle), position du banc de vase et du banc de sables estuariens. Autant de paramètres qui rendent son fonctionnement hydrosédimentaire complexe à analyser.

Ces dernières années lors des coups de mer, notamment en mars 2018 et 2019, la plage a subi un fort recul au niveau des carbetts communaux et de la place dite « des jeux Kali'na » (Figure 79). Une zone sableuse dite « tampon », entre le trait de côte et les enjeux humains (parking, route, réseaux électriques, etc.), était alors présente en 2018. Le rapport d'expertise de l'ODyC en 2018 (Longueville, 2018) préconisait que cette zone « tampon » soit gérée à court terme et moyen terme par un rechargement.

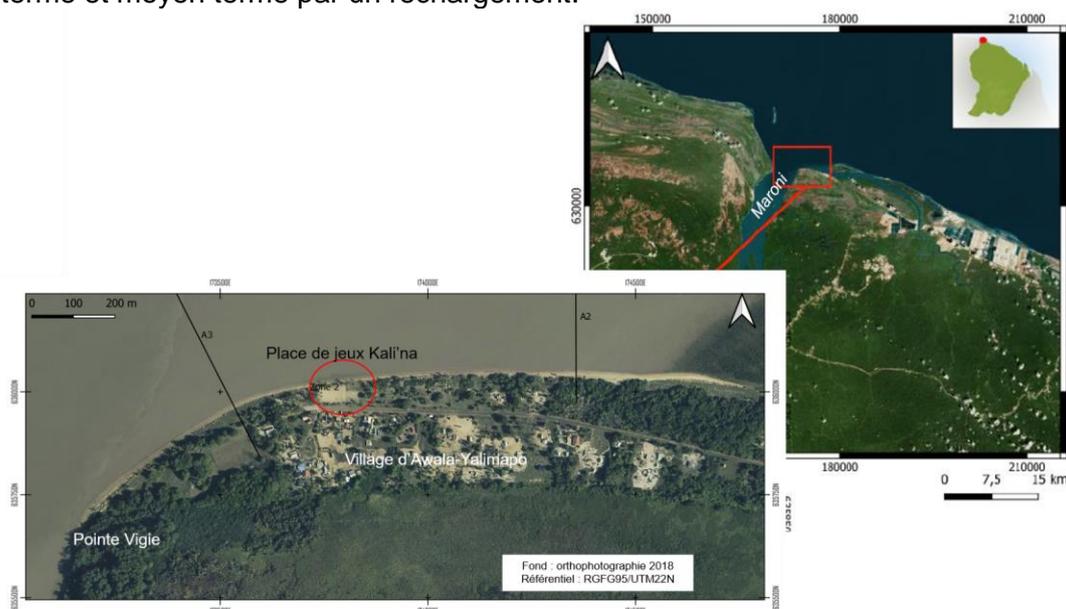


Figure 79 : Localisation de la plage d'Awala-Yalimapo

5.4.2. Position du banc de vase et contexte morphologique

Sur la commune d'Awala-Yalimapo, depuis 2016, un banc de vase est positionné à l'est de la plage de Yalimapo protégeant ainsi le cordon sableux situé en arrière. Il s'étend de la rive gauche de l'embouchure de la Mana jusqu'au niveau de la plage de Yalimapo. Cette dernière offre actuellement un linéaire sableux d'environ 1,5 km. Une partie de la réserve située sur la rive droite de la Mana est en position « inter-banc ». Cette zone soumise aux houles de direction nord-est enregistre un départ de la vase avec des taux pouvant atteindre 100 m/an depuis 2018 (Figure 78). La dérive littorale de direction est/ouest, générée par les houles de direction nord-est, engendre sur ce secteur une flèche sableuse progradante au niveau de l'embouchure de la Mana. Une partie des sables de l'embouchure de la Mana forme, sur la rive gauche, des cheniers actifs se déplaçant vers l'ouest (Figure 80).

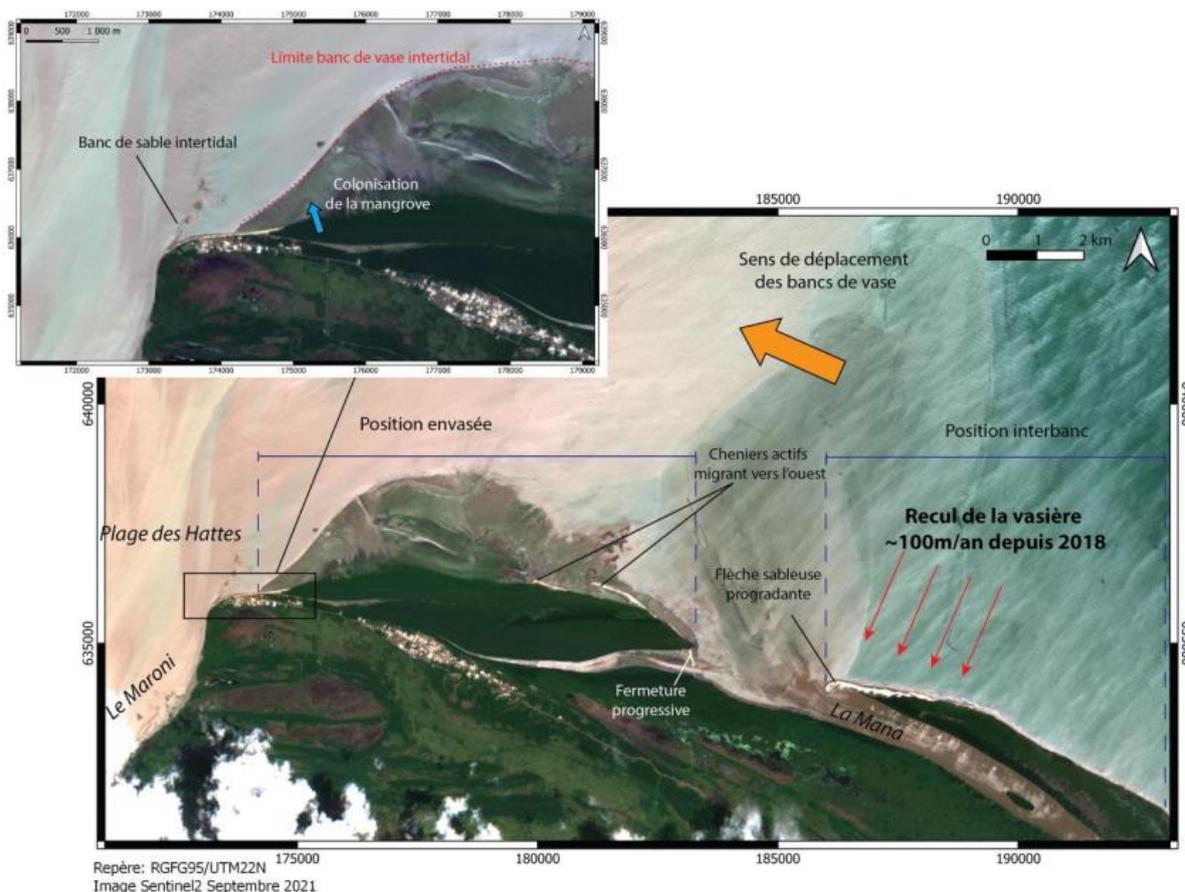


Figure 80 : Vue satellite de l'Ouest Guyanais de l'embouchure du Maroni à l'Ouest jusqu'à la réserve de l'Amana à l'Est ; Zoom sur la plage de Yalimapo et limite du banc de vase intertidal.

Au niveau de la plage de Yalimapo, à la limite ouest du banc de vase, la vasière intertidale correspond à la partie du banc émergé à marée basse, la mangrove s'y développe, colonisant rapidement la vasière (Figure 80 - zoom plage de Yalimapo). Sur la base d'orthophotographies historiques, remontant jusqu'à 1950, et d'images satellites (Landsat, Spot, Sentinel2, etc.), il semblerait que la vase ne se soit jamais déposée sur la partie ouest de la plage de Yalimapo, jusqu'à la pointe Vigie et l'embouchure du Maroni (Moisan et De La Torre, 2014). En effet, le fleuve Maroni joue le rôle de « chasse hydraulique » des sédiments fins. Les forts courants présents à l'embouchure du fleuve remettent l'ensemble des particules fines en suspension, les repoussant vers le large, réduisant ainsi leur dépôt sur le littoral adjacent. Le transit des sédiments en aval de la dérive littoral par rapport au Maroni est, par conséquent, ralenti et la progression du banc de vase également.

Sur la partie ouest, au niveau de l'embouchure, un banc de sable émergé à marée basse s'est développé via l'apport de sédiments par le fleuve. Même si l'impact de ce banc sur l'évolution de la plage est encore méconnu, sa présence, en partie liée au fleuve, influence vraisemblablement la géomorphologie de la plage (Figure 80 – zoom plage de Yalimapo). La limite de ce banc de vase intertidale à l'est, pour des niveaux d'eau comparables, varie au cours du temps (Figure 81). Entre 2016 et 2018, sa limite intertidale migre vers le large. À partir de 2018 et jusqu'en 2021, la limite du banc de vase intertidale se déplace vers la terre (départ d'un kilomètre de vase entre 2018 et 2021). Sous l'action de la houle et des courants, la vase continue d'être emportée.

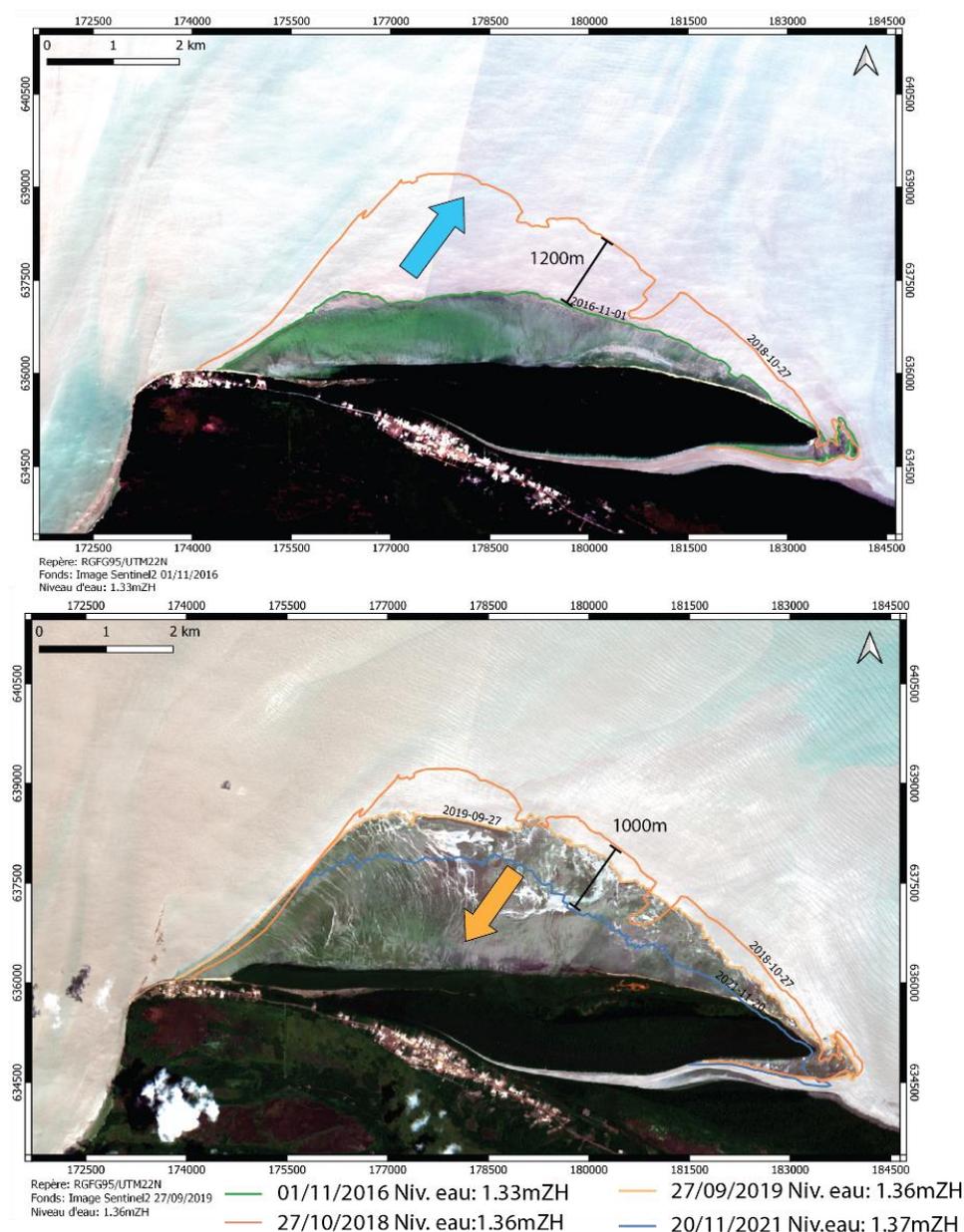


Figure 81 : Limite du banc de vase intertidale digitalisée à marée basse en 2016, 2018, 2019 et 2021 identifiée à partir d'image satellite Sentinel-2.

5.4.3. Évolution sédimentaire de la plage de Yalimapo entre 2020 et 2021

a) Évolution morphologique du banc de sable à l'ouest de la plage de Yalimapo

La morphologie du banc de sable estuarien à l'ouest du secteur évolue avec le temps (Figure 82). Ce banc de sable a une forme allongée qui s'inscrit dans la continuité de la pointe Vigie, ce banc de sable est parallèle aux courants fluviaux du Maroni. Entre novembre 2019 et février 2020, soit pendant le début de la saison des pluies, la position du banc est stable. Entre février 2020 et novembre 2021, soit à plus d'un an d'intervalle et en fin de saison sèche, la flèche sableuse a migré d'environ 50 m vers l'est.

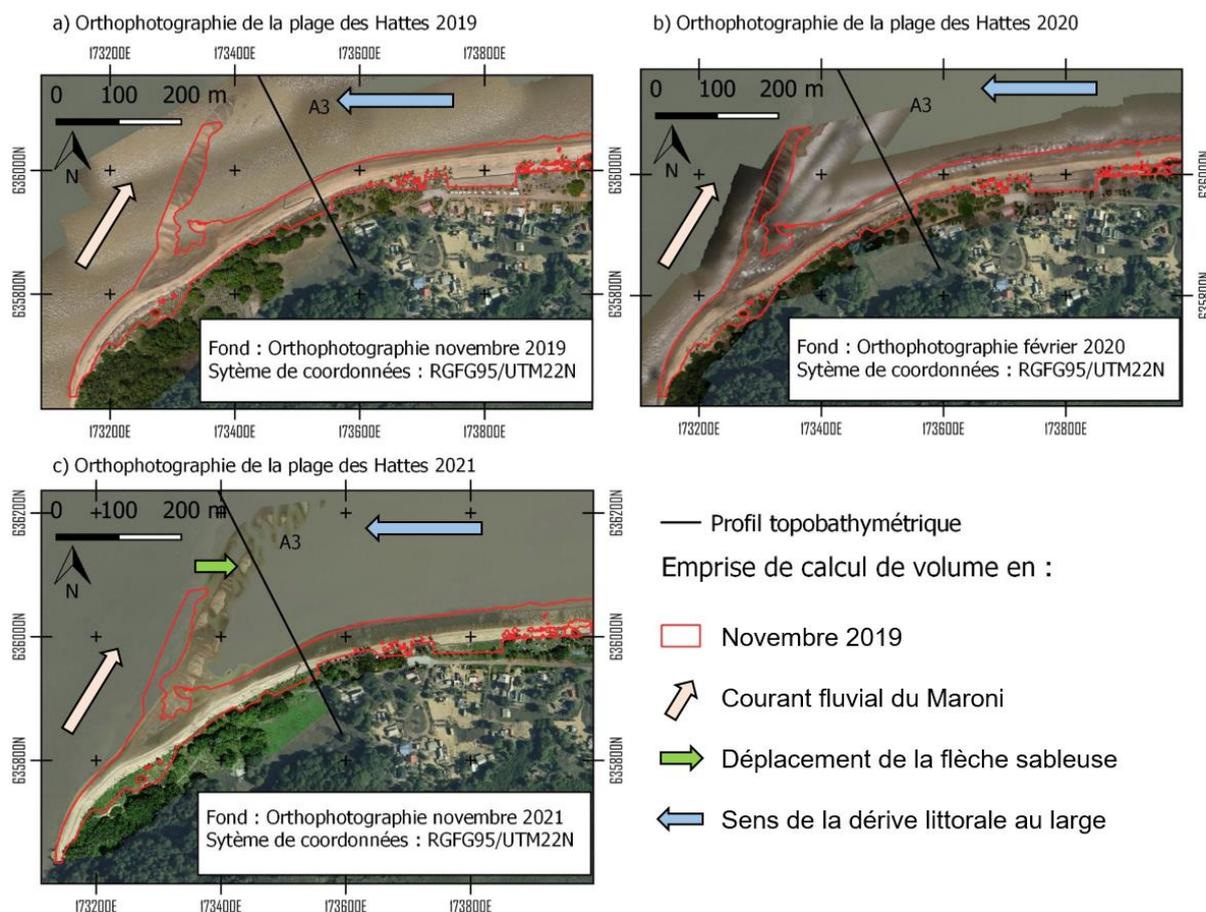


Figure 82 : Position de la flèche sableuse à l'ouest de la plage de Yalimapo en (a) novembre 2019, (b) février 2020 et (c) novembre 2021. Fond orthophotographie : ODyC et CNRS.

b) Évolution annuelle du trait de côte

Dans les rapports précédents de l'ODyC (Bossennec *et al.*, 2020 ; Lanson *et al.*, 2021), l'évolution du trait de côte de la plage d'Awala-Yalimapo permet de découper la plage en trois secteurs. Ce découpage est également applicable aux données acquises en 2021. Le premier secteur (Figure 84), le plus à l'ouest, est la zone bénéficiant de la protection par le banc de vase intertidale de la houle.

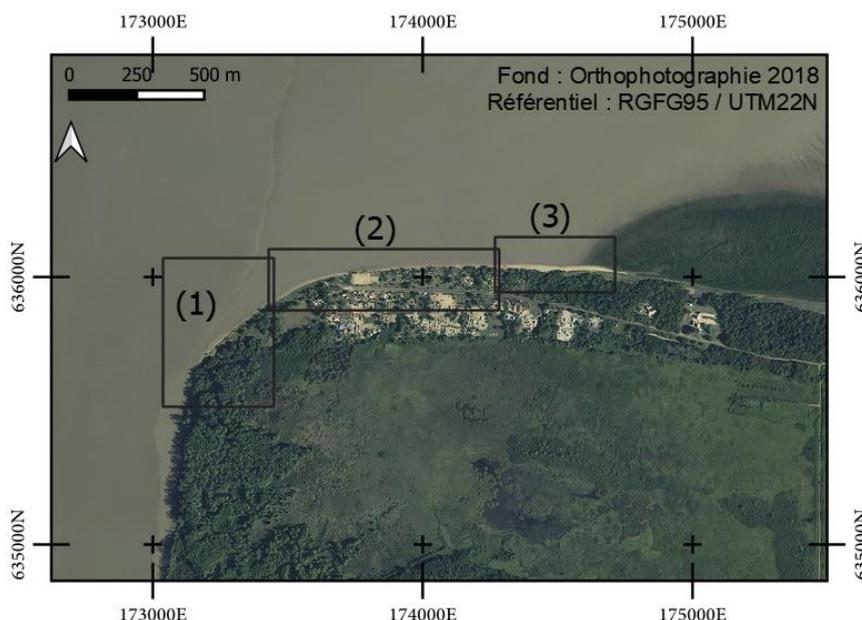


Figure 83 : Localisation des différents secteurs de la plage d'Awala-Yalimapo : (1) secteur ouest ; (2) secteur central et (3) secteur est.

Entre 2020 et 2021, le trait de côte sur le secteur ouest a connu une avancée de la position de son trait de côte de +3 m. Le secteur central a reculé entre 5 et 8 m sur la même année et enfin le dernier secteur a connu une avancée de la position du trait de côte d'environ 12 m (Figure 83).

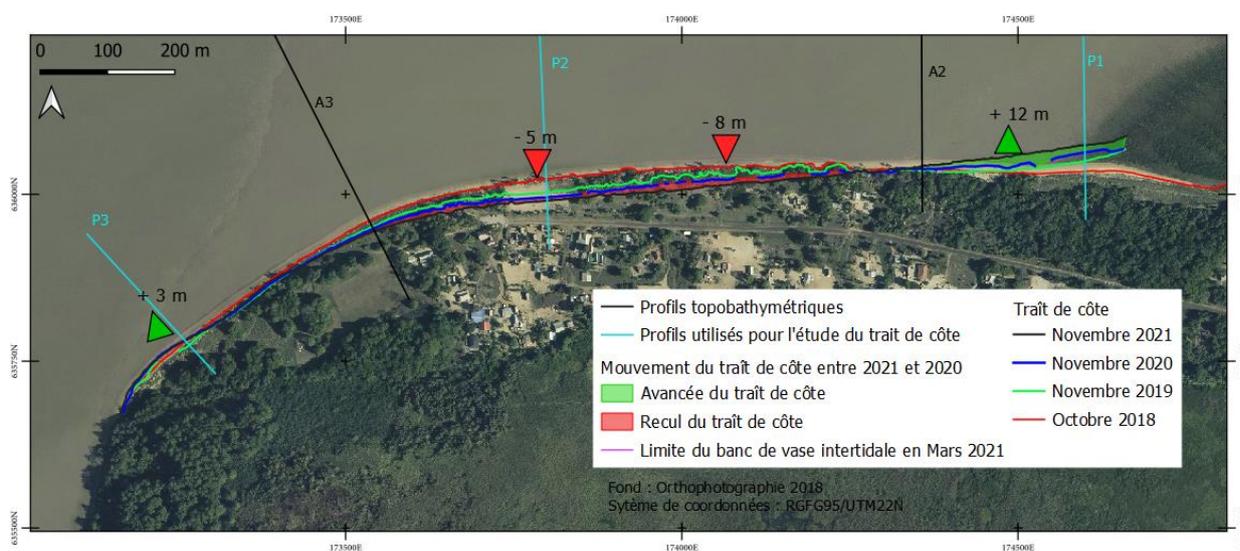


Figure 84 : Représentation cartographique du trait de côte annuel de la plage de Yalimapo et mise en évidence des zones de recul et d'avancée du trait de côte.

La Figure 85 représente le taux d'évolution moyen depuis 2014 (m/an) de la position du trait de côte suivant trois profils (Figure 85) moyenné par rapport à l'année 2014, soit l'année de la première mesure du trait de côte *in situ*. L'allure croissante de la courbe du profil P1 (ouest de la plage) confirme que cette zone présente une avancée du trait de côte. L'amplitude de cette avancée du trait de côte augmente depuis 2016. Concernant le profil central P2, la courbe d'évolution décroît depuis 2017. Une accélération du recul du trait de côte est à noter en 2018 avec une augmentation de la pente entre 2018 et 2019. Depuis 2019, le taux de recul du trait de côte reste stable et avoisine -6 m/an.

Les évolutions de la position du trait de côte sont plus variables sur le profil P3. Ce profil est situé dans l'embouchure et est influencé directement par le débit du fleuve. Le trait de côte a reculé par rapport à 2014. Cependant, la courbe de tendance globale est croissante sur le profil P3 entre 2014 et 2021 (Figure 85). Ce secteur enregistre un recul de son trait de côte mais avec des vitesses de recul de plus en plus faible au court du temps.

Pour les profils P1 et P2, ces taux d'évolution sont à mettre en parallèle avec l'arrivée du banc de vase à l'est de la plage. Ce dernier est arrivé en cours de l'année 2015. Des phénomènes d'inversion de la dérive littorale sont observés depuis l'année 2018, engendrant un déplacement du stock sableux de l'ouest vers l'est de la plage. Ces inversions de sens de la dérive littorale s'expliquent par le changement local d'angle des vagues, lié à la réfraction de la houle sur le banc vaseux. Pour le profil P3, étant donné l'influence du fleuve dominante dans cette zone, sa variation peut être mise en parallèle au débit du fleuve et à son apport sédimentaire. Les deux dernières années le fleuve Maroni a enregistré de fortes crues entraînant un déplacement des sédiments au niveau de l'embouchure plus important.

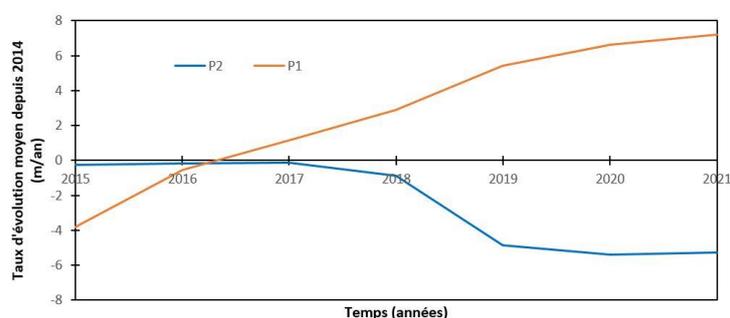


Figure 85 : Taux d'évolution moyen depuis 2014 de la position du trait de côte des profils P1, P2 et P3 localisés sur la Figure 84

c) Évolution sédimentaire saisonnière et annuelle

Les tendances évolutives analysées à partir des données du trait de côte (Figure 84) se retrouvent sur les données topo-bathymétriques des trois profils de la plage d'Awala-Yalimapo (Figure 86).

Le profil A1 (Figure 86a) n'est toujours pas accessible par la plage, cette zone de la plage est colonisée par la mangrove depuis 2019 (Bossennec *et al.*, 2020). Au large le profil est accessible par bateau pour effectuer les levés bathymétriques. Le profil A1 présente un désenvasement d'environ 20 cm par rapport à novembre 2020, le niveau bathymétrique est alors similaire à ceux de novembre 2019 ou encore octobre 2018. De même sur le profil A2 (Figure 86b), dans la zone proche côtière un approfondissement des fonds de 30 cm est enregistré depuis novembre 2020, la bathymétrie retrouve un niveau similaire à celui de 2017. Les résultats obtenus sur les profils bathymétriques A1 et A2 sont en accord avec les observations effectuées à partir des données satellites de la Figure 81.

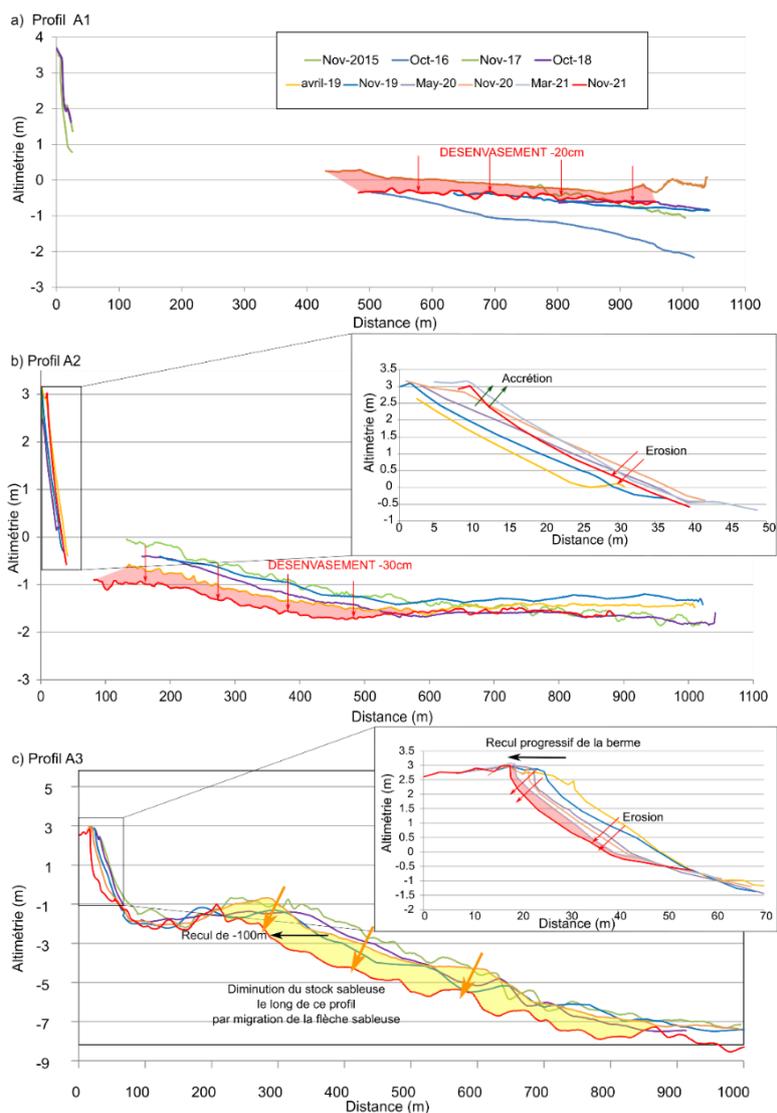


Figure 86 : Profils topo-bathymétriques annuels de la plage d'Awala-Yalimapo et zoom sur les profils topographiques biannuels associés (haut de plage) pour (a) A1, (b) A2 et (c) A3. (En rouge, sont représentés les signes de désenvasement et en jaune, les pertes en sable le long du profil).

Le profil A3 recoupe le banc sableux de l'est de la plage d'Awala. Le bombement observé à 200 m sur le profil correspond au banc de sable estuarien. La perte de sable observée sur le profil A3 est entre -1 m et -7 m, elle est associée au déplacement vers l'est du banc de sable comme observé sur les orthophotographies (Figure 82). Le recul enregistré est d'environ 100 m (Figure 86 c).

D'après les données topographiques, au droit du profil A2 (Figure 86b), une accrétion est visible alors qu'inversement le bas de la plage a reculé par rapport à 2020. Quant au profil A3 (Figure 86c), une érosion du haut de plage et un recul progressif de la berme vers la terre est observé depuis avril 2019. Ce recul est estimé à -5 m entre mars et novembre 2021.

d) Bilan sédimentaire entre février 2020 et novembre 2021 : Données hautes résolutions

En mars 2020 et en mai 2021, le CNRS a réalisé des levés par drone sur le littoral d'Awala-Yalimapo le long de la plage de Yalimapo. Le différentiel altimétrique (Figure 87) entre mai 2021 et mars 2020 permet d'obtenir un bilan sédimentaire entre ces deux dates. Le secteur le plus à l'est a enregistré un gain de sable d'environ 7 600 m³ (+/- 800 m³), alors que le secteur central a un déficit en sable de 18 700 m³ (+/- 4 696 m³) en 2021 par rapport à 2020 (Tableau 6). Le secteur ouest quant à lui est plus compliqué à interpréter, les tendances évolutives des stocks de sable ne sont pas uniformes. L'évolution des stocks sableux dans la zone ouest est sous l'influence de la dynamique du fleuve et de la présence du banc sableux (Figure 82).

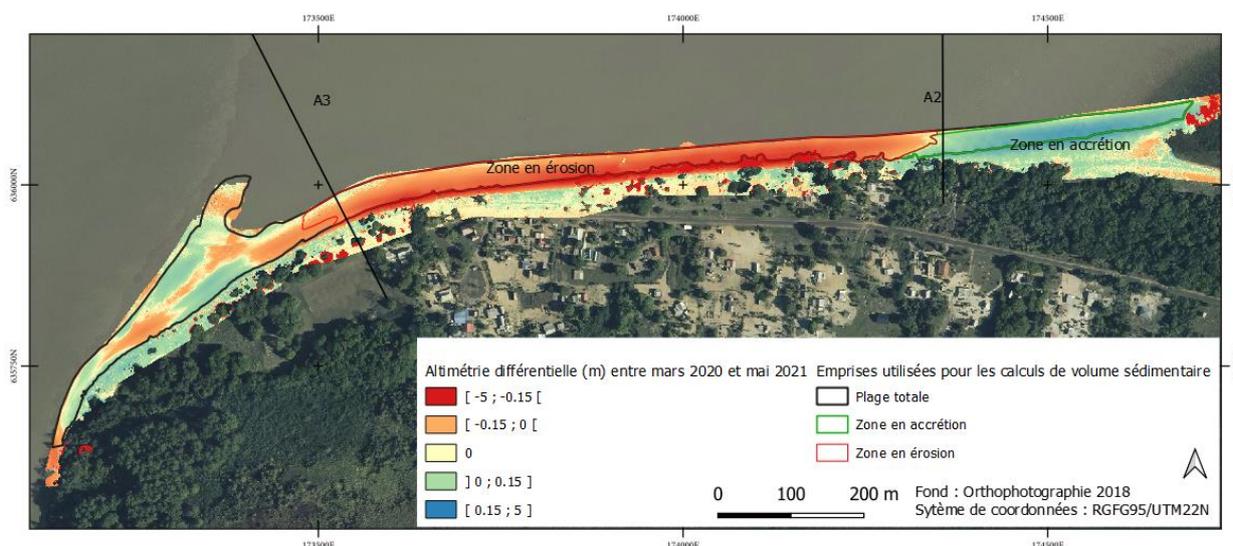


Figure 87 : Altimétrie différentielle en mètre entre mai 2021 et mars 2020.

Emprise	Volume d'accrétion (m ³)	Volume d'érosion (m ³)	Bilan sédimentaire (m ³)	Volume d'incertitude 15 cm (m ³)	Surface (m ²)
2021	10 280	21 280	-11 000	4 940	60 360
Zone en accrétion	7670	10	7 660	810	25 700
Zone en érosion	30	18 780	-18 740	4 700	10 080

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des variations entre mai 2021 et mars 2020 de volume sédimentaire en fonction des emprises localisées Figure 83.

6. Discussions et recommandations

Les évolutions sédimentaires du littoral guyanais sont directement liées à la position des bancs de vase par rapport à la plage et aux conditions hydrodynamiques saisonnières et annuelles. Dans cette partie se trouvent des éléments de discussions concernant l'évolution potentielle à court et à moyen terme des plages en fonction des positions à venir des différents bancs de vase.

La **plage de Sablance à Macouria** est en front de banc de vase. Son fonctionnement hydrosédimentaire est impacté par la saisonnalité du fleuve de la rivière de Cayenne (Lanson *et al.*, 2021). Dans le cadre du suivi de 2021, la plage de Sablance enregistre des érosions localisées face aux enjeux humains, mais reste stable sur l'ensemble de son linéaire.

Sur les **petites anses de Cayenne**, les plages sableuses sont envasées. La vase atténue les houles incidentes diminuant les phénomènes d'érosion au droit des plages. La vase intertidale consolidée est colonisée par la mangrove. Les taux annuels d'expansion de la mangrove en Guyane peuvent atteindre les 500 m par an vers la mer (Proisy *et al.*, 2020). Une évolution vers ce type d'expansion rapide de la mangrove est envisageable et favoriserait probablement la protection du trait de côte. En effet, compte tenu de l'orientation de la côte des petites anses de Cayenne et de sa position géographique en rive droite du fleuve « Rivière de Cayenne », la vase accumulée semble profiter d'une protection face au courant de dérive littorale et d'un blocage au niveau de la rive droite de la Rivière de Cayenne. Cette vase peut potentiellement rester quelques années sur ce secteur, avant d'être remobilisée par la dérive littorale de direction sud-est vers le nord-ouest.

L'**anse de Montabo** est actuellement envasée, néanmoins l'évolution des observations faites en 2021 et compte tenu du déplacement du banc de vase dans les années à venir (entre 1 et 2 ans) la plage de Montabo se trouvera en position arrière banc et connaîtra un comportement similaire à celle de l'anse de Montjoly. Les enjeux situés au sud-est de l'anse pourraient devenir plus vulnérables aux phénomènes d'érosion. Un dispositif par caméra est déjà en place dans le cadre des suivis des Sargasses pourraient être maintenu afin de caractériser finement le déplacement et les moteurs de déplacement du sable sur la plage.

L'anse de Montjoly et de Rémire sont situées à l'arrière du banc de vase. Sous l'action de la dérive littorale, la vase et le sable se déplacent du sud-est vers le nord-ouest des anses.

En 2021, il est possible de séparer l'**anse de Montjoly** en trois secteurs d'évolution :

- l'extrémité nord-ouest marquée par des effets de saisonnalité dus potentiellement à l'estuaire des Salines et/ou celui du Mahury. Depuis 2017 cette partie de la plage à un taux d'évolution de +5 m par an ;
- l'extrémité sud-est marquée par une érosion chronique depuis 2017. Le taux d'évolution en 2021 du trait de côte de cette zone est de -15 m par an. Ce taux d'évolution oscille entre -10 m par an et -15 m par an depuis 2017. En supposant que celui-ci reste constant, la zone de jet de rive pourrait atteindre les limites d'habitation d'ici trois ans ;
- un secteur central qui correspond à une zone de transition entre ces deux secteurs, cette partie de la plage est stable depuis 2014.

Par ailleurs, les Stabilplage© de l'anse de Montjoly semblent remplir leurs rôles de rétention du sable en amont de la dérive littorale. Ils favorisent l'accrétion au droit et en amont de l'ouvrage par rapport à la dérive littorale. Un suivi régulier doit être prolongé autour de ces ouvrages pour anticiper d'éventuelles apparitions d'affouillements ou la mise à nu de ces ouvrages qui peuvent les fragiliser rapidement.

L'**anse de Rémire** est, d'après les données satellites, en position d'arrière-banc. De la mangrove colonise la vase intertidale consolidée à proximité de la plage. Cependant, à court terme d'ici la fin 2022, la vase et la mangrove pourraient être rapidement remobilisées et érodées sous l'action de la dérive littorale et des houles.

Sur l'ensemble des **plages de Kourou**, le banc de vase est installé face à la commune engendrant une stabilisation de la position du trait de côte ainsi qu'un envasement généralisé de la zone subtidale entre l'année 2020 et 2021. À l'échelle de la plage, les bilans sédimentaires déterminés à partir de l'imagerie drone, permettent de mettre en avant un transport parallèlement au trait de côte sous l'action de la houle et des courants vers le nord-ouest. À une échelle plus fine, certains secteurs restent sensibles à l'érosion, comme l'est de la plage de l'Hôtel des Roches et l'ensemble de la zone de bigbags. Même si actuellement la plage est relativement stable grâce à la présence du banc de vase, dans le futur lors du départ du banc la plage sera de nouveau vulnérable aux phénomènes d'érosion. Dans le cadre de la mise en place de la stratégie de gestion du littoral de Kourou, la mairie a déclenché les études pour réaliser le scénario à court terme. Ce scénario s'accompagnera par le déploiement de caméra qui viseront à suivre l'évolution du littoral et l'impact des ouvrages sur ce dernier. Par ailleurs, la plage du CSG à Kourou n'est pas étudiée en entier, aussi afin d'étudier la totalité de la cellule hydrosédimentaire, l'emprise idéale débiterait de la pointe Castor jusqu'à la pointe Charlotte.

Enfin, **la plage d'Awala-Yalimapo** est la plage la plus à l'ouest suivi par l'ODyC. Depuis 2015, un banc de vase est installé à l'est. Il ne recouvre pas la totalité de la plage, sa migration est bloquée par les courants fluviaux du Maroni. Néanmoins, depuis 2018, le suivi du banc de vase à partir des images satellites met en avant une remise en suspension de la vase par les courants. Il est envisagé que la configuration du banc de vase évolue d'ici 3 ou 4 ans et que les taux d'évolution du littoral changent significativement.

La plage de Yalimapo peut-être, en fonction des différents phénomènes hydro-sédimentaires qui influencent sa morphologie comme notamment le phénomène d'inversion de la dérive littorale, décomposée en trois sous-zones :

- l'extrémité ouest est sous l'influence dominante du fleuve. Il engendre une forte variabilité de la position du trait de côte. En effet, les apports et les départs sédimentaires sont contraints par les débits, les sédiments charriés par le fleuve et la position du banc sableux intertidal ;
- la zone centrale, qui n'est pas envasée, est la zone actuellement la plus vulnérable aux phénomènes d'érosion. Entre 2018 et 2019, la plage a enregistré un recul de plus de 20 m sur ce secteur (Bossennec *et al.*, 2020). Ce recul a continué entre 2019 et 2021 se stabilisant autour d'un recul compris entre 5 et 6 m/an. Tant que le banc de vase sera présent à l'est, le recul du trait de côte pourrait perdurer ;
- enfin, le dernier secteur se situe à l'extrémité est. Cette zone envasée est en accrétion depuis 2018. Environ 7 600 m³ (+/- 800 m³), ce sont déposés entre mars 2020 et mai 2021.

La plage de Yalimapo concentre d'importants enjeux environnementaux (tortues marines, réserve de l'Amana) et patrimoniaux, qui sont actuellement vulnérables aux phénomènes d'érosion et de submersion marine. Différents rapports d'expertise, réalisés dans le cadre de l'ODyC, ont émis des recommandations pour accompagner la collectivité et l'état dans la gestion de ce littoral. En parallèle, plusieurs études sont en cours ou proche de finalisation concernant l'évolution de la plage, la faisabilité d'un rechargement et la projection du trait de côte à l'horizon 2030 et 2050. Cependant, des verrous scientifiques persistent sur les interactions physiques entre le banc sableux estuarien, le banc de vase et le fleuve. Un suivi haute-fréquence par caméra permettrait d'isoler précisément chaque changement géomorphologique en fonction des paramètres physiques dominants.

7. Conclusion

L'Observatoire de la Dynamique Côtière (ODyC) est, grâce à ces campagnes d'acquisition régulières menées depuis 2014, un outil essentiel de suivi du milieu naturel pour l'évaluation des aléas. L'aspect régulier et pérenne des données acquises sur le terrain est essentiel au développement des connaissances sur le littoral guyanais et son évolution. L'ODyC est un outil qui au fil du temps permet d'effectuer des hypothèses d'évolution, basées sur des observations naturalistes, des mesures régulières et une quantification des phénomènes d'évolution du littoral et du trait de côte.

La migration des bancs de vase fait varier les forçages hydrodynamiques et hydrosédimentaires régissant les plages de Guyane. En 2021, la presqu'île de Cayenne se trouve face à un banc de vase. Les anses de Rémire, de Montjoly et Montabo se situent dans la zone d'arrière banc. Les petites anses de Cayenne sont en position nettement envasée et la plage de Macouria est, quant à elle, en front de banc de vase. À Kourou, un banc de vase se situe exactement en face des zones d'habitation. La plage d'Awala est encore en position envasée sur sa partie est, le banc de vase stagne à cet endroit depuis 2018.

Les données acquises au cours de l'année 2021 ont permis de mettre en évidence plusieurs faits marquants :

- l'envasement des fonds bathymétriques de la plage de Sablance ;
- le développement de la mangrove sur l'ensemble des petites anses de Cayenne ;
- la présence d'une barre de vase consolidée dans l'anse de Montabo ;
- la migration d'une barre de vase dans l'anse de Montjoly associée à un taux de recul du trait de côte de 15 m par an au sud-est ;
- la migration progressive vers la côte d'une barre vaseuse d'arrière-banc sur l'anse de Rémire ;
- l'envasement marqué de la plage et des fonds marins au large de Kourou ;
- la perte de 18 000 m³ +/- 5 000 m³ entre mars 2020 et mai 2021 dans la zone centrale de la plage d'Awala-Yalimapo.

Les méthodes utilisées lors des acquisitions sont identiques à celles utilisées en 2020. Cependant en 2021, l'importance d'étendre les mesures sur les plages des Salines à Rémire-Montjoly et Kourou est ressortie comme une nécessité. En effet l'étude et l'interprétation des données topographiques issus des suivis (photogrammétriques) par drone d'une plage ne peut se faire seulement si l'on dispose de données sur la totalité de la cellule hydrosédimentaire.

D'autres secteurs actuellement en dehors du périmètre de l'ODyC, comme le littoral du bourg de la commune de Macouria ou la route des plages à Rémire, sont soumis à d'importants phénomènes d'érosion. Ces zones vulnérables sont également des périmètres pour des opérations d'intérêts nationales (OIN) futures. Peu de données scientifiques sont actuellement disponibles sur ces territoires, ce qui peut rendre complexe les prises de décisions d'aménagement pour les pouvoirs publics. Des réflexions doivent être menées afin d'établir la pertinence et la faisabilité pour intégrer ces zones dans l'ODyC.

8. Bibliographie

Allison, M.A., Lee, M.T., (2004). Sediment exchange between Amazon mudbanks and shore-fringing mangroves in French Guiana. *Marine Geology* 208, 169–190. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.04.026>

Allison, M.A., Lee, M.T., Ogston, A.S., Aller, R.C., (2000). Origin of Amazon mudbanks along the northeastern coast of South America. *Marine Geology* 163, 241–256. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(99\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(99)00120-6)

Allison, M.A., Nittrouer, C.A., Kineke, G.C., (1995). Seasonal sediment storage on mudflats to the Amazon River. *Marine Geology* 303–328.

Anthony, E.J., Dolique, F., (2004). The influence of Amazon-derived mud banks on the morphology of sandy headland-bound beaches in Cayenne, French Guiana: a short- to long-term perspective. *Marine Geology* 208, 249–264. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.04.011>

Anthony, E.J., Dolique, F., Gardel, A., Gratiot, N., Proisy, C., Polidori, L., (2008). Nearshore intertidal topography and topographic-forcing mechanisms of an Amazon-derived mud bank in French Guiana. *Continental Shelf Research* 28, 813–822. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.01.003>

Anthony E.J., Gardel A., Gratiot N., Proisy C., Allison M.A., Dolique F., Fromard F., (2010). The Amazon-influenced muddy coast of South America: A review of mud-bank shoreline interactions. *Earth Science Reviews*, 103, 3-4, 99-121.

Anthony, E.J., Dolique, F., Gardel, A., Marin, D., (2011). Contrasting sand beach morphodynamics in a mud-dominated setting. Coastal Education & Research Foundation, Inc. 30–34.

Augustinus, P.G.E.F., (1978). The changing shoreline of Surinam (South America). Ph.D. Thesis,.

Baghdadi, N., David, A., Oliveros, C., Gratiot, N., (2005). Apport de l'imagerie spatiale optique et radar pour la cartographie des bans de vase en Guyane française. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, (175), p. 27-42.

Belon, R., Calistri, A., Dectot, G., (2015). Création d'un outil Arcgis pour l'évaluation de la submersion marine et de la sensibilité à l'érosion – Application sur les plages de poche de Haute-Corse, in: Edition 3, Ferrare, Italie. Presented at the Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime - Coastal and Maritime Mediterranean Conference, Editions Paralia, pp. 197–202. <https://doi.org/10.5150/cmcm.2015.039>

Bossennec, G., Longueville, F., Desmazes, F., Rodriguez-Gouedreau, P., (2020). Observatoire de la dynamique côtière de Guyane ODyC : bilan 2019. Rapport final. BRGM/RP-69964-FR, 88 p., 73 ill., 4 tabl., 1 CD.

Brunier, G., Fleury, J., Anthony, E.J., Gardel, A., Dussouillez, P., (2016). Close-range airborne Structure-from-Motion Photogrammetry for high-resolution beach morphometric surveys: Examples from an embayed rotating beach. *Geomorphology* 261, 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.02.025>

Byrnes, M.R., Baker, J.L., Li, F., (2002). Quantifying Potential Measurement Errors and Uncertainties Associated with Bathymetric Change Analysis. US Army Corps of Engineers, 17 p..

De la Torre, Y., Balouin, Y., Mouroux, X., Belon, R., (2015). avec la collaboration de **Maldan F., Bodéré G., Longueville F., Sibert V., Dailloux D et Sabarich L.** Observatoire de la côte sableuse catalane – OBSCAT : rapport technique d'année 2. Rapport final. BRGM/RP-64945-FR, 140 p., 34 ill., 4 ann.

Fiot, J., Gratiot, N., (2006). Structural effects of tidal exposure on mudflats along the French Guiana coast. *Marine Geology* 25–37.

Froidefond, J.M., Pujos, M., Andre, X., (1988). Migration of mud banks and changing coastline in French Guiana. *Marine Geology* 84, 19–30. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(88\)90122-3](https://doi.org/10.1016/0025-3227(88)90122-3)

Gardel, A., Gensac, E., Anthony, E.J., Lesourd, S., Loisel, H., Marin, D., (2011). Wave-formed mud bars: their morphodynamics and role in opportunistic mangrove colonization. *Journal of Coastal Research* 4.

Gensac, E., (2012). Dynamique morpho-sédimentaire d'un littoral sous influence amazonienne. Impact des forçages hydrosédimentaires sur la migration des bancs de vase et la mangrove côtière : Le cas de la Guyane française 216.

Giosan, L., Bhattacharya, J.P. (Eds.), (2005). River Deltas-Concepts, Models, and Examples. SEPM (Society for Sedimentary Geology). <https://doi.org/10.2110/pec.05.83>

Gratiot, N., Gardel, A., Anthony, E.J., (2007). Trade-wind waves and mud dynamics on the French Guiana coast, South America: Input from ERA-40 wave data and field investigations. *Marine Geology* 236, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2006.09.013>

Hoyt H.J., (1969). Chenier Versus Barrier, Genetic and Stratigraphic Distinction. *Bulletin* 53. <https://doi.org/10.1306/5D25C60D-16C1-11D7-8645000102C1865D>

Lanson M., Longueville F., Desmazes F. (2021). Observatoire de la dynamique côtière de Guyane ODyC : Bilan 2020. Rapport final. BRGM/RP-70923-FR, 100 p., 67 ill., 5 tab., 1ann..

Longueville, F., Bourbon, P., (2016). Compte rendu des épisodes de submersions marines de février 2016 à Kourou (Guyane). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-65691-FR. 18 p., 15 ill.

Longueville F., Paquet F., (2019). Étude de l'évolution morphodynamique à l'embouchure du Maroni MORPHOMAR17) – phase II, 2017. Rapport final. BRGM/RP-68442-FR, p., 33 ill., 1 ann., 1 CD.

Longueville F., (2018). Observations à la suite des épisodes d'érosion marine de fin février/début mars 2018 sur le littoral de Kourou (Guyane). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-67900-FR. 22 p., 17 ill.

Longueville, F., Desmazes, F., (2019). avec la collaboration de Mallet M., Lejeune A., Furiga J., Bernard J, Borie A., Jolivet M., Cabidoche M. - Observatoire de la dynamique côtière de Guyane ODYCG : bilan 2018. Rapport final. BRGM/RP-68960-FR, 94 p., 72 ill., 5 tabl., 2 ann., 1 CD.

Mallet, C., Michot, A., De la Torre, Y., Lafon, V., Robin, M., Prevoteaux, B., (2012). Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte – Rapport BRGM/RP-60616-FR, 162 P., 100 fig., 7 ann.

Martinez, J.M., Guyot, J.L., Sondag, F., Filizola, N., (2009). Increase in sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data. *Catena* 257–264.

MEDDL, (2012). Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte – Vers la relocalisation des activités et des biens. 20p.

Migniot, C., (1968). Étude des propriétés physiques de différents sédiments très fins et de leur comportement sous des actions hydrodynamiques. *La Houille Blanche* 54, 591–620. <https://doi.org/10.1051/lhb/1968041>

Moisan, M., Boubon, P., De la Torre, Y., (2016). Observatoire de la dynamique côtière – année 2. Rapport final, BRGM/RP-65281-FR, 77p., 70 fig., 2 ann., 1 CD.

Moisan, M., De la Torre, Y., (2014). Évolution du trait de côte en Guyane : Caractérisation de la dynamique côtière entre 1950 et 2013 à l'échelle régionale. Rapport final BRGM/RP-62904-FR, 60p.

Orseau, S., (2017). n.d. Dynamique sédimentaire d'un estuaire tropical sous influence Amazonienne: le cas de l'estuaire du Mahury. 236.

Proisy C., Walcker R., Blanchard E., Gardel A., Anthony, E. J., (2020). Mangroves: a natural early warning system of erosion on open muddy coasts in French Guiana. In Friess & Sidik (Eds.), *Dynamic Sedimentary Environment of Mangrove Coasts*: Elsevier <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816437-2.00011-2>

Prost, M.-T., (1992). Évolution des littoraux de Guyane et de la zone caraïbe méridionale pendant le quaternaire. ORSTOM.

Prost, M.-T., Charron, C., (1990). L'érosion côtière en Guyane 17.

Prost, M.T.R.C., Faure, J.-F., Charron, C., Vargas, H.V., Santos, V.F., Mendes, A.C., Gardel, A., (2017). L'embouchure de l'Amazone, macro-frontière géomorphologique : enseignements de 30 années de recherches franco-brésiliennes sur les systèmes côtiers amazoniens. *confins*. <https://doi.org/10.4000/confins.12568>

SHOM, (2019). Référence Altimétrique Maritimes Ports de France métropolitaine et d'outre-mer - 107 p.

van Ledden, M., Vaughn, G., Lansen, J., Wiersma, F., Amsterdam, M., (2009). Extreme wave event along the Guyana coastline in October 2005. *Continental Shelf Research* 29, 352–361. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.03.010>

Warne, A.G., Meade, R.H., White, W.A., Guevara, E.H., Gibeaut, J., Smyth, R.C., Aslan, A., Tremblay, T., (2002). Regional controls on geomorphology, hydrology, and ecosystem integrity in the Orinoco Delta, Venezuela. *Geomorphology* 44, 273–307. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00179-9](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00179-9)

Wells, J.T., Coleman, J.M., (1978). Physical processes and fine-grained sediment dynamics, coast of Surinam, South America. *J. Sed. Petrol.* 1053–1068.

Annexe 1 : Caractéristiques des échantillons prélevés à la benne sédimentaire

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B1
Latitude	5°27,618'N
Longitude	52°32,623'O
Profondeur	35 m

Date	10/07/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	Shipeck ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson



Description benne

Vase homogène grise avec une fraction silteuse
Présence de coquilles et fraction de minéraux noirs

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B2
Latitude	05°22,099
Longitude	52°32.1483'O
Profondeur	32 m

Date	10/07/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	Shipeck ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson



Description benne

Vase homogène grise avec une fraction silteuse
Présence de coquillages

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B3
Latitude	05°22,360
Longitude	52°27,385
Prondeur	29 m



Date	10/07/2021
Lieu	Larde de Kourou
Benne	Shipeck ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson

Description benne
Sable très fin noir vaseux Absence de coquille

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B4
Latitude	05°18,131
Longitude	52°35,648
Prfondeurs	35 m



Date	10/07/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	Shipeck ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson

Description benne
Sable très fin vaseux Présence de coquilles de bivalve et de bioturbation

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B5
Latitude	05°18,635
Longitude	52°35,584
Prfondeurs	30 m

Date	10/07/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	Shipeck ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson



Description benne
Sable très fin noir vaseux Présence de fragments de coquille millimétrique

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B6
Latitude	05°18,826
Longitude	52°36,114
Prfondeur	28 m

Date	10/07/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	Shipeck ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson



Description benne
Sable très fin avec quelques galets de vase fin Présence de fragments de coquille millimétrique

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B7
Latitude	5°20.78226'N
Longitude	52°29.43336'O
Profondeur	27 m



Date	10/07/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	Shipeck ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson

Description benne
Vase homogène grise Présence de coquille de bivalve Absence de fraction sableuse

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC20-B8
Latitude	5°18.63696'N
Longitude	52°35.44008'O
Profondeur	12.3 m



Date	10/07/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	VanVeen ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson

Description benne
Vase homogène grise Couche de quelques millimètres marron (5 mm environ)

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC20-B9
Latitude	5°18.63696'N
Longitude	52°35.86482'O
Profondeur	11.8 m

Date	10/08/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	VanVeen ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson



Description benne
Sable coquillé bioclastique hétérogène Faible fraction minérale grossière

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B10
Latitude	5°18.57888'N
Longitude	52°35.8719'O
Profondeur	12 m

Date	10/08/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	VanVeen©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson



Description benne
Sable coquillé bioclastique hétérogène Faible fraction minérale grossière

Caractéristiques Echantillon	
Nom	ODyC21-B11
Latitude	5°18.4638'N
Longitude	52°36.09678'O
Profondeur	11 m

Date	10/08/2021
Lieu	Large de Kourou
Benne	VanVeen ©
Bateau	EMLO de KTM
Opérateurs	Longueville, Lanson



Description benne
Vase homogène grise

Annexe 2 : Résultats des analyses sédimentaires

Tests	Paramètres	Unités	Méthode d'analyse	Incertitude	Nom									
					ODYC21-81	ODYC21-82	ODYC21-83	ODYC21-84	ODYC21-85	ODYC21-86	ODYC21-87	ODYC21-88	ODYC21-89	
Masses volumiques des particules solides	NF P 94-054	kg/m ³			2660	2670	2660	2670	2670	2670	2620	2510		
Analyse granulométrique par tamisage à sec	NF P 94-055	%												
Passant à 125 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 100 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 80 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 63 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 50 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 40 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 31,5 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 25 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 20 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 14 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 10 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 5 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 2 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 1 mm	NF P 94-055	%												
Passant à 400 µm	NF P 94-056	%												
Passant à 80 µm	NF P 94-056	%												
Matières organiques à 500°C (MVS.Mat. Volatiles)	94.047	% MS			1,6	1,1	2	1,3	1,4	1,4	4,8	6,7		
Pourcentage cumulé 0,02 à 2 µm	0%	%			5,81	3	5,81	2,62	3,24	3,24	14,97	15,06		
Pourcentage cumulé 0,02 à 20 µm	0%	%			41,22	16,79	40,46	14,01	19,21	19,21	88,71	91,94		
Pourcentage cumulé 0,02 à 63 µm	15%	%			46,92	20,08	45,51	16,69	23,26	23,26	95,63	96,5		
Pourcentage cumulé 0,02 à 200 µm	0%	%			99,88	99,91	99,21	99,82	99,5	99,5	100	98,03		
Pourcentage cumulé 0,02 à 2000 µm	15%	%			100	100	100	100	100	100	100	100		
Fraction 2 - 20 µm		%			35,4	13,79	34,65	11,38	15,97	15,97	73,75	76,28		
Fraction 20 - 63 µm		%			5,71	3,29	5,05	2,88	4,05	4,05	6,92	5,16		
Fraction 63 - 200 µm		%			52,96	79,83	53,71	82,93	76,24	76,24	4,37	1,53		
Fraction 200 - 2000 µm		%			0,12	0,09	0,79	0,18	0,5	0,5	0	1,97		

Annexe 3 : Courbes granulométriques des échantillons

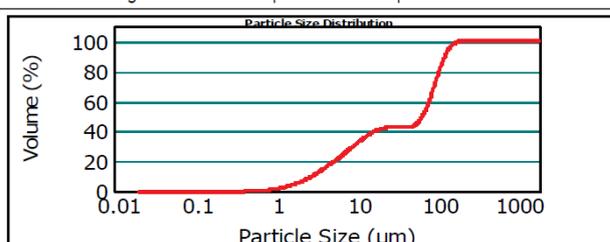
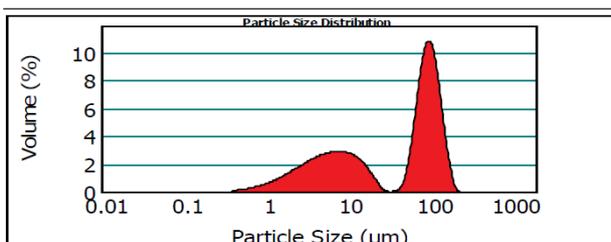
a) ODYC21-B01

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 5.81%
 Percentage between 0.02 μm and 20.00 μm : 41.22%
 Percentage between 0.02 μm and 63.00 μm : 46.92%
 Percentage between 0.02 μm and 200.00 μm : 99.88%
 Percentage between 0.02 μm and 2000.00 μm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 5.81%
 Percentage between 2.00 μm and 20.00 μm : 35.40%
 Percentage between 20.00 μm and 50.00 μm : 1.89%
 Percentage between 50.00 μm and 200.00 μm : 56.77%
Percentage between 20.00 μm and 63.00 μm : 5.71%
Percentage between 63.00 μm and 200.00 μm : 52.96%
 Percentage between 200.00 μm and 2000.00 μm : 0.12%



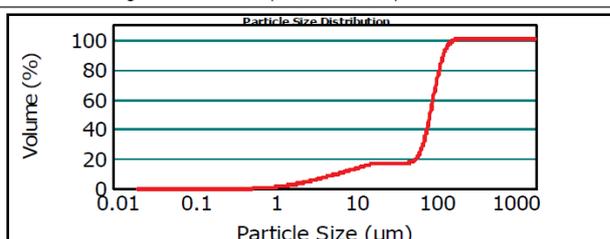
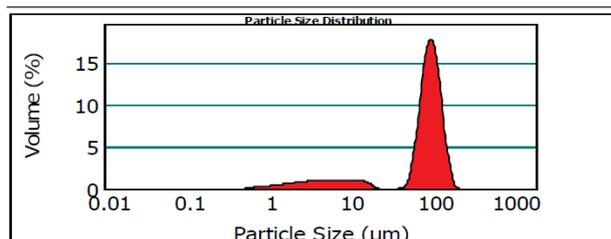
b) ODYC21-B03

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 3.00%
 Percentage between 0.02 μm and 20.00 μm : 16.79%
 Percentage between 0.02 μm and 63.00 μm : 20.08%
 Percentage between 0.02 μm and 200.00 μm : 99.91%
 Percentage between 0.02 μm and 2000.00 μm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 3.00%
 Percentage between 2.00 μm and 20.00 μm : 13.79%
 Percentage between 20.00 μm and 50.00 μm : 0.27%
 Percentage between 50.00 μm and 200.00 μm : 82.85%
Percentage between 20.00 μm and 63.00 μm : 3.29%
Percentage between 63.00 μm and 200.00 μm : 79.83%
 Percentage between 200.00 μm and 2000.00 μm : 0.09%



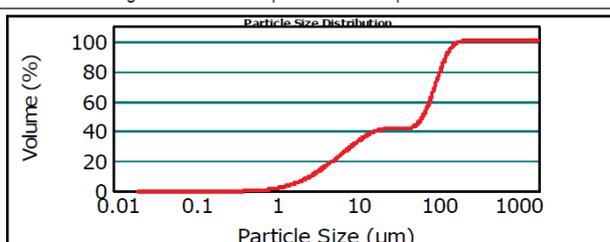
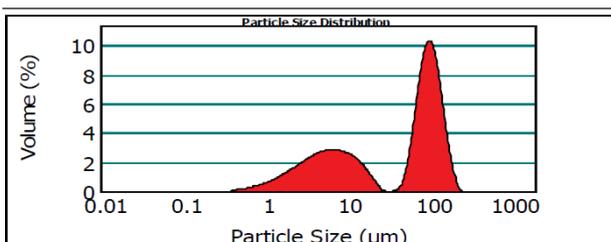
c) ODYC21-B04

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 5.80%
 Percentage between 0.02 μm and 20.00 μm : 40.46%
 Percentage between 0.02 μm and 63.00 μm : 45.51%
 Percentage between 0.02 μm and 200.00 μm : 99.21%
 Percentage between 0.02 μm and 2000.00 μm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 5.80%
 Percentage between 2.00 μm and 20.00 μm : 34.65%
 Percentage between 20.00 μm and 50.00 μm : 1.58%
 Percentage between 50.00 μm and 200.00 μm : 57.17%
Percentage between 20.00 μm and 63.00 μm : 5.05%
Percentage between 63.00 μm and 200.00 μm : 53.70%
 Percentage between 200.00 μm and 2000.00 μm : 0.79%



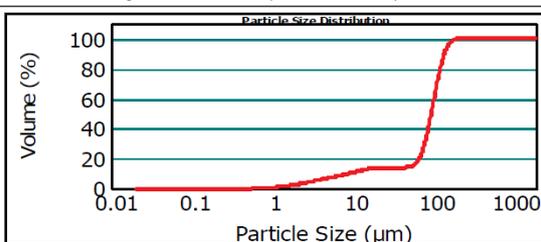
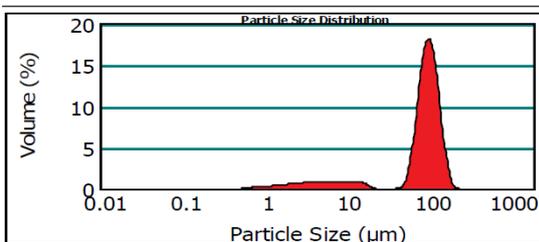
d) ODYC21-B05

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 2.62%
 Percentage between 0.02 μm and 20.00 μm : 14.01%
 Percentage between 0.02 μm and 63.00 μm : 16.89%
 Percentage between 0.02 μm and 200.00 μm : 99.82%
 Percentage between 0.02 μm and 2000.00 μm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 2.62%
 Percentage between 2.00 μm and 20.00 μm : 11.38%
 Percentage between 20.00 μm and 50.00 μm : 0.21%
 Percentage between 50.00 μm and 200.00 μm : 85.60%
Percentage between 20.00 μm and 63.00 μm : 2.88%
Percentage between 63.00 μm and 200.00 μm : 82.93%
 Percentage between 200.00 μm and 2000.00 μm : 0.18%



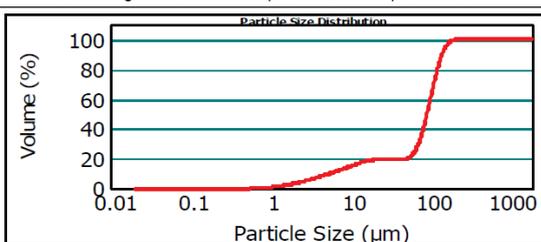
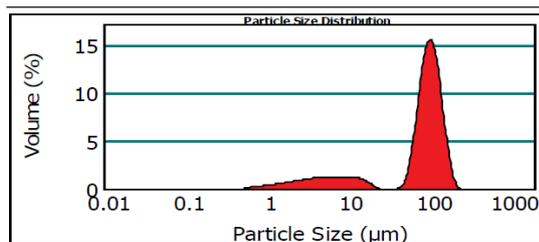
e) ODYC21-B06

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 3.24%
 Percentage between 0.02 μm and 20.00 μm : 19.21%
 Percentage between 0.02 μm and 63.00 μm : 23.26%
 Percentage between 0.02 μm and 200.00 μm : 99.50%
 Percentage between 0.02 μm and 2000.00 μm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 3.24%
 Percentage between 2.00 μm and 20.00 μm : 15.97%
 Percentage between 20.00 μm and 50.00 μm : 0.49%
 Percentage between 50.00 μm and 200.00 μm : 79.80%
Percentage between 20.00 μm and 63.00 μm : 4.05%
Percentage between 63.00 μm and 200.00 μm : 76.24%
 Percentage between 200.00 μm and 2000.00 μm : 0.50%



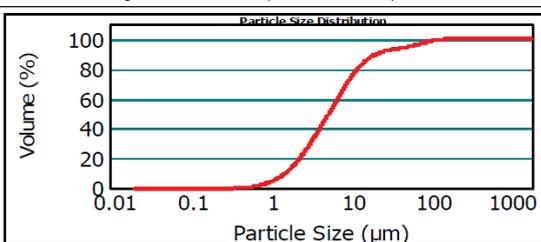
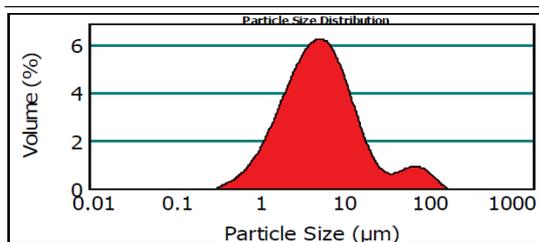
f) ODYC21-B7

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 14.97%
 Percentage between 0.02 μm and 20.00 μm : 88.71%
 Percentage between 0.02 μm and 63.00 μm : 95.63%
 Percentage between 0.02 μm and 200.00 μm : 100.00%
 Percentage between 0.02 μm and 2000.00 μm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 14.97%
 Percentage between 2.00 μm and 20.00 μm : 73.74%
 Percentage between 20.00 μm and 50.00 μm : 5.76%
 Percentage between 50.00 μm and 200.00 μm : 5.53%
Percentage between 20.00 μm and 63.00 μm : 6.92%
Percentage between 63.00 μm and 200.00 μm : 4.37%
 Percentage between 200.00 μm and 2000.00 μm : 0.00%



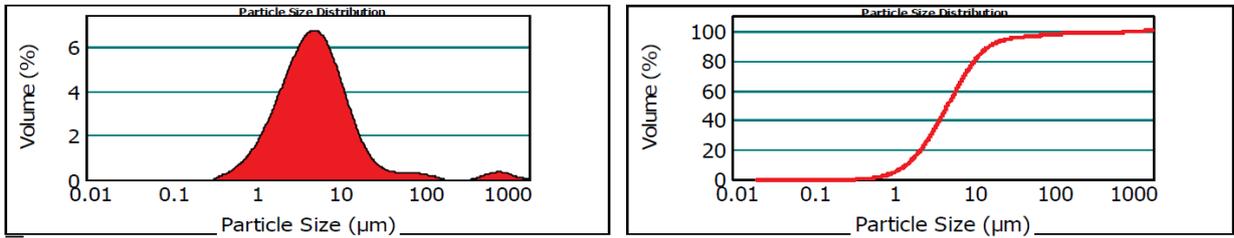
g) ODYC21-B8

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 15.06%
 Percentage between 0.02 μm and 20.00 μm : 91.34%
 Percentage between 0.02 μm and 63.00 μm : 96.50%
 Percentage between 0.02 μm and 200.00 μm : 98.03%
 Percentage between 0.02 μm and 2000.00 μm : 100.00%

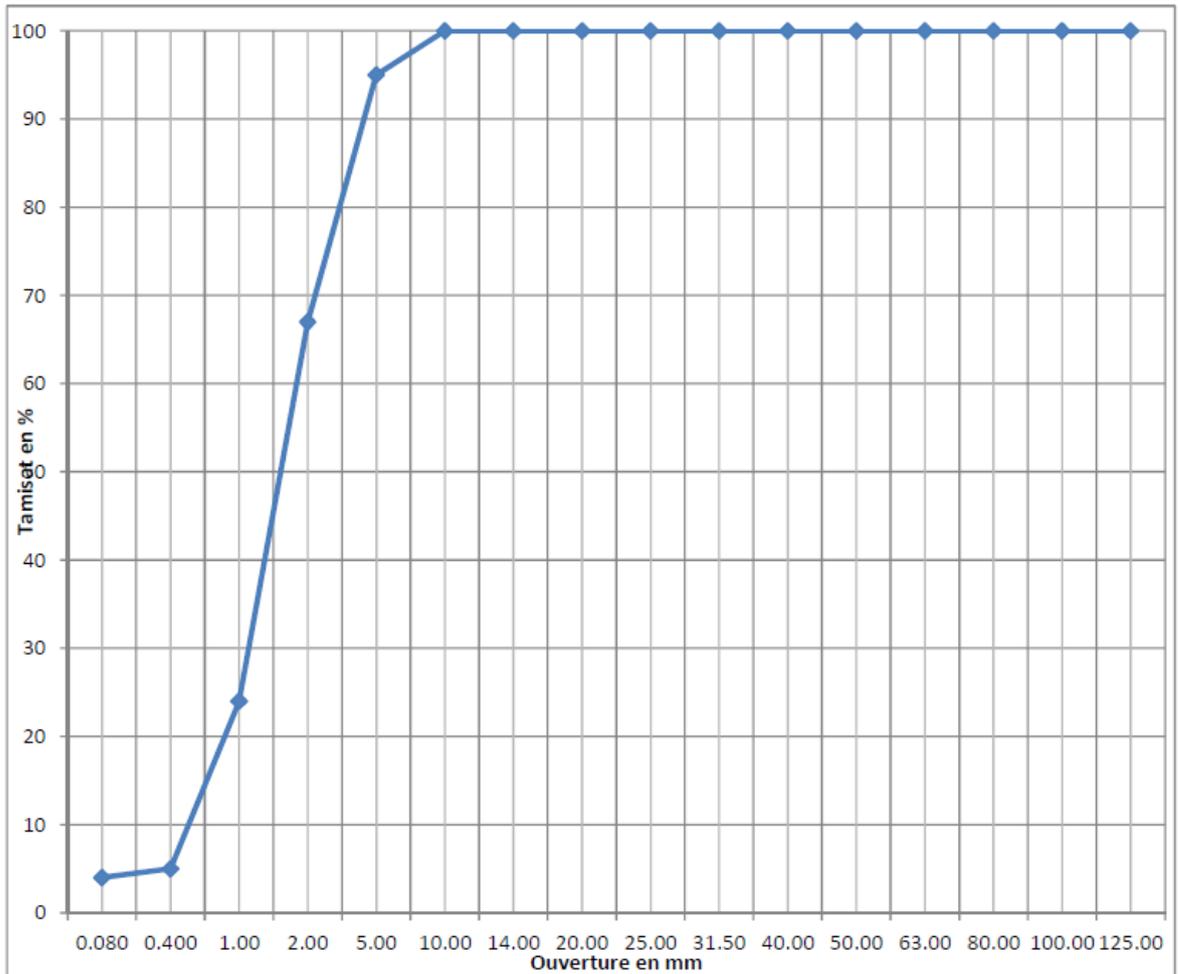
Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 15.06%
 Percentage between 2.00 μm and 20.00 μm : 76.28%
 Percentage between 20.00 μm and 50.00 μm : 4.67%
 Percentage between 50.00 μm and 200.00 μm : 2.02%
 Percentage between 20.00 μm and 63.00 μm : 5.16%
 Percentage between 63.00 μm and 200.00 μm : 1.53%
 Percentage between 200.00 μm and 2000.00 μm : 1.97%



h) ODYC21-B9

**Page ANNEXE
22Q000461-008**





**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 Guyane

Domaine de Suzini, Route de Montabo
BP 10552
97333 – Cayenne Cedex 2 – France
Tél. : 05 94 30 06 24

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm