

Document public



Bilan de l'Observatoire de la dynamique côtière de Guyane- année 2016

Rapport final

BRGM/RP-67090-FR

Juin 2017



Bilan de l'Observatoire de la dynamique côtière de Guyane - année 2016

Rapport final

BRGM/RP-67090-FR
Juin 2017

F. Longueville et G. Aertgeerts

Avec la collaboration de

Thinon I., Paquet F., Morvan S., Bourbon P., Joseph B. et Baudon C.

Vérificateur :

Nom : Desmazes Franck

Fonction : Ingénieur

Date : 17/08/2017

Signature :



Approbateur :

Nom : Verneyre Laure

Fonction : Directrice du BRGM
Guyane

Date : 05/09/2017

Signature :



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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : érosion du littoral, dynamique sédimentaire, morphologie, plages, observatoire, Kourou, Awala-Yalimapo, Cayenne, Rémire-Montjoly

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

Longueville F. et Aertgeerts G. avec la collaboration de Thinon I., Paquet F., Morvan S., Bourbon P, Joseph B. et Baudon C. (2017) – Bilan de l'Observatoire de la dynamique côtière de Guyane - année 2016. Rapport final. BRGM/RP-67090-FR, 68p., 55 ill., 5 tabl, 3 ann, 1 CD.

Synthèse

Long de 305 km, le littoral guyanais voit migrer le long de sa côte des bancs vaseux, dont les sédiments sont majoritairement originaires de l'Amazone. Lorsque le banc est installé devant une plage, il diminue l'érosion de cette dernière, car les houles incidentes sont atténuées par la vase. Inversement si la plage est située entre deux bancs de vase elle n'est plus « protégée » et est donc plus vulnérable aux phénomènes d'érosion et de submersions marines.

Dans ce contexte, la direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement ainsi que le BRGM de Guyane, à travers l'observatoire de la dynamique côtière, ont initié une démarche de suivi afin de mieux comprendre la dynamique et d'entreprendre une gestion cohérente et intégrée de son territoire. Cet observatoire de la dynamique côtière est actif depuis 2014, sur 3 sites de la région : les plages de l'île de Cayenne, les plages de Kourou, les plages d'Awala-Yalimapo.

Ce rapport présente les résultats techniques de l'année 2016. Cette année, les mesures menées dans le cadre des différentes campagnes ont permis de compléter les observations initiées les années passées par des levés topo-bathymétriques, par de nouvelles mesures du domaine pré-littoral réalisées avec un sonar à balayage latéral mais également par le test de techniques innovantes comme les levés par drone.

Sur les zones tests, les nouvelles techniques employées ont permis de mieux comprendre la dynamique côtière à l'échelle des plages sableuses.

Le suivi par drone s'est exclusivement focalisé sur Kourou qui, de par sa position en inter-banc, a connu de forts phénomènes d'érosion et de submersion marine en cette année 2016. Les images aériennes haute-résolution, qui permettent d'obtenir une représentation 3D de la surface de la plage, sont robustes pour obtenir des informations surfaciques et volumiques de la répartition du sable.

Les levés au sonar à balayage latéral dans sa configuration actuelle (suivi des profils bathymétriques) permettent d'obtenir des données de réflectivité des fonds marins autour des profils suivis. Ces observations donnent des indications sur la nature des fonds et la présence de figures sédimentaires qui marquent l'hydrodynamique local.

Le bilan sédimentaire global sur les trois secteurs suivis, est différent en fonction de la position du banc de vase sur chaque secteur :

Le secteur qui a connu la plus grande évolution est celui de Kourou avec le déplacement du stock sédimentaire sableux du nord-ouest vers le sud-est, caractéristique d'un phénomène de rotation de plage.

Un banc de vase étant en train de s'installer sur la presqu'île de Cayenne, certaines anses (e.g. anse de Montabo) restent plus vulnérables à l'érosion que d'autres qui se sont stabilisées (e.g. anse de Rémire).

Enfin la plage des Hattes située à Awala-Yalimapo connaît également une évolution contrastée due à sa position à l'embouchure du Maroni. A l'est du secteur, la plage enregistre une tendance à l'érosion alors qu'à l'ouest, avec la présence du banc de vase, la plage s'est stabilisée entre 2015 et 2016.

Sommaire

1. Introduction.....	11
2. Description des livrables fournis en 2016.....	13
3. Méthodes d'observations.....	15
3.3. SUIVI TOPO-BATHYMETRIQUE.....	15
3.3.1. Acquisition des données.....	15
3.3.2. Traitements des données.....	18
3.4. SUIVI DRONE.....	19
3.4.1. Acquisition des données.....	19
3.4.2. Traitement des données.....	20
3.4.3. Précision sur la mesure.....	21
3.5. SUIVI SATELLITAIRE : IMAGE LANDSAT.....	23
3.5.1. Type de données et acquisitions.....	23
3.5.2. Traitement et applications.....	23
3.6. SUIVI PHOTOGRAPHIQUE.....	23
3.7. TEST AU SONAR A BALAYAGE LATERAL (SBL).....	23
3.7.1. Acquisition des données.....	23
3.7.2. Traitements des données.....	26
4. Résultats des évolutions morpho-sédimentaires par sites.....	27
4.1. PLAGE DES HATTES : COMMUNE D'AWALA-YALIMAPO.....	27
4.1.1. Contexte et tendances évolutives pluri-annuelles.....	27
4.1.2. Evolution morpho-sédimentaire à court terme : année 2016.....	29
4.2. PLAGES DE KOUROU.....	33
4.2.1. Contexte et tendances évolutives pluri-annuelles.....	33
4.2.2. Evolution morpho-sédimentaire à court terme : année 2016.....	34
4.2.3. Bilan.....	48
4.3. PLAGES DE L'ÎLE DE CAYENNE.....	49
4.3.1. Contexte et tendances évolutives pluri-annuelles.....	49
4.3.2. Evolution morpho-sédimentaire à court terme : année 2016.....	51
4.3.3. Anse de Montabo.....	52
4.3.4. Anse de Montjoly.....	55
4.3.5. Anse de Rémire.....	58
5. Synthèse des évolutions.....	65
6. Conclusion.....	67
7. Bibliographie.....	69

Liste des illustrations

Illustration 1: En haut, schéma explicatif du fonctionnement d'un DGPS (Hoareau, 2016) en bas illustration de la base et d'un mobile R8s (©BRGM).	16
Illustration 2 : Levés des profils de référence (A) et de la position du trait de côte (B)	17
Illustration 3: Exemples d'indicateurs de la position du trait de côte, a) pied de talus d'érosion, b) limite de végétation et c) laisse de mer.	17
Illustration 4: Bateau d'acquisition pour la bathymétrie: "l'Oyana"	18
Illustration 5: Plan de vol des drones de juin 2016.....	20
Illustration 6 : Synthèse du processus de traitement des images drone.....	21
Illustration 7: orthophographie avec les points de contrôle (en vert), les points homologues (en rouge) et les cibles (en jaune).	22
Illustration 8 : a) mise en œuvre du sonar à balayage latéral par des profondeurs d'eau supérieur à 10m. b) fauchée d'un sonar latéral.	24
Illustration 9: Exemple d'image acquise à l'aide d'un sonar à balayage latéral, fond marin au large de Cayenne (Septembre 2016)	25
Illustration 10: géométrie d'acquisition du sonar. Le poisson est maintenu au niveau de sa tête à la perche via des sangles et à l'arrière à bout de bras.....	26
Illustration 11: Position des différents profils le long de la plage des Hattes	27
Illustration 12: Position du banc de vase au niveau de la plage des Hattes, image prise le 10/10/2016	28
Illustration 13: Evolution de la mangrove au niveau du profil A1 entre avril 2016 (a) et octobre 2016 (b).....	29
Illustration 14: Position du banc sableux en 2011	29
Illustration 15: Evolution du trait de côte entre novembre 2015 et octobre 2016 face du village de Simili	30
Illustration 16: Evolution du trait de côte entre novembre 2015 et octobre 2016 face proche de la pointe des Hattes	30
Illustration 17: Profils topo-bathymétriques A1, A2, A3 situés au niveau de la plage des Hattes.....	32
Illustration 18: Profils répartis sur l'ensemble de la commune de Kourou	33
Illustration 19: Position du banc de vase proche de la commune de Kourou	34
Illustration 20: Courbes des hauteurs significatives a) et de la période b) obtenues à partir du houlographe au niveau de l'île Royale entre juin et décembre 2016 (http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/).	35
Illustration 21: Direction des houles incidentes au niveau du houlographe au large de Kourou entre le 24 juin 2016 et le 17 novembre 2016 (http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/).....	36
Illustration 22: Comparaison entre la hauteur significative et le niveau d'eau face à kourou (http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/) et http://data.shom.fr/donnees/refmar	37
Illustration 23: Evolution du trait de côte entre octobre 2015 et novembre 2016, face à la plge de l'Hôtel des Roches.	38
Illustration 24: Profils topo-bathymétrique K1 et K2 de la plage de l'hôtel des roches	39
Illustration 25 : Dégradation du stabillage (a) ; chute des cocotiers et présence de gravats (b)octobre 2016.....	39

Illustration 26: Différence d'altitude entre le MNT Lidar de novembre 2015 et le MNT obtenu à partir des images drone de juin 2016.....	40
Illustration 27 : schéma illustrant le phénomène de rotation de plage (d'après Moisan et al., 2012)	41
Illustration 28: Fond IGN de Kourou	42
Illustration 29: Evolution du trait de côte au niveau de la pointe Pollux entre octobre 2015 et novembre 2016.	43
Illustration 30: Evolution de la position du trait de côte entre octobre 2015 et novembre 2016 face à l'avenue de l'anse.	43
Illustration 31: Evolution des profils topo-bathymétriques K4 et K5 situés à au Nord ouest de la plage de la cocoteraie.....	44
Illustration 32: Evolution du profil topo-bathymétrique K3 situé au sud-est de la plage de la cocoteraie proche de la pointe Pollux	44
Illustration 33: Evolution du profil topographique K5 pour chaque année entre octobre 2014 et octobre 2016 avec la mise en place du cordon sableux artificiel.	45
Illustration 34: Cordon de protection artificiel avec revégétalisation de celle-ci, octobre 2016..	45
Illustration 35: Evolution du profil topographique K6 entre février 2016 et octobre 2016	46
Illustration 36: Différence altimétrique entre le MNT de 2015 et de 2016	46
Illustration 37: MNT de la zone 3 tiré du levé drone de juin 2016.	48
Illustration 38: Secteur d'étude sur l'île de Cayenne (fond de carte géoportail)	49
Illustration 39: Position du banc de vase, face à l'île de Cayenne, en octobre 2016 (source image satellite Landsat 8).....	50
Illustration 40: Courbe des hauteurs significatives (a) et de la période de la houle (b) pour la période comprise entre juin et novembre 2016, (http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/).....	51
Illustration 41: Direction des houles incidentes au niveau du houlographe au large de Cayenne entre le 24 juin 2016 et le 17 novembre 2016 (http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/).....	52
Illustration 42: Niveau d'eau au marégraphe: îlet la Mère face à la presqu'île de Cayenne et (http://www.datashom.fr/).....	52
Illustration 43: Evolution de la position du trait de côte entre octobre 2016 et décembre 2015 ainsi que plan de navigation d'octobre 2016 dans l'Anse de Montabo, Cayenne (image satellite, 2015).....	53
Illustration 44: Evolution des profils topo-bathymétrique C1, C2 et C3 situés au sein de l'anse de Montabo.	54
Illustration 45: Position des profils topobathymétriques et plan de navigation de la bathymétrie d'octobre 2016 pour l'anse de Montjoly (image satellite, 2015).	55
Illustration 46: Evolution de la position du trait de côte entre 2015 et 2016, face au secteur des Salines proche du profil C6, anse de Montjoly.	56
Illustration 47: Evolution des profils topo-bathymétriques C4 à C6 situés au nord-ouest de l'anse de Montjoly.....	57
Illustration 48: Evolution des profils topo-bathymétriques C7 à C9 situés au sud-est de l'anse de Montjoly.....	58
Illustration 49: Profils topo-bathymétriques et plan de navigation de la bathymétrie d'octobre 2016.	59

Illustration 50: Evolution de la position du trait de côte face à la plage de Gosselin, Anse de Rémire, Cayenne.....	60
Illustration 51: Influence du cours d'eau sur le profil C13, anse de Rémire. Photo prise en 2015 (a) et photo prise en 2016 (b) (©BRGM).....	61
Illustration 52: Profils topo bathymétriques de C10 à C12 entre novembre 2015 et octobre 2016,anse de Rémire.	62
Illustration 53: Profil topobathymétrique C13 entre novembre 2015 et octobre 2016, anse de Rémire.	63
Illustration 54: Imagerie de sonar à balayage latéral et interprétation préliminaire le long du profil C3, montrant les faibles variations de réflectivité et la présence de mégarides. L'orientation est sud vers le haut. Les flèches indiquent la direction principale du courant déduite des orientations des mégarides.	64

Liste des tableaux

Tableau 1: Tableau comparatif des écarts planimétriques des points homologues sur le site de Kourou.	21
Tableau 2: Tableau comparatif des écarts altimétriques sur l'ensemble de Kourou	22
Tableau 3:Tableau de synthèses des volumes de sédiments déplacés au niveau de l'hôtel des roches entre novembre 2015 et juin 2016.	41
Tableau 4:Tableau de synthèse des volumes de sédiments déplacés entre novembre 2015 et juin 2016	47
Tableau 5: Tableau de synthèse de l'évolution morphodynamique sur les trois sites suivis.	65

Liste des annexes

Annexe 1 Orthophotographies de Kourou prise par image Drone	71
Annexe 2 MNT tirées des images prises par drones	79
Annexe 3 Profils topo-bathymétrique depuis 2014	87
Annexe 4 Profils topographique depuis 2014.....	97
Annexe 5 Fichiers transmis	107

1. Introduction

Le littoral guyanais concentre la majorité des enjeux humains et économiques de la Guyane. Espace le plus urbanisé du territoire, il est aussi soumis à une dynamique côtière naturelle extrêmement variable, en partie due à la migration de bancs de vase le long de sa côte. La vase est originaire de l'embouchure de l'Amazone et prendrait la forme de bancs aux environs du cap Cassidore au nord de l'Amapa à la frontière entre le Brésil et la Guyane française (Walcker, 2016).

Dans ce contexte et en accord avec la Stratégie Nationale de Gestion du Trait de Côte (SNGITC), la Direction de l'environnement de l'aménagement et du logement a initié, en partenariat avec le BRGM, la mise en place de l'observatoire de la dynamique côtière de Guyane.

Sur les trois sites suivis (plages de la presqu'île de Cayenne, plages de Kourou et plage d'Awala-Yalimapo), cet observatoire lancé depuis avril 2014, a pour objectifs de :

- pérenniser la prise de données scientifiques ;
- capitaliser l'ensemble des informations relatives à l'évolution du littoral ;
- appuyer les collectivités publiques pour sensibiliser aux risques et à l'évolution du littoral.

Ce rapport technique établit un bilan global de l'année 2016 en s'appuyant sur les résultats et analyses des missions d'observations de la dynamique côtière (suivi topobathymétrique, interprétation des données annuelles, des évolutions pluriannuelles et des différents levés complémentaires : suivi par drone et par sonar à balayage latéral). Compte tenu de l'absence des travaux de l'installation de l'ouvrage Stabiplate©, il fut impossible d'annexer au rapport, un compte rendu spécifique sur les observations au droit de l'ouvrage comme indiqué dans la convention. Après avoir détaillé dans une première partie les résultats des précédents travaux fournis sur l'année 2016, le présent document présente la méthodologie et les différentes techniques mises en œuvre pour les suivis ainsi que les traitements associés. Dans une dernière partie, sur chaque zone du littoral étudiée, une synthèse de l'évolution récente des sites sera proposée.

2. Description des livrables fournis en 2016

Au cours de l'année 2016, dans le cadre de la convention de l'Observatoire de la dynamique côtière de Guyane, 5 livrables sur l'évolution de la dynamique côtière ont été rendus :

- deux dans le cadre de la tranche conditionnelle suite aux phénomènes d'érosion et de submersion marines le long du littoral de Kourou ((Longueville *et al.*, 2016a, *BRGM/RP-65691-FR* et Longueville *et al.*, 2017b, *BRGM/RP-66669-FR*) ;
- deux dans le cadre de la tranche ferme de la convention faisant un compte rendu des missions menés en avril 2016 (Longueville *et al.*, 2016b, *BRGM/RP-65825-FR*) et en octobre 2016 suite aux levés au sonar à balayage latéral sur l'île de Cayenne (Longueville *et al.*, 2016c, *BRGM/RP-66388-FR*) ;
- un dernier dans le cadre de la tranche ferme faisant le bilan des activités de l'Observatoire sur l'année 2016 (Aertgeerts *et al.*, 2016, *BRGM/RP-66387-FR*).

Expertise de février 2016 (Longueville *et al.*, 2016a, *BRGM/RP-65691-FR*)

Le littoral de Kourou, actuellement en position inter-banc¹ a été très vulnérable courant cette année 2016. Suite aux premiers phénomènes de submersion en février 2016, les observations et mesures de terrain ont montré une forte érosion avec un trait de côte qui atteignait le bord de la route de l'Anse, dans le secteur situé au Nord-ouest du village Indien jusqu'au niveau du club hippique, c'est-à-dire à une petite dizaine de mètres des habitations. La direction frontale des houles couplée avec des hauteurs significatives élevées et un important niveau d'eau (marée + surcote atmosphérique) ont entraîné un phénomène de submersion. Les conditions météorologiques avec de fortes précipitations enregistrées au cours de ces événements, ont accentué les inondations subies par les riverains (rôle cumulé du ruissellement pluvial).

Expertise d'octobre 2016 (Longueville *et al.*, 2017b, *BRGM/RP-66669-FR*)

Suite aux coups de mer de fin d'année 2016, le littoral de Kourou, a montré une fois de plus sa vulnérabilité, lors des épisodes d'érosion marine qui ont eu lieu principalement en décembre 2016. Le secteur le plus touché a été celui de la « cité 205 », avec un départ massif du sable vers la pointe Pollux, entraînant un recul de 8 m de la position du trait de côte entre février 2016 et février 2017. Le moteur de ce déplacement est une dérive littorale résiduelle vers le sud-est (dérive inverse à la direction dominante sur le long-terme), qui génère une rotation de plage. La rupture de l'exutoire, situé à l'est de la zone, a favorisé le transit naturel du sable vers le sud-est, engendrant une avancée de la position du trait de côte, face à la pointe Pollux d'environ 69 m. En effet, en cas de dérive inverse, l'exutoire positionné perpendiculairement à la côte jouait le rôle d'épis bloquant le transit sédimentaire et favorisant la stabilité du trait de côte devant les carbeta communaux de « la cité 205 ».

Compte-rendu des missions d'avril 2016 (Longueville *et al.*, 2016b, *BRGM/RP-65825-FR*)

Le rapport d'avril 2016, quant à lui dresse l'avancement des travaux de l'Observatoire. Lors de la campagne d'avril 2016, des mesures topographiques ont été réalisées sur les différents profils des 3 secteurs d'études, afin de caractériser l'évolution des plages. Ces mesures ont ensuite été analysées et comparées avec les données des années antérieures, notamment avec celles de la précédente campagne d'octobre 2015.

¹ Plage comprise entre deux bancs de vase consécutifs et donc vulnérable aux risques littoraux

Les premières conclusions, ont montré un envasement généralisé des plages de la presqu'île de Cayenne, lié à la progression du banc de vase vers l'Ouest. Les évolutions morphologiques se sont stabilisées depuis 2014 sur les anses de Rémire, de Montjoly et de Montabo. Seul Kourou subit d'importants changements morphologiques, avec notamment un retrait de plus de 14 m au Nord de la route de l'Anse par rapport à octobre 2014. Suite aux phénomènes de submersion marine de février 2016, la construction d'un cordon sableux artificiel d'urgence a été décidée. Cet ouvrage répondait à un besoin immédiat, mais pour assurer une gestion adaptée du littoral des études complémentaires doivent être réalisées notamment dans le cadre d'un plan de gestion du trait de côte. Enfin, sur la plage des Hattes à Awala-Yalimapo, une progression rapide du banc de vase est observée vers l'Ouest, offrant ainsi une protection naturelle vis-à-vis des phénomènes d'érosion.

Compte-rendu des missions d'octobre 2016 (Longueville et al., 2016c, BRGM/RP-66388-FR)

Enfin la dernière étude a permis de déterminer l'efficacité de l'utilisation du sonar à balayage latéral le long de la presqu'île de Cayenne. Cet outil a permis de mettre en évidence différentes caractéristiques du fond, dont des figures sédimentaires (rides, méga-rides) et des zones de rocher. De plus il offre un potentiel d'investigation fort pour aider à la description et la compréhension de la dynamique littorale. Toutefois, le seul suivi des profils bathymétriques n'est pas suffisant pour participer à la compréhension du fonctionnement hydrosédimentaire du secteur. En effet en l'absence d'une cartographie détaillée de la zone, il est difficile de conclure sur l'organisation des figures sédimentaires (figures locales ou à l'échelle de l'anse). Il serait donc intéressant d'effectuer un mosaïquage de la zone avec des levés parallèles aux isobathes afin de déterminer une carte de référence des fonds marins de l'île de Cayenne.

Données produites par l'Observatoire en 2016

L'ensemble des données produites et traitées par l'Observatoire de la Dynamique Côtière de Guyane pour l'année 2016 sont fournies à la DEAL, via un CD joint au présent rapport pour les données de houle et marée ainsi que les résultats topo-bathymétrique et la position du trait de côte. Toutefois en raison du poids des fichiers, les photos, les MNT et les fichiers sonar ont été transmis à la DEAL à part.

Nom Dossier	Descriptif	Format
Drone 2016	MNT/Orthophotographies/ différences des MNT/ Calcul Volume	tif/tif/tif/xlsx
Houle&Marée	Houle/maree	xlsx/xlsx
Photos	photos obliques pour les trois sites	.jpg
Sonar	Fichiers acquis via le sonar	
TDC	Position des traits de côte pour tous les secteurs	.shp
topo-bathy	topo-bathy pour tous les secteurs	.xlsx
Synthèses_profils_topographiques_oct_16	Profils topographiques pour tous les secteurs	.xlsx

3. Méthodes d'observations

La partie suivante détaille les méthodologies de l'ensemble des levés menés dans le cadre de l'Observatoire.

3.3. SUIVI TOPO-BATHYMETRIQUE

3.3.1. Acquisition des données

Les levés topo-bathymétriques permettent de suivre l'évolution morphologique des cellules sédimentaires. Il s'articule en deux types de levés :

- des levés topographiques qui regroupent les levés des profils prédéfinis et de la position du trait de côte. Les suivis des profils ont lieu deux fois par an, à la fin de la saison des pluies (avril/mai) et à la fin de la 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.

Levés topographiques

Les mesures topographiques sont effectuées à l'aide d'un DGPS (Differential Global Positioning System) Trimble R8s® en levé RTK, acquis en juin 2016 par le BRGM Guyane.

Le DGPS consiste à utiliser un récepteur placé sur un repère géodésique (base) dont les coordonnées sont connues. En comparant les données calculées par ce récepteur et les données de référence du point connu, il est possible de déterminer l'erreur des satellites. Cette correction est ensuite transmise, via un système radio, vers une antenne mobile (Hoareau, 2016). Les levés RTK (Real Time Kinematic), signifiant en français cinématique temps réel, présente l'intérêt de donner en temps réel, la position du mobile (Illustration 1).

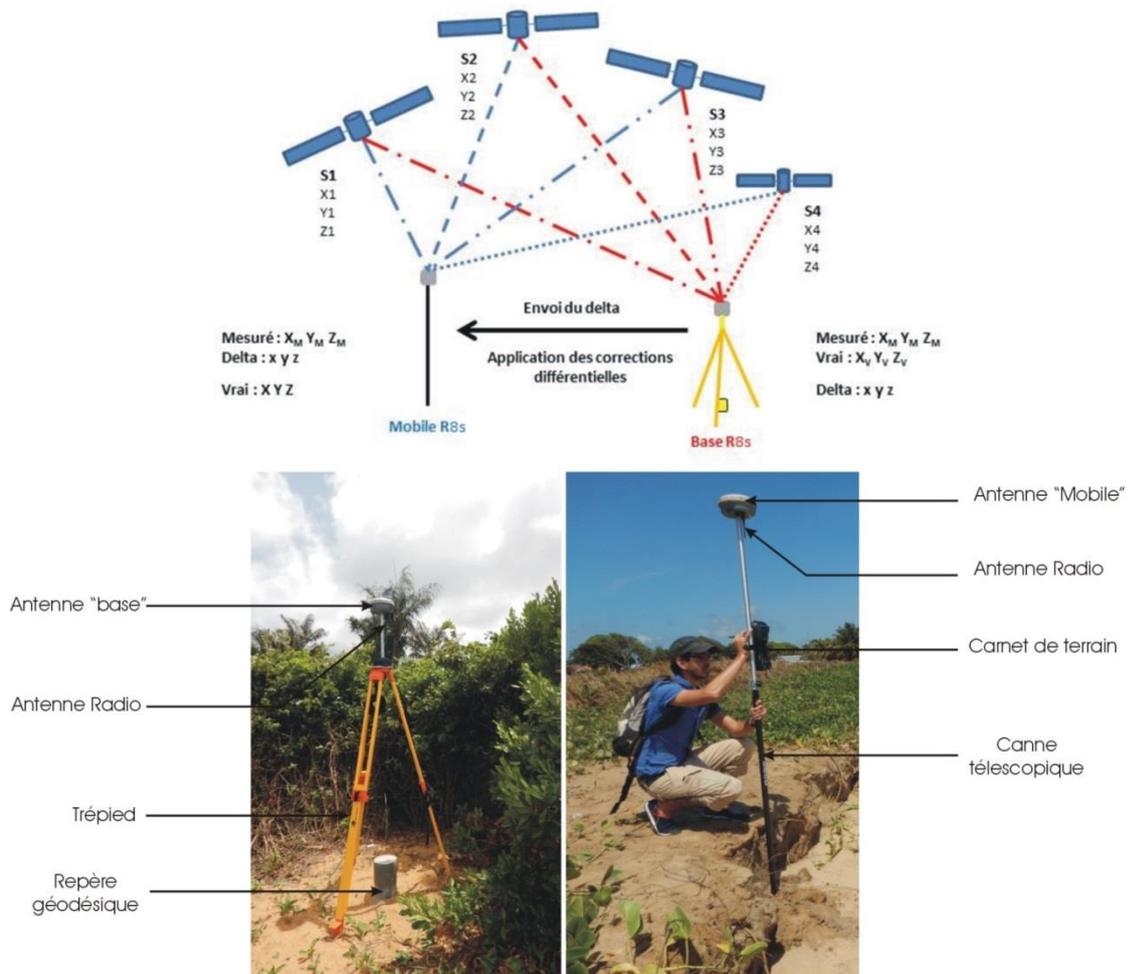


Illustration 1: En haut, schéma explicatif du fonctionnement d'un DGPS (Hoareau, 2016) en bas illustration de la base et d'un mobile R8s (©BRGM).

En 2014, des profils topographiques ont été définis selon des axes invariables au cours des campagnes, sur l'ensemble des secteurs d'intérêt du littoral étudié. Ces profils dits « profils de référence » permettent de suivre l'évolution du cordon sableux, du haut de plage et de l'estran² en effectuant des mesures récurrentes à chaque campagne (De la Torre, 2015). Les profils de références sont levés à la canne en prenant un point à chaque inflexion de la pente (Illustration 2, A).

² Zone comprise entre les plus hautes et les plus basses mers connues ou zone de balancement entre les marées.



Illustration 2 : Levés des profils de référence (A) et de la position du trait de côte (B)

La position du trait de côte est levée à pied en suivant des indicateurs prédéfinis et invariables entre les campagnes (Illustration 2, B). Les trois indicateurs géomorphologiques utilisés pour la délimitation de la position du trait de côte sont : la limite de végétation, la laisse de mer³ et le pied du talus d'érosion (Illustration 3).



Illustration 3: Exemples d'indicateurs de la position du trait de côte, a) pied de talus d'érosion, b) limite de végétation et c) laisse de mer.

Dans le cadre de la campagne d'octobre 2016, il n'a pas été possible d'effectuer l'ensemble des levés en mode RTK, pour des raisons techniques d'implantation des bases GPS et de portée d'ondes radio. Pour pallier à ce problème, de nouvelles bases complémentaires ont été créées.

Levés bathymétriques

L'objectif de ces profils bathymétriques est de suivre une évolution des petits fonds situés dans la continuité des profils topographiques.

Ces levés sont effectués à l'aide d'un sondeur monofaisceau mono fréquentiel PA500 (500 kHz, faisceau conique de 6°, profondeur maximale 50 m). La sonde bathymétrique envoie une onde acoustique qui est réfléchiée par le fond et récupérée ensuite par le sondeur. Connaissant la célérité de la propagation de l'onde acoustique dans l'eau et le temps de parcours de l'onde il est possible de déterminer la profondeur. Le suivi bathymétrique réalisé au niveau de la plage des Hattes s'est fait conjointement avec les mesures prises dans le cadre du projet de recherche Morphomar 2016 (Longueville et al., 2016). Les acquisitions ont été réalisées avec

³ Dépôt de matériaux naturels (bois, branchage, algues...) et anthropiques (bouteilles, plastiques...) abandonnées par la mer à marée haute (MEDDTL, 2010).

une sonde monofaisceau bifréquentiel, permettant de mieux différencier le fond sableux du fond vaseux.

Suite aux soucis techniques rencontrés au niveau de la portée radio du DGPS, il a été nécessaire d'utiliser un GPS Garmin 72H qui a une incertitude estimée entre 3 m et 5 m pour les levés bathymétriques effectués lors de la campagne d'octobre 2016.

La synchronisation des deux appareils est assurée par le logiciel Hydromagic© embarqué sur un ordinateur de terrain. A noter, que ce logiciel assure également la navigation et l'acquisition des données levées le long des transects.

Les levés bathymétriques ont eu lieu sur un bateau de type « Mercpanga 26 », appartenant au Parc Naturel Régional de Guyane (PNRG) et piloté par deux skippers de la Direction de l'environnement, de l'aménagement et du Logement de Guyane (DEAL) (Illustration 4).



Illustration 4: Bateau d'acquisition pour la bathymétrie: "l'Oyana"

3.3.2. Traitements des données

Données topographiques :

Les données topographiques permettent d'aboutir à plusieurs types d'indicateurs géomorphologiques qui permettent d'évaluer les dynamiques morfo-sédimentaires de la plage. Les deux données principalement retenues sont les profils de référence et la position du trait de côte.

Les données topographiques sont extraites sous format .csv et sont traitées directement sous Excel pour supprimer les valeurs aberrantes⁴.

⁴ Les valeurs aberrantes correspondent aux artefacts rencontrés sur le terrain (erreur dans la mesure, points mal positionnés...)

De plus, suite aux problèmes techniques rencontrés lors de la campagne d'octobre 2016, des erreurs planimétriques et altimétriques ont été observées sur les données brutes. Pour pallier à ce problème des corrections supplémentaires ont été faites sous Excel permettant d'avoir une incertitude finale sur la mesure de l'ordre de 10 cm.

Ces corrections ont consisté à comparer les coordonnées des mesures avec la position précise de différents points de contrôles connus. Le différentiel obtenu a permis la correction et le recalage des données n'ayant pas bénéficiées en temps réel des corrections GPS (RTK).

Données bathymétriques

Les données bathymétriques sont post-traitées directement sous le logiciel d'acquisition Hydromagic©. Les différences de profondeurs dues notamment à l'effet de la houle et de la marée sont corrigées directement à partir du logiciel. Une fois les données exportées elles sont lissées sous Excel pour gommer les effets de houle résiduels. Le lissage consiste à appliquer à chaque donnée une moyenne mobile ajustée à la période de la houle afin de corriger le mouvement du bateau lié à la houle. Dans le cadre des campagnes de 2014 à 2016 la moyenne a été calculée sur un intervalle de dix données.

3.4. SUIVI DRONE

Le suivi par drone présente l'intérêt de pouvoir être déployé rapidement pour acquérir une vue aérienne globale de la plage étudiée. Les images aériennes acquises permettent de déterminer un Modèle Numérique de Terrain (MNT) de très haute résolution (Belon et *al.*, 2015 et De la Torre et *al.* 2015).

3.4.1. Acquisition des données

En juin 2016, dans le cadre de la tranche conditionnelle de la convention de l'observatoire des premiers levés drone ont été effectués sur la plage de Kourou. Le suivi drone a permis d'acquérir des orthophotographies et de réaliser des Modèles Numériques de Terrain (MNT), afin de mieux représenter la géomorphologie des secteurs étudiés. Le MNT est une représentation 3D de la surface de la plage.

La campagne a été réalisée par la société Aeroprod® entre le 4 et 6 juin 2016, couvrant la plage de l'Hôtel des Roches et la plage de la Cocoteraie sur la commune de Kourou.

L'acquisition des données a été faite par un drone Phantom 3 possédant un capteur Sony d'une focale de 20mm embarquée. Les prises de vue ont été faites en automatique.

La méthodologie de l'acquisition a été tirée des travaux menés par Belon et *al.*(2015) sur la côte catalane.

Le recouvrement latéral de la campagne a été de 65% et le recouvrement longitudinal a été de 70%. Le vol s'est fait à une altitude constante de 50 m.

Pour des raisons techniques, l'ensemble de la plage fut découpé en 10 zones longues de 400 mètres et larges de 150 mètres (Illustration 5).

Afin d'obtenir une précision centimétrique, un calage des images a été fait à partir de cibles elles-mêmes levées à l'aide d'un GPS différentiel (DGPS). Les cibles correspondaient à des

damiers carrés de 30 cm de côté, qui étaient répartis au centre et aux quatre coins de l'image (points rouges sur Illustration 5).



Illustration 5: Plan de vol des drones de juin 2016.

En parallèle des acquisitions par drone, des points dits : « de contrôles et homologues » sont levés au DGPS. Ces points permettent respectivement de vérifier la précision en x, y et z de la mesure.

3.4.2. Traitement des données

Une fois les données acquises, un premier traitement est effectué par la société Aeroproduct©, sous le logiciel Photoscan permettant (1) de vérifier le jeu de données, (2) de calibrer le système de prise de vue, (3) de mettre en corrélation les couples d'images, (4) de caler chacune des images à l'aide des cibles au sol, (5) de contrôler la qualité et (6) de fournir les ortho-photographies au format « .tif » et un nuage de point au format « .las ».

A partir du nuage de points, l'étape suivante consiste à créer un MNT à l'aide des outils en SIG et de comparer deux MNT entre deux dates différentes afin d'estimer les volumes déplacés et ceux-ci grâce aux fonctions présente dans la bibliothèque SIG d'Arcgis (Illustration 6).

Les données ainsi acquises dans le cadre du suivi par drone ont été comparées avec le modèle numérique de terrain construit à partir de données LiDAR. Ces données ont été commandées par la DEAL et acquises à en novembre 2015 par le bureau d'étude Altoa. Cette comparaison permet de déterminer le volume de sable déplacé et les apports ou départs en sédiments.

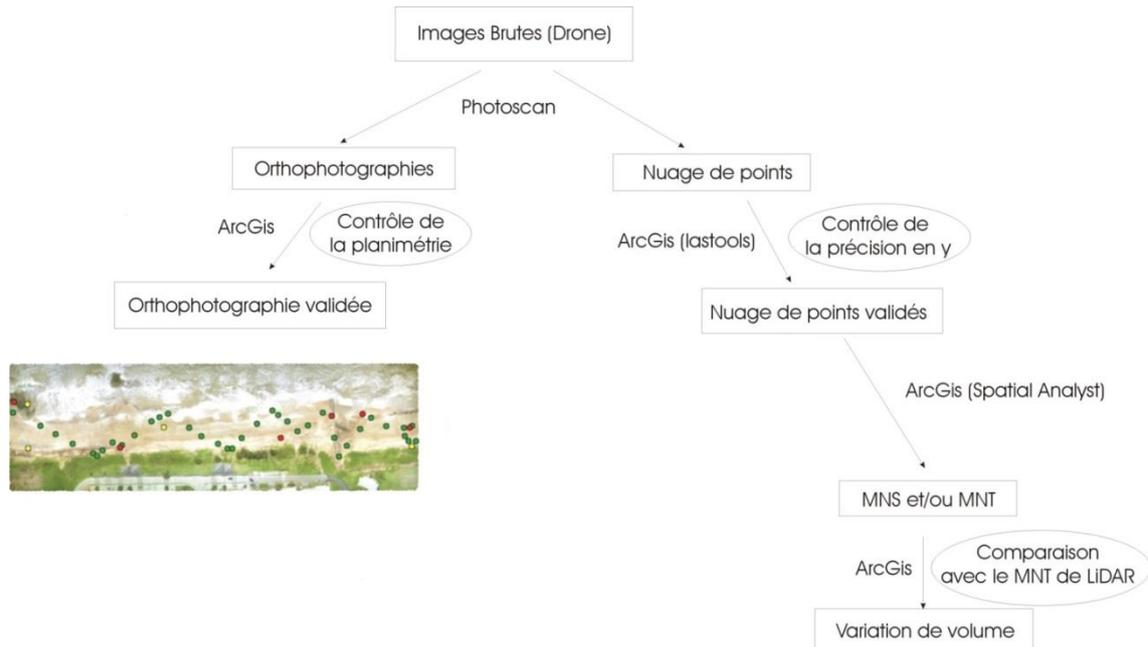


Illustration 6 : Synthèse du processus de traitement des images drone

3.4.3. Précision sur la mesure

Une comparaison entre les données prises sur le terrain au DGPS et celles sorties du modèle de Photoscan a permis de quantifier les écarts planimétriques et altimétriques des données acquises en drone.

Écarts planimétriques

Pour mesurer l'écart planimétrique (i.e écart en x et y) des acquisitions, il est nécessaire de relever au GPS centimétrique la position d'objets visibles sur le terrain et qui ne seront pas susceptibles d'être mis en mouvement (route, mur, enrochement, troncs d'arbres, etc.). Ces objets sont appelés points homologues (en rouge sur Illustration 7) et sont ensuite comparés avec les mêmes points visibles sur l'orthophotographie.

Le tableau ci-dessous regroupe les écarts relevés entre les points mesurés in situ et les points des ortho-photographies (Tableau 1).

Nombre de points	Distance min [m]	Distance max [m]	Distance moyenne[m]	Médiane [m]	Ecart type [m]
22	0,01	0,1	0,051	0,047	0,025

Tableau 1: Tableau comparatif des écarts planimétriques des points homologues sur le site de Kourou.

Les plus gros écarts ont lieu sur les objets situés aux limites des photos, ou le recouvrement est le plus faible.

Ecart altimétriques

Plusieurs points de contrôle (en vert sur l'illustration 7) ont été levés en parallèle des acquisitions par drones afin de contrôler la précision en z de la mesure (Tableau 2).

Nbs de points	Ecart min [m]	Ecart max [m]	Ecart moyen[m]	Médiane [m]	Ecart type
241	0,00000985667	0,436	0,069	0,042	0,081

Tableau 2: Tableau comparatif des écarts altimétriques sur l'ensemble de Kourou

L'erreur moyenne sur l'acquisition de la mesure par drone est donc inférieure à 7 cm aussi bien d'un point de vue planimétrique qu'altimétrique.



Illustration 7: orthophotographie avec les points de contrôle (en vert), les points homologues (en rouge) et les cibles (en jaune).

Calcul de marges d'erreur

Les marges d'erreurs des calculs de volume ont été obtenues par une méthode présentée dans Mark et *al.* (2002). Le principe est de calculer le volume total de sédiments déplacés (soit la somme des valeurs absolues des volumes en accrétion et en érosion) pour les zones où la hauteur de sédiments déplacés est comprise dans l'intervalle d'erreur des données.

3.5. SUIVI SATELLITAIRE : IMAGE LANDSAT

L'intérêt des images satellites est de pouvoir couvrir l'ensemble de la zone de Guyane, permettant d'estimer de manière qualitative les déplacements des bancs de vase. La méthodologie est la même que détaillée dans les rapports précédents de l'observatoire (Moisan et *al.*, 2016).

3.5.1. Type de données et acquisitions

Les images satellites sont acquises par le satellite Landsat 8 mis en orbite en 2015 par l'agence américaine NASA.

Ces images sont libres accès sur le site internet Earth Explorer de la Nasa, à partir du portail : <https://earthexplorer.usgs.gov>.

3.5.2. Traitement et applications

Les images sont prises à la fin de chaque année afin d'estimer la position des bancs de vase à l'échelle de la Guyane et des sites suivis. Les interprétations s'affranchissent des conditions de houles et de marées pour proposer une comparaison qualitative de la position du banc de vase au cours du temps.

Le CNRS Guyane encadre la réalisation d'une thèse de doctorat (Abascal, en prép), visant à caractériser plus précisément et de manière quantitative ces bancs de vase et leur migration.

3.6. SUIVI PHOTOGRAPHIQUE

Chaque secteur est suivi photographiquement dans le cadre des deux levés effectués chaque année et des expertises réalisées suites à des phénomènes énergétiques engendrant des dégâts. Ce suivi consiste à photographier sous différents angles la plage et les profils afin de comparer qualitativement l'évolution de la plage.

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

Ce suivi photographique vient donc en complément des autres techniques détaillées ci-dessus.

3.7. TEST AU SONAR A BALAYAGE LATERAL (SBL)

3.7.1. Acquisition des données

Fonctionnement du sonar à balayage latéral

Le SBL est un système acoustique de haute résolution (submétrique), qui fournit une image en continu et en niveau de gris de la réflectivité du fond marin. Il s'agit d'un émetteur-récepteur d'ondes acoustiques, composé de deux voies disposées symétriquement de part et d'autre du sonar, appelés transducteurs. Le principe est d'émettre un faisceau sonore étroit avec une incidence rasante. Utilisant les propriétés de rétro-diffusion acoustique⁵ des fonds marins, le sonar permet d'insonifier à différentes fréquences et perpendiculairement à la route du navire, une bande constante de 50 à 1000 m de largeur en fonction de la profondeur (appelée fauchée ou zone couverte). Le balayage parcourt une fauchée latérale qui s'évase avec la distance (Illustration 8). Les hautes fréquences du sonar EdgeTech 4125 utilisé limitent la portée (largeurs de fauchées limitées à quelques centaines de mètres) mais lui assure une bonne résolution spatiale, de quelques centimètres. Les très faibles tranches d'eau de la zone investiguée limitent aussi la largeur de la zone insonifiée (< à 100m). Il faut noter l'existence d'une zone aveugle (zone non insonifiée) de 10 à 20° située à l'aplomb du sonar. En effet, le SBL ne reçoit pas d'informations du fond à sa verticale.

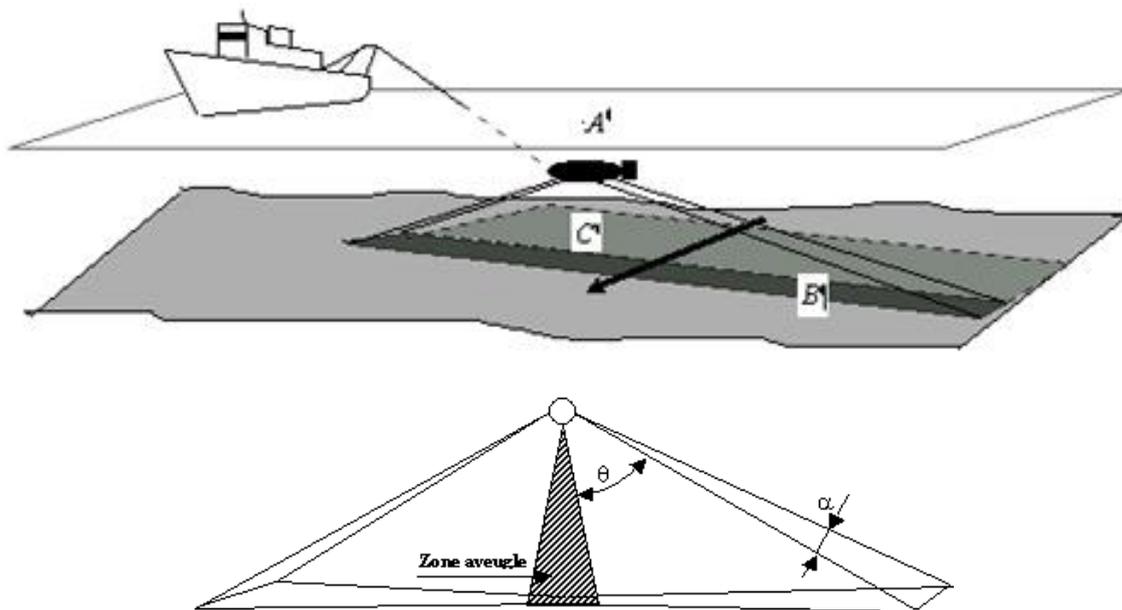


Illustration 8 : a) mise en œuvre du sonar à balayage latéral par des profondeurs d'eau supérieure à 10m.
b) fauchée d'un sonar latéral.

Le signal acoustique réfléchi par le fond marin est restitué à bord du navire via le logiciel d'acquisition : *EdgeTech Discover®*, sous la forme d'une image de réflectivité du fond (appelée sonogramme) et de la présence d'irrégularité ou de petits obstacles (ombres). Ces images renseignent sur la morphologie et la nature texturale du fond. L'amplitude des ondes réfléchies est traduite en nuances de gris. Classiquement, un enregistrement blanc ou gris clair correspondra à des sédiments fins (ex : vase) et un enregistrement gris foncé à des sédiments grossiers ; la roche paraissant plus sombre et pourvue de fractures et zones d'ombres. Les "ombres" sont induites par la présence d'obstacles qui interceptent une partie du signal. L'écho reçu sera de très faible niveau pendant une durée dépendant de l'angle de l'onde incidente rasante et de la hauteur de l'objet masquant. La limite entre deux zones ayant des coefficients de rétrodiffusion différents se traduit sur l'enregistrement graphique par une modification des niveaux de gris (Illustration 9).

⁵ Propriété selon laquelle le fond marin renvoie les ondes acoustiques en fonction de l'angle d'incidence

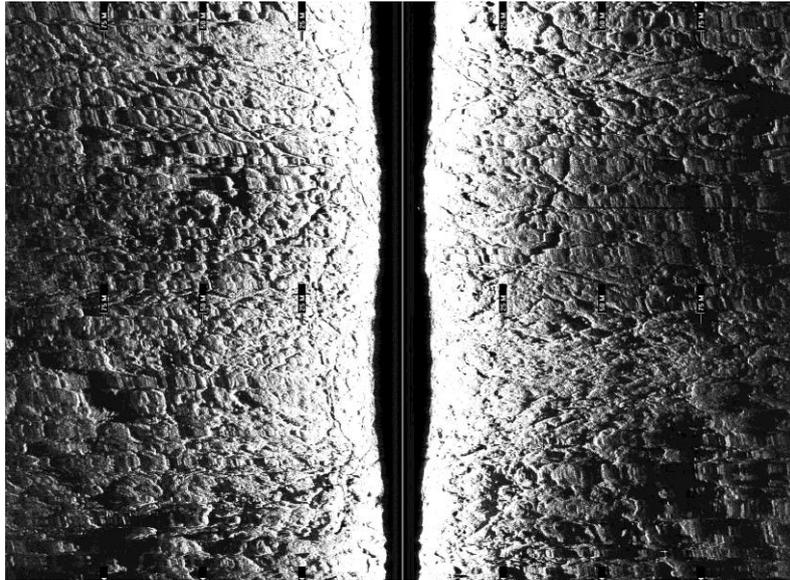


Illustration 9: Exemple d'image acquise à l'aide d'un sonar à balayage latéral, fond marin au large de Cayenne (Septembre 2016)

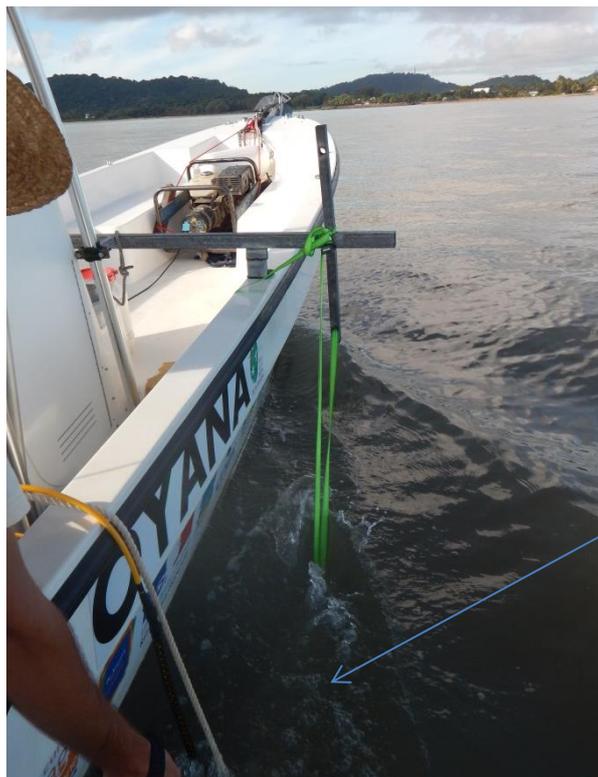
Cependant, si le SBL permet une bonne reconnaissance des structures rocheuses et sédimentaires (champs de mégarides, dunes de sable, rubans sableux,...), il ne permet pas une identification directe de la nature des sédiments. L'imagerie acoustique s'associe toujours aux prélèvements et/ou à l'observation géologique du fond marin par benne à sédiment, plomb suiffé, images vidéo, etc.

Les profils sont en général acquis parallèlement aux courbes bathymétriques de manière à avoir une profondeur constante et à favoriser la détection des structures parallèles à la côte. Dans le cas de cette campagne d'acquisition, les profils sonar ont été acquis perpendiculairement aux courbes bathymétriques, afin de fournir une image uniquement le long des profils bathymétriques et identifier des variations de faciès perpendiculaires aux isobathes.

Géométrie d'acquisition

Le SBL est habituellement tracté à l'arrière du bateau et immergé au-dessus des fonds à environ un dixième de la portée efficace maximale choisie (Longueville et *al.*, 2016 c)). Compte-tenu de la très faible tranche d'eau (< à 5m) du littoral guyanais, le SBL n'a pu être tracté. Il a été maintenu :

- dans un premier temps : proche de la surface à proximité du bateau, à bout de bras à l'arrière tribord du bateau ;
- dans un second temps : proche de la surface à proximité du bateau, tenu par la tête à la perche de la sonde bathymétrique via des sangles et à l'arrière à bout de bras. (Illustration 10).



Poisson
du sonar à
balayage
latéral

Illustration 10: géométrie d'acquisition du sonar. Le poisson est maintenu au niveau de sa tête à la perche via des sangles et à l'arrière à bout de bras.

Pour les futures campagnes d'acquisitions, un système de fixation proche surface devra être élaboré.

3.7.2. Traitements des données

Les données ont été traitées via le logiciel *EdgeTech Discover* © et interprétées par les experts du BRGM d'Orléans.

4. Résultats des évolutions morpho-sédimentaires par sites

Les résultats, topo-bathymétriques et bathymétriques obtenus depuis l'année 2014, sont annexés à la fin de ce rapport.

4.1. PLAGES DES HATTES : COMMUNE D'AWALA-YALIMAPO

4.1.1. Contexte et tendances évolutives pluri-annuelles

La plage des Hattes s'étend du « village de Simili » à l'Est jusqu'à la pointe des Hattes à l'Ouest. Cette plage, longue d'environ 2,5 km, est faiblement urbanisée et située à proximité de l'estuaire du Maroni. Elle constitue l'une des seules plages estuariennes de la Guyane française. Son fonctionnement, mal compris, fait l'objet de plusieurs études de recherche (thèse en cours, projets EPHEMAR, MORPHOMAR, OYAMAR...) afin, en particulier, de caractériser les transits sédimentaires et le rôle du Maroni sur la quantité de sable apportée sur la plage. Dans le cadre de l'Observatoire, trois profils topo bathymétriques sont suivis (Illustration 11).

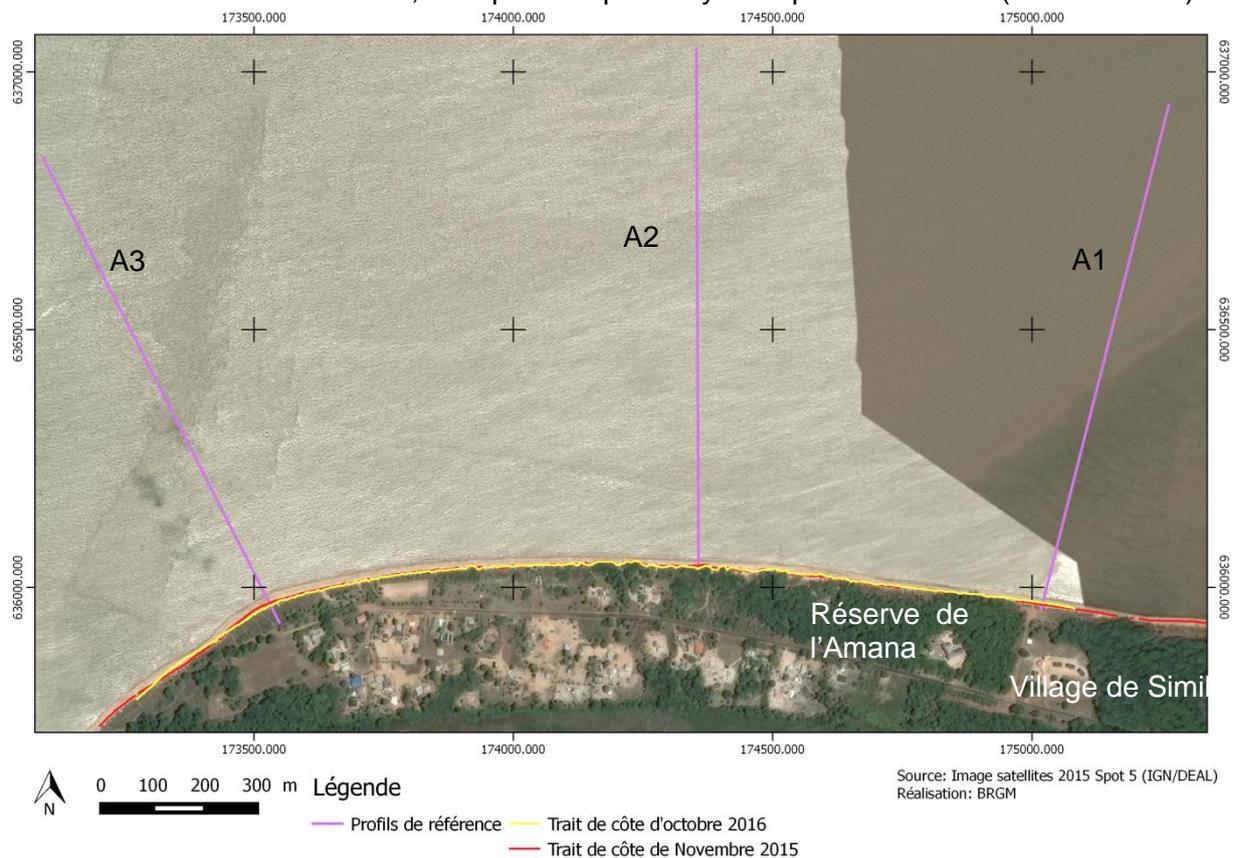


Illustration 11: Position des différents profils le long de la plage des Hattes

Au cours des années passées les évolutions pluriannuelles de la zone ont montré une phase d'alternance entre érosion de 1950 à 2006 et une phase d'accrétion depuis 2006 (Moisan et al, 2014).

Actuellement un banc de vase est installé à l'est de la plage vers le village de Simili (Illustration 12).



Illustration 12: Position du banc de vase au niveau de la plage des Hattes, image prise le 10/10/2016

Auparavant, l'embouchure de la Mana se jetait à l'ouest vers la plage des Hattes, mais actuellement l'ensemble de ce secteur s'est refermé avec la présence de la vase et de la mangrove entraînant le déplacement de l'embouchure dans la configuration actuel, vers l'est.

Au cours de l'année 2016, la mangrove s'est développée et le banc a continué de se déplacer vers l'ouest, dépassant progressivement la réserve de l'Amana et atteignant le profil A2 (Illustration 13).

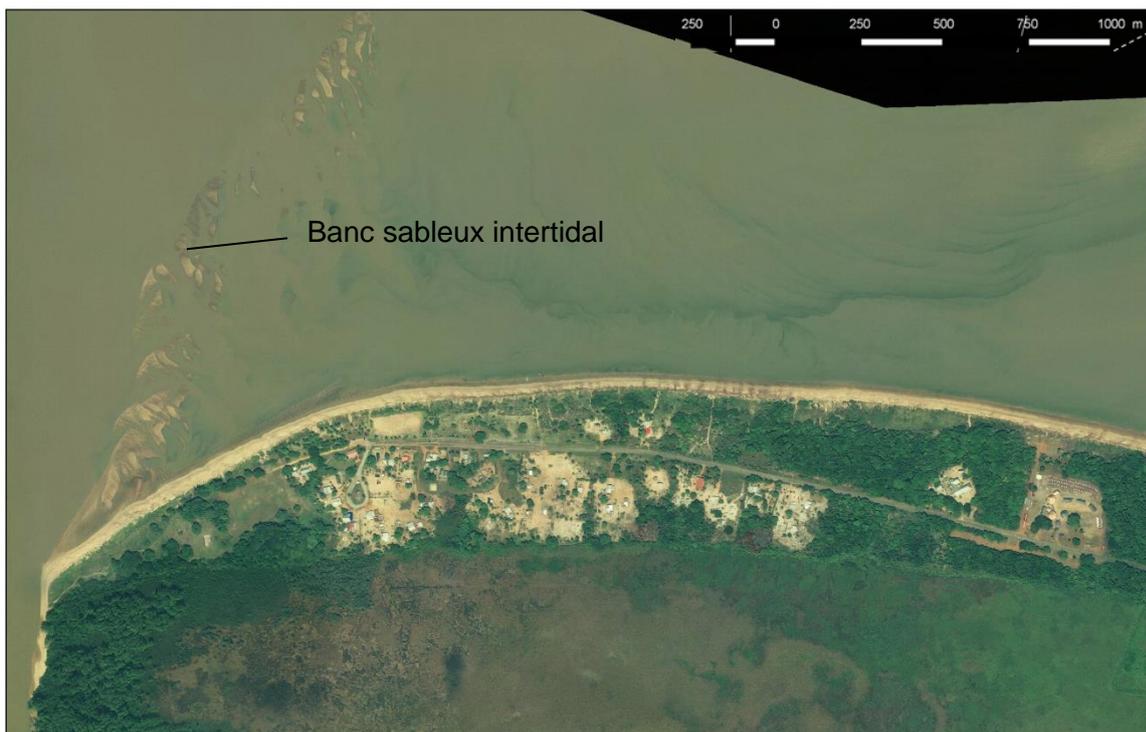
La vase déposée se situe essentiellement dans la zone subtidale⁶, mais lors du retrait de la marée au niveau de la vasière intertidale, des fentes de dessiccation apparaissent dans la vase, permettant à la mangrove de se développer et de coloniser le banc au niveau du littoral. Il est peu probable que ce dernier continue de se déplacer vers l'ouest car le Maroni joue le rôle d'épi hydraulique empêchant le dépôt de la vase.

⁶ Qualifie les fonds marins côtiers s'étendant en dessous du niveau des plus basses mers.



Illustration 13: Evolution de la mangrove au niveau du profil A1 entre avril 2016 (a) et octobre 2016 (b).

L'embouchure du Maroni est caractérisée par de très faibles profondeurs d'eau et par la présence d'un banc sableux intertidal qui se développe perpendiculairement à la plage des Hattes. La position de ce banc, mal cartographié et complexe, est variable au cours du temps (Illustration 14).



Fonds: BDOrtho 2011

Illustration 14: Position du banc sableux en 2011

4.1.2. Evolution morpho-sédimentaire à court terme : année 2016

Position du trait de côte

Le suivi de la position du trait de côte montre une différence entre la partie est de la plage (en face du village de Simili) où une vasière intertidale récente s'est installée et la partie ouest non

envasée. En effet, au regard de l'illustration 15, la position du trait de côte a avancé de 3 m face au village de Simili et a reculé de 6 m face au profil A2, au cours de l'année 2016.

Plus à l'ouest, vers l'estuaire du Maroni et face au profil A3, l'évolution spatiale annuelle du trait de côte se caractérise par une succession d'avancée et de recul localisé. Cette alternance spatiale est à mettre en lien avec le fonctionnement hydro-sédimentaire complexe de l'embouchure du Maroni.



Source: Image satellites 2015 Spot 5 (IGN/DEAL)
Réalisation: BRGM

Légende

- Profils de référence
- Trait de côte d'octobre 2016
- Trait de côte de Novembre 2015

Illustration 15: Evolution du trait de côte entre novembre 2015 et octobre 2016 face du village de Simili



Source: Image satellites 2015 Spot 5 (IGN/DEAL)
Réalisation: BRGM

Légende

- Profils de référence
- Trait de côte d'octobre 2016
- Trait de côte de Novembre 2015

Illustration 16: Evolution du trait de côte entre novembre 2015 et octobre 2016 face proche de la pointe des Hattes

Profils topo-bathymétriques

Du fait des conditions hydrodynamiques lors de l'acquisition, le suivi précis des profils bathymétriques s'est avéré difficile. Néanmoins les mesures obtenues ci-dessous (Illustration 17) permettent de dégager la tendance d'évolution morphologique du secteur.

Lorsqu'une vasière intertidale se développe et commence à être colonisée par la mangrove, comme c'est le cas au niveau du profil A1 (Illustration 17), la vase se dépose sur le sable du bas de plage et le profil connaît une légère accrétion et un changement de nature sédimentaire (environ +50 cm). L'absence de données observées entre le profil topographique et le profil bathymétrique est due au caractère non portant de la vase et de la difficulté à naviguer à très petits fonds.

En cours de l'année 2016, le recul de la position du trait de côte au niveau du profil A2 s'est également accompagné d'un abaissement (environ 1 m) du haut de plage. Cette érosion est expliquée par des épisodes de fortes houles de début 2016 et l'absence de vasière intertidale bien constituée, à la différence du profil A1.

L'évolution topographique et bathymétrique annuel du profil A3 montre une érosion généralisée avec un abaissement de ce profil d'environ 50 cm au niveau du haut de plage (Illustration 17). Cette évolution du haut de plage localisée sur le profil mesuré n'est pas significative de l'ensemble de la zone jouxtant le profil A3, car d'autres secteurs de plages adjacentes montrent des signes d'accrétion. En domaine subtidal, les données bathymétriques de 2016 montrent la présence de bancs estuariens plus marqués qu'en 2015 sur le profil. Mais cette évolution n'est pas non plus significative étant donné l'aspect fortement tridimensionnel de ces bancs.

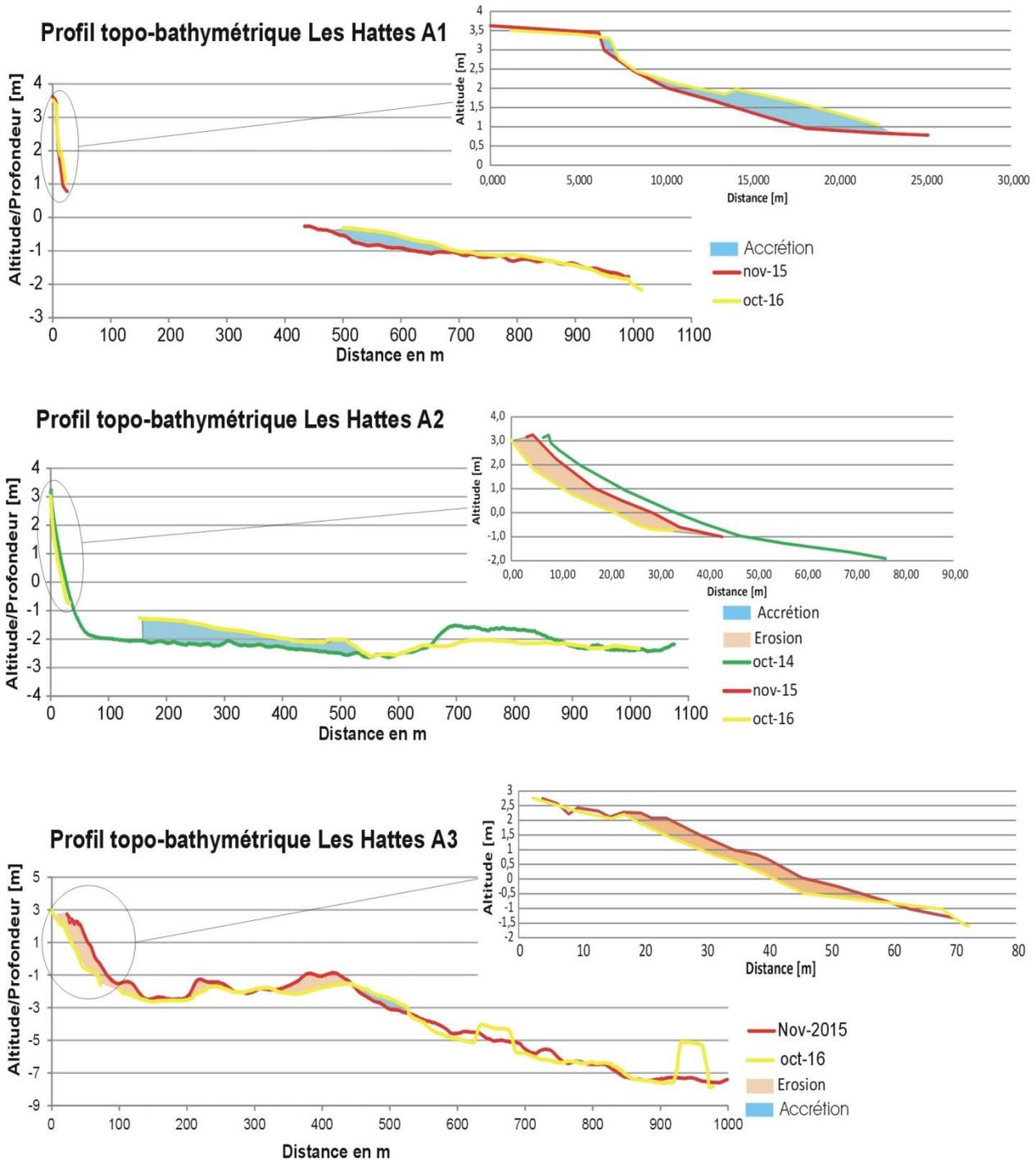


Illustration 17: Profils topo-bathymétriques A1, A2, A3 situés au niveau de la plage des Hattes.

Bilan

La plage des Hattes a la particularité d'être assujettie à l'arrivée d'un banc de vase à l'est et à la présence du fleuve du Maroni à l'ouest. L'évolution morphologique de la zone est donc très hétérogène avec une légère accrétion et une avancée de la position du trait de côte à l'est et une érosion et un recul de la position du trait de côte à l'ouest.

4.2. PLAGES DE KOUROU

4.2.1. Contexte et tendances évolutives pluri-annuelles

Les deux plages de Kourou qui sont suivies dans le cadre de l'observatoire de la dynamique côtière de Guyane correspondent à deux cellules littorales distinctes. L'une est située au niveau de la plage de l'hôtel des Roches et l'autre au niveau de la plage de la Cocoteraie. Dans le cadre de l'observatoire, deux profils (K1 et K2) sont suivis sur la plage de l'hôtel des roches et initialement 3 profils (K3, K4 et K5) étaient positionnés sur la plage de la Cocoteraie. En concertation avec la DEAL et suite au prélèvement de sable effectué à l'extrémité nord-ouest de la plage de Kourou, un profil supplémentaire (K6) a été rajouté sur la plage appartenant au CSG (Centre spatial de Guyane) (Illustration 18).

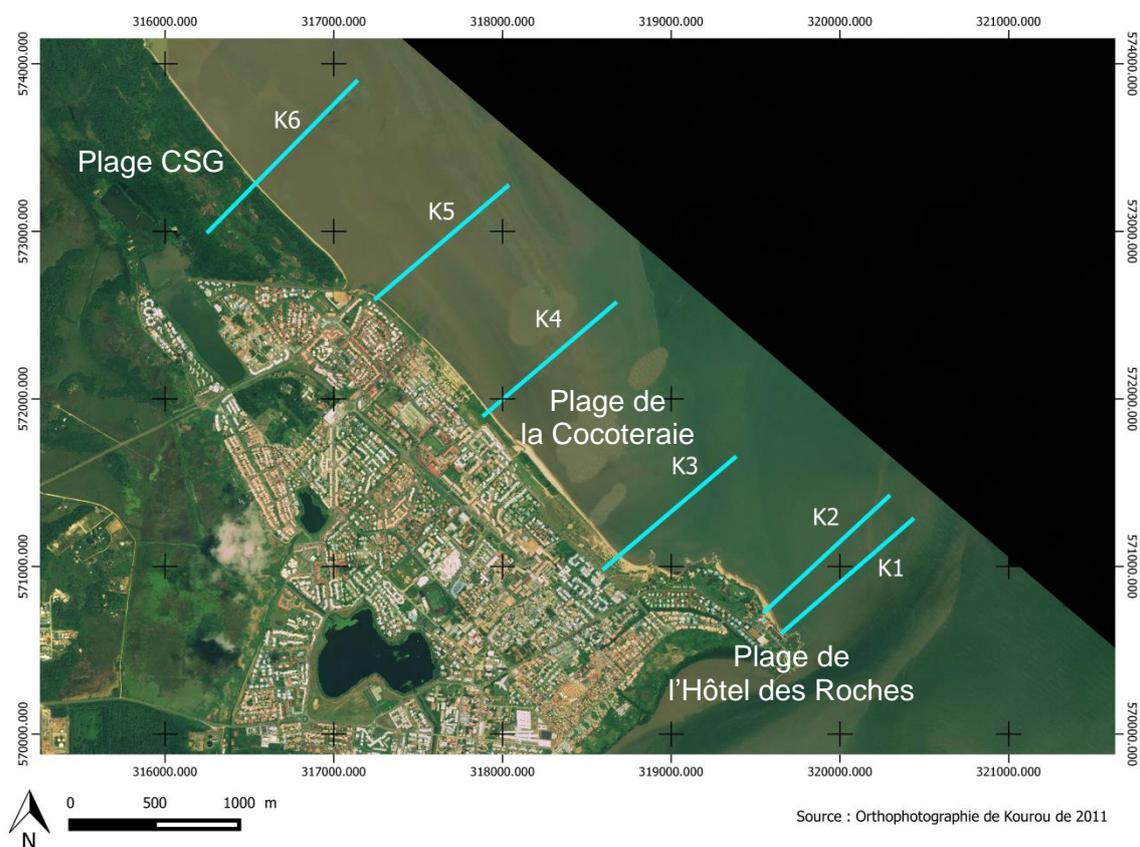


Illustration 18: Profils répartis sur l'ensemble de la commune de Kourou

La première cellule, appelée « plage de l'Hôtel des roches » est une plage de poche⁷ longue d'environ 350 m et située face à l'hôtel des Roches à côté de la tour Dreyfus.

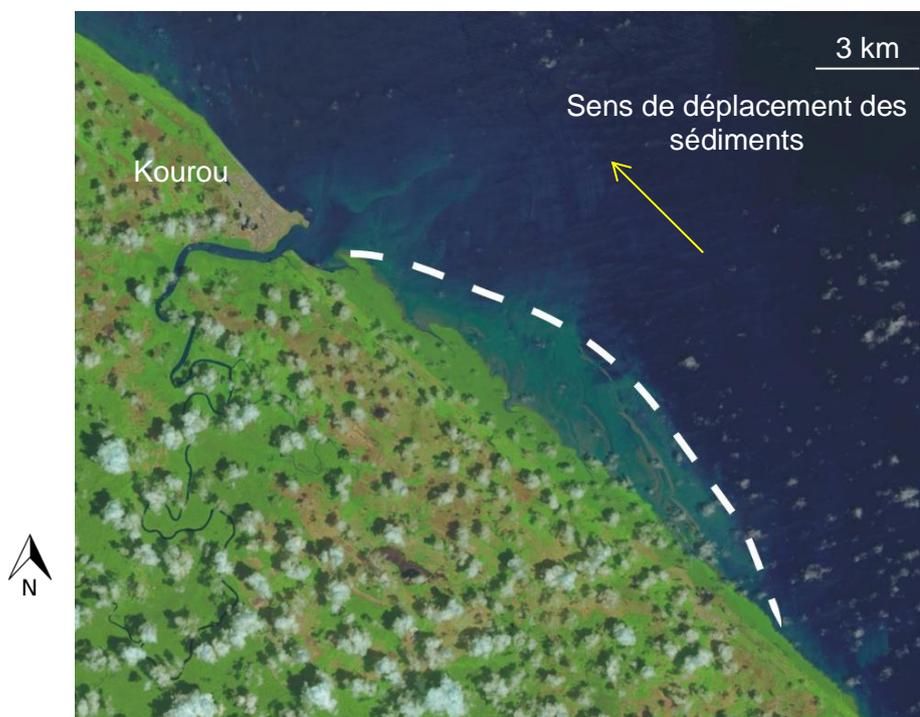
La seconde cellule s'étend de la pointe Charlotte jusqu'à la pointe Pollux. Cette cellule, longue d'environ 5.5 km, est très hétérogène d'un point de vue occupation du sol. La partie, située le plus proche de la pointe Pollux est très urbanisée alors que celle la plus au nord-ouest

⁷ Les plages de poche sont des plages de faible étendue, n'excédant généralement pas le kilomètre, habituellement abritées en fond de baie (Belon et al., 2014).

appartient au CSG et est maintenue à l'état naturel. Le secteur suivi dans le cadre de l'Observatoire est la plage nommée « plage de la Cocoteraie », longue d'environ 3 km.

Au regard des évolutions passées et du fait de la géologie du secteur (présence de promontoires rocheux), les évolutions depuis 1950 sont plutôt faibles comparées à d'autres secteurs de la Guyane comme Iracoubo ou Sinnamary (Moisan et al, 2014). Mais localement des évolutions majeures sont tout de même enregistrées depuis 2014.

Actuellement un banc de vase se situe sur la partie sud-est de l'embouchure du Kourou et se déplace du sud-est vers le nord-ouest (Illustration 19). De par sa position dite en « inter-banc » le littoral de Kourou est donc vulnérable aux phénomènes d'érosion et de submersion marine. En 2016, deux forts épisodes d'érosion et de submersions marines, en début et fin d'année, ont donné suite à des expertises propres au littoral de Kourou dans le cadre de l'observatoire de la dynamique côtière de Guyane (Longueville et al, 2016a),2017b)).



Source: Landsat 8 USGS 10/10/2016
Réalisation: BRGM Guyane

Illustration 19: Position du banc de vase proche de la commune de Kourou

4.2.2. Evolution morpho-sédimentaire à court terme : année 2016

Conditions hydrodynamiques

Données disponibles

Afin de bien caractériser les conditions hydrodynamiques rencontrées durant la période d'étude, plusieurs jeux de données sont utilisés:

- des données issues du marégraphe de l'île Royale à Kourou mises à disposition via le site DataShom⁸ pour déterminer le niveau d'eau sur chaque site;
- des données issues du houlographe installé en été 2016, disponibles sur le site Candhis⁹, de juin 2016 à février 2017 pour la bouée située au large de Kourou ;

Conditions de houle

La houle peut être caractérisée par trois paramètres principaux :

- sa hauteur significative¹⁰ (Hs [m]) ;
- sa période (T [s]) ;
- sa direction (D [°]).

La courbe des hauteurs significatives, obtenue à partir du houlographe, montre des hauteurs dépassant les 2 m en décembre 2016, avec des périodes comprises autour de 10s, traduisant des évènements énergétiques.

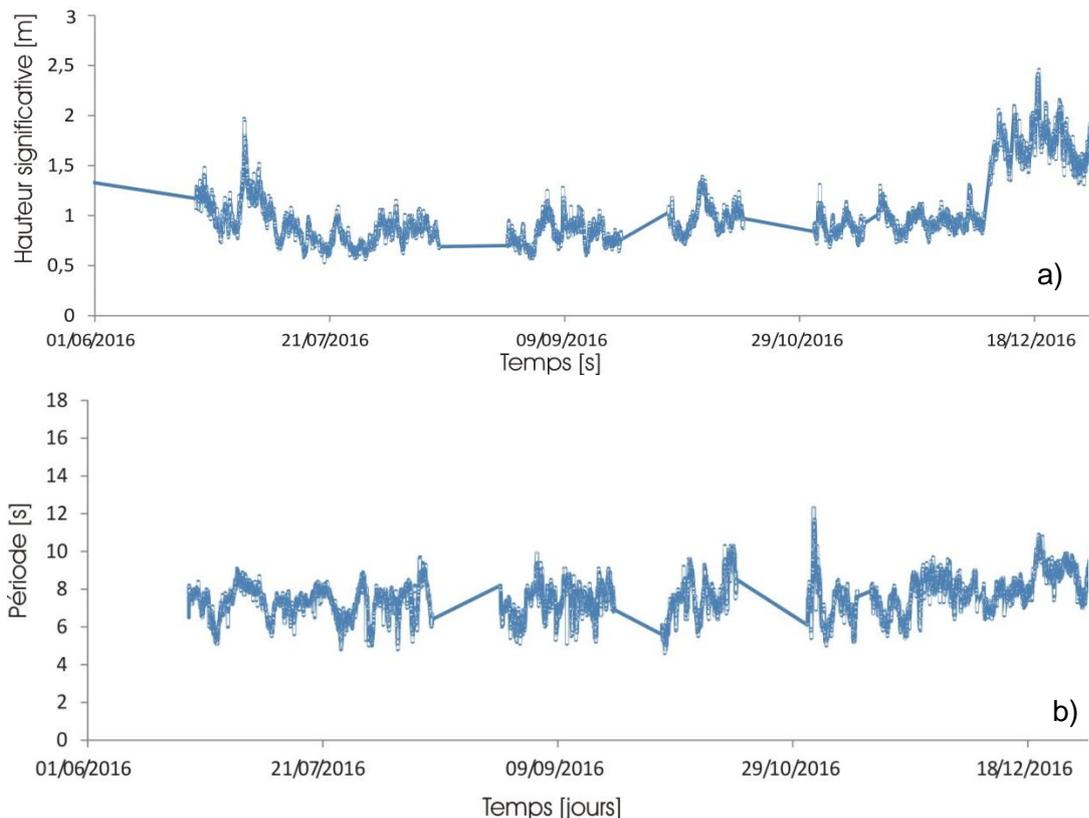


Illustration 20: Courbes des hauteurs significatives a) et de la période b) obtenues à partir du houlographe au niveau de l'île Royale entre juin et décembre 2016 (<http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>).

La rose des houles représentée à l'illustration 21 indique le pourcentage des houles en fonction de leur direction et de leur hauteur significatives. Ainsi, sur l'ensemble de la période, les houles incidentes venaient majoritairement du Nord-Est.

⁸ <http://data.shom.fr/donnees/refmar> vu le 04 mai 2017

⁹ <http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/> vu le 04 mai 2017

¹⁰ Moyenne des hauteurs du tiers des plus fortes vagues

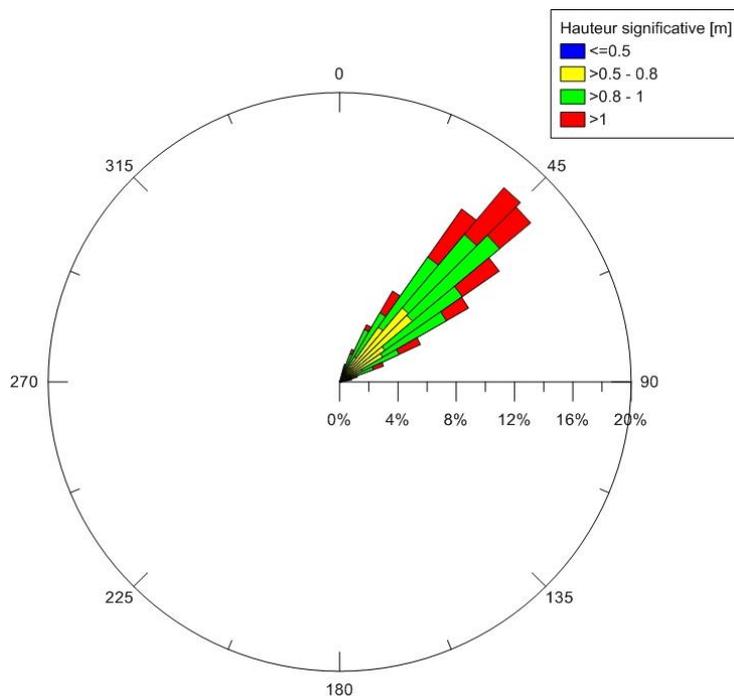


Illustration 21: Direction des houles incidentes au niveau du houlographe au large de Kourou entre le 24 juin 2016 et le 17 novembre 2016 (<http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>).

Niveaux d'eau (marée)

En Guyane, le niveau d'eau est principalement contrôlé par les phénomènes de marée. En effet, la Guyane est soumise à un marnage méso-tidale avec un niveau moyen de 2.00 m à Kourou, (Shom, 2016). La comparaison de la courbe des hauteurs significatives avec le niveau d'eau permet de caractériser les coups de mer de fin d'année 2016, qui se sont déroulés lors des périodes de vives eaux et avec des hauteurs significatives supérieures à 2m (Illustration 22).

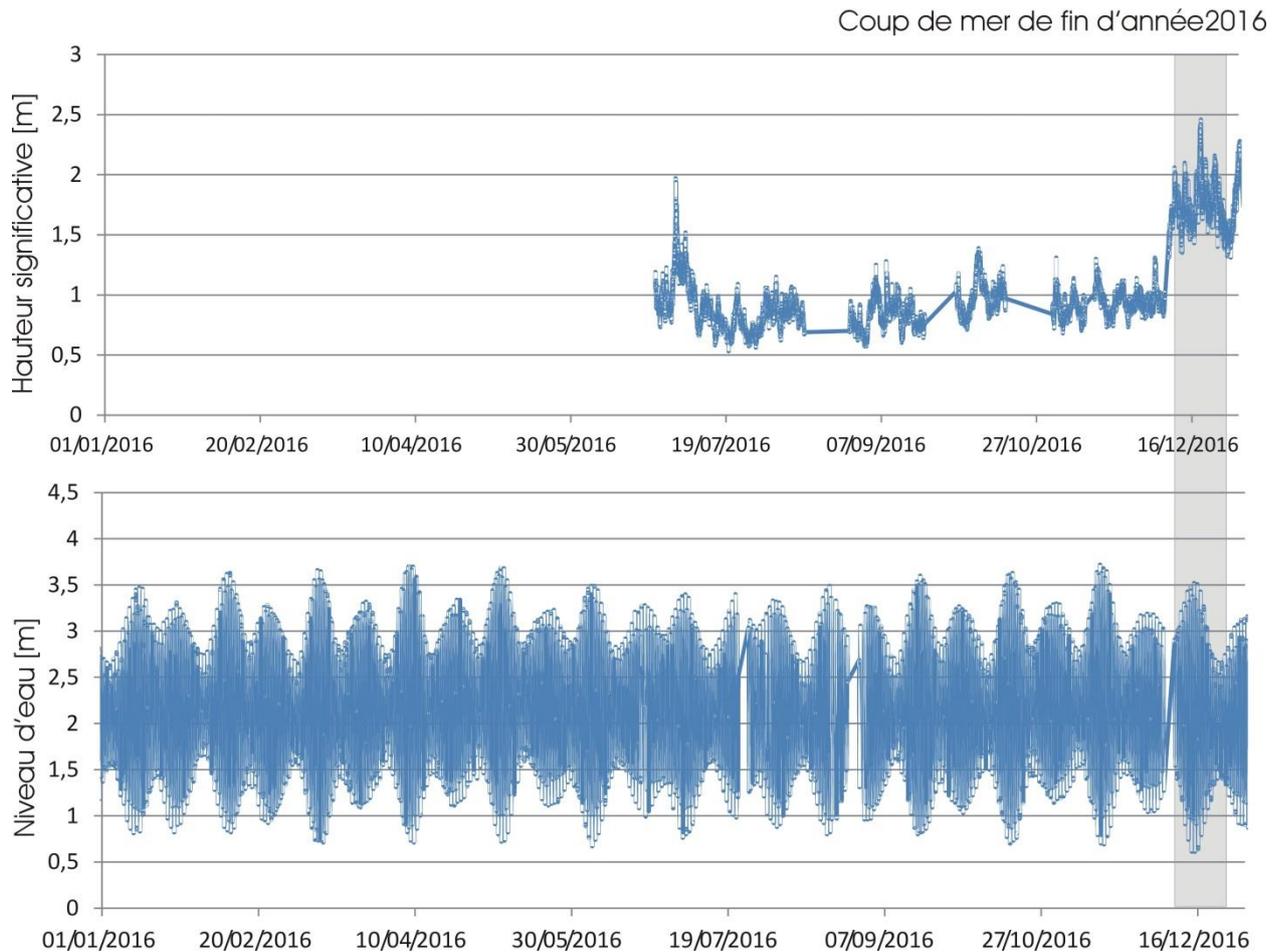


Illustration 22: Comparaison entre la hauteur significative et le niveau d'eau face à kourou (<http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/> et <http://data.shom.fr/donnees/refmar>).

Plage de l'hôtel des Roches

Evolution du trait de côte

Entre octobre 2015 et novembre 2016, la position du trait de côte a varié de manière contrastée sur l'ensemble du secteur. Un recul maximal d'environ 15 m a été observé proche du profil K2 au niveau de la partie nord-ouest de la plage. A l'opposé, une avancée maximale de la position du trait de côte d'environ 30 m a été observée au niveau de la partie sud-est de la plage (Illustration 23).



Légende

- Trait de côte de novembre 2016
 - Trait de côte d'octobre 2015
 - Profils de références
 - Recul
 - Avancé
- Profondeurs [m] :
- 1.3 - 2.1
 - 2.1 - 3.0

0 50 100 m



Illustration 23: Evolution du trait de côte entre octobre 2015 et novembre 2016, face à la plage de l'Hôtel des Roches.

Evolution des profils topo-bathymétriques

L'illustration 25 présente une comparaison (entre 2015 et 2016) des résultats des acquisitions topo-bathymétriques pour les profils K1 et K2. Pour le profil K1, ces résultats sont contrastés entre la partie topographique et la partie bathymétrique. En effet, dans la partie topographique, la comparaison des résultats montre une augmentation du profil comprise entre 1,5 m et 2m, alors que pour la partie bathymétrique, elles montrent trois tendances différentes : un secteur stable (100 à 650 m), un secteur en érosion (650-750 m) qui correspond au chenal dragué et un secteur en accrétion (750 à 1000m).

En ce qui concerne le profil K2, la comparaison des données acquises entre 2015 et 2016 montre une tendance généralisée à l'érosion, à la fois dans la partie topographique et dans la partie bathymétrique. Ces résultats sont cohérents avec les résultats de l'évolution du trait de côte.

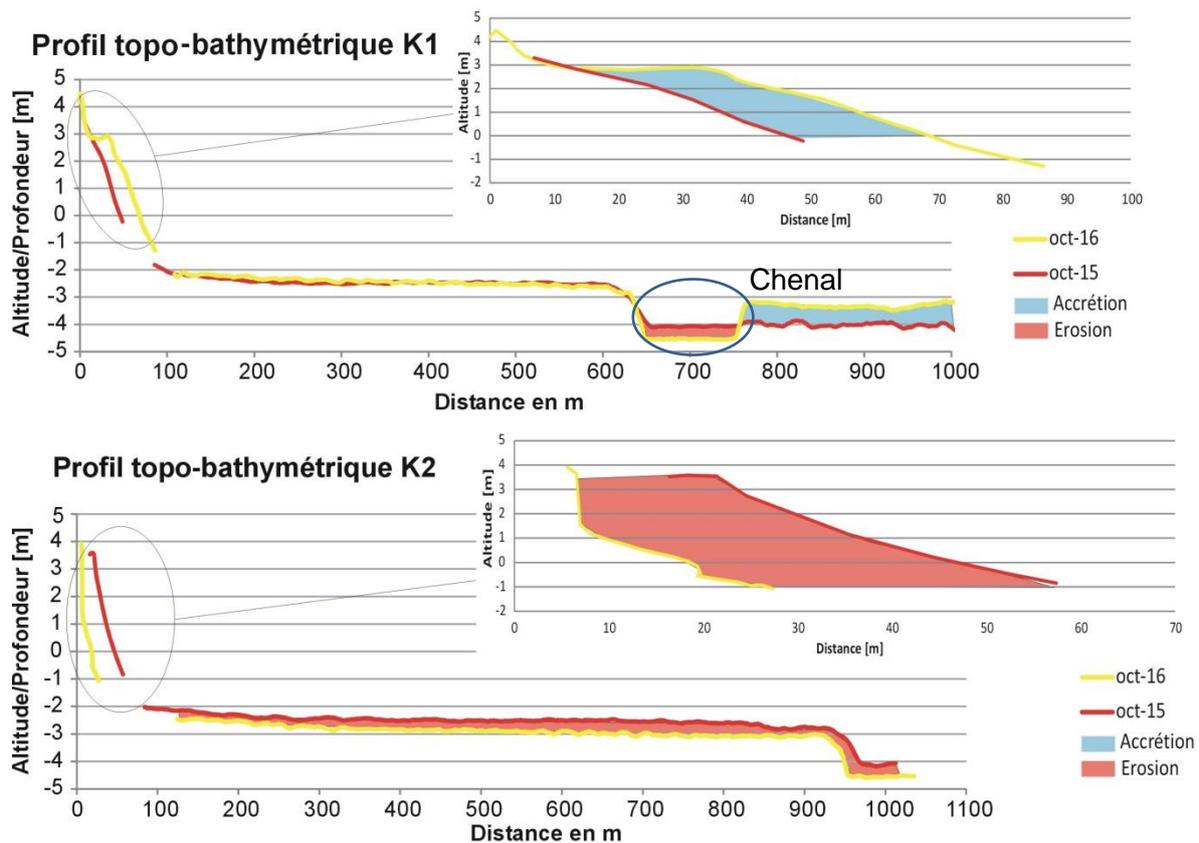


Illustration 24: Profils topo-bathymétrique K1 et K2 de la plage de l'hôtel des roches

Sur le terrain, les marqueurs de l'érosion de la plage au niveau du profil K2 sont particulièrement frappants. Ils sont représentés par plusieurs phénomènes tels que la chute et le déracinement de nombreux cocotiers et la destruction de la route située en arrière-plage. Cette route détruite par l'action érosive de la mer est responsable de la présence de gravats sur la plage (Illustration 25). A noter aussi que cette érosion est par ailleurs matérialisée par le démantèlement de l'ouvrage de protection StabiPlage© installé perpendiculairement au trait de côte et par la dégradation de celui installé parallèlement.



Illustration 25 : Dégradation du stabiplage (a) ; chute des cocotiers et présence de gravats (b) octobre 2016.

Analyse des données « haute résolution »

La réalisation de mesures Lidar en novembre 2015 et d'un levé photogrammétrique par drone en juin 2016 ont permis de disposer d'une couverture topographique complète et à haute résolution de la plage pour analyser l'évolution morphologique de l'année 2015-2016. L'illustration 26 représente la différence altimétrique entre novembre 2015 et juin 2016 pour la plage des Roches. Ces données ont été obtenues en comparant les valeurs altimétriques des MNT acquises pour ces deux périodes. L'illustration montre une baisse de l'altitude allant jusqu'à 2.27 m dans le secteur nord-ouest de la plage et une augmentation de l'altitude allant jusqu'à 2.53 m dans le secteur sud-est. Ceci traduit le déplacement du stock sableux du nord ouest de la plage vers le sud-est.

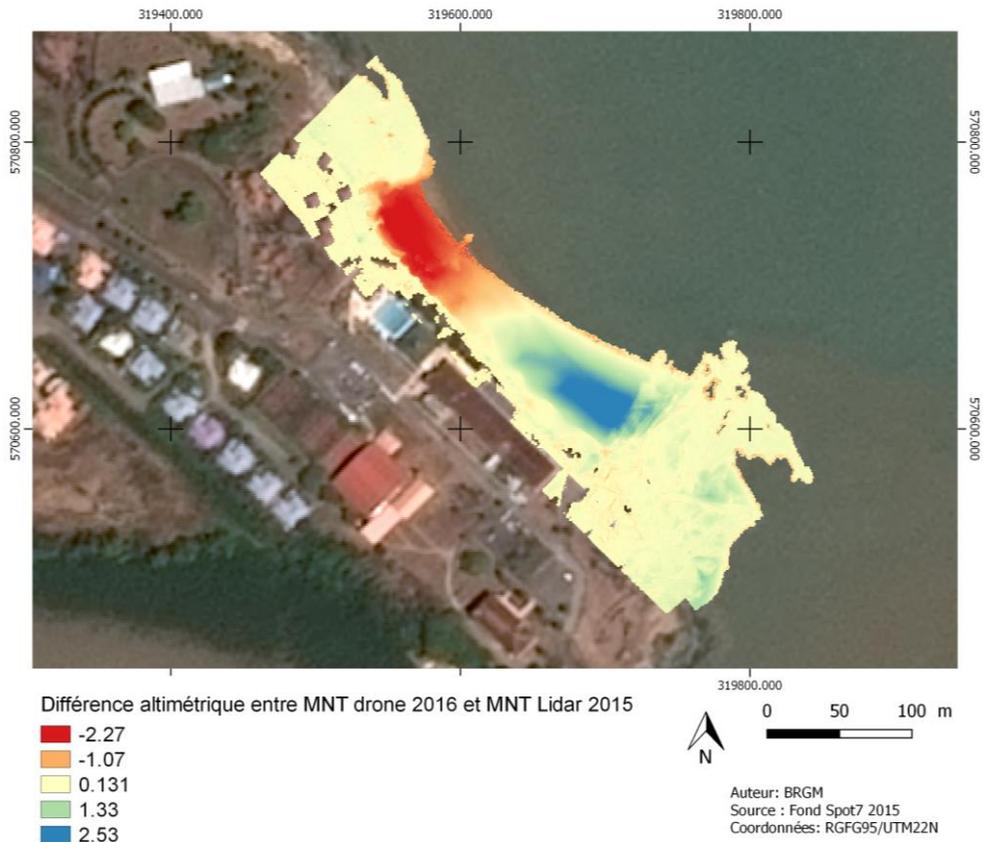


Illustration 26: Différence d'altitude entre le MNT Lidar de novembre 2015 et le MNT obtenu à partir des images drone de juin 2016.

Le calcul de volume pour la zone traduit également ce phénomène avec presque la totalité du sable qui s'est déplacé d'une zone à une autre. La marge d'erreur est estimée à 500 m³. Le fait d'avoir au final un volume en accrétion est assez surprenant au regard de la configuration, une hypothèse est l'apport en sédiment de la partie subtidale de la zone face à K2 qui est en érosion d'après le profil (Illustration 24). Mais cela soulève également des interrogations sur l'interaction possible entre la plage de l'Hôtel des Roches et l'impact du fleuve Kourou dans l'apport en sédiments. Ce type de résultat devra être confirmé ou infirmé avec d'autres levés du même type complémentaires.

Zone	Volume accrétion [m ³]	Volume érosion [m ³]	Volume totale [m ³]
Z1	9403,29854	-7324,64361	2079

Tableau 3: Tableau de synthèses des volumes de sédiments déplacés au niveau de l'hôtel des roches entre novembre 2015 et juin 2016.

Ce phénomène de déplacement sédimentaire est largement décrit dans la littérature et nommé : phénomène de rotation de plage. Concernant la Guyane, ce phénomène a été décrit par plusieurs auteurs (e.g. Dolique et Anthony (2005) ; Brunier et al. (2016) ; Moisan et al., 2012) et expliqué par la réfraction de la houle incidente sur la vase lors de l'arrivée d'un banc, entraînant ainsi une inversion de la dérive littorale¹¹. La dérive s'inversant le stock de sable se déplace alors de l'ouest vers l'est (Illustration 27). Si cette hypothèse se vérifie dans le temps, la brusque rotation de la plage des Roches pourrait donc annoncer le déplacement vers Kourou du front du banc de vase, situé actuellement sur la rive est du fleuve. L'accrétion observée dans le secteur situé au large du profil K1 (au-delà du chenal dragué) (Illustration 24) tend à valider cette hypothèse.

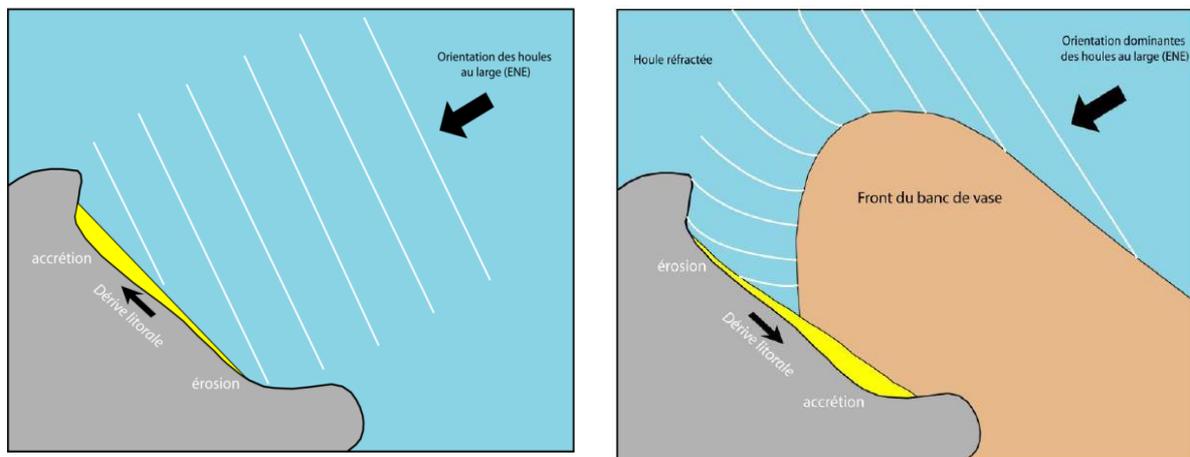


Illustration 27 : schéma illustrant le phénomène de rotation de plage (d'après Moisan et al., 2012)

Plage de la Cocoteraie

La plage de la Cocoteraie longue d'environ 3 km, s'étend de la pointe Pollux jusqu'à un kilomètre après le centre hippique (Illustration 28).

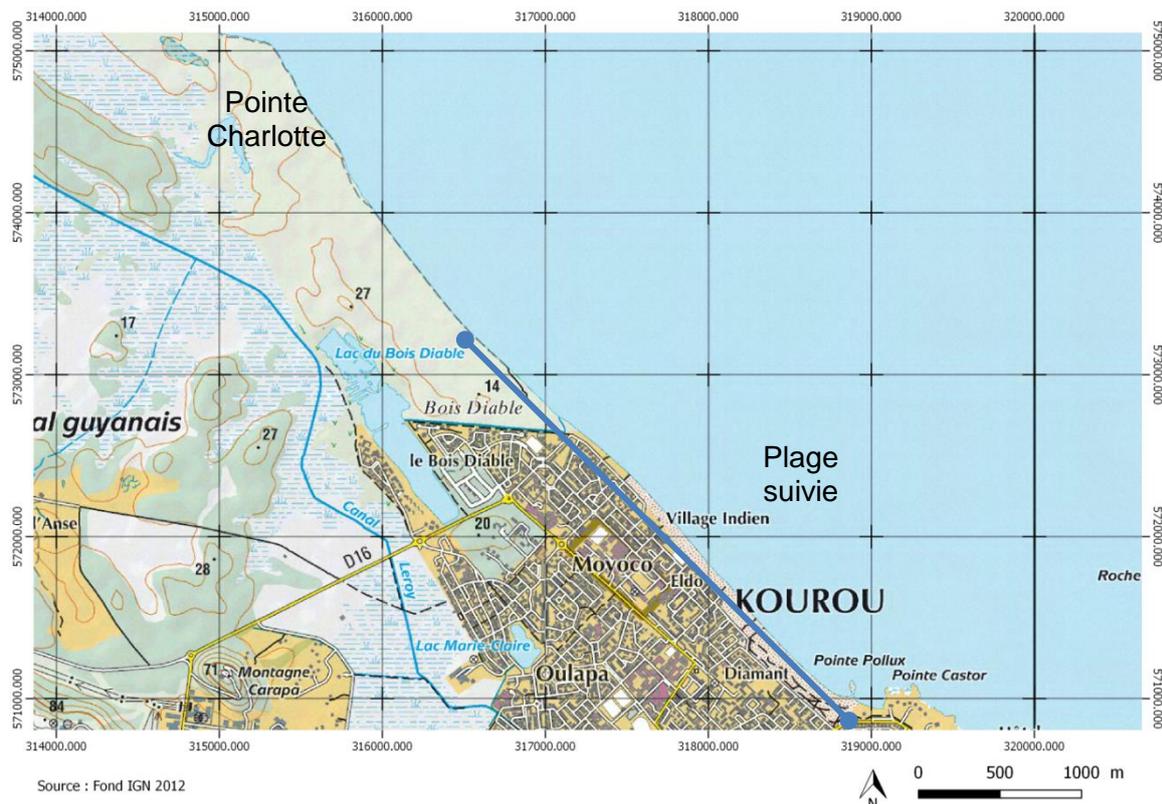


Illustration 28: Fond IGN de Kourou

Evolution du trait de côte

A l'extrémité sud-est vers la pointe Pollux, l'évolution du trait de côte enregistre une avancée de l'ordre de 60 m (Illustration 29). A l'inverse, et de manière similaire à ce qui a été observé pour la plage des Roches, la comparaison des données entre 2015 et 2016 montre un recul d'environ 20 m de la position du trait de côte dans la partie nord-ouest de la plage (Illustration 30).

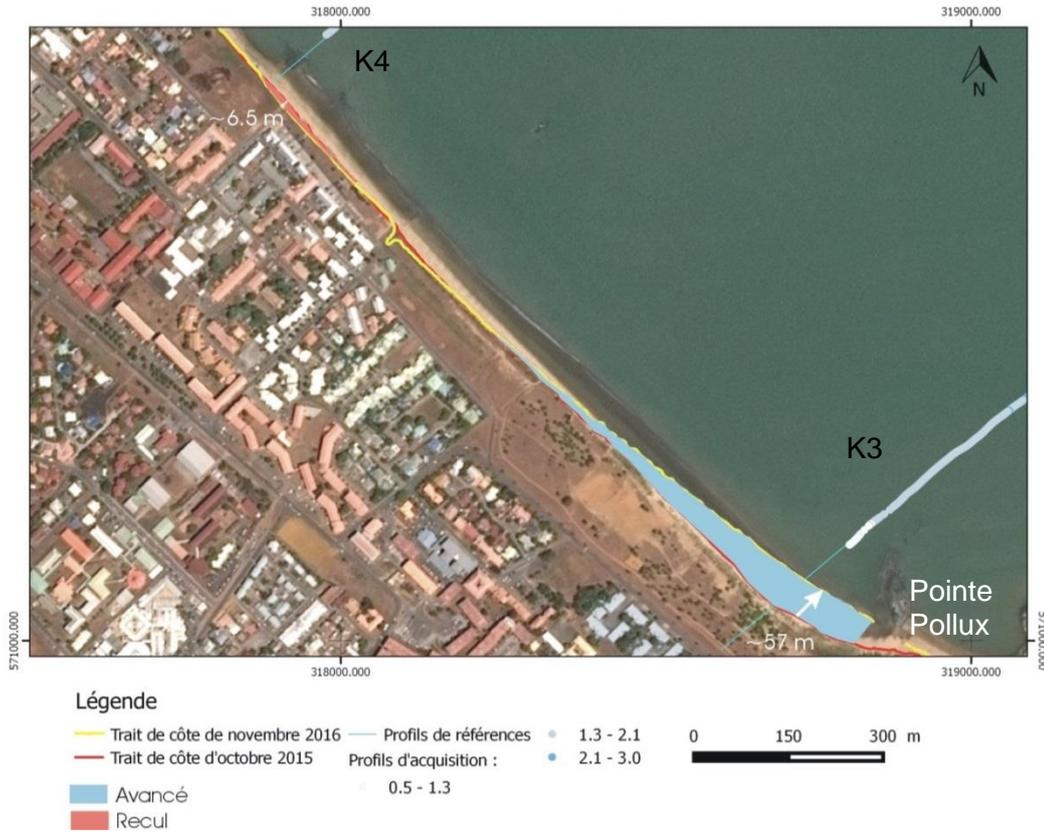


Illustration 29: Evolution du trait de côte au niveau de la pointe Pollux entre octobre 2015 et novembre 2016.



Illustration 30: Evolution de la position du trait de côte entre octobre 2015 et novembre 2016 face à l'avenue de l'anse.

Evolution des profils topo-bathymétriques

A la lecture des graphiques, les profils K4 et K5 situés à l'extrémité nord-ouest se sont érodés respectivement d'environ 1 m et 2 m (Illustration 31) et le profil K3 situé à la pointe Pollux a enregistré une accrétion de 2 m (Illustration 32).

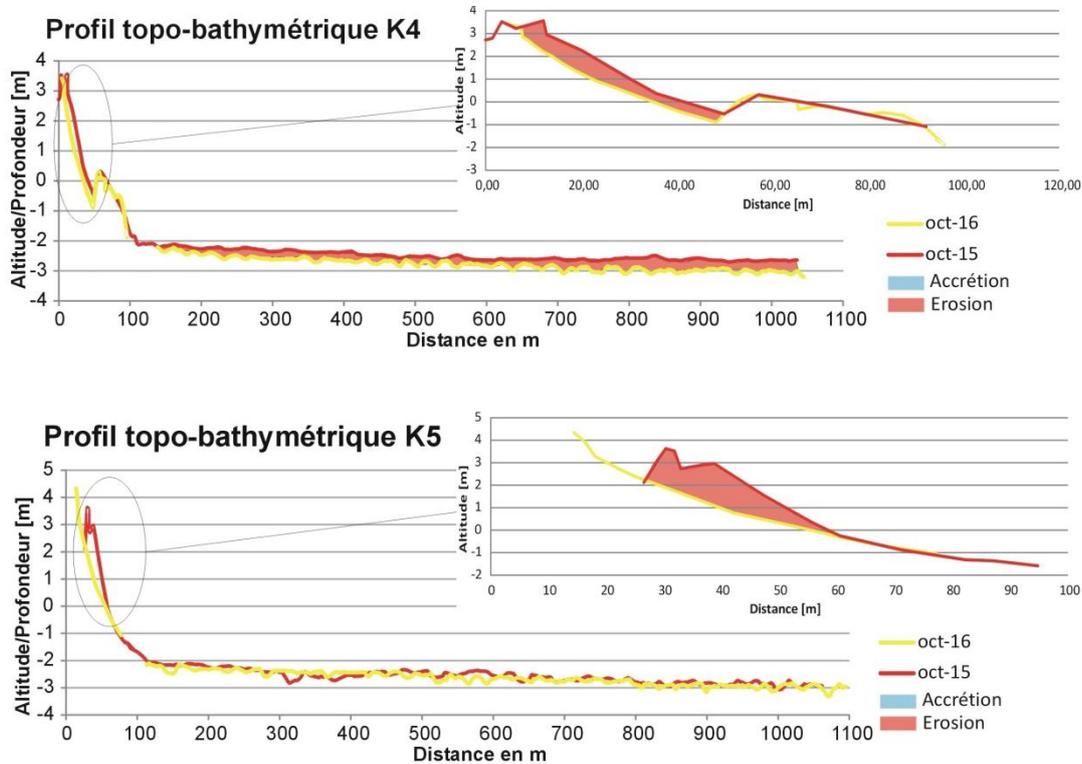


Illustration 31: Evolution des profils topo-bathymétriques K4 et K5 situés à au Nord ouest de la plage de la cocoteraie.

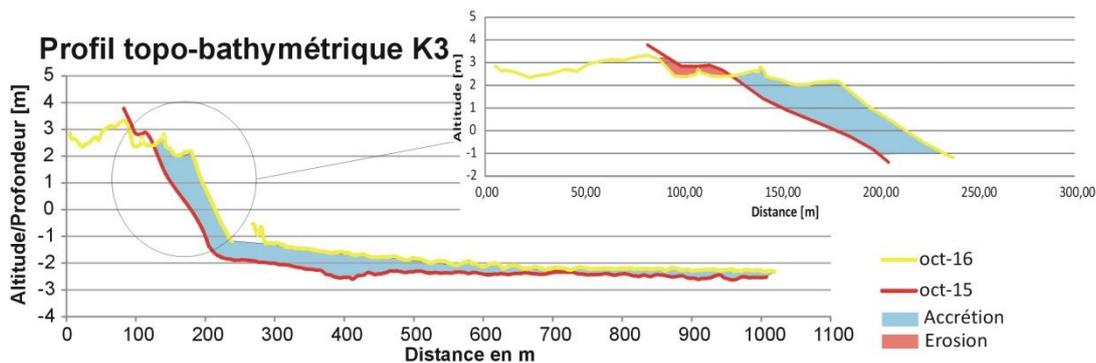


Illustration 32: Evolution du profil topo-bathymétrique K3 situé au sud-est de la plage de la cocoteraie proche de la pointe Pollux

Suite aux phénomènes de submersion marine de février 2016, un cordon sableux artificiel a été installé pour protéger le trait de côte, du centre hippique jusqu'au Village amérindien (Illustration 34).

Au cours de l'année, ce cordon artificiel a été stabilisé notamment par la mise en place de big bag remplis de sable. Cette structure représente une solution temporaire face aux phénomènes d'érosion que connaît le secteur. L'analyse du profil K5, situé proche du centre hippique et au

niveau de la structure, montre une stabilisation du profil, permettant de vérifier le caractère protecteur du cordon artificiel entretenu (Illustration 33). Le fait que la végétation l'ait de plus colonisé est également un indicateur de la stabilisation du milieu (Illustration 34). Toutefois sur certains points, le pied de cordon s'est affouillé, mettant à jour les big bags, entraînant le départ et la destruction de certains d'entre eux.

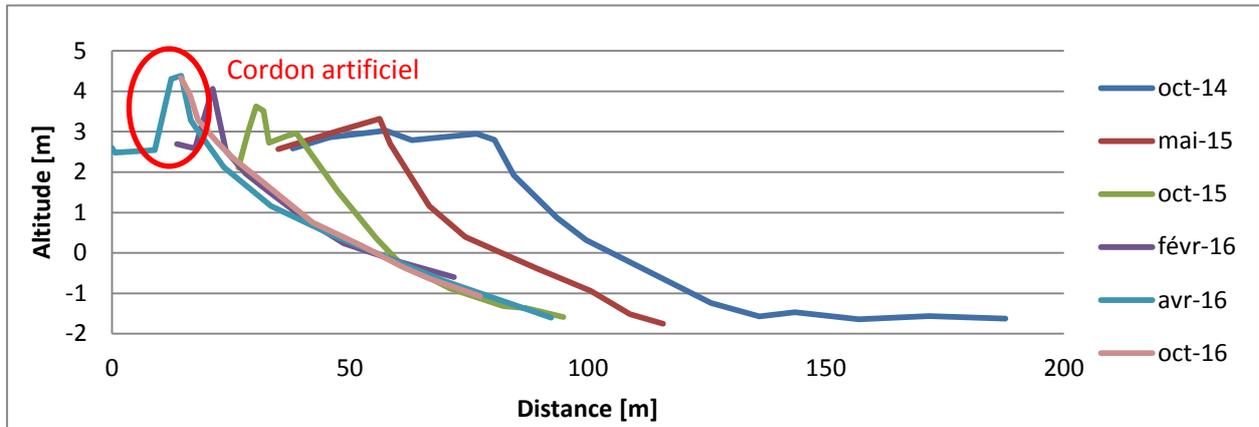


Illustration 33: Evolution du profil topographique K5 pour chaque année entre octobre 2014 et octobre 2016 avec la mise en place du cordon sableux artificiel.



Illustration 34: Cordon de protection artificiel avec revégétalisation de celle-ci, octobre 2016

Le profil K6 situé au niveau de la plage du CSG est resté relativement stable au cours de l'année 2016 (Illustration 35). Plusieurs réhabilitations du cordon artificiel ont eu lieu courant le mois de septembre et octobre commandées par la DEAL et la mairie, entraînant des prélèvements en sable sur le haut de plage, parallèlement au trait de côte et recoupant donc le profil K6. Au regard des résultats, il est difficile de montrer un impact significatif du prélèvement compte tenu que le rechargement s'est fait perpendiculairement au profil K6 (Illustration 35).

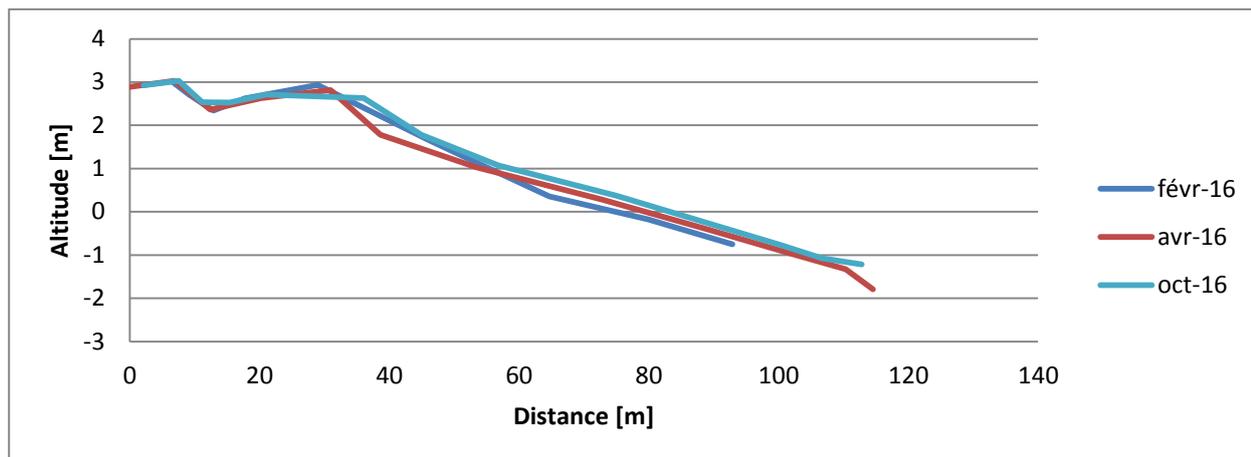


Illustration 35: Evolution du profil topographique K6 entre février 2016 et octobre 2016

Analyse des données « haute résolution »

Les cartes, caractérisant la différence altimétrique entre le MNT Lidar de novembre 2015 et celui de 2016 issu du levé drone, montrent un déplacement long-shore¹² des sédiments, du nord-ouest vers le sud-est (Illustration). Ce déplacement est arrêté par un obstacle naturel ou artificiel situé sur sa trajectoire (e.g le promontoire rocheux au niveau de la pointe Pollux).

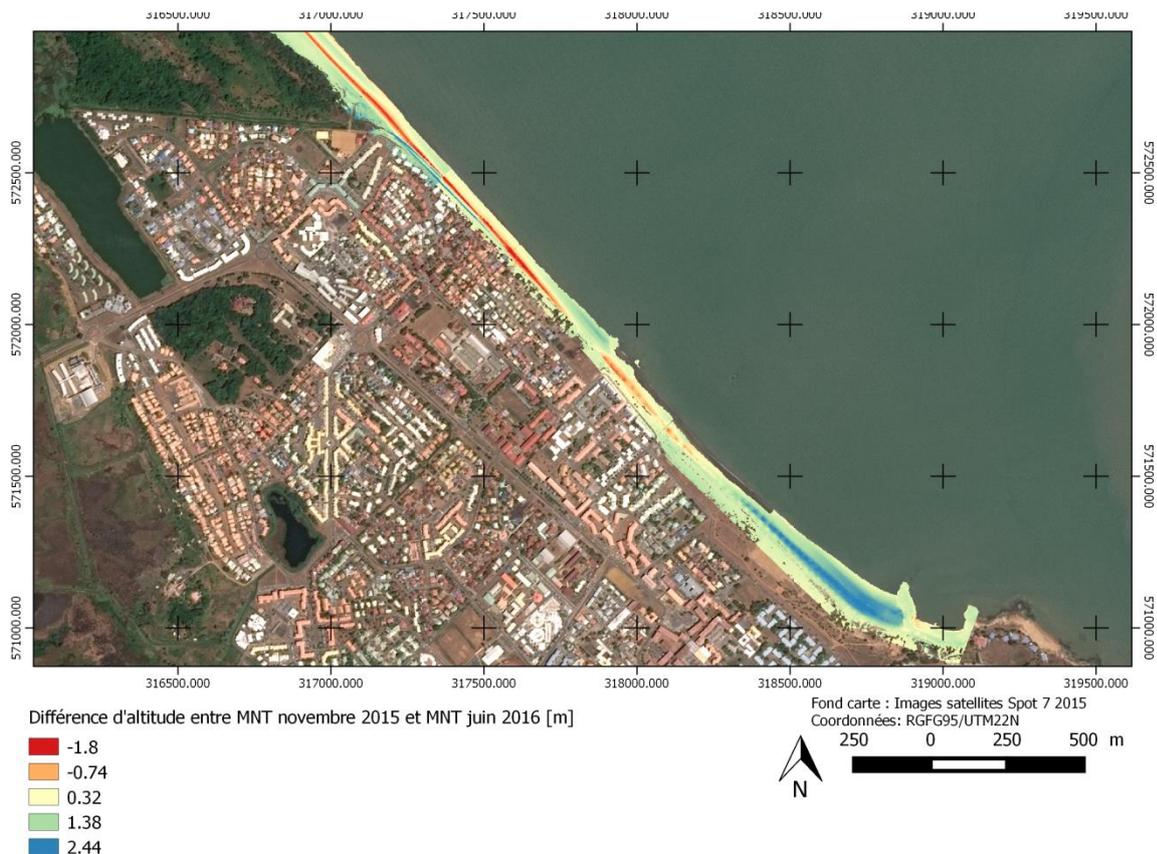


Illustration 36: Différence altimétrique entre le MNT de 2015 et de 2016

¹² Déplacement du stock sédimentaire parallèlement à la côte

Le tableau suivant présente l'évolution volumique des différentes zones survolées par drone (rappel : Illustration 5).

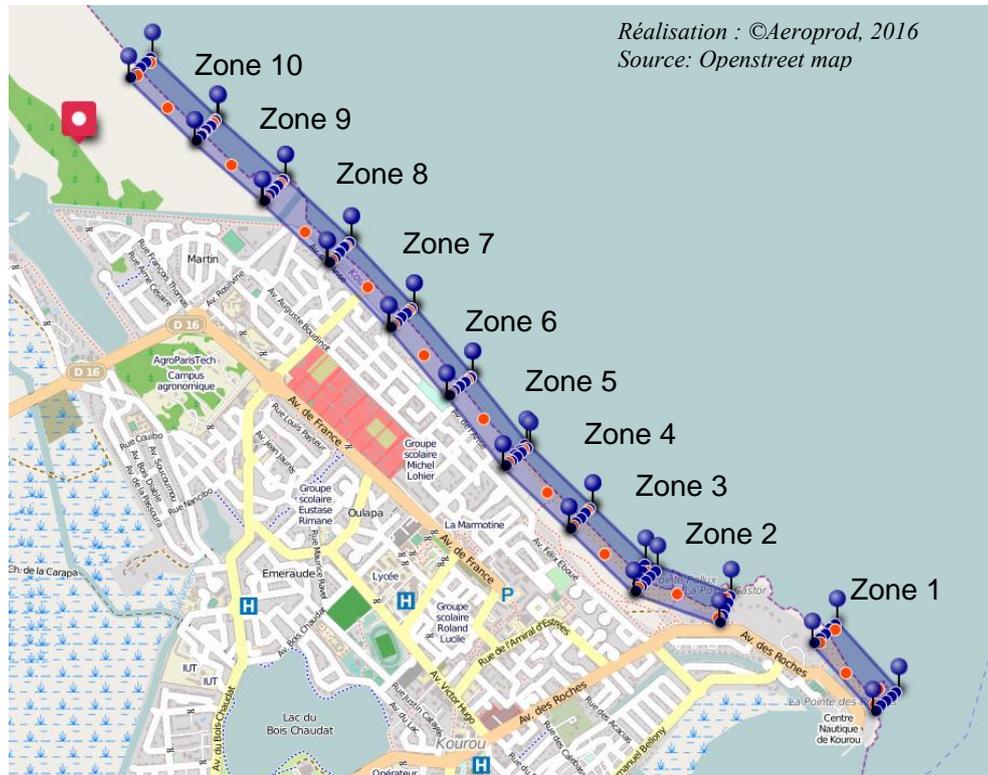


Illustration 5: Plan de vol des drones de juin 2016.

Les zones représentant la plus grande quantité de départ en sable sont celles comprises entre la zone 5 et 10 (zones situées au nord-ouest de la plage), avec un départ massif pour la zone 7 (secteur face à l'avenue de l'anse) d'environ 14 000 m³. La marge d'erreur pour l'ensemble du secteur est estimée à environ 700 m³. Le bilan sédimentaire étant compris dans la marge d'erreur, il est possible de faire l'hypothèse d'un équilibre global de l'estran à l'échelle de la zone du littoral avec un déplacement des sédiments de la zone intertidale du nord-ouest vers le sud-est.

Zone	Volume accrétion [m ³]	Volume érosion [m ³]	Volume total [m ³]
Z2	19623	-763	20386
Z3	42934	--	42934
Z4	5104	-2139	2966
Z5	--	-8773	-8773
Z6	3761	-6944	-3183
Z7	1568	-15699	-14131
Z8	3148	-14716	-11567
Z9	--	-11055	-11055
Z10	3423	-20513	-17090
Total	79562	-79076	485

Tableau 4: Tableau de synthèse des volumes de sédiments déplacés entre novembre 2015 et juin 2016

De plus les MNT et orthophotographies, obtenues grâce aux levés drones ont permis de mettre en avant des croissants de plage au niveau de la pointe Pollux, indicateurs morphologiques d'accrétion (Illustration 37).

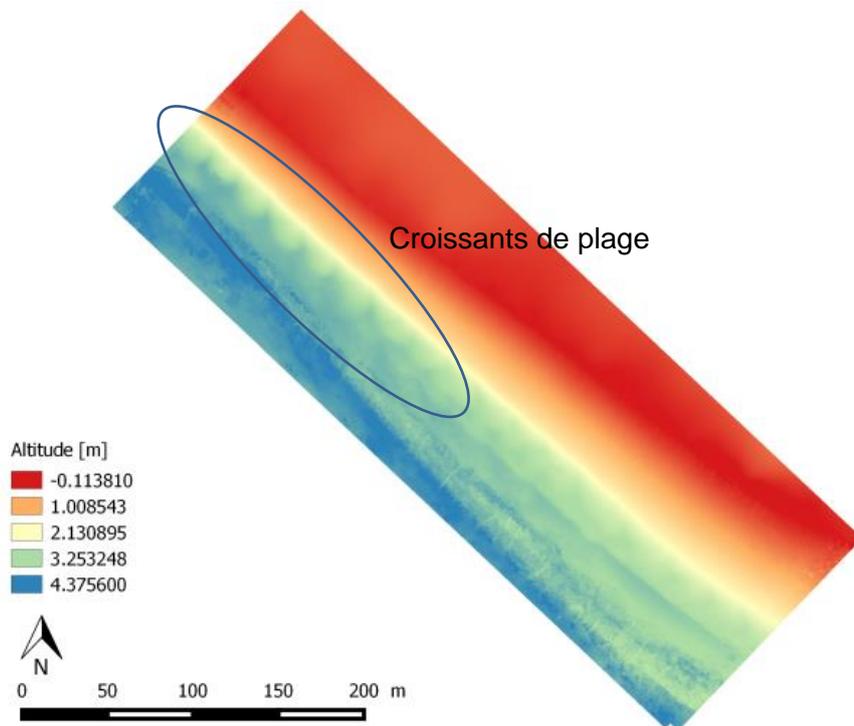


Illustration 37: MNT de la zone 3 tiré du levé drone de juin 2016.

L'ensemble des MNT et des orthophotographies sont répertoriés en annexe 1 et 2.

4.2.3. Bilan

Le littoral de Kourou a connu en 2016, des changements radicaux de la morphologie de ces plages. Les secteurs en forte érosion se situent au nord-ouest des plages (face au restaurant le Fun pour la plage de l'Hôtel des Roches et face à l'avenue de l'anse et la cité des 205 pour la plage de la Cocoteraie) tandis que les zones d'accrétion sont localisées au sud-est (face à l'hôtel pour la plage de l'Hôtel des Roches et au niveau de la pointe Pollux pour la plage de la Cocoteraie). Toutefois, l'analyse des données à haute résolution montrent que le bilan sédimentaire général de la plage est globalement à l'équilibre. Cette forte redistribution des stocks sédimentaires sableux est probablement liée à une augmentation relative de la dérive littorale orientée vers le sud-est. La situation « inter-banc » du littoral de Kourou rendant toute évolution des conditions de forçage très impactant pour la plage sableuse et le recul du trait de côte.

En l'absence de données de houles précises exploitables sur l'ensemble de la période, l'hypothèse de la présence du front d'un banc de vase situé au large de la zone d'étude est proposée pour expliquer la direction de la dérive littorale vers le sud-est par la réfraction des houles du nord-est sur le front du banc.

Actuellement, le banc de vase est majoritairement situé sur la rive droite de l'estuaire du Kourou, le fleuve jouant le rôle d'épi hydraulique en ralentissant son déplacement vers le nord-

ouest. Les prochaines missions de l'Observatoire permettront de confirmer ou infirmer ces résultats.

4.3. PLAGES DE L'ÎLE DE CAYENNE

4.3.1. Contexte et tendances évolutives pluri-annuelles

Les plages de l'île de Cayenne suivies dans le cadre de l'observatoire de la dynamique côtière correspondent à trois anses (Illustration 38) :

- l'anse de Montabo, longue d'1,5 km c'est une plage de poche délimitée par le mont bourda et le mont Montabo ;
- l'anse de Montjoly, longue de 3,6 km, elle est la plus grande de l'ensemble des plages de l'île de Cayenne. Elle se situe entre le Mont Bourda et le Mont Ravel. Cette plage est fortement urbanisée au sud-est et l'est moins au nord-ouest
- l'anse de Rémire, longue d'environ 3 km, est l'anse la plus urbanisée des anses de Cayenne avec des ouvrages de protections de type enrochement et la présence de la « Route des Plages ». Cette plage se situe entre la montagne du Mahury et le Mont Ravel.



Illustration 38: Secteur d'étude sur l'île de Cayenne (fond de carte géoportail)

Le bilan sédimentaire mené dans le cadre de l'étude (Moisan et al., 2014) à l'échelle de la Guyane, montre une stabilité de la position du trait de côte entre la période 1950-2013, par rapport à d'autre secteur de la Guyane comme Sinnamary ou Iracoubo. Cela est en partie dû à la présence de promontoires rocheux sur l'ensemble de la presqu'île. Néanmoins, à l'échelle de la presqu'île, plusieurs forts phénomènes d'érosion en 2009 et 2013 ont été enregistrés, entraînant la destruction de bâtiments en bord de plage (rhumerie anse de Rémire) et

d'important départ de stock sédimentaire (recul d'environ 20 m en 3 mois sur le profil C4 de l'anse de Montjoly) (Moisan, 2013).

Depuis 2014, le banc de vase présent à l'est du Mahury a commencé à passer le fleuve protégeant ainsi les différentes anses.

Actuellement, au vu des images satellites les plus récentes, le banc de vase continue d'avancer et de s'installer au niveau des anses de Cayenne (Illustration 39).

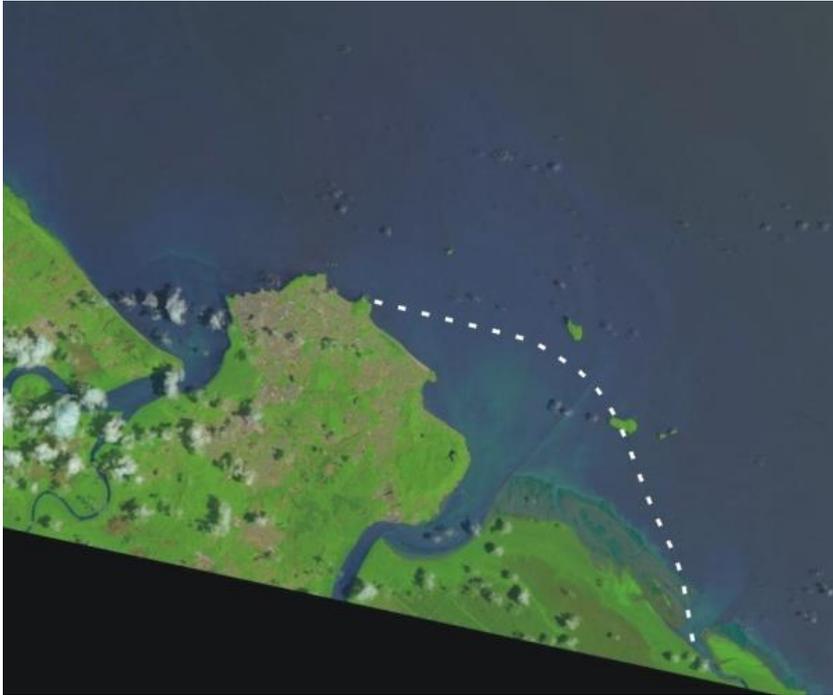


Illustration 39: Position du banc de vase, face à l'île de Cayenne, en octobre 2016 (source image satellite Landsat 8).

4.3.2. Evolution morpho-sédimentaire à court terme : année 2016

4.3.2.1. Conditions hydrodynamiques

L'illustration suivante retrace respectivement la courbe des hauteurs significatives et de la période de la houle au large de la presqu'île de Cayenne. Sur la courte période d'acquisition du houlographe mis en place, l'on remarque un pic de la hauteur significative (1.8m) et de la période (15s) en octobre 2016 (Illustration 40).

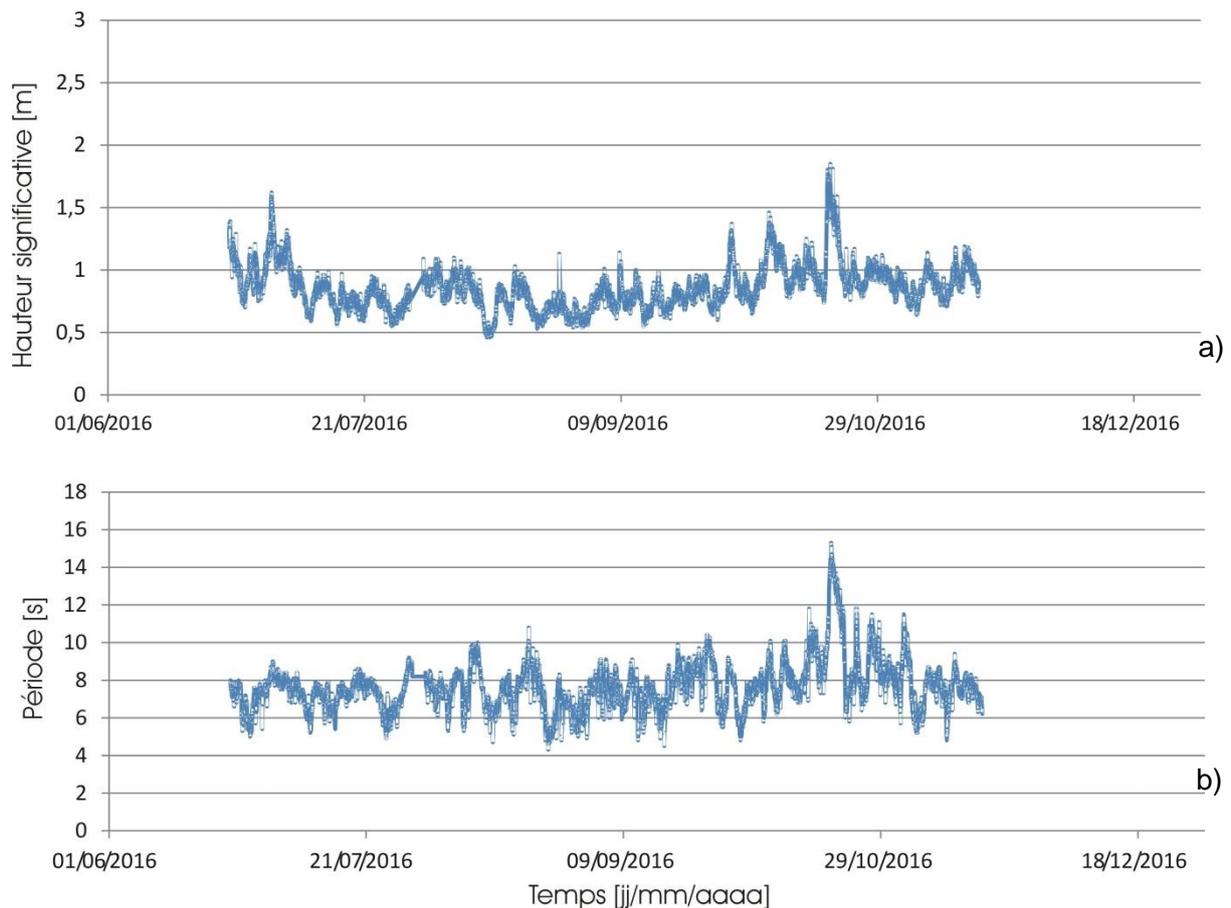


Illustration 40: Courbe des hauteurs significatives (a) et de la période de la houle (b) pour la période comprise entre juin et novembre 2016, (<http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>).

De même que pour le secteur de Kourou, la rose des houles indique des houles majoritairement orientées vers le nord-est (Illustration 41).

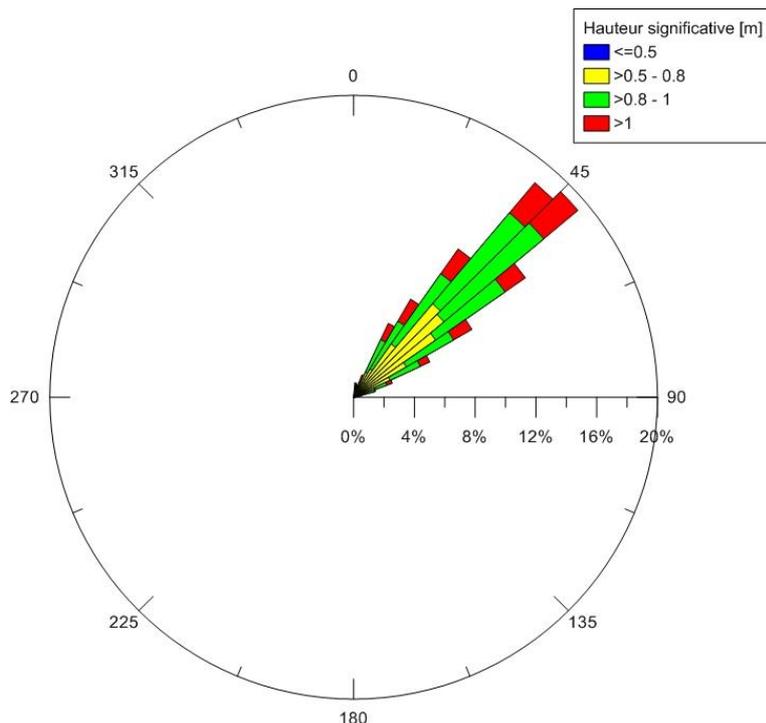


Illustration 41: Direction des houles incidentes au niveau du houlographe au large de Cayenne entre le 24 juin 2016 et le 17 novembre 2016 (<http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/>).

Le niveau moyen au niveau de la presqu'île de Cayenne est de 2.24 m (Shom, 2016). Les campagnes d'avril et d'octobre se sont déroulées en période de vives eaux (Illustration 42).

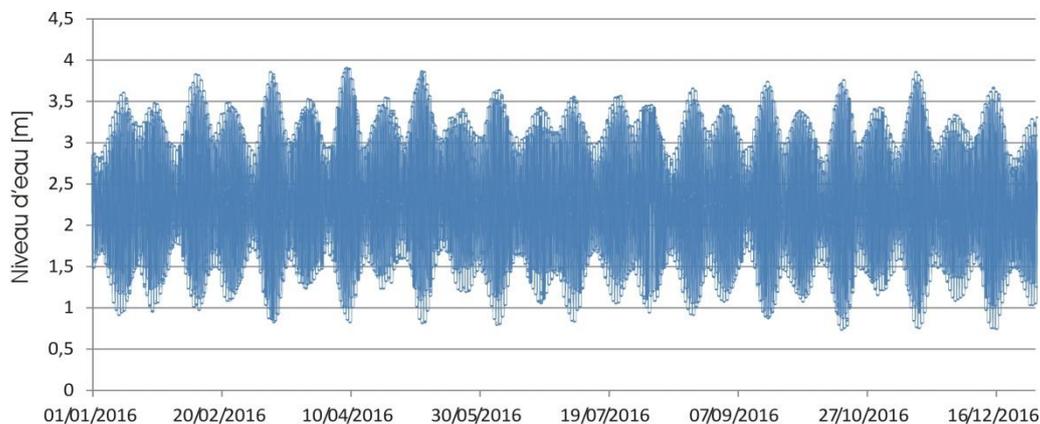


Illustration 42: Niveau d'eau au marégraphe: îlet la Mère face à la presqu'île de Cayenne et (<http://www.datashom.fr>)

4.3.3. Anse de Montabo

Dans le cadre de l'observatoire, trois profils sont répartis sur l'ensemble de l'anse (Illustration 43).

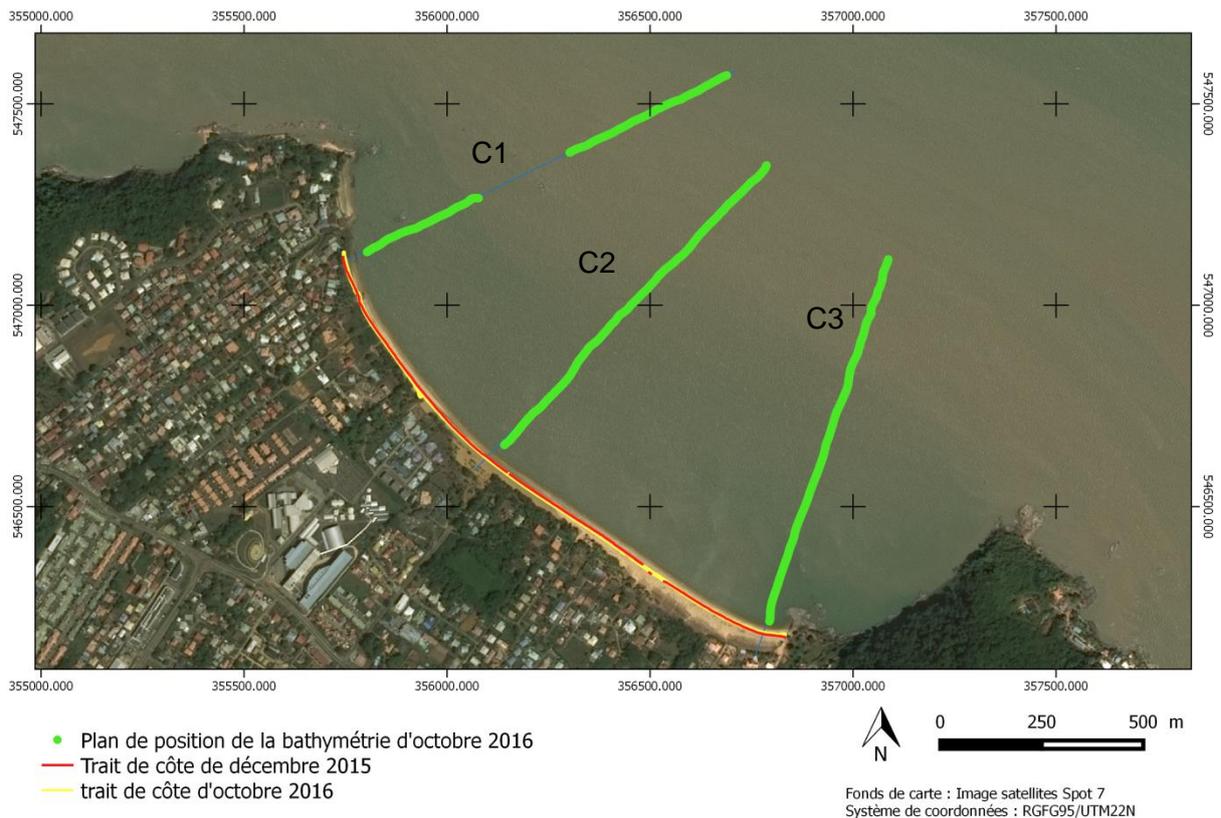


Illustration 43: Evolution de la position du trait de côte entre octobre 2016 et décembre 2015 ainsi que plan de navigation d'octobre 2016 dans l'Anse de Montabo, Cayenne (image satellite, 2015)

Evolution de la position du trait de côte

L'évolution de la position du trait de côte a été homogène sur l'ensemble du secteur avec un recul d'environ 3 m sur l'ensemble de la plage entre novembre 2015 et octobre 2016 (Illustration 43).

Evolution des profils topo-bathymétriques

Les profils topographiques indiquent un recul d'environ 0.50 m du haut de plage pour les profils C2 et C3 et l'apparition de talus d'érosion qui n'existaient pas en novembre 2015 (Illustration 44). Les levés bathymétriques d'octobre ont montré une diminution de la profondeur due à un dépôt de vase métrique sur les fonds subtidiaux, confirmé par les levés au sonar à balayage latéral.

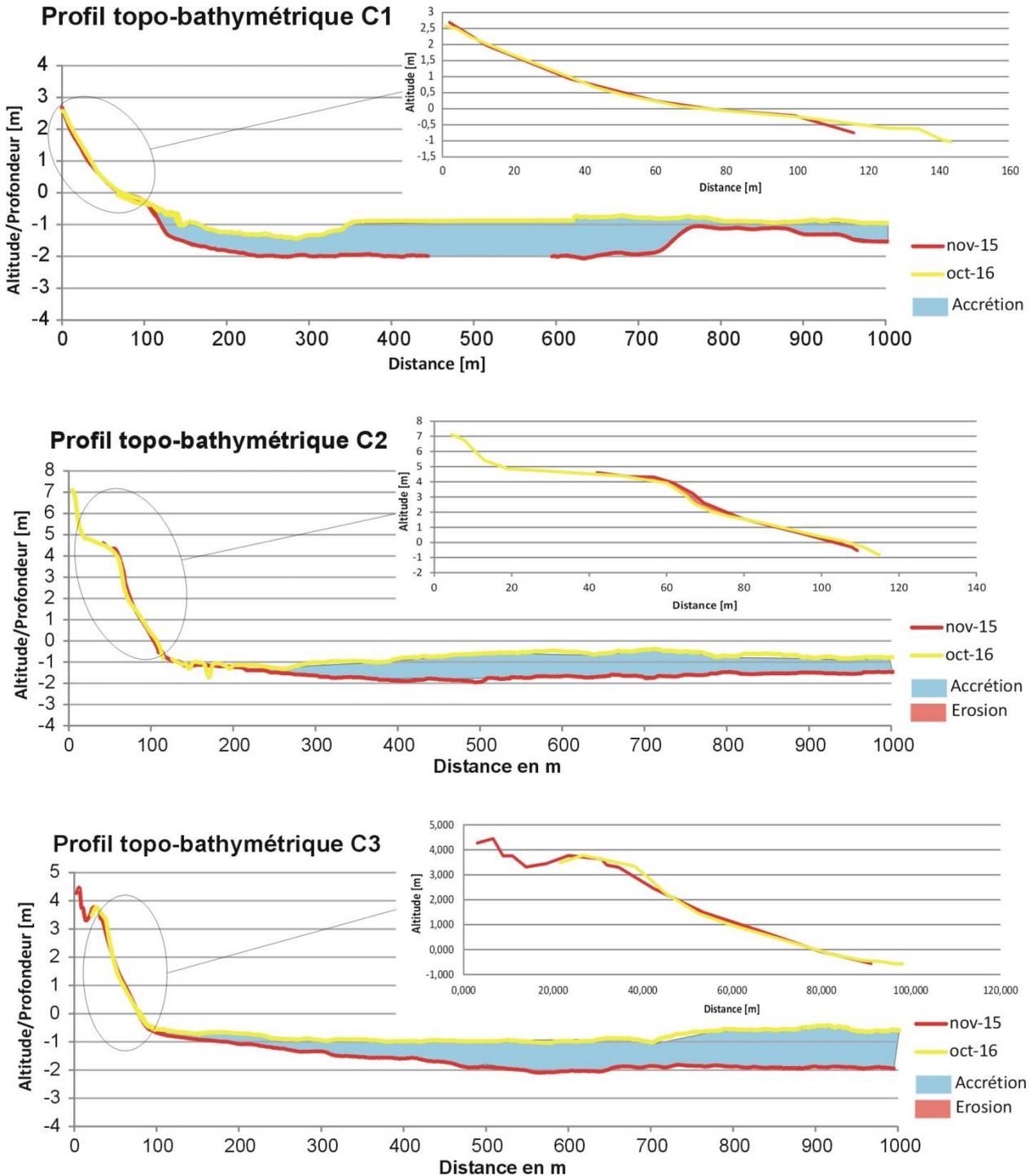


Illustration 44: Evolution des profils topo-bathymétrique C1, C2 et C3 situés au sein de l'anse de Montabo.

4.3.4. Anse de Montjoly

Dans le cadre de l'Observatoire, 6 profils sont répartis le long de l'anse (Illustration 45).

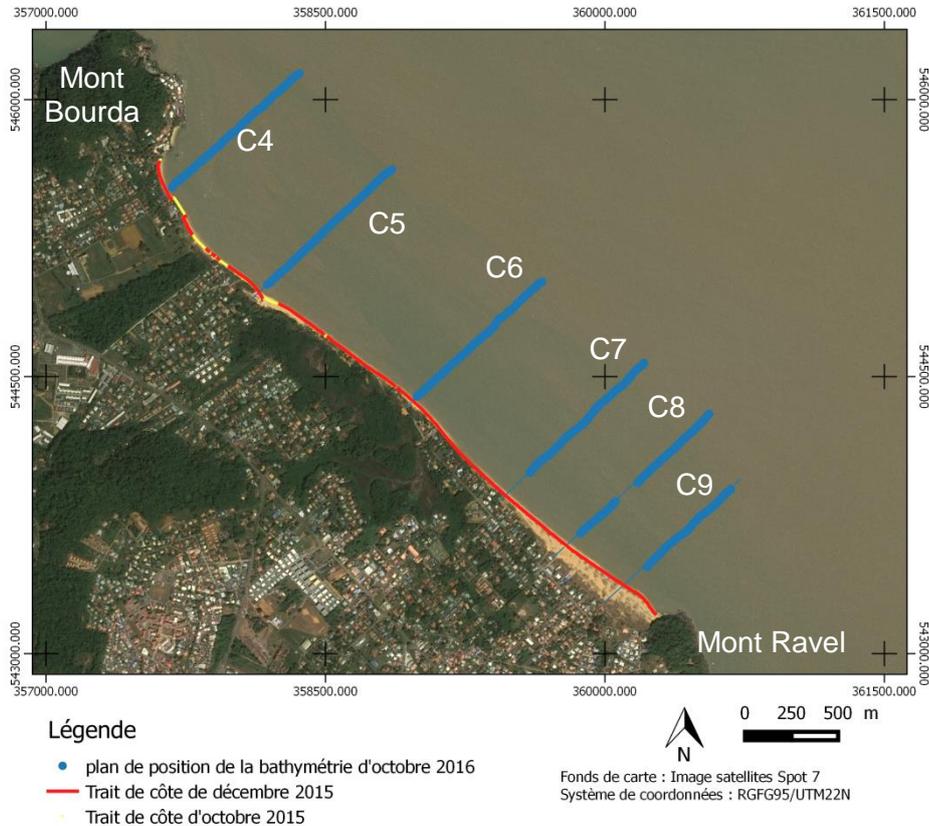


Illustration 45: Position des profils topobathymétriques et plan de navigation de la bathymétrie d'octobre 2016 pour l'anse de Montjoly (image satellite, 2015).

Evolution du trait de côte

Entre décembre 2015 et octobre 2016, la position du trait de côte a reculé en moyenne d'environ 3 m entre le profil C4 et C6, avec un recul maximal de la position du trait de côte de 6 m face au secteur des salines (Illustration 46).

De plus, la comparaison entre la position du trait de côte sur l'orthophotographie de 2012 et la position du trait de côte actuel, montre le fort recul de la position du trait de côte survenu en 2013 (Moisan, 2013) (Illustration 46), illustrant ainsi la rapide évolution pluri-annuelle du secteur.

Entre les profils C7 et C9, le trait de côte est resté relativement stable.

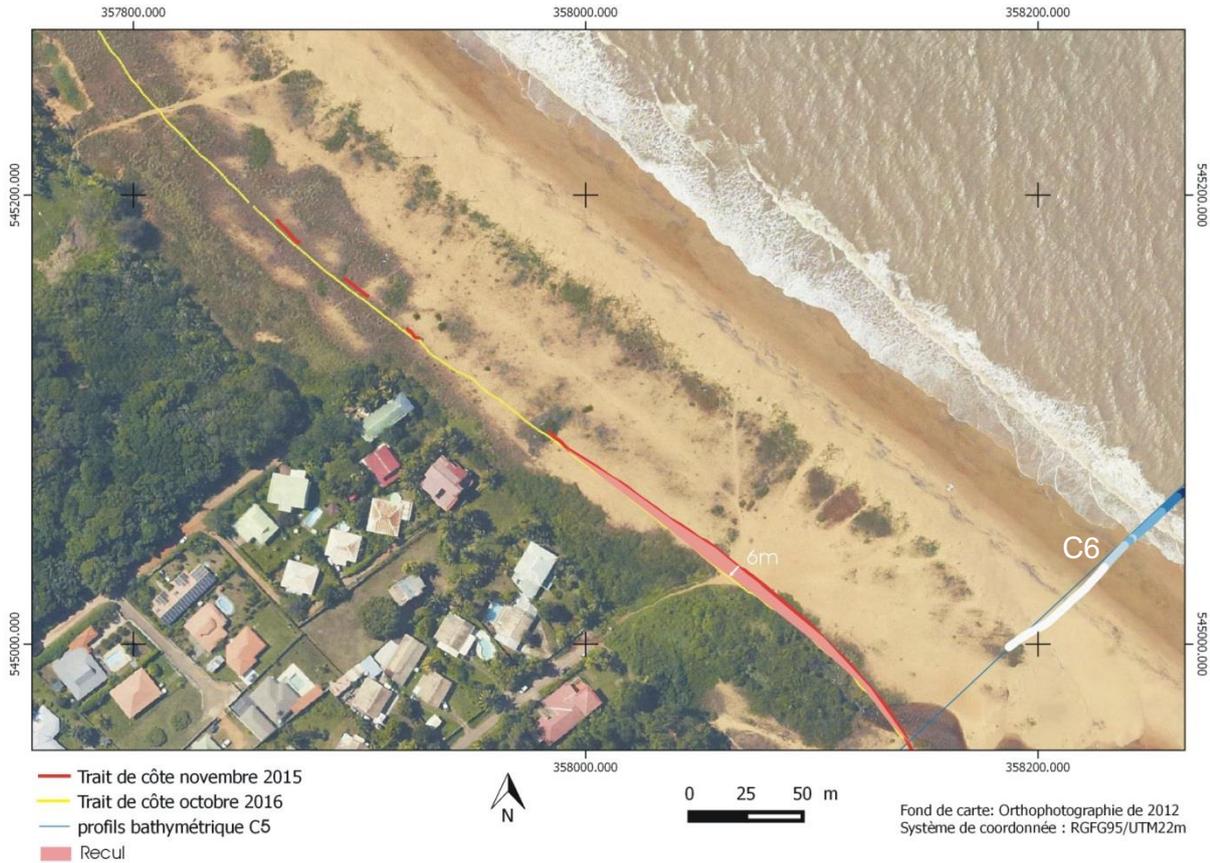


Illustration 46: Evolution de la position du trait de côte entre 2015 et 2016, face au secteur des Salines proche du profil C6, anse de Montjoly.

Profils topo-bathymétriques

Cette érosion au nord-ouest de la plage se retrouve également dans le suivi topo-bathymétrique des profils de plage. En effet, entre 2015 et 2016, le recul du talus d'érosion a augmenté d'environ 0,50 cm pour le profil C5 (Illustration 47). La comparaison de la bathymétrie entre les deux dates est plus stable que sur l'anse de Montabo avec tout de même une légère diminution de la profondeur pour le profil C9 caractéristique de la présence du banc de vase.

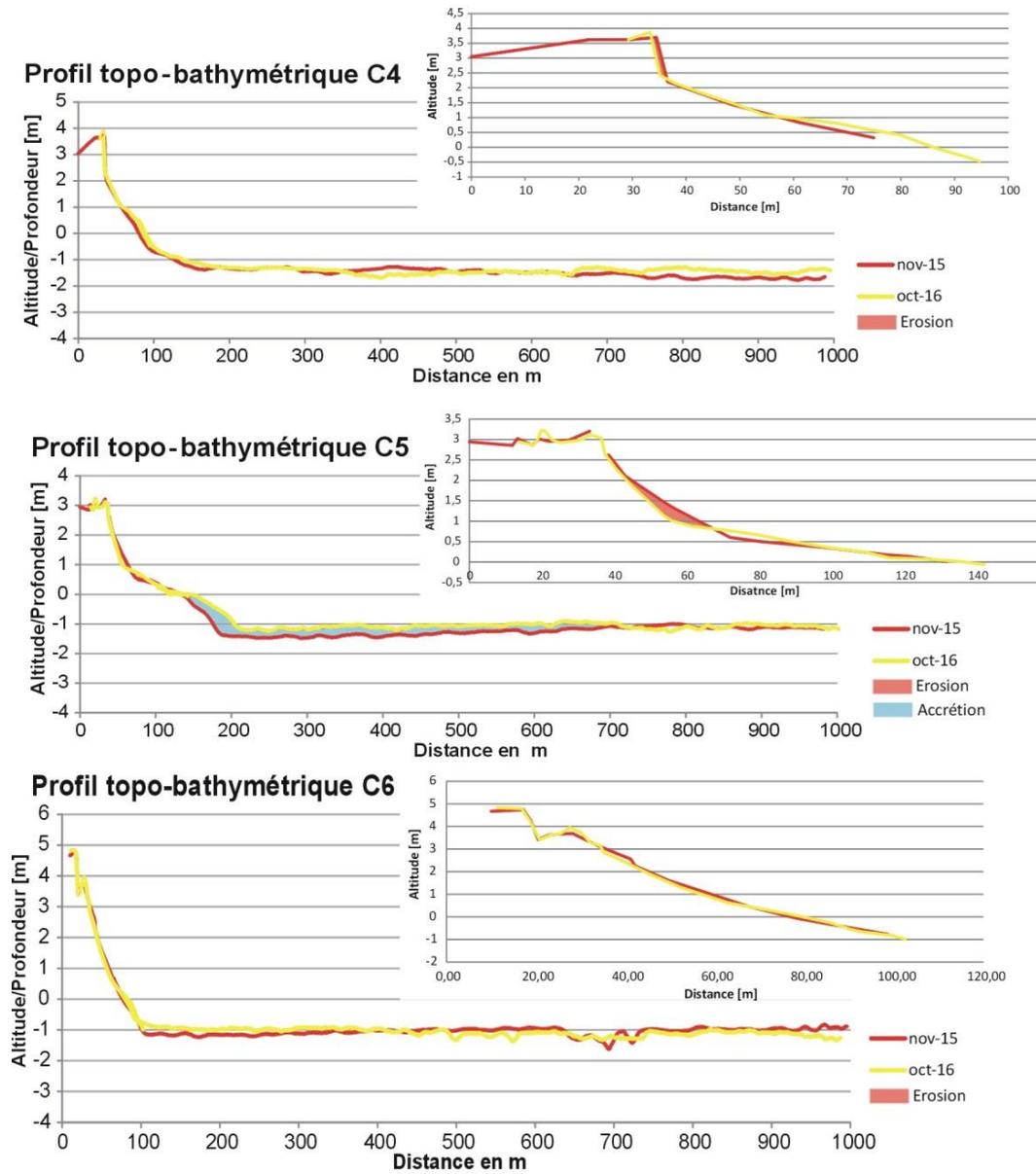


Illustration 47: Evolution des profils topo-bathymétriques C4 à C6 situés au nord-ouest de l'anse de Montjoly.

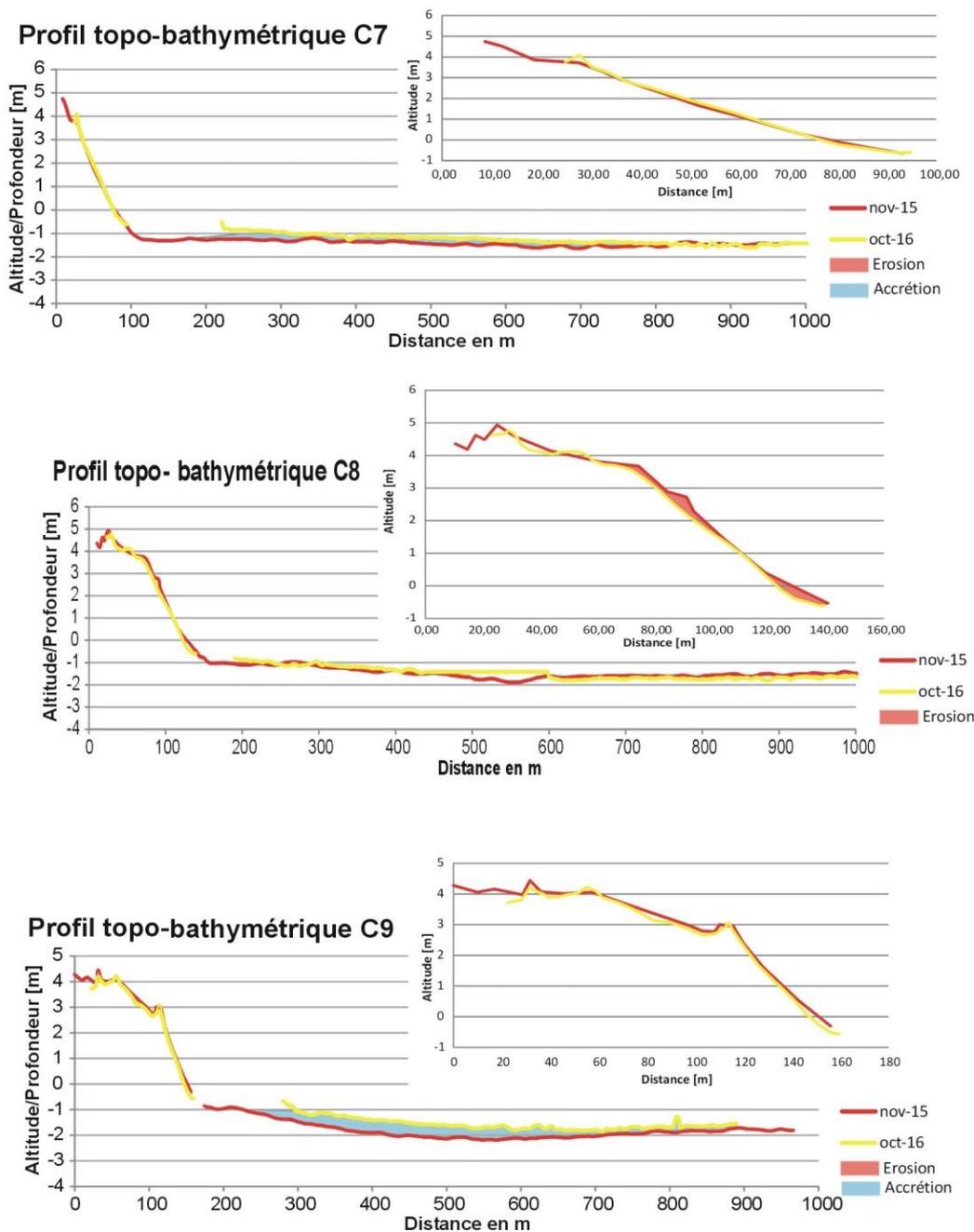


Illustration 48: Evolution des profils topo-bathymétriques C7 à C9 situés au sud-est de l'anse de Montjoly.

4.3.5. Anse de Rémire

Dans le cadre de l'observatoire, 4 profils topo-bathymétriques ont été répartis le long de cette anse. L'anse présente deux orientations préférentielles de sa côte (Illustration 49) :

- d'une part sur la première partie entre le mont Bourda et le restaurant « Auberge des plages », le littoral est orienté nord-sud ;
- d'autre part, sur la deuxième moitié jusqu'à la plage appelée « plage de Gosselin », il est orienté nord-ouest/sud-est.

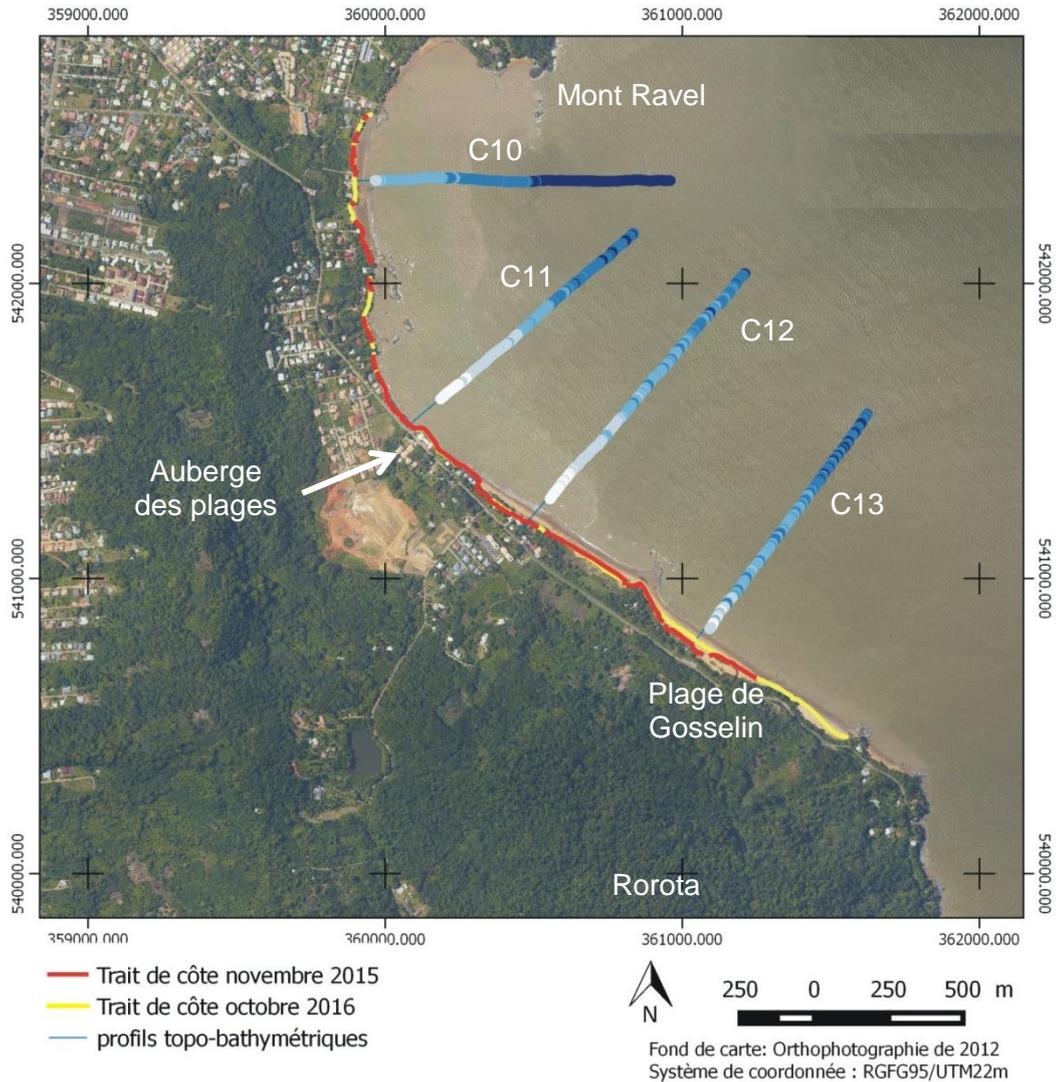


Illustration 49: Profils topo-bathymétriques et plan de navigation de la bathymétrie d'octobre 2016.

Evolution de la position du trait de côte

Le trait de côte a peu évolué entre 2015 et 2016, excepté la position du trait de côte face à la plage du Gosselin qui a connu une avancée d'environ 20 m par rapport à novembre 2015 (Illustration 50).

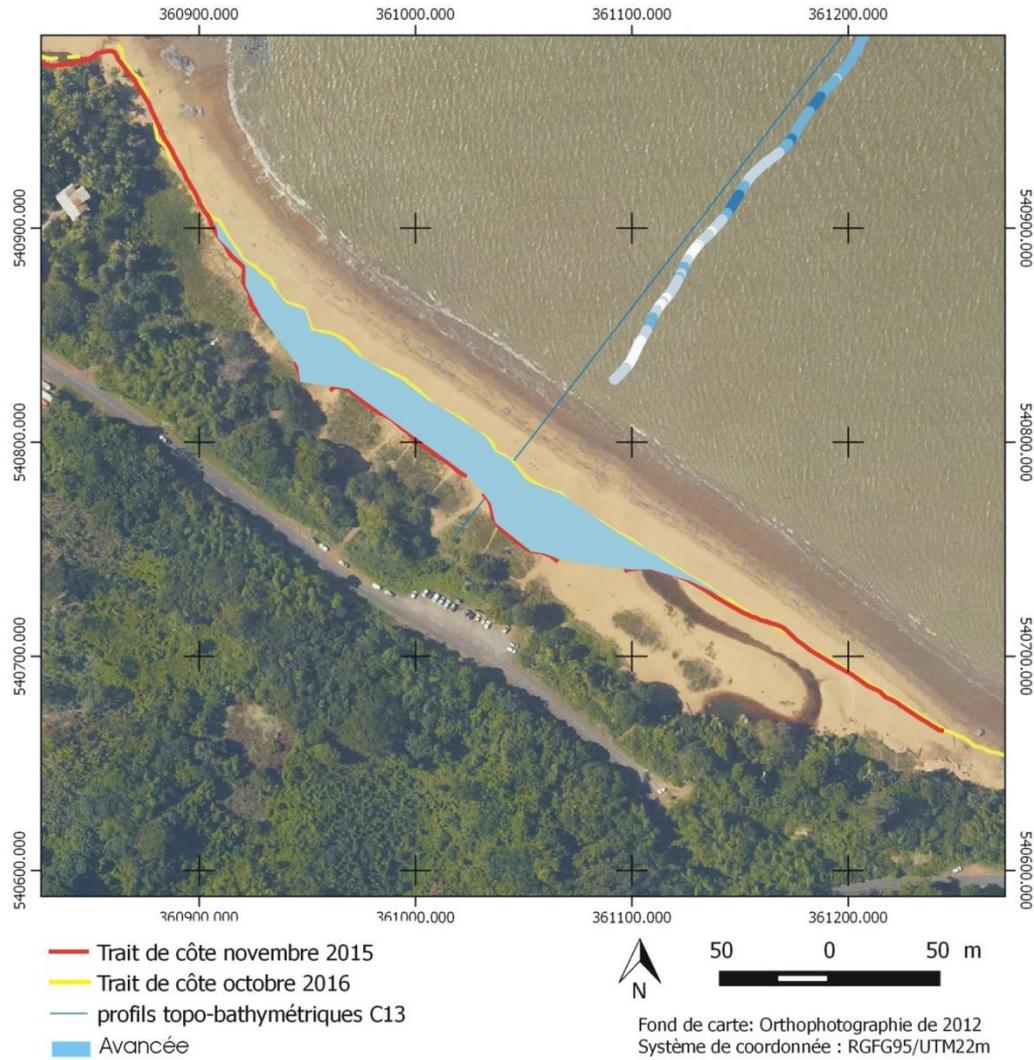


Illustration 50: Evolution de la position du trait de côte face à la plage de Gosselin, Anse de Rémire, Cayenne.

La raison principale de l'avancée de la position du trait de côte sur le secteur de la plage du Gosselin, est la présence de l'embouchure de la rivière venant du Rorota. En effet, la rivière se jette au niveau de la plage et une rétention d'eau est apparue en 2016, charriant le sable vers la mer (Illustration 51).



Illustration 51: Influence du cours d'eau sur le profil C13, anse de Rémire. Photo prise en 2015 (a) et photo prise en 2016 (b) (©BRGM).

Profils topo-bathymétriques

Du fait que la zone soit urbanisée et qu'il n'y ait pas ou très peu de haut de plage, les profils C10 à C12 ont principalement mesuré l'estran.

Toutefois les levés indiquent que ces profils n'ont quasiment pas évolué entre 2015 et 2016. Une des raisons possible est la mise en place du banc de vase avant 2015 est donc la stabilisation du milieu par la présence de la vase protégeant la plage. La bathymétrie du secteur a diminué mais de manière moins significative que sur l'anse de Montabo par exemple confirmant la présence du banc déjà installé (Illustration 52).

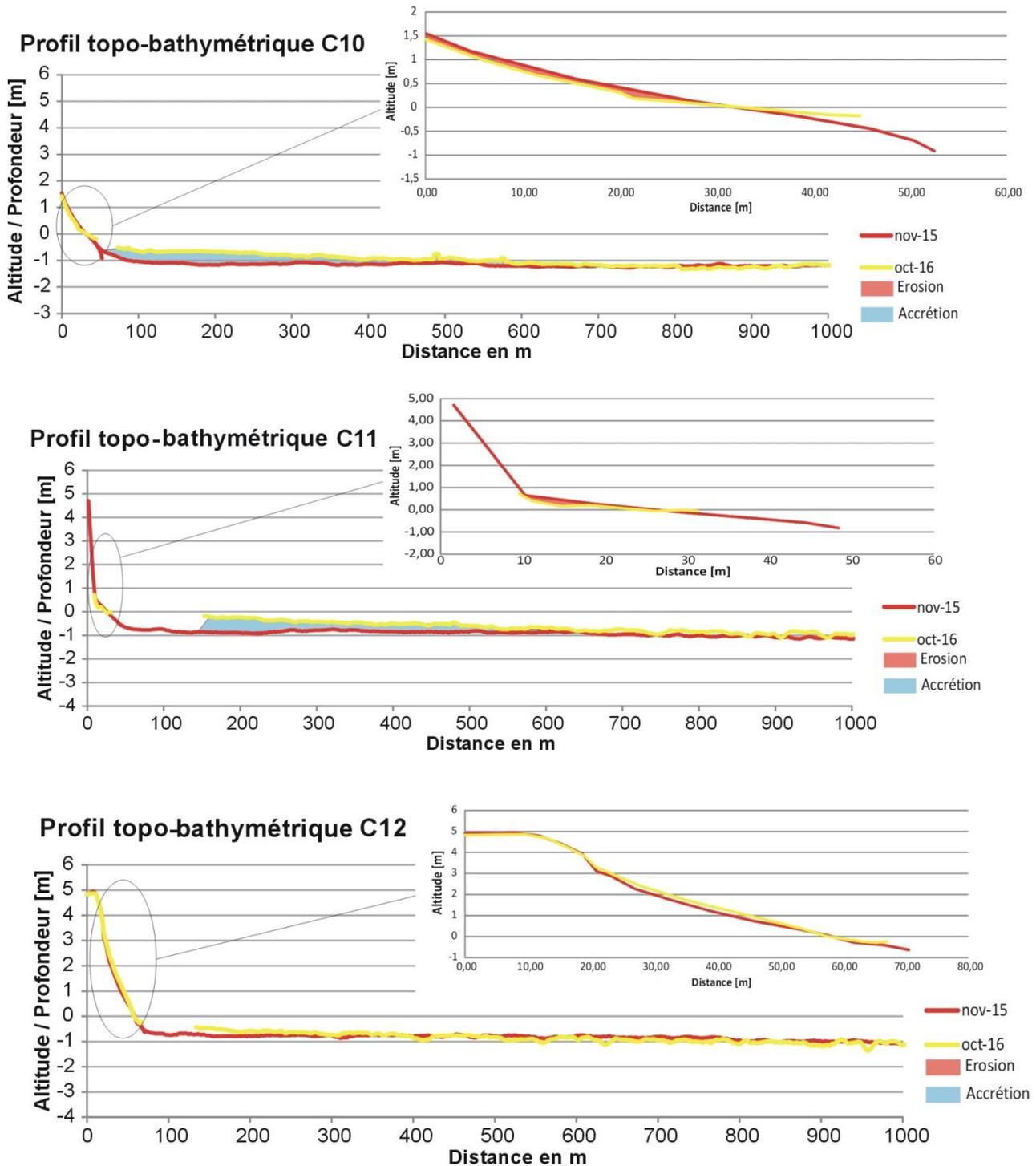


Illustration 52: Profils topo bathymétriques de C10 à C12 entre novembre 2015 et octobre 2016,anse de Rémire.

Par rapport aux autres profils, le profil C13 a connu un changement morphologique important de son haut de plage. De part la présence de la rivière venant du Rorota, une partie du sable a été remobilisé suite à la saison des pluies, déplaçant du stock sédimentaire vers la mer, pouvant également expliquer la légère accrétion présente en domaine subtidale.

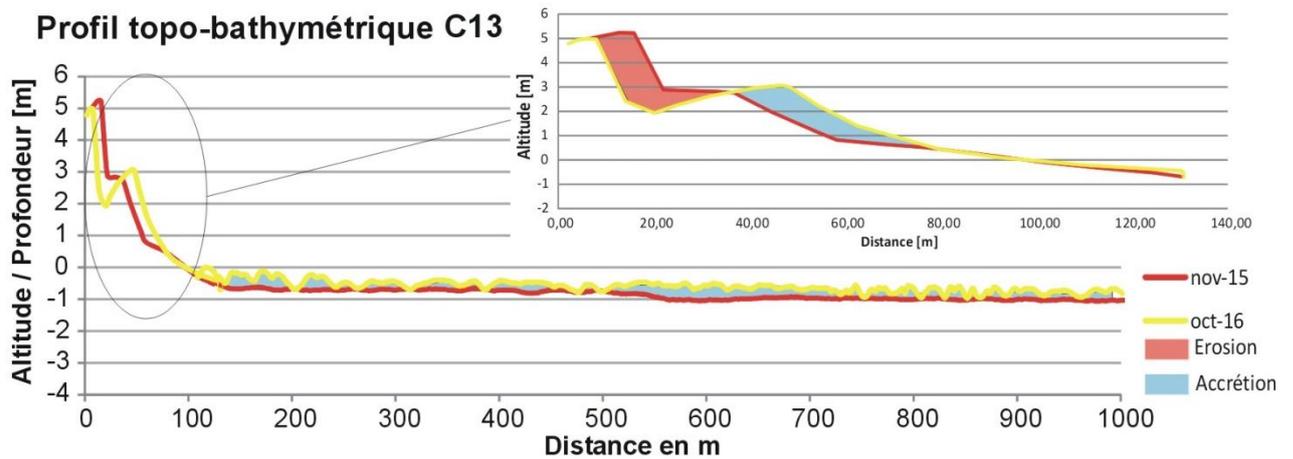


Illustration 53: Profil topobathymétrique C13 entre novembre 2015 et octobre 2016, anse de Rémire.

4.3.6. Sonar à balayage latéral

En 2016, dans le cadre de la convention, des levés au sonar à balayage latéral ont été réalisés sur l'ensemble des plages de la presqu'île de Cayenne (Longueville et *al.*, 2017 a)). Les levés se sont faits parallèlement aux levés bathymétriques donc perpendiculairement aux isobathes. Les résultats ont montré des fonds homogènes et majoritairement vaseux. Néanmoins les images le long des profils proches des promontoires rocheux ont permis de mettre en évidence quelques figures sédimentaires.

L'imagerie extraite du profil C3, présentée en Illustration 54, montre de faibles amplitudes et variabilités de la réflectivité le long du profil.

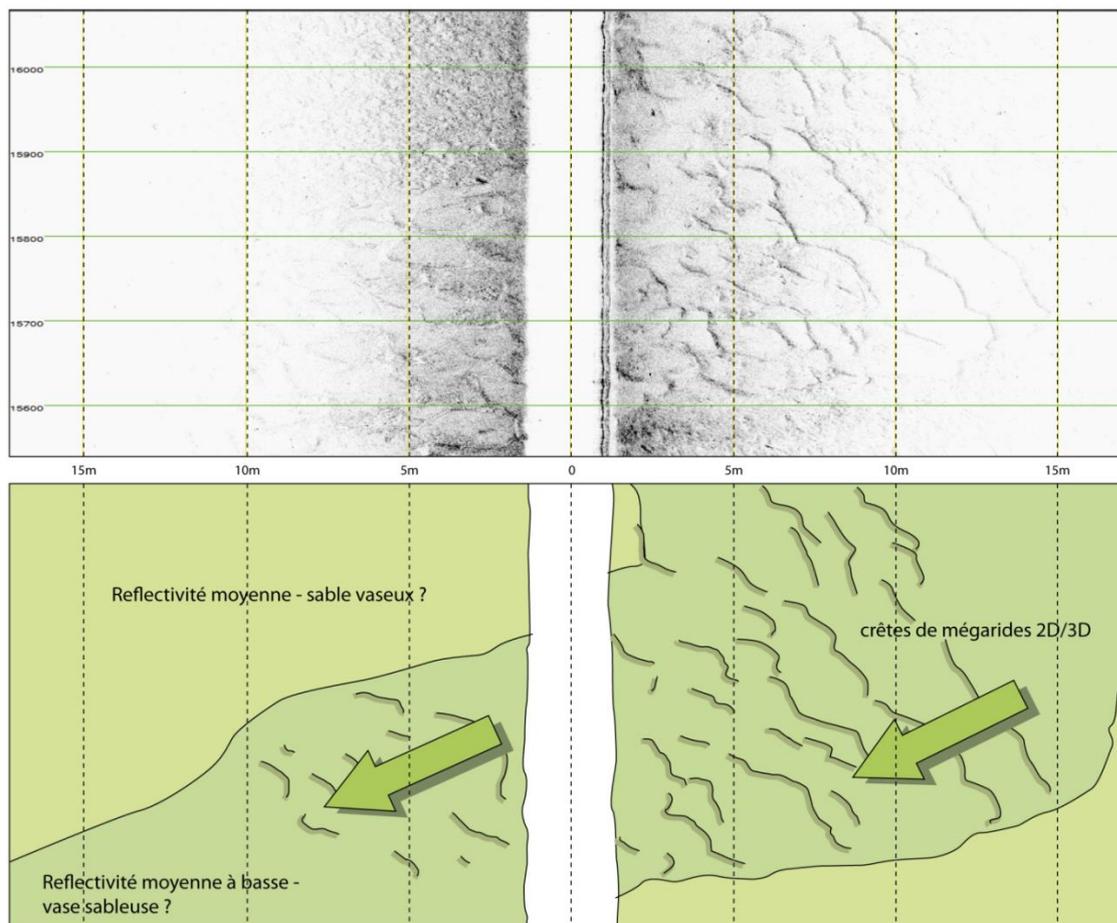


Illustration 54: Imagerie de sonar à balayage latéral et interprétation préliminaire le long du profil C3, montrant les faibles variations de réflectivité et la présence de mégarides. L'orientation est sud vers le haut. Les flèches indiquent la direction principale du courant déduite des orientations des mégarides.

Les variations linéaires de réflectivité sont attribuées aux flancs de mégarides orientés vers le SBL. Les flancs étant mieux marqués à droite (ouest), ils indiqueraient un courant vers l'est.

Bilan Anses de Cayenne :

Le bilan est assez similaire entre l'anse de Rémire et Montjoly et différent pour l'anse de Montabo :

- l'anse de Montabo, a connu une accrétion significative des petits fonds subtidaux et les levés au sonar à balayage latéral ont montré des fonds majoritairement vaseux. Ces différents indicateurs caractérisent l'installation du banc de vase. En cours de l'année la position du trait de côte a reculé d'environ 3m et des talus d'érosion se sont formés sur le haut de plage;
- la plage face aux Salines, située au nord-ouest de l'anse de Montjoly, a connu une phase de recul et d'accentuation des talus d'érosion du haut de plage, alors que le secteur plus au sud de la plage connaît une phase de stabilité de l'évolution de son trait de côte ;
- l'anse de Rémire, de par la présence marquée du banc de vase, connaît une période de stabilité de la position de son trait de côte et des profils topo-bathymétrique entre 2015 et 2016. Seul le secteur au niveau de la plage de Gosselin connaît une évolution morphologique importante due à la dynamique de l'embouchure de la rivière venant du Rorota.

5. Synthèse des évolutions

Le tableau ci-dessous fait une synthèse des évolutions observées sur l'ensemble des trois sites suivis, à la fin d'octobre 2016 (Tableau 5).

Sites	Observations		
	Banc de vase	Evolution (érosion/accrétion)	Autres
La plage des Hattes (communes d'Awala Yalimapo)	Vasière intertidale située sur la partie ouest de la plage jusqu'au niveau de la réserve de l'Amana.	Stabilisation voir légère accrétion de la plage protégée par la vasière. Evolution variable du trait de côte et du banc sableux intertidal sur la partie ouest, proche de l'estuaire.	
Plages de Kourou	Vasière intertidale positionnée de l'autre côté de l'embouchure du Kourou.	Erosion et accrétion localisée, avec un déplacement du stock sédimentaire du nord-ouest vers le sud-est (bilan sédimentaire globalement équilibré). Rotation de plage traduisant une variation de la dérive littorale liée aux vagues : phénomène pouvant être lié à la présence d'un banc de vase au large.	Difficulté à prévoir le franchissement du fleuve par le banc de vase. Tant que Kourou est en position inter-banc les plages sont vulnérables aux phénomènes d'érosion et de submersions marines.
Anses de Montjoly (communes de Rémire)	Banc de vase subtidal installé sur l'anse de Rémire et Montjoly	Augmentation des talus d'érosion sur le secteur nord-ouest de l'anse et stabilité de la position du trait de côte sur la partie sud.	
Anses de Rémire (commune de Rémire)	continue de s'installer sur l'anse de Montabo.	Stabilité, mis à part le profil situé sur la plage du Gosselin qui a connu une évolution morphologique due à la présence de l'embouchure de la rivière venant du Rorota.	
Anse de Montabo (commune de Cayenne)		La plage n'étant pas encore tout à fait protégée par l'arrivée du banc de vase, un recul de la position du trait de côte et une accentuation des talus d'érosion entre 2015 et 2016 a été observé.	

Tableau 5: Tableau de synthèse de l'évolution morphodynamique sur les trois sites suivis.

6. Conclusion

L'année 2016 de l'observatoire de la dynamique côtière de Guyane a permis de compléter les observations initiées à Cayenne, Kourou, Awala à partir de 2014 par :

- des levés de profils topographiques (avril et octobre 2016) et bathymétriques (octobre 2016) ;
- des photos obliques ;
- des prises d'images satellites Landsat 8 ;
- de nouveaux moyens complémentaires comme les levés au sonar à balayage latéral et des mesures à haute résolution par drone.

Les évolutions morphologiques de chaque secteur sont en relation avec la position et l'état des bancs de vase dans la zone côtière :

- en 2016, le secteur en situation « inter-banc » qui a connu la plus grande évolution est Kourou avec le déplacement du stock sédimentaire du nord-ouest vers le sud-est, correspondant à un phénomène de rotation de plage ;
- la plage des Hattes sur Mana connaît une évolution contrastée due à sa position à l'embouchure du Maroni à l'est, avec une variabilité de la position du trait de côte et des bancs sableux estuariens ; et la présence d'une vasière intertidale à l'ouest qui permet une stabilisation voir une accrétion de la plage ;
- depuis fin 2014, un banc vase subtidale commence à s'installer sur la presqu'île de Cayenne. La diminution de la bathymétrie sur l'anse de Montabo, indique que celui-ci continue d'avancer. Une stabilité des profils et de la position du trait de côte est observé au niveau des anses de Rémire et Montjoly.

Sur les zones tests, les nouvelles techniques employées ont permis de mieux comprendre la dynamique côtière à l'échelle des plages sableuses.

Le suivi par drone s'est exclusivement focalisé sur Kourou qui, de par sa position en inter-banc, a connu de forts phénomènes d'érosion et de submersion marine en cette année 2016. Les images aériennes haute-résolution, qui permettent d'obtenir une représentation 3D de la surface de la plage, sont robustes pour obtenir des informations surfaciques et volumiques de la répartition du sable.

Les levés au sonar à balayage latéral dans sa configuration actuelle (suivi des profils bathymétriques) permettent d'obtenir des données de réflectivité des fonds marins autour des profils suivis. Ces observations donnent des indications sur la nature des fonds et la présence de figures sédimentaires qui marquent l'hydrodynamique local. Un autre levé en 2017 permettra d'observer l'évolution des fonds par rapport aux levés de 2016.

En 2017, ces différentes mesures seront réitérées, confirmant ou infirmant ainsi les évolutions observées. Les résultats des drones et du sonar permettent d'ouvrir plusieurs perspectives pour les mesures futures, en effet il peut être intéressant de :

- déployer un autre levé drone sur les autres sites de l'observatoire afin d'avoir de la donnée haute résolution, notamment pour suivre le dispositif Stabiplate qui devrait être installé avant la fin d'année 2017 ;
- effectuer une mosaïque de sonar à balayage latéral au niveau des anses de Cayenne, afin de déterminer une carte de la nature des fonds à un instant donné pour caractériser le secteur.

7. Bibliographie

ABASCAL N. (en prép.) - Dynamiques du système des bancs de vase amazoniens à travers une observation spatiale et une modélisation de la sédimentation de l'eau. Thèse de Doctorat.

Aertgeerts G. et Longueville F. (2016) – Observatoire de la dynamique côtière de la Guyane : compte rendu des activités 2016. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-66387-FR, 25 p., 8 ill.

Belon R., Balouin Y., Merour A., Riotte C., (2014). Evolution des plages de poche de Corse : vers un modèle conceptuel. XIII^{ème} Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Paralia.

Belon R., De la Torre Y., Sibert V., Mouroux X., (2015). Contribution des relevés photogrammétriques par drone pour l'analyse de la dynamique côtière. Application sur un site de la côte sableuse catalane. Coastal and Maritime Mediterranean Conference, Paralia 6p.

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, p76-88.

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

De la Torre Y., Bourbon P. et Piquet M. (2015) – Observatoire de la dynamique côtière de Guyane – Année 1. Rapport final. BRGM/RP-64927-FR, 73 p., 46 ill., 1 ann., 1 CD.

Dolique F., Anthony E.J., (2005). Short-term profile changes of sandy pocket beaches affected by Amazon derived mud, Cayenne, French Guiana. *Journal of Coastal Research*, 21(6), 1195–1202.

Hoareau A., (2016) - Mise en œuvre du DGPS Trimble R10, p163.

Longueville F. et Bourbon P. (2016) a). 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. et Bourbon P. (2016) b). Observatoire de la dynamique côtière de Guyane-Campagne d'avril 2016. Compte rendu BRGM/RP-65825-FR, p.33, 37 ill.

Longueville F., Paquet F., Thinon I. et Aertgeerts G. (2016) c). Levés au sonar à balayage latéral sur l'île de Cayenne. Rapport intermédiaire BRGM/RP-66388-FR, 29 p., 16 ill.

Longueville F., Paquet F., Thinon I. (2017) a). Etude de l'évolution morphodynamique à l'embouchure du Maroni (Morphomar) – phase I, 2016. Rapport final. BRGM/RP-66796-FR, 44 p., 23 ill., 5 tabl., 1 ann.

Longueville F. (2017) b). Observations suite aux épisodes d'érosion marine de fin d'année 2016 sur le littoral de Kourou (Guyane). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-66669-FR. 23 p., 25 ill.

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

Mark R., Byrnes J., Baker L., Feng Li (2002). Quantifying Potential Measurement Errors and Uncertainties Associated with Bathymetric Change Analysis. US Army Corps of Engineers, ERDC/CHL CHETN-IV-50, 17 p.

Ministère de l'écologie du développement durable, des transports et du Logement, (2010). La gestion du trait de côte, Quae, p290.

Moisan M. (2011). Etat de la connaissance de la caractérisation physique de la côte en Guyane, des pressions anthropiques et des impacts générés : Synthèse et Analyse critique- Rapport BRGM/RP-60823-FR. 116 p, 53 fig, 2 annexes.

Moisan M. (2013). Compte-rendu de l'épisode d'érosion marine du 14 et 15 janvier 2013, Rapport final. Rapport BRGM/RP-62017-FR. 33p., 22 fig.

Moisan M., De La Torre Y. (2014) – Evolution 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, 60 p., 20 fig., 5 tabl., 1 ann.

Moisan M., Bourbon P., De La Torre Y. (2015). Observatoire de la dynamique côtière – année 2. Rapport final, BRGM/RP-65281-FR, 77p., 70 fig., 2 ann., 1 CD.

Shom (2016) - Référence Altimétrique Maritimes Ports de France métropolitaine et d'outre-mer - 107 p.

Walcker, R., (2016). Dynamique spatiale des mangroves de Guyane entre 1950 et 2014 : forçage atmosphérique et conséquence pour le stock de carbone côtier. Université Paul Sabatier - Toulouse III.

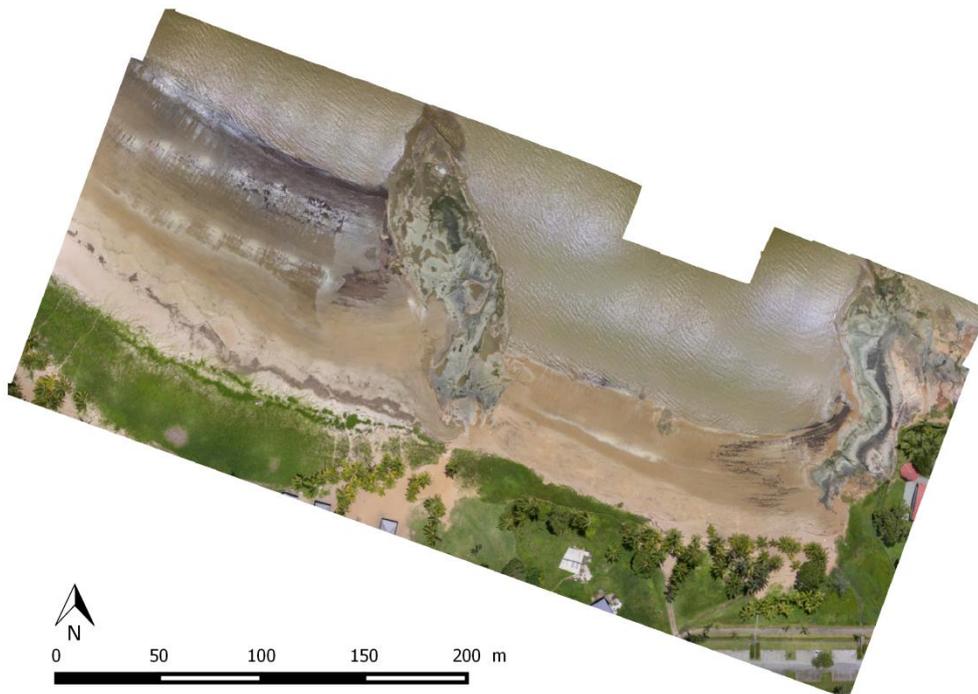
Annexe 1

Orthophotographies de Kourou prise par image Drone

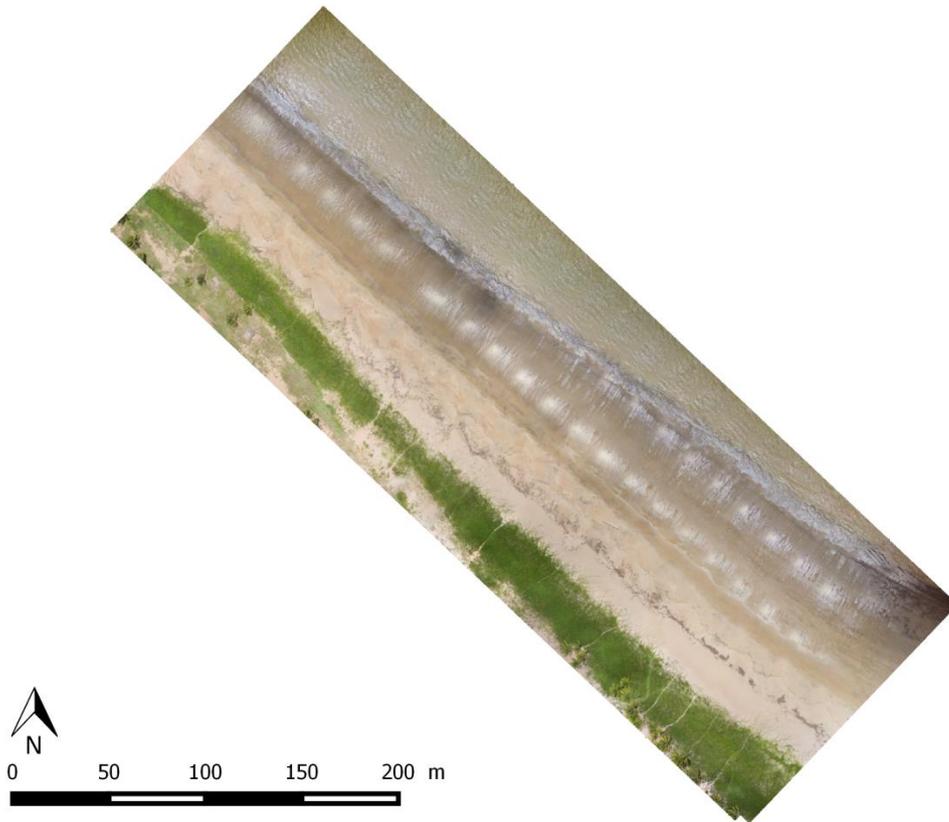
Zone 1 :



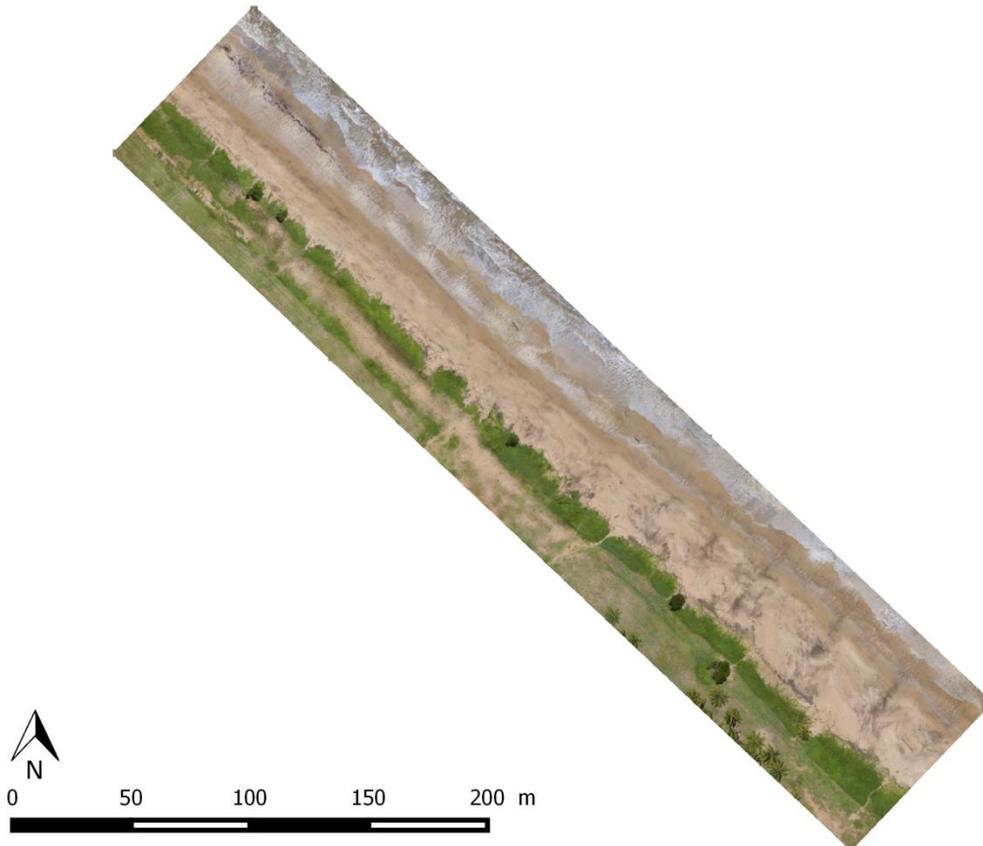
Zone 2 :



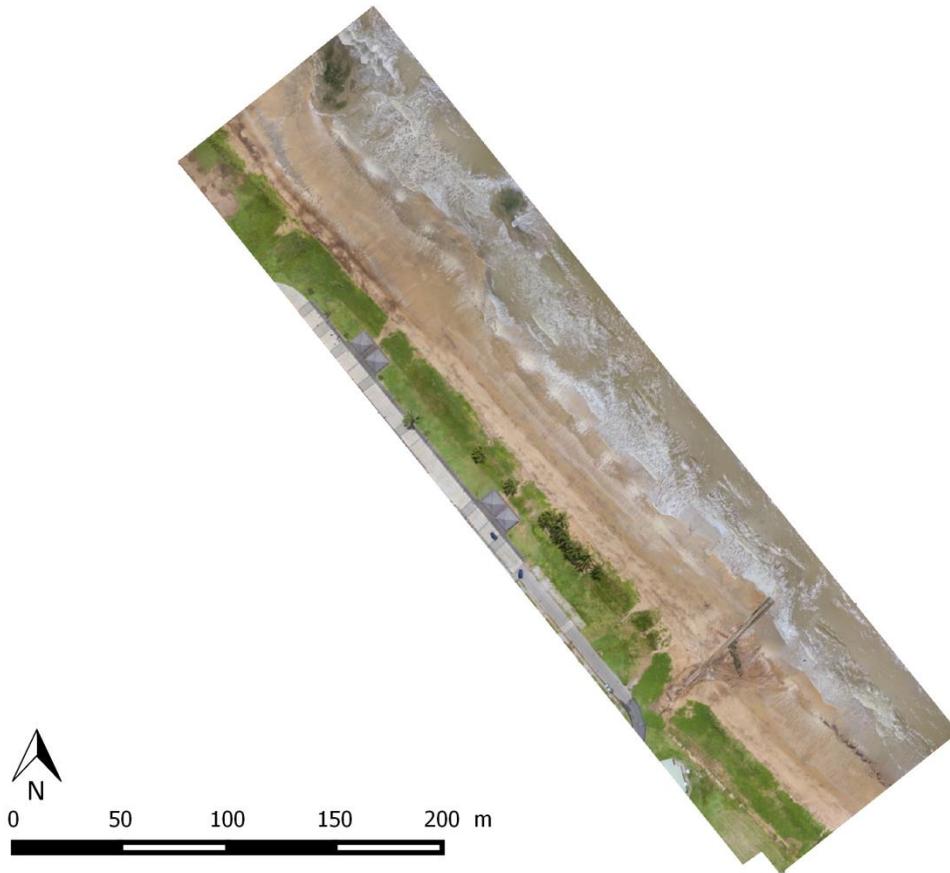
Zone 3 :



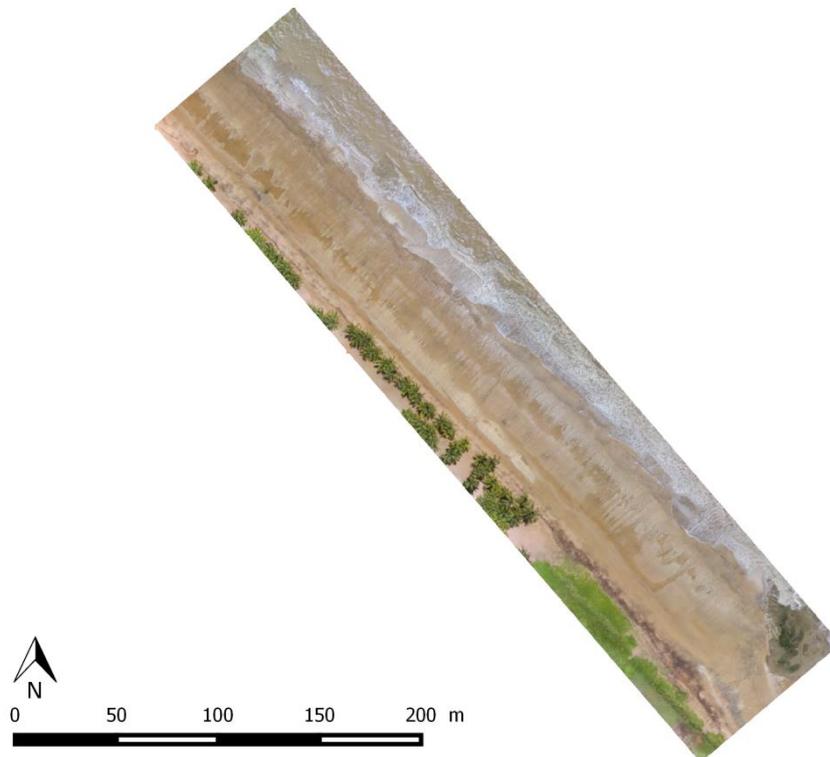
Zone 4 :



Zone 5 :



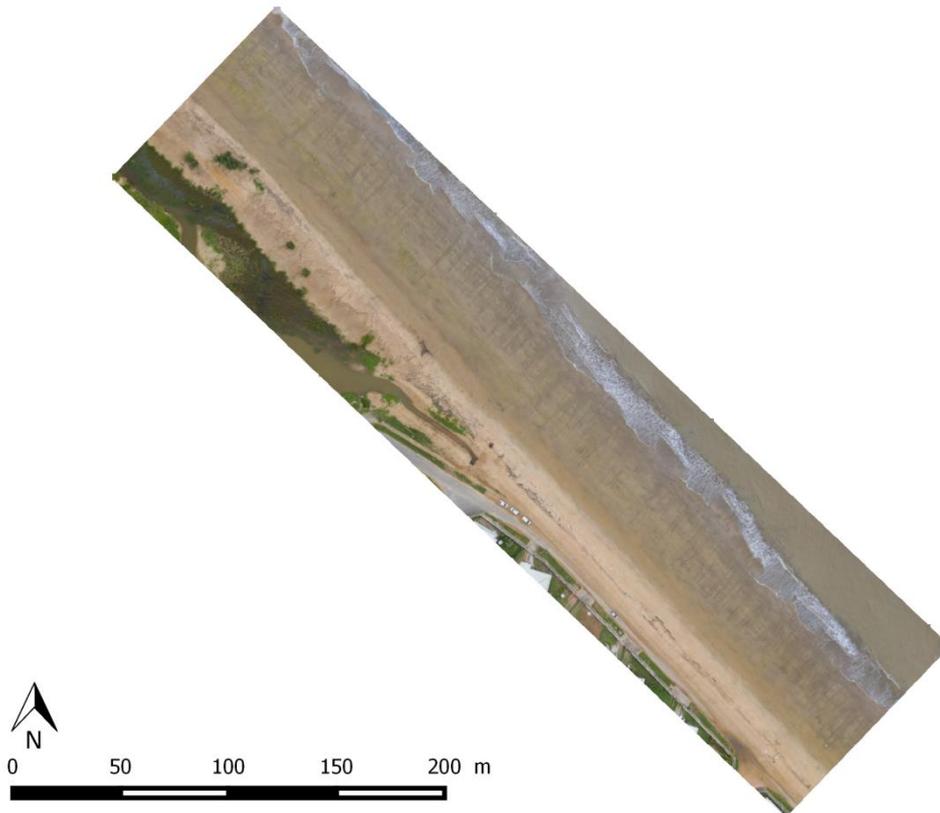
Zone 6 :



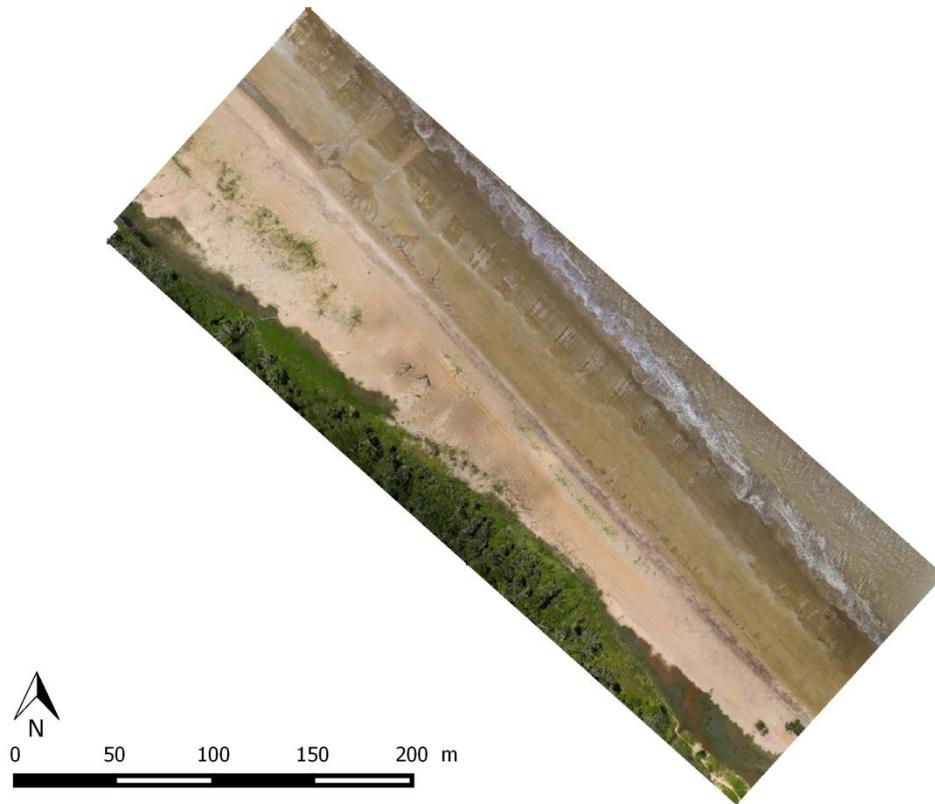
Zone 7 :



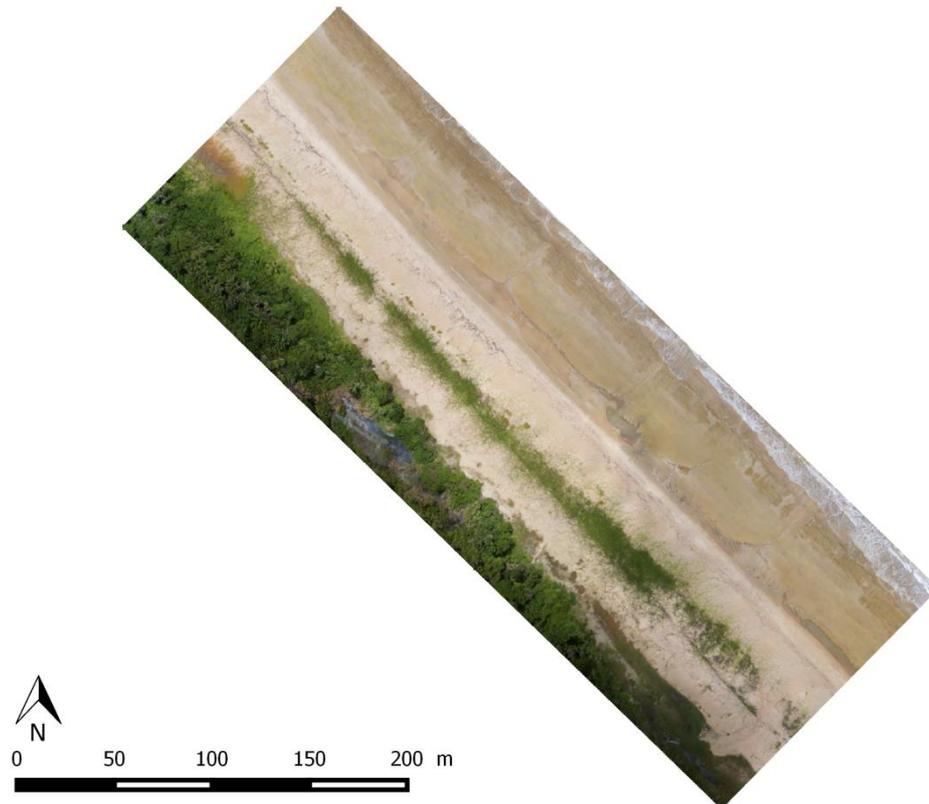
Zone 8 :



Zone 9 :



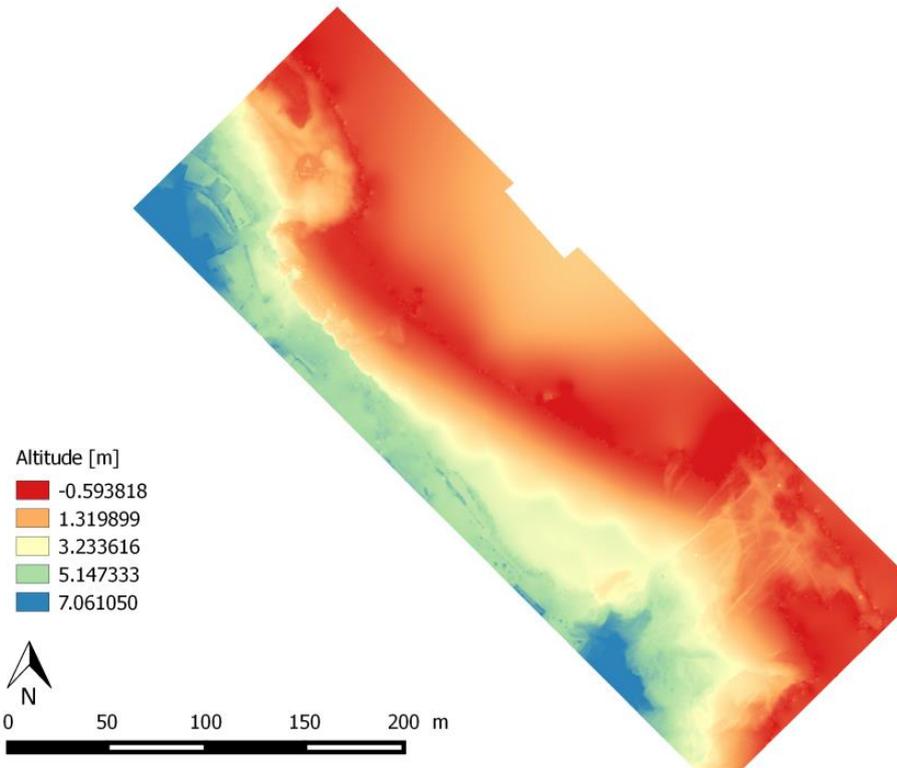
Zone 10 :



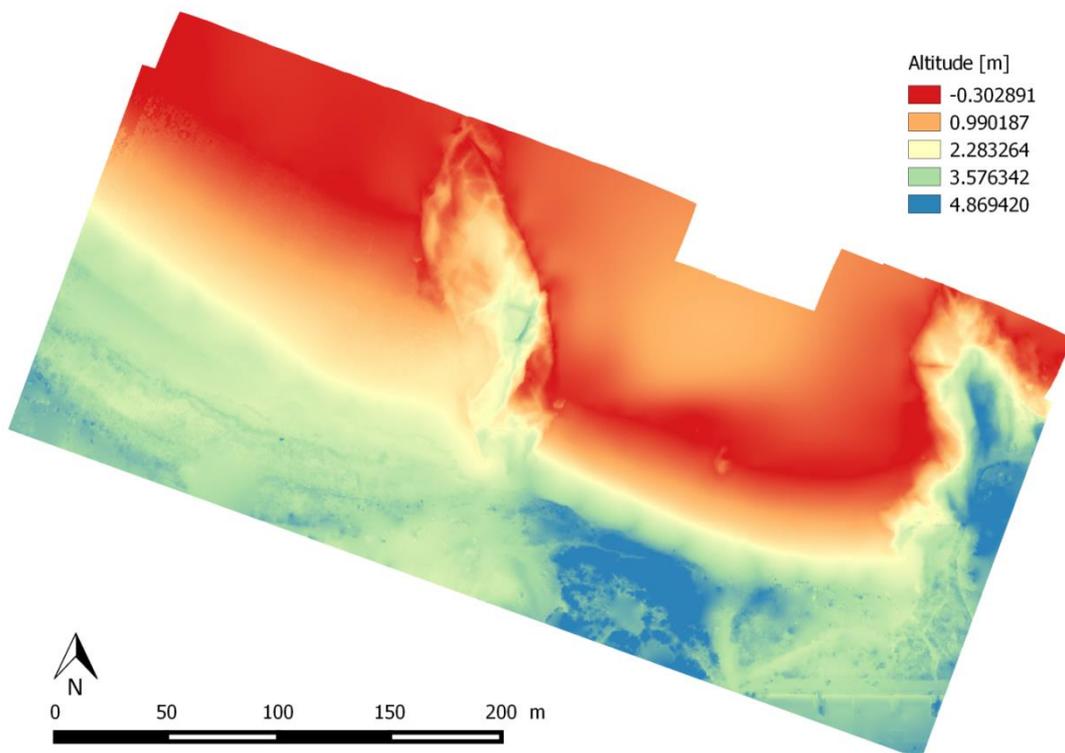
Annexe 2

MNT tirées des images prises par drones

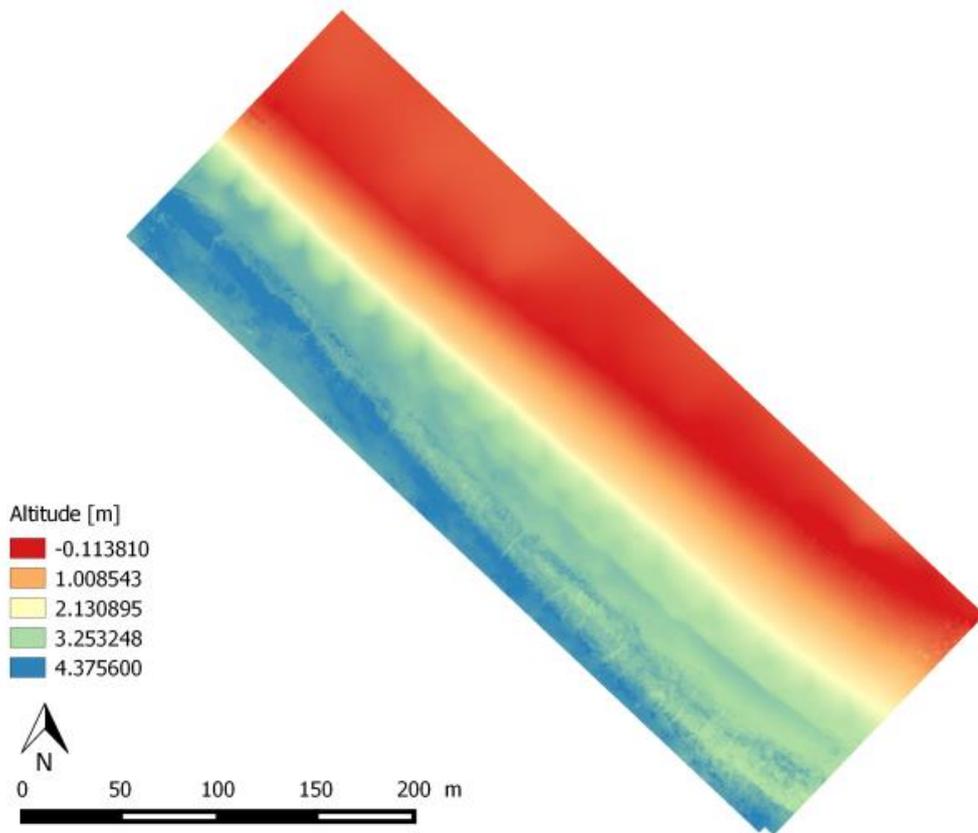
Zone 1 :



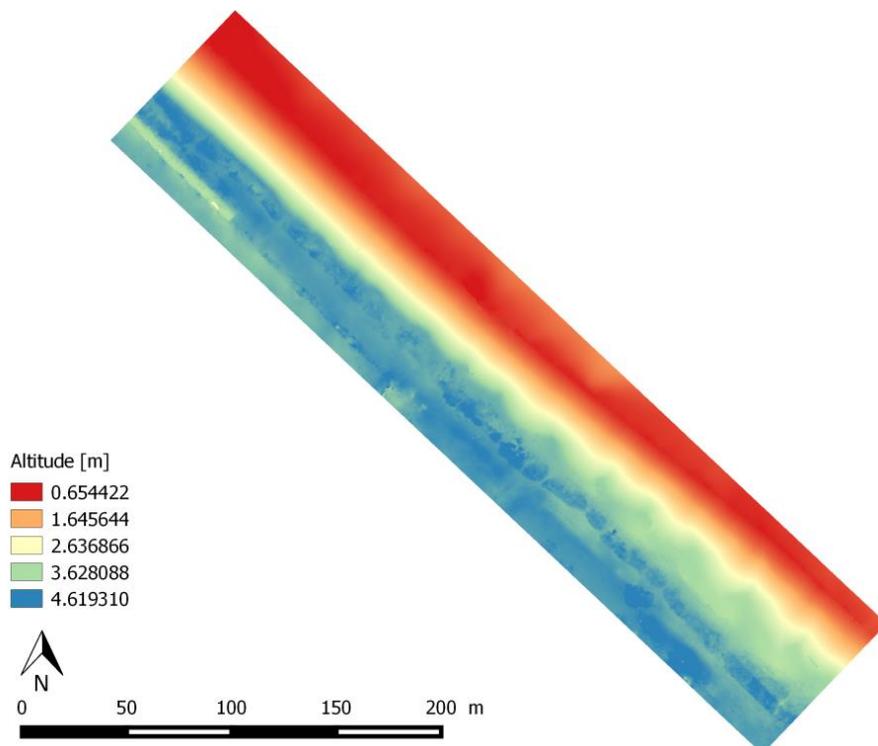
Zone 2



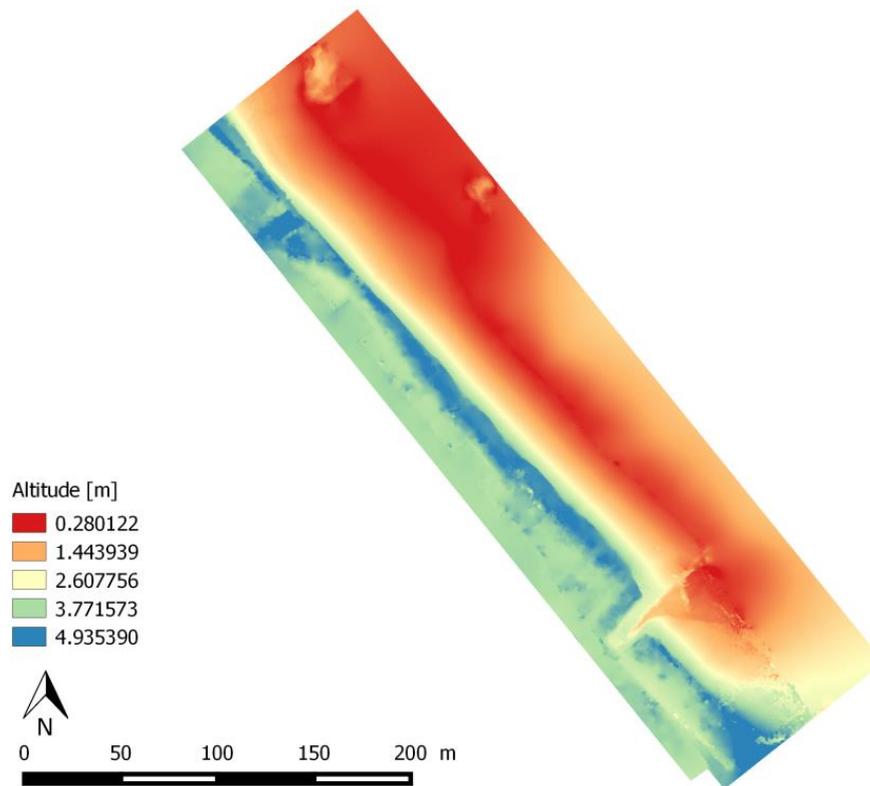
Zone 3



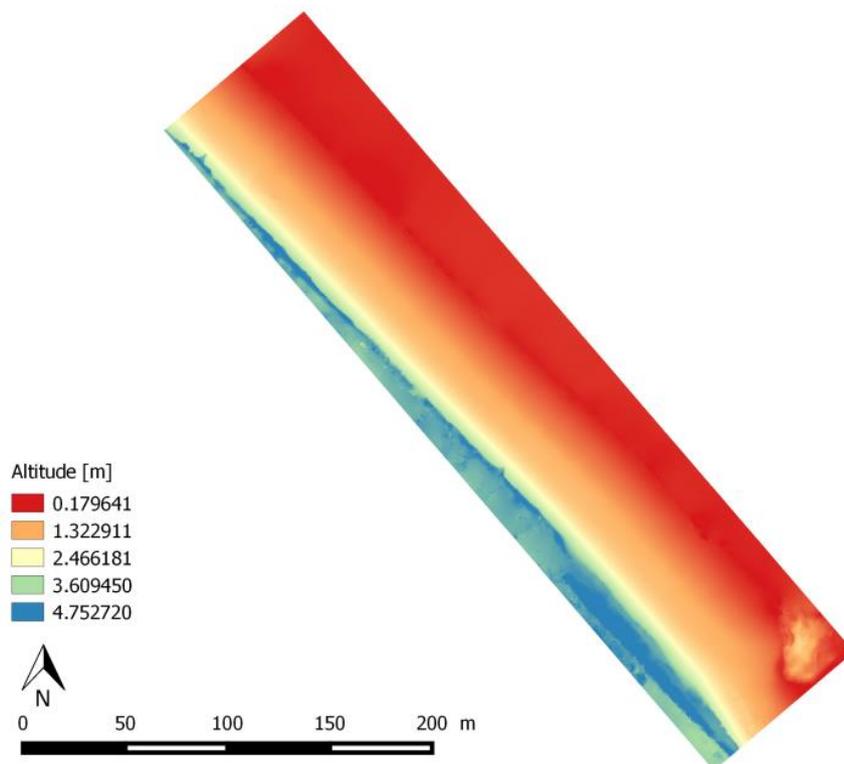
Zone 4



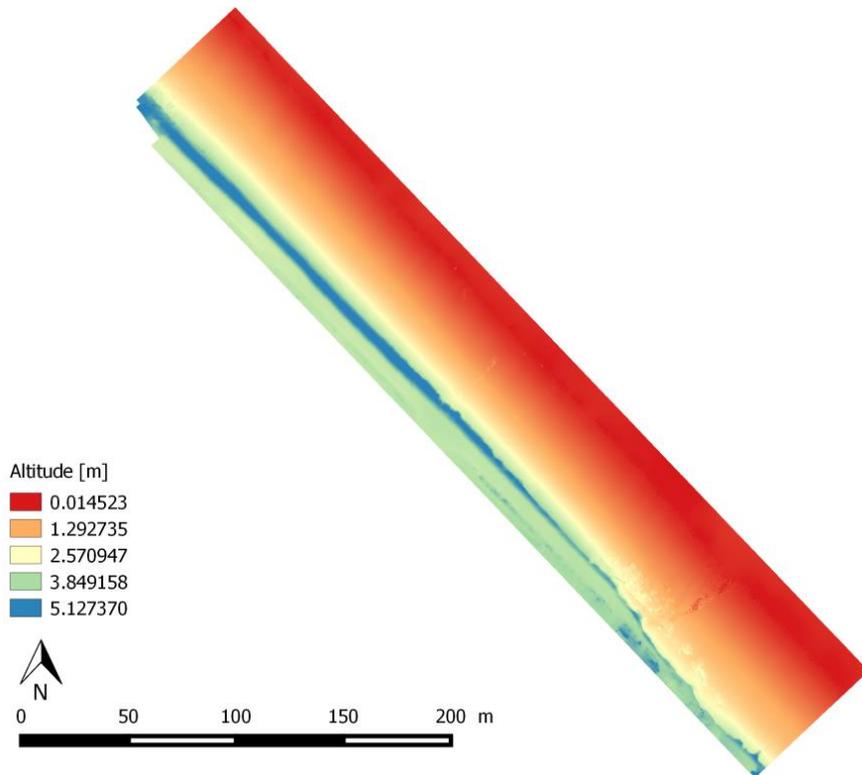
Zone 5



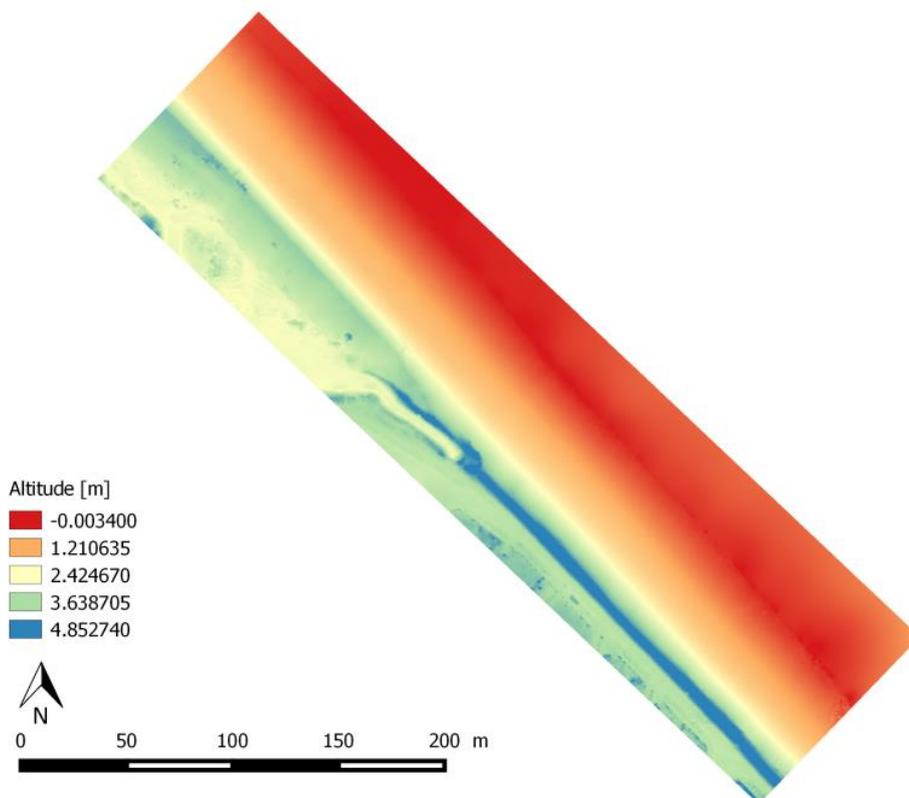
Zone 6



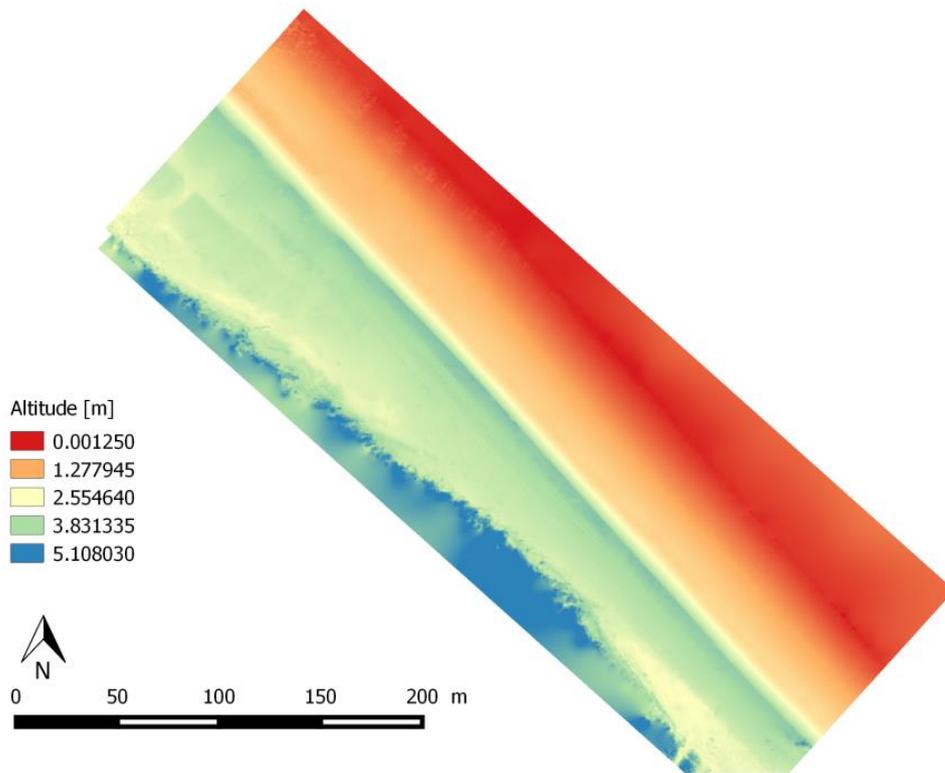
Zone 7



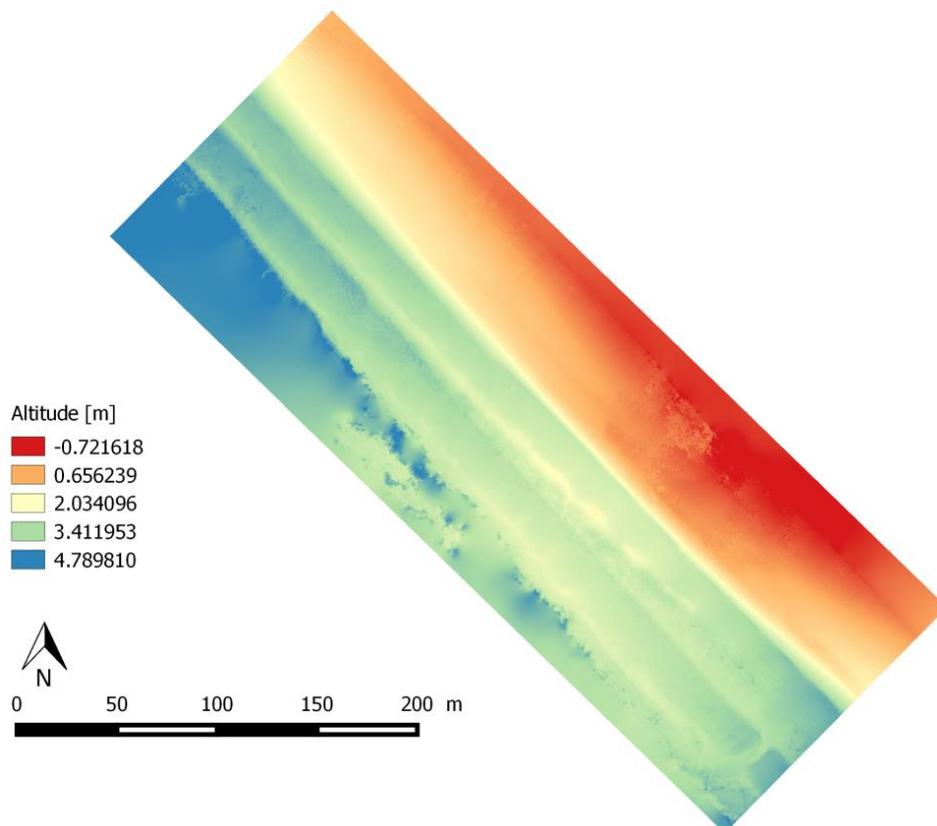
Zone 8



Zone 9



Zone 10

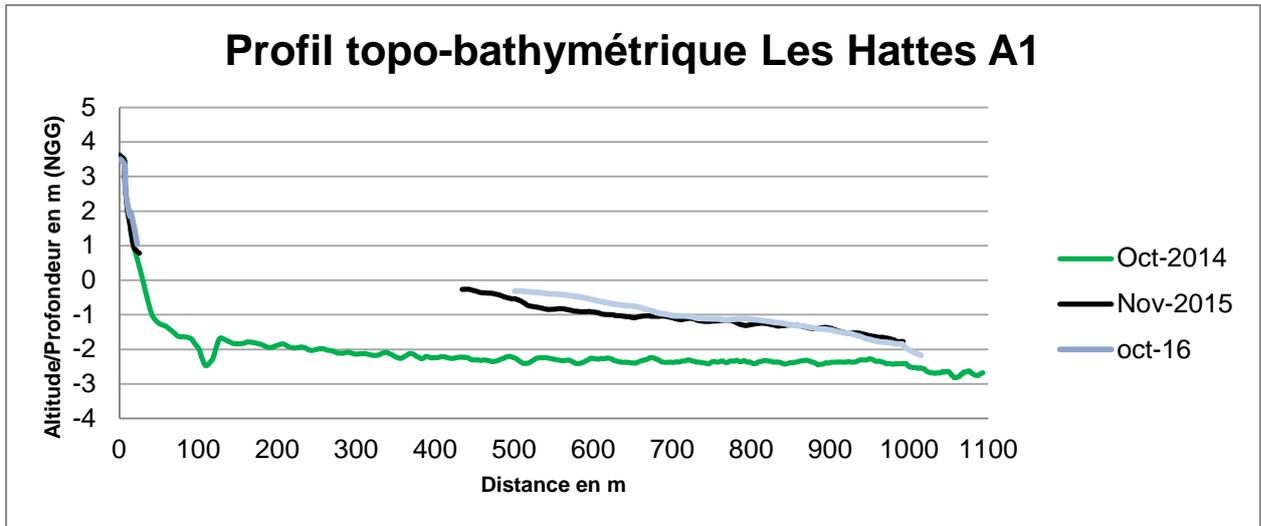


Annexe 3

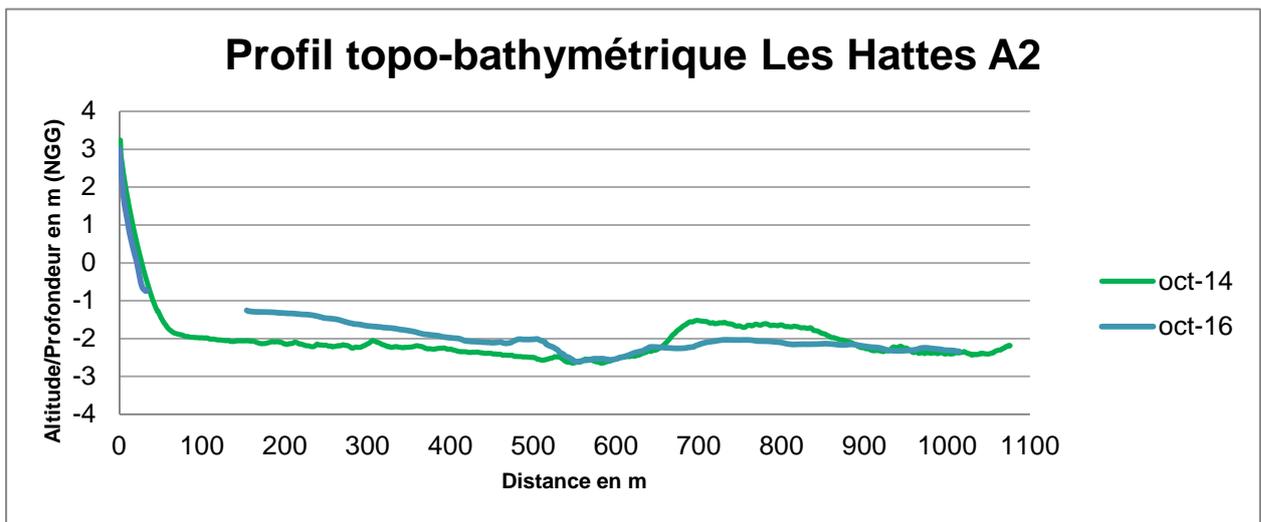
Profils topo-bathymétrique depuis 2014

Awala

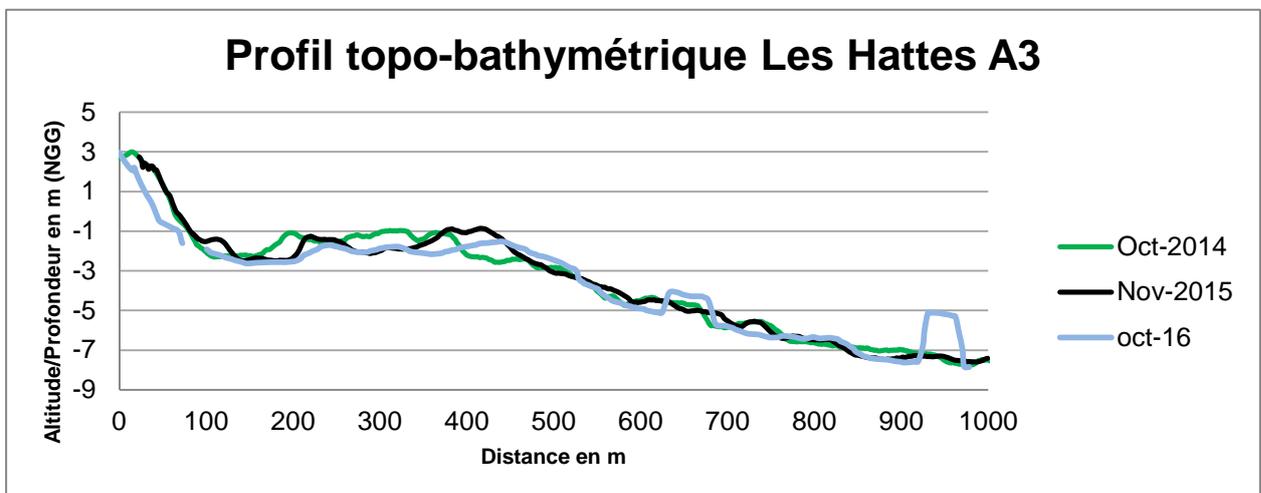
A1



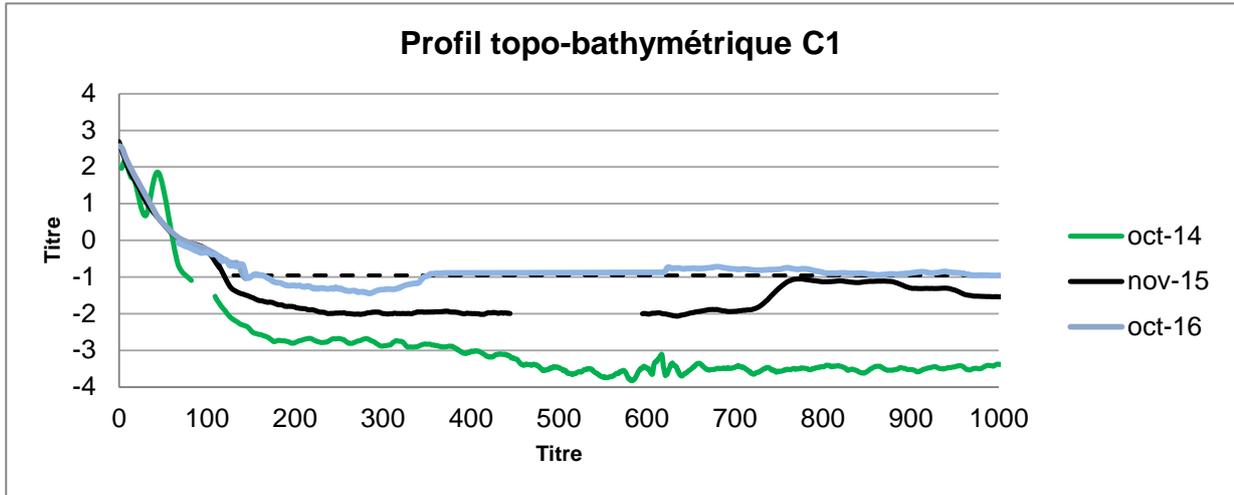
A2



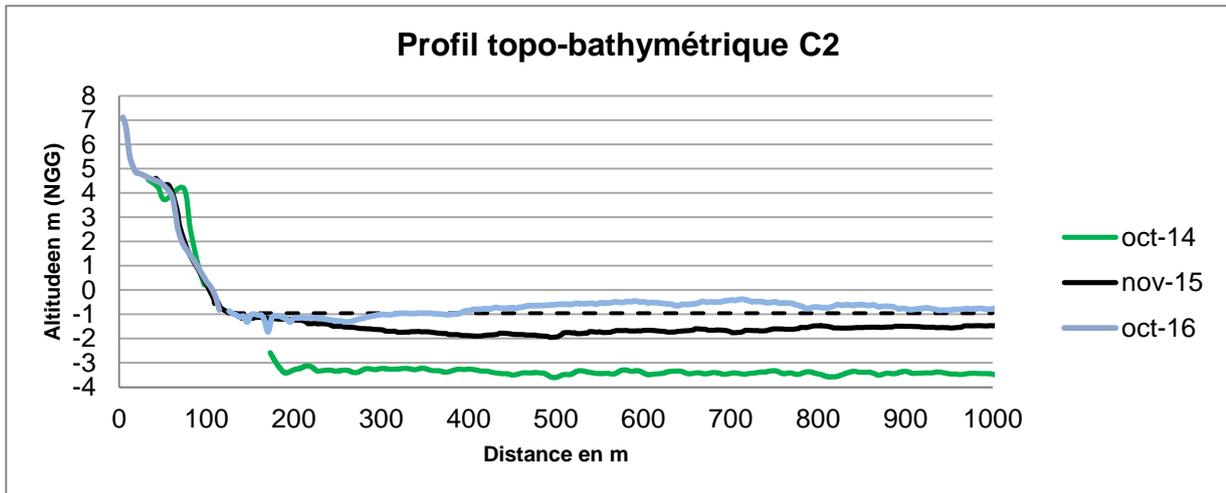
A3



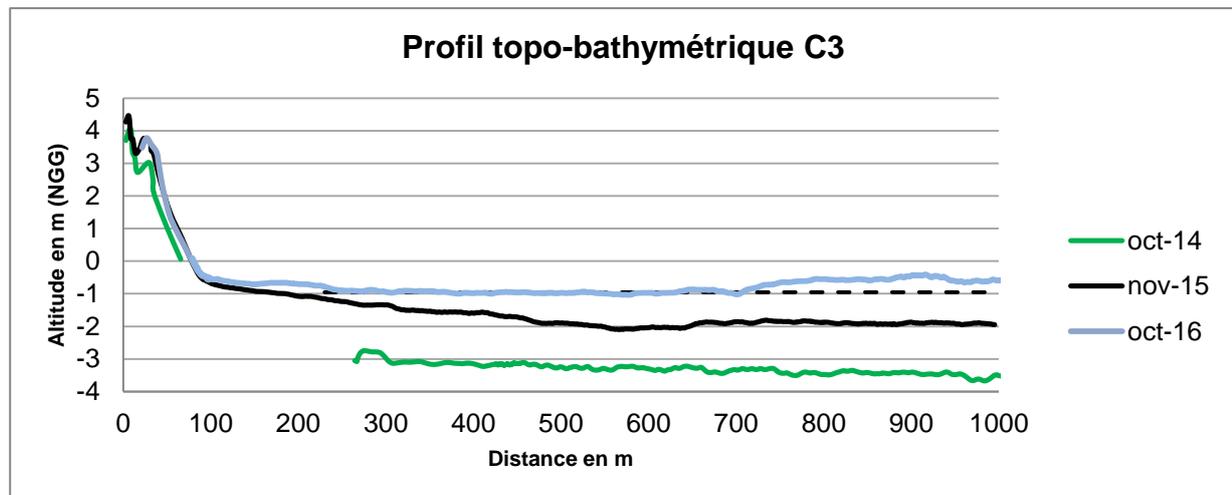
Cayenne
C1



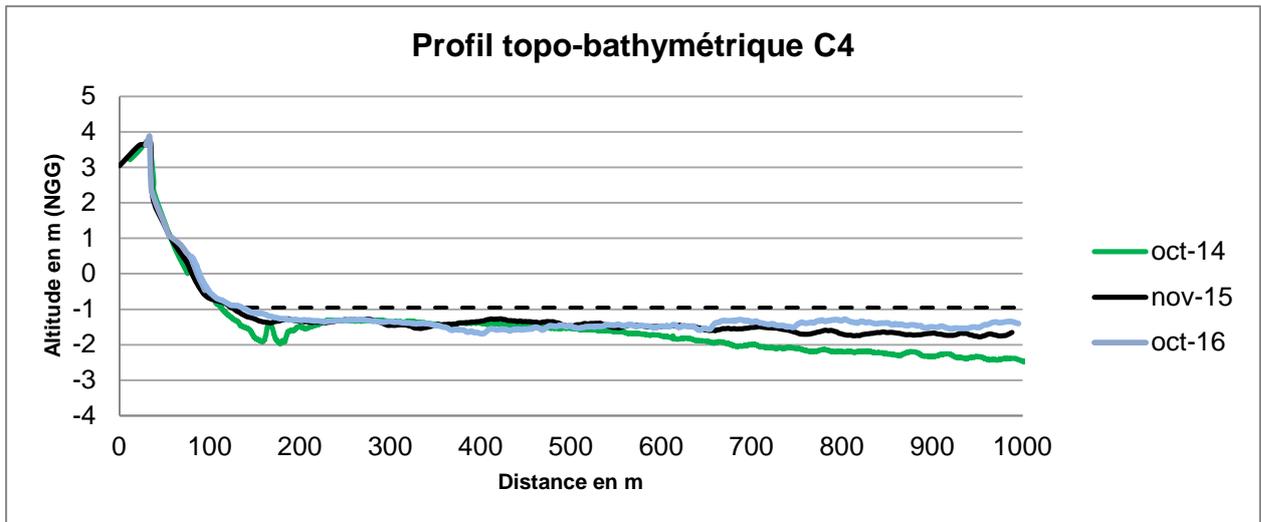
C2



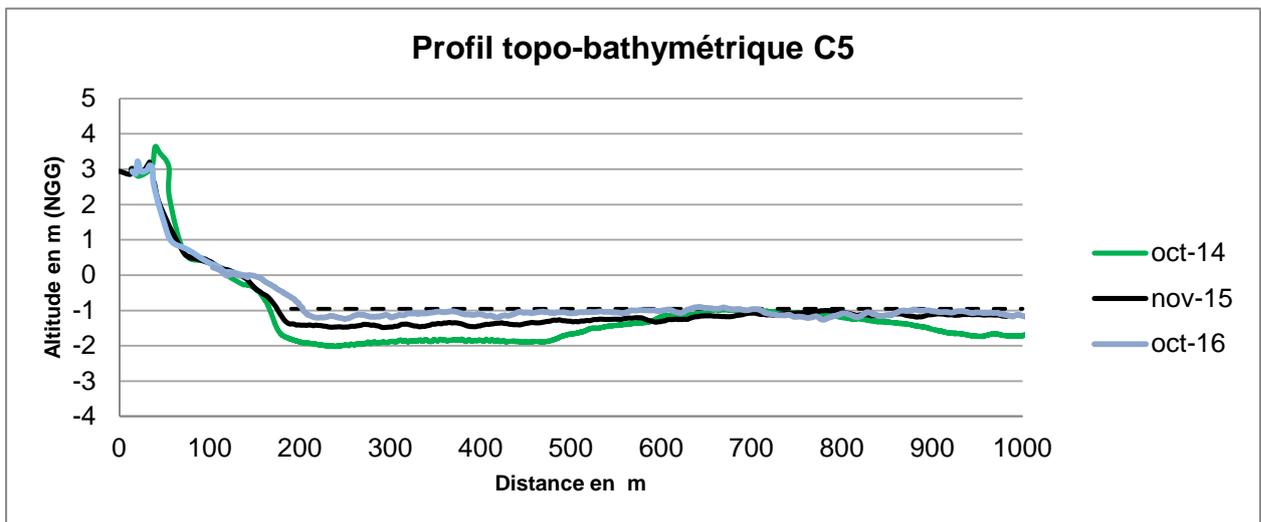
C3



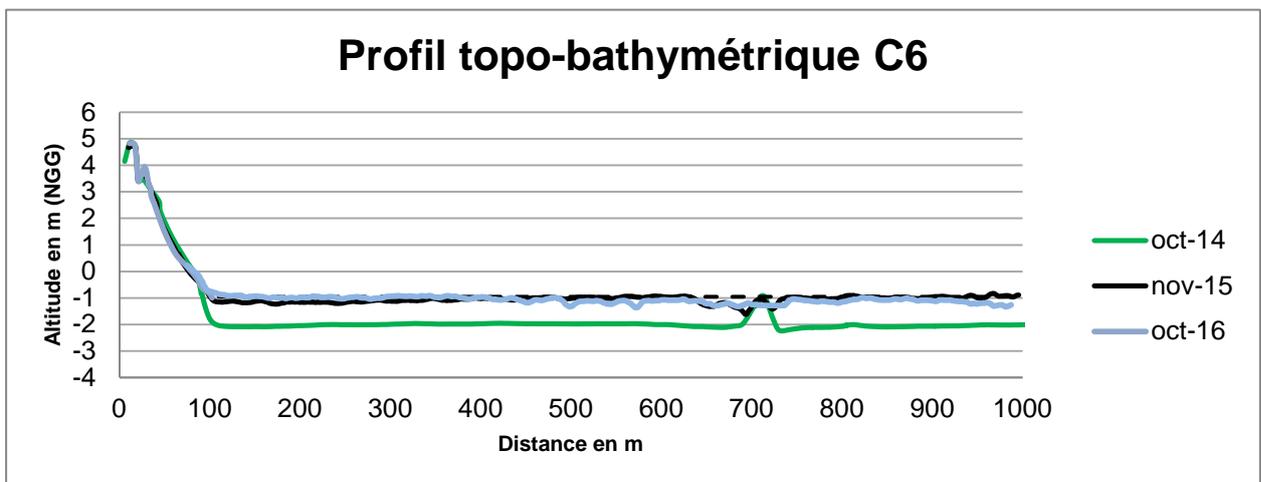
C4



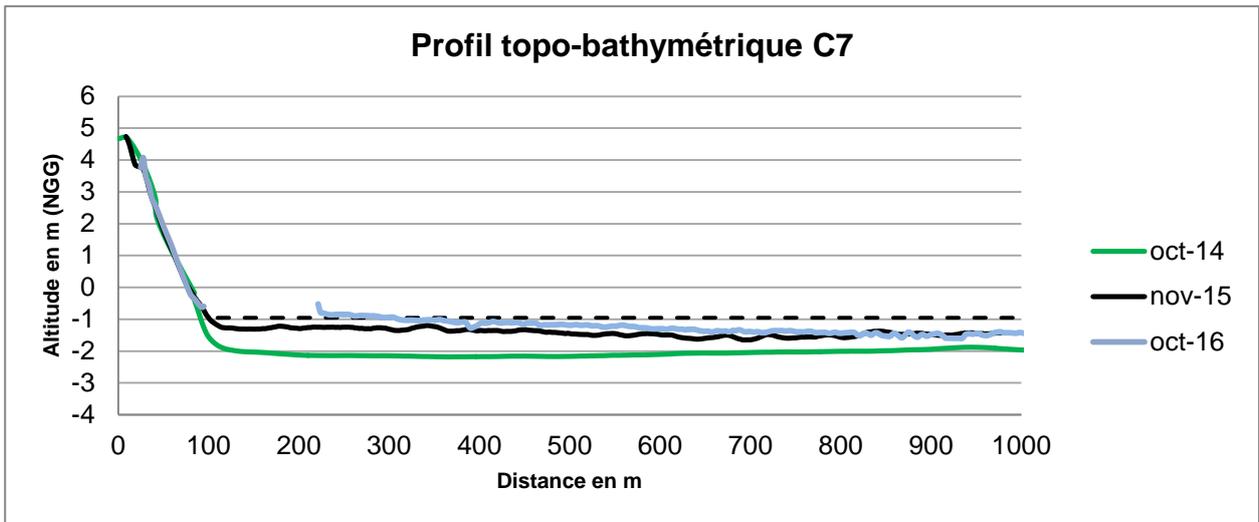
C5



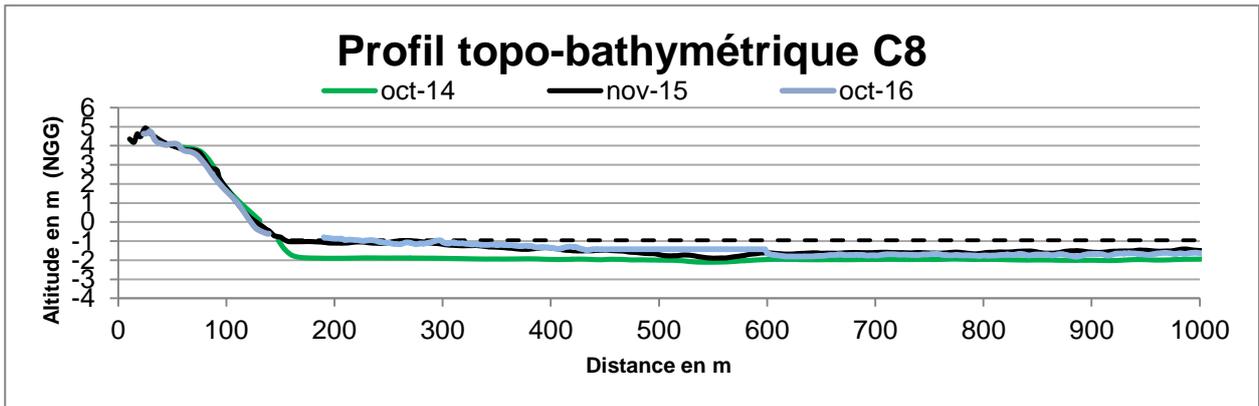
C6



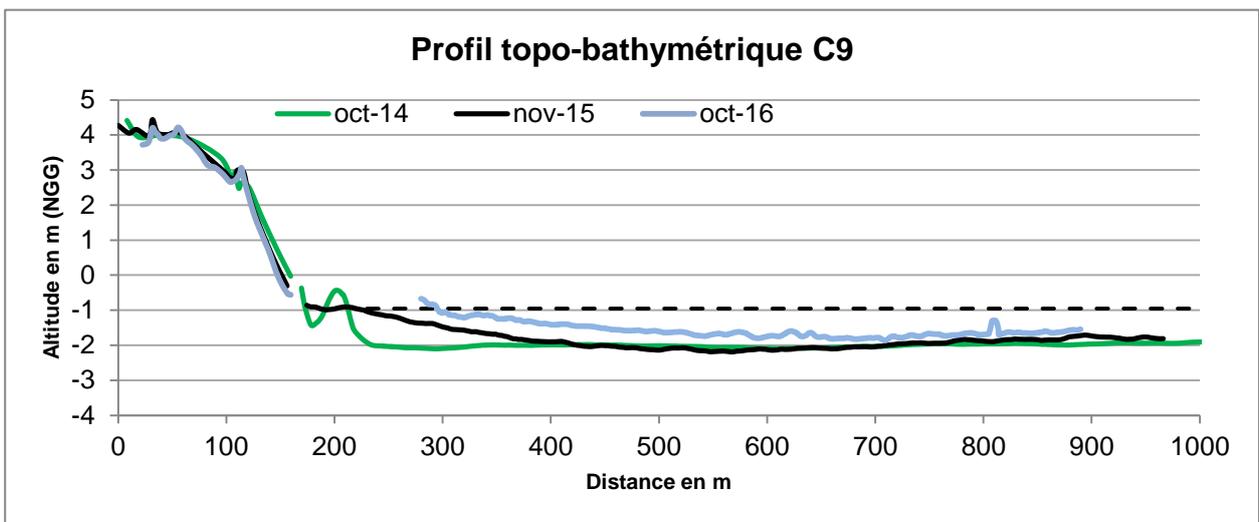
C7



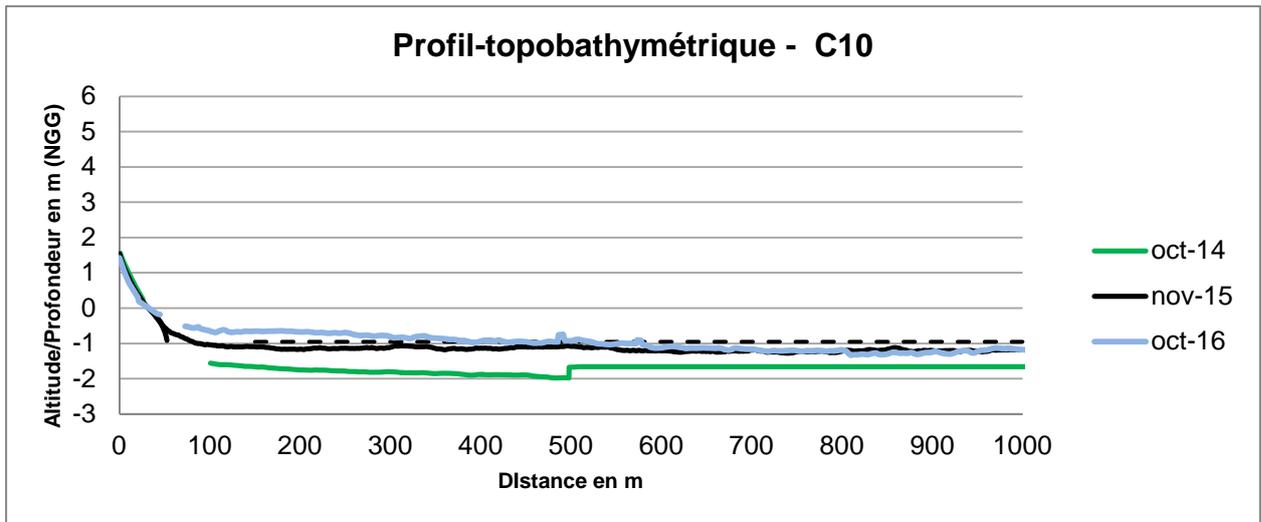
C8



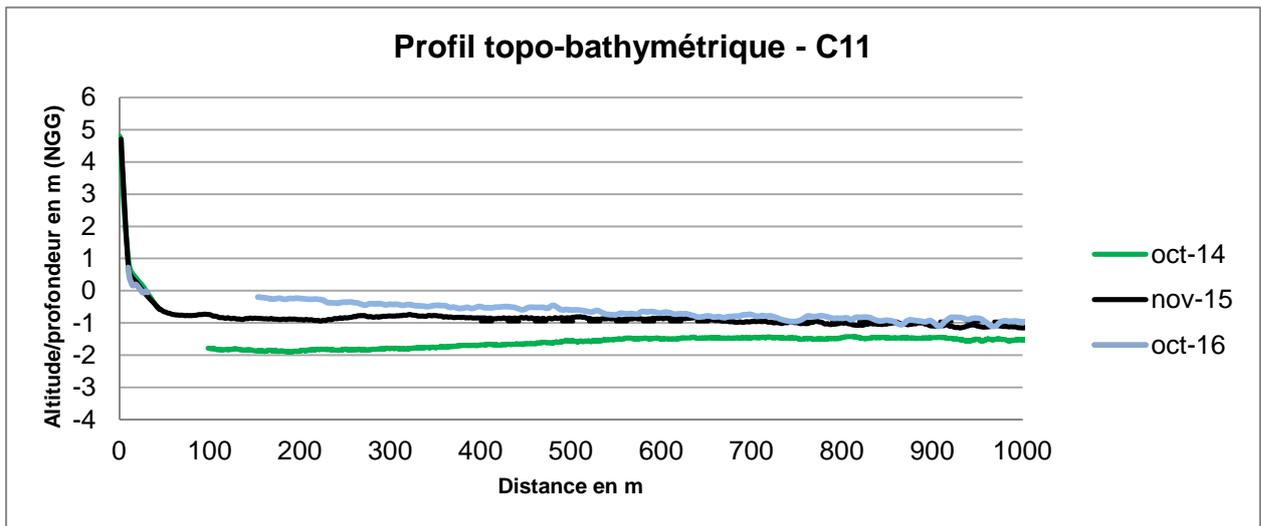
C9



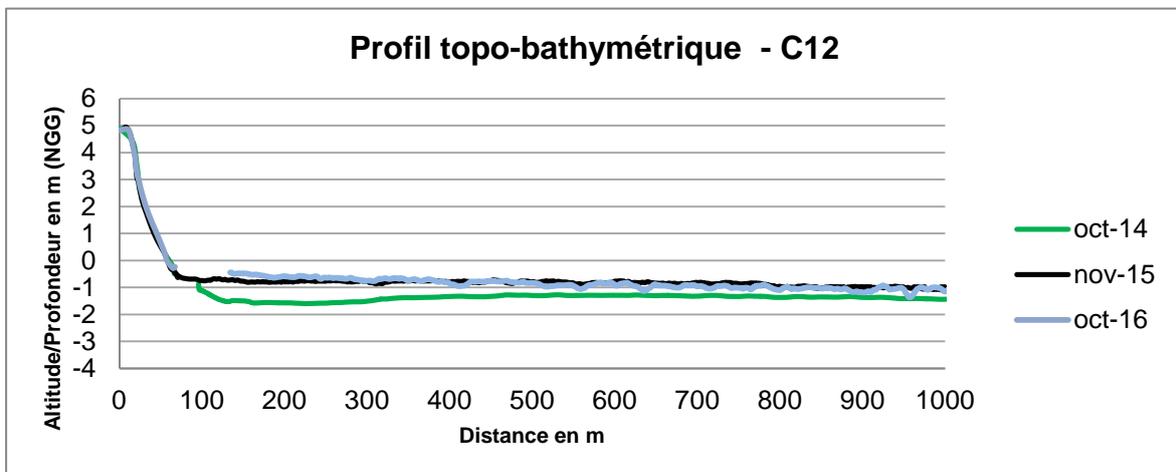
C10



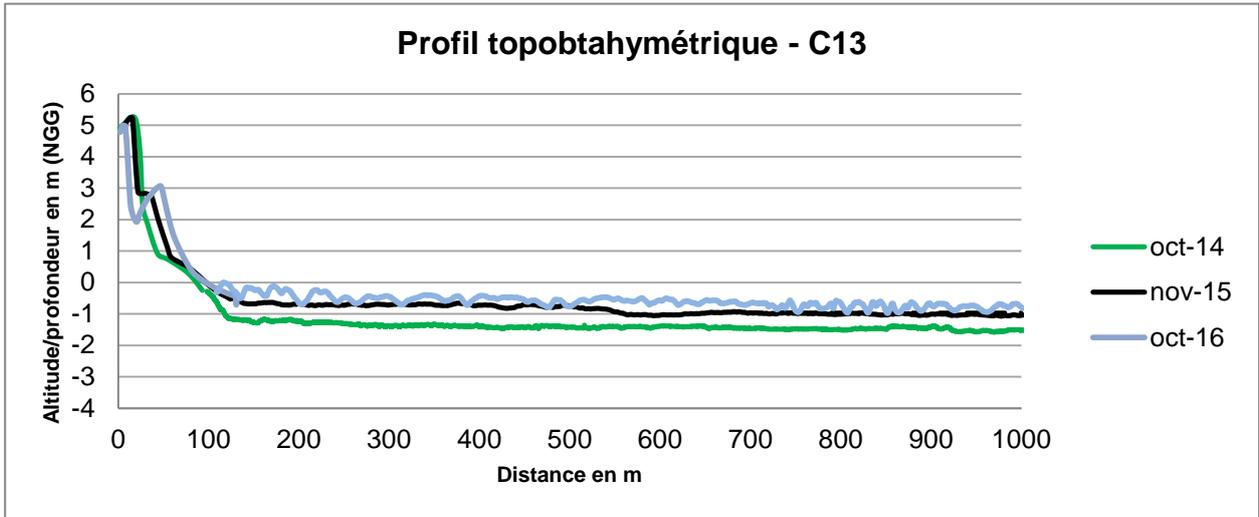
C11



C12

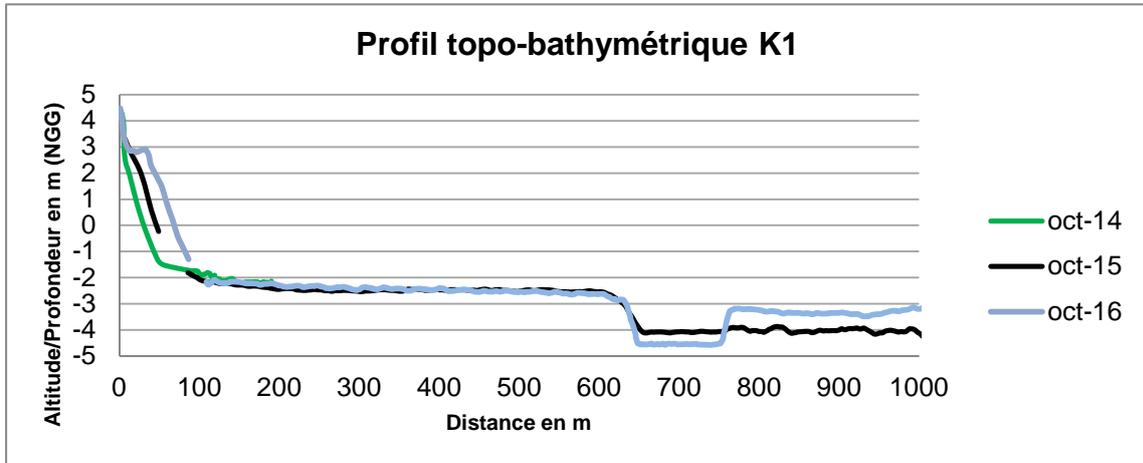


C13

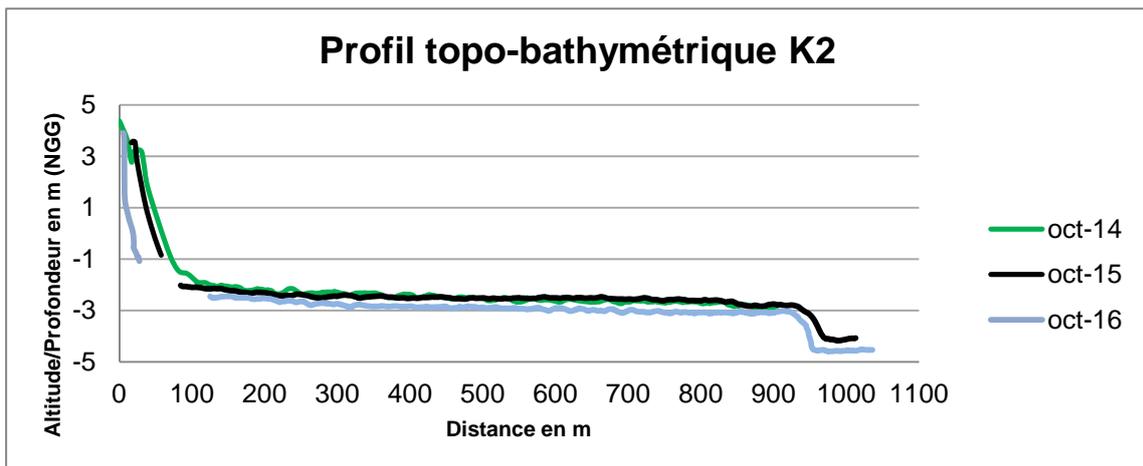


Kourou

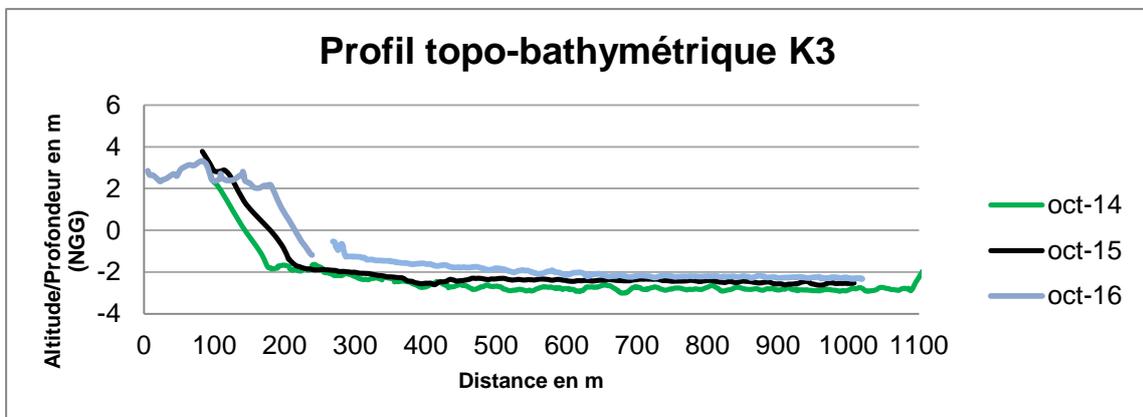
K1



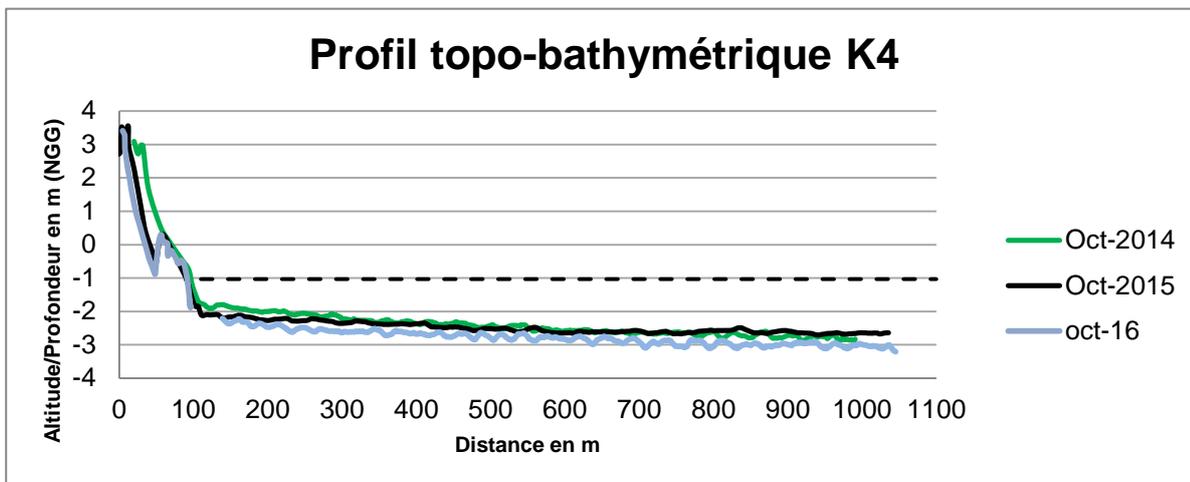
K2



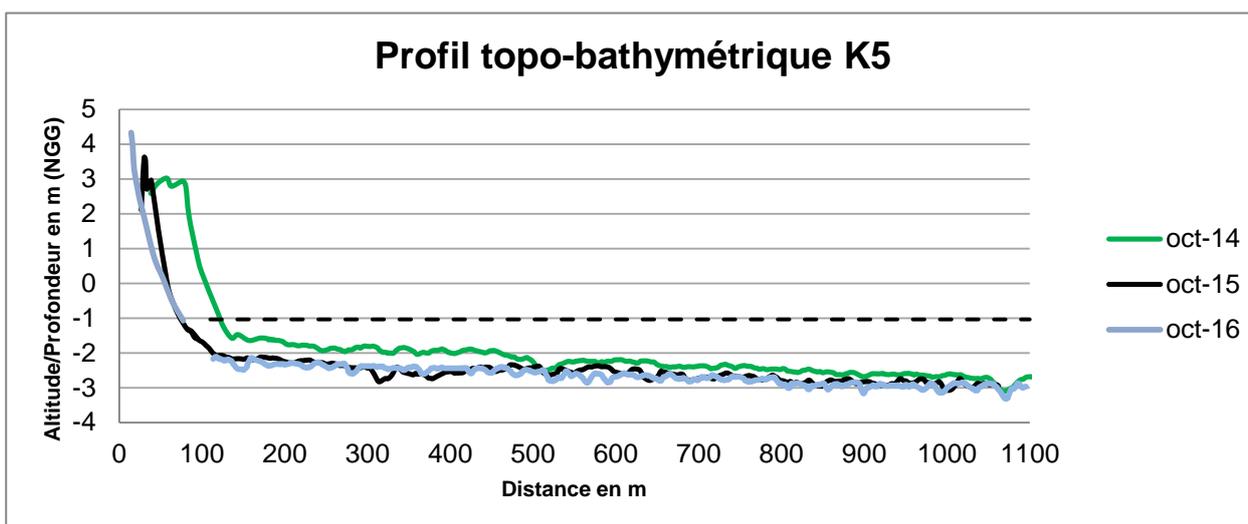
K3



K4



K5

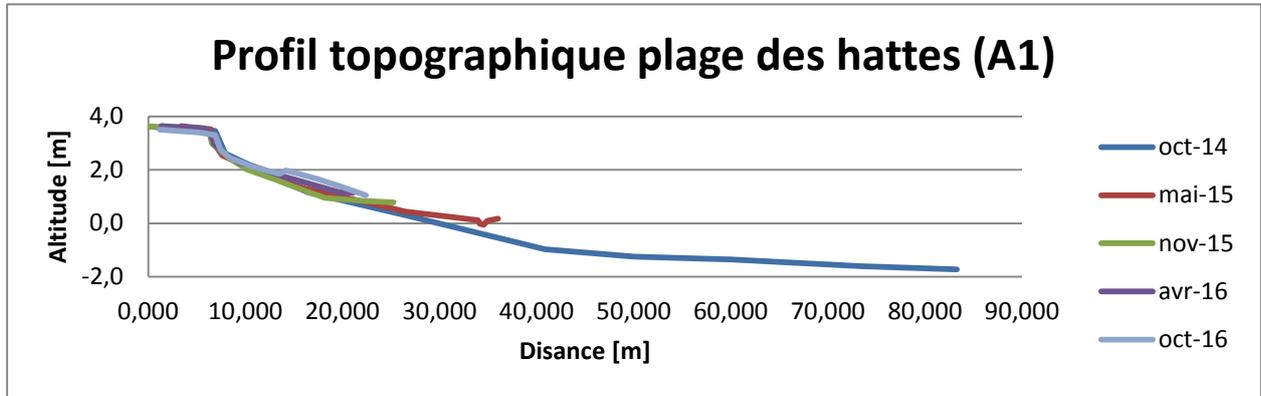


Annexe 4

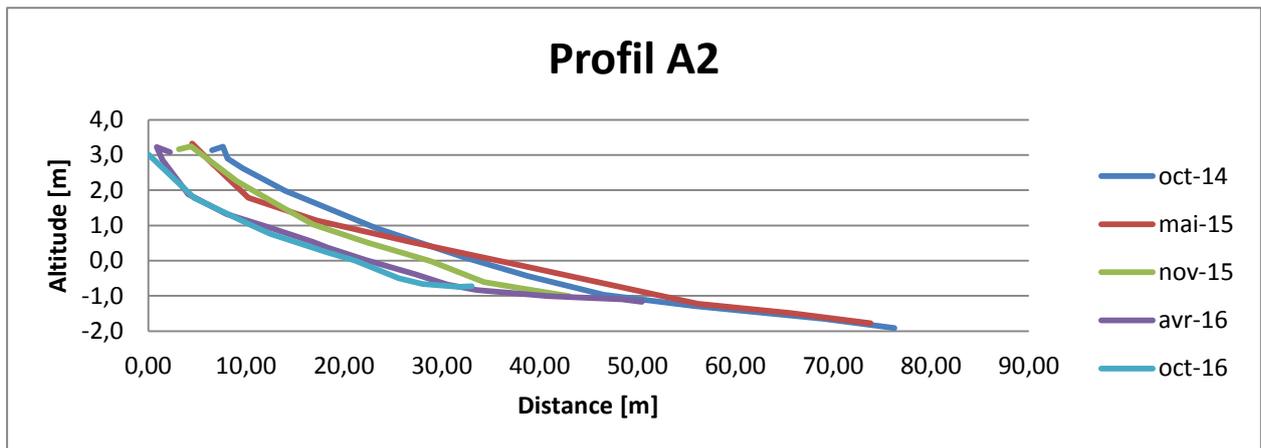
Profils topographique depuis 2014

Awala

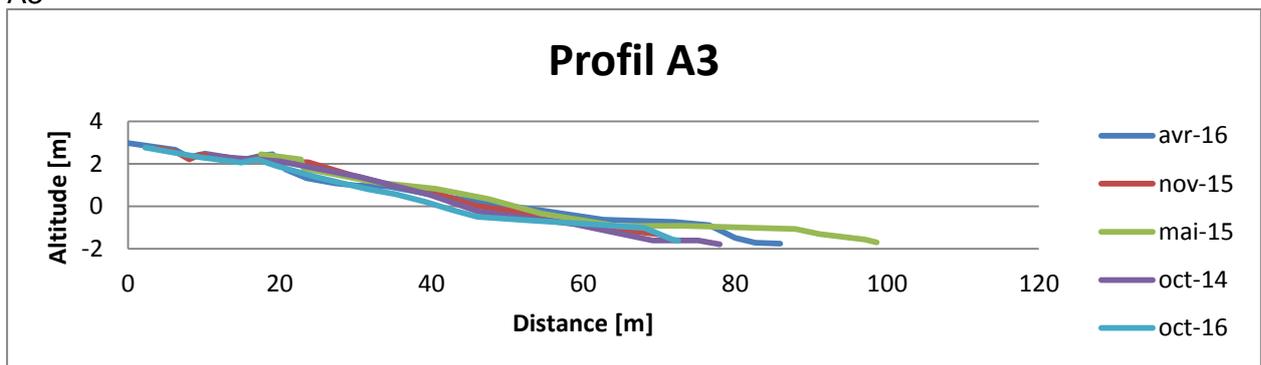
A1



A2

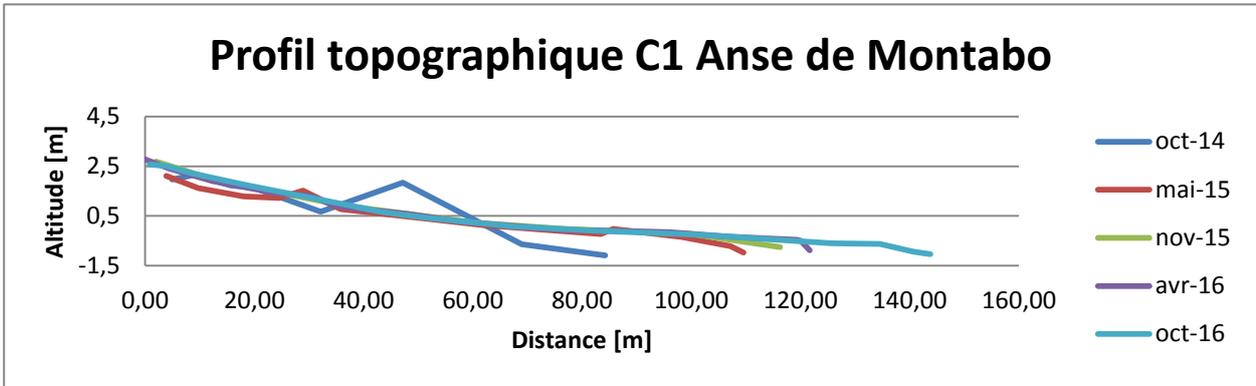


A3

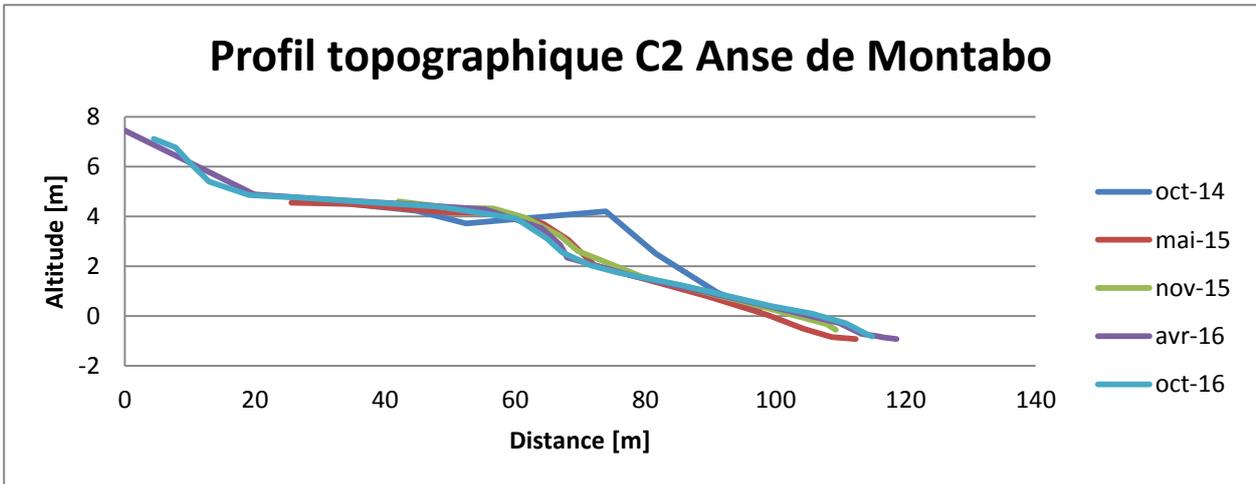


Cayenne

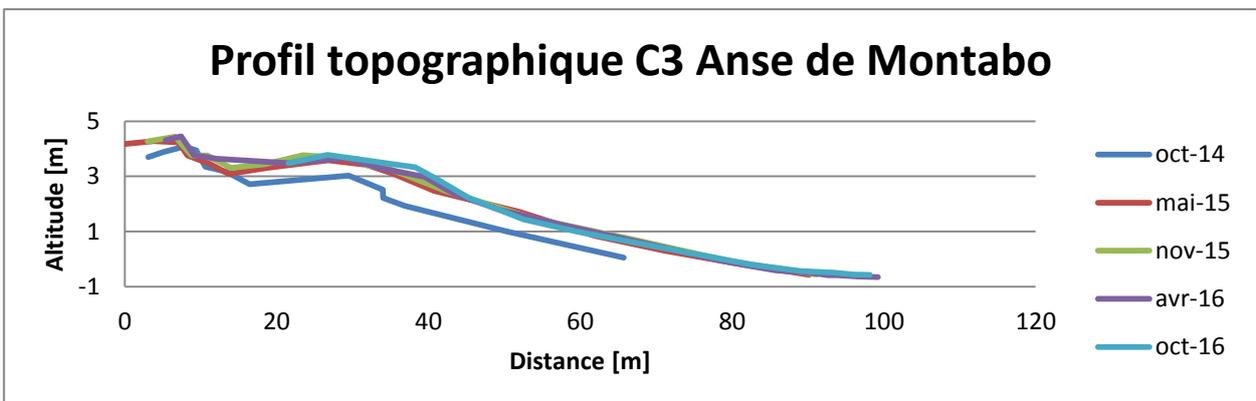
C1



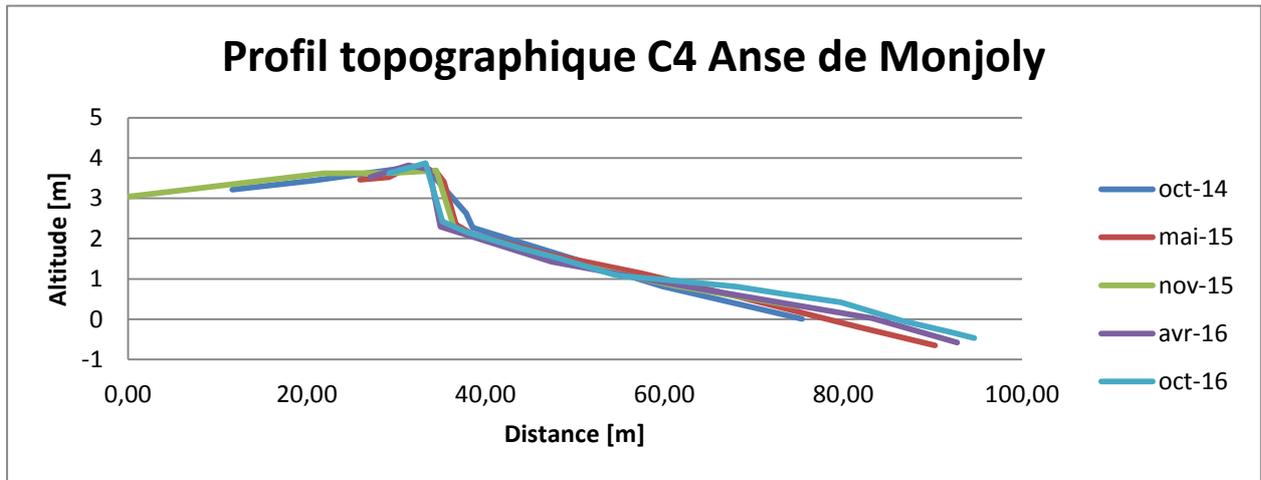
C2



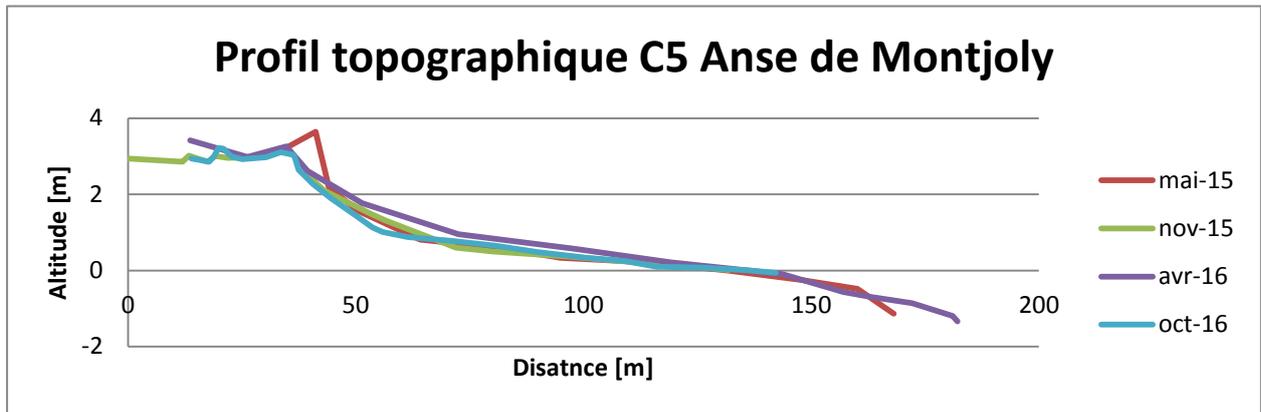
C3



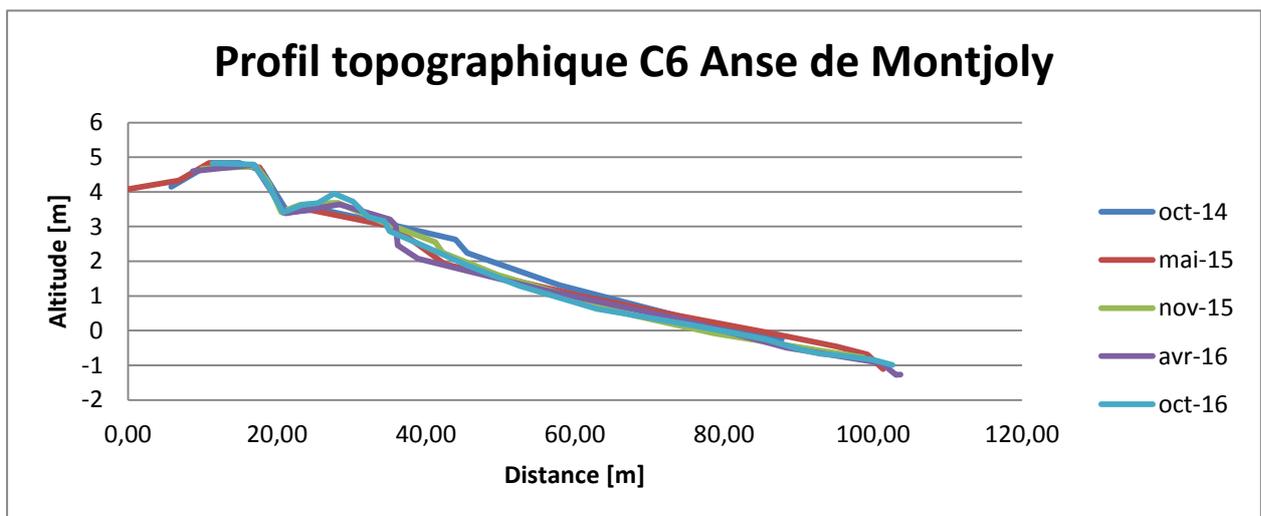
C4



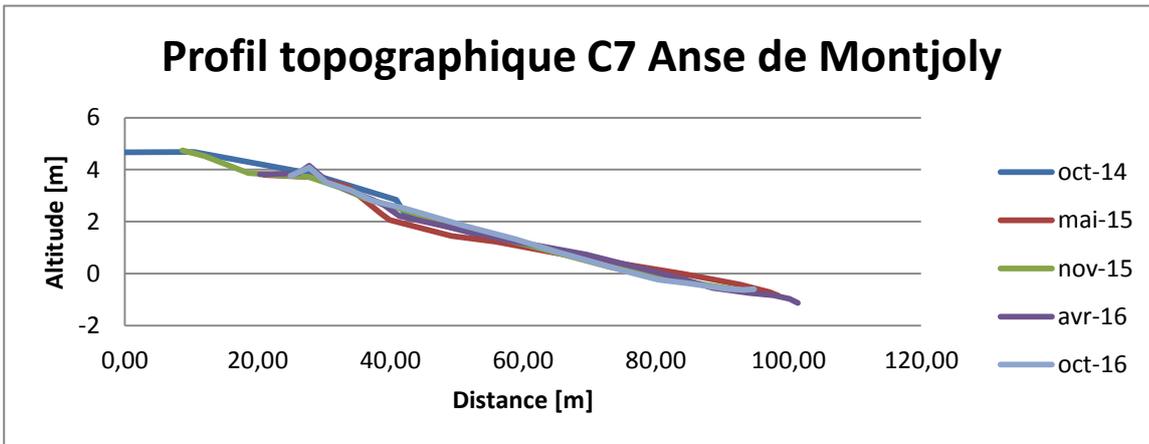
C5



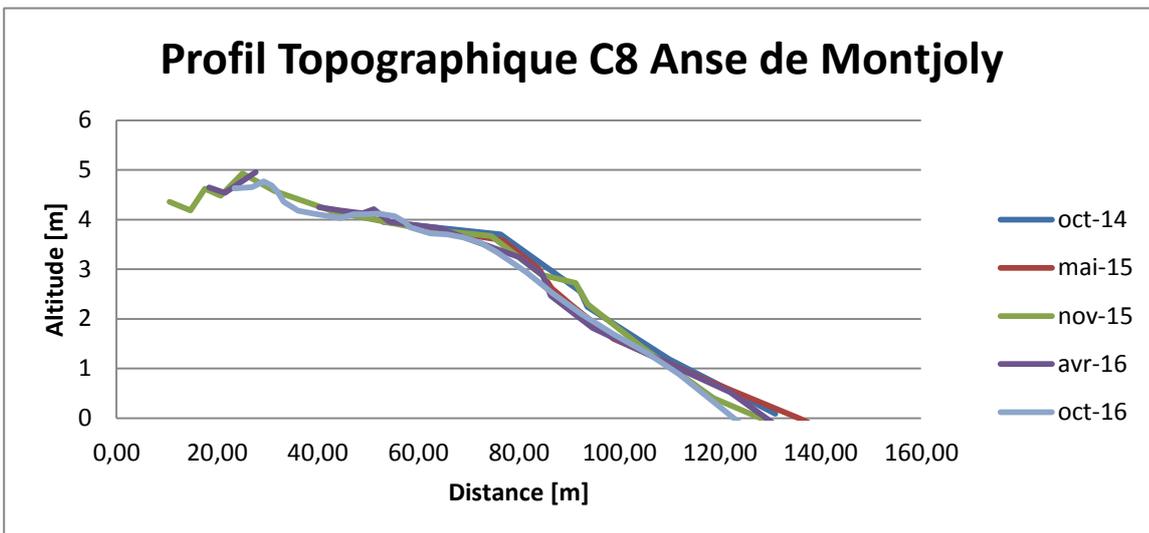
C6



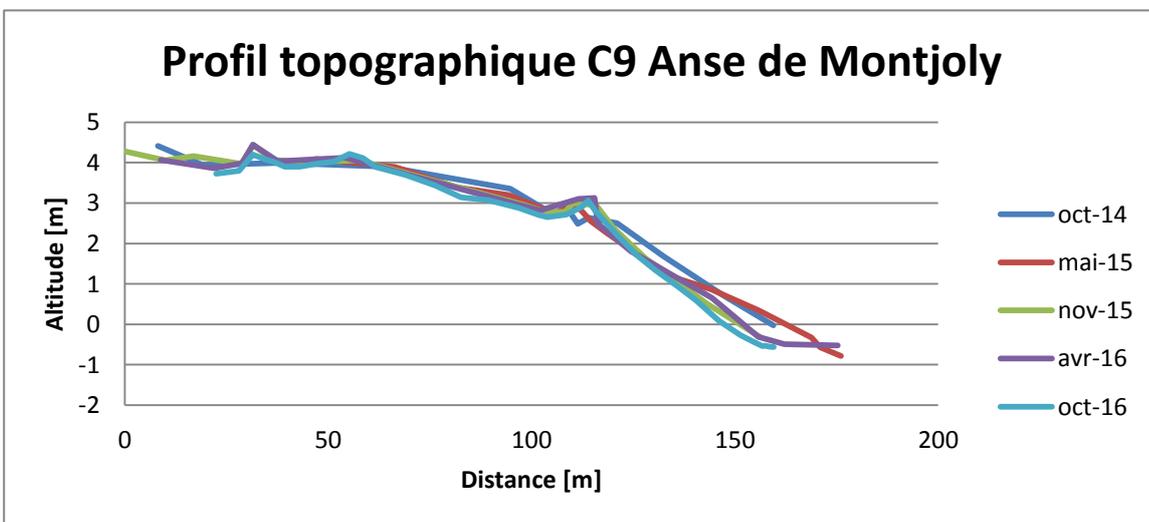
C7



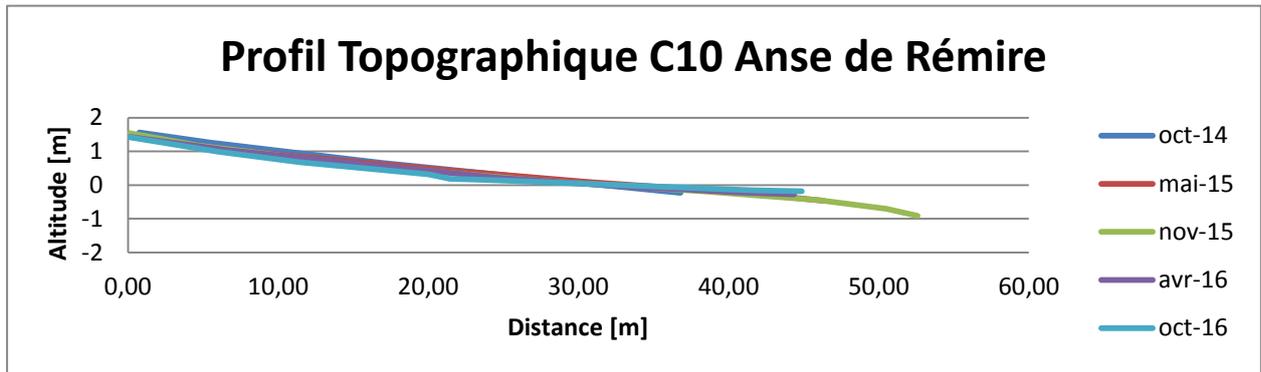
C8



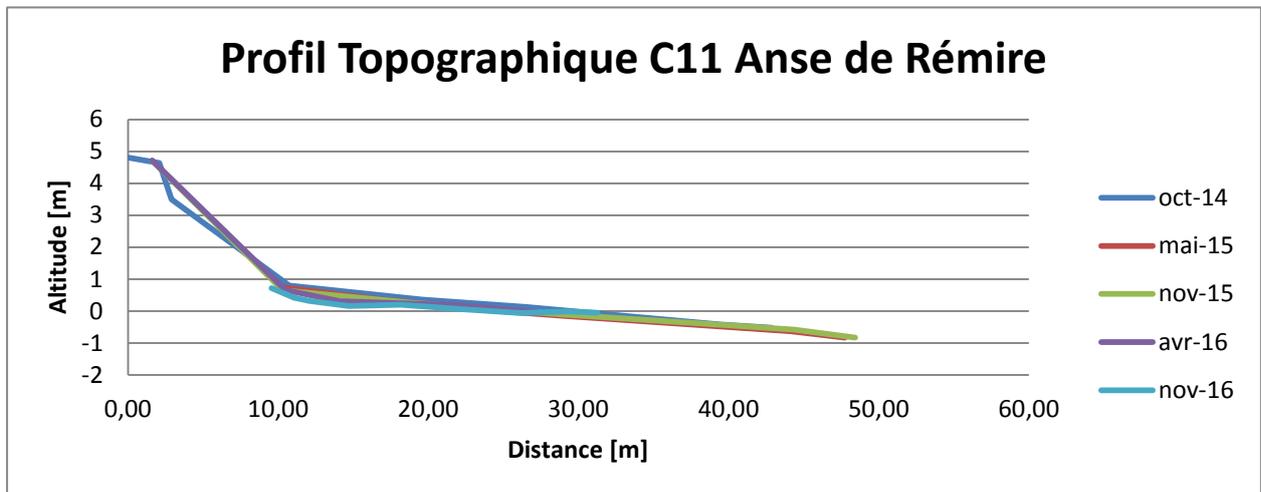
C9



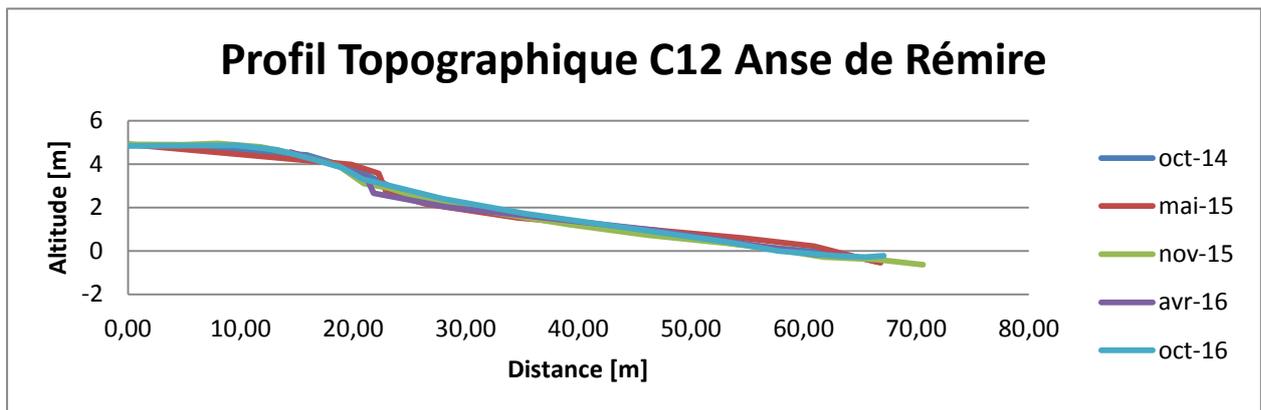
C10



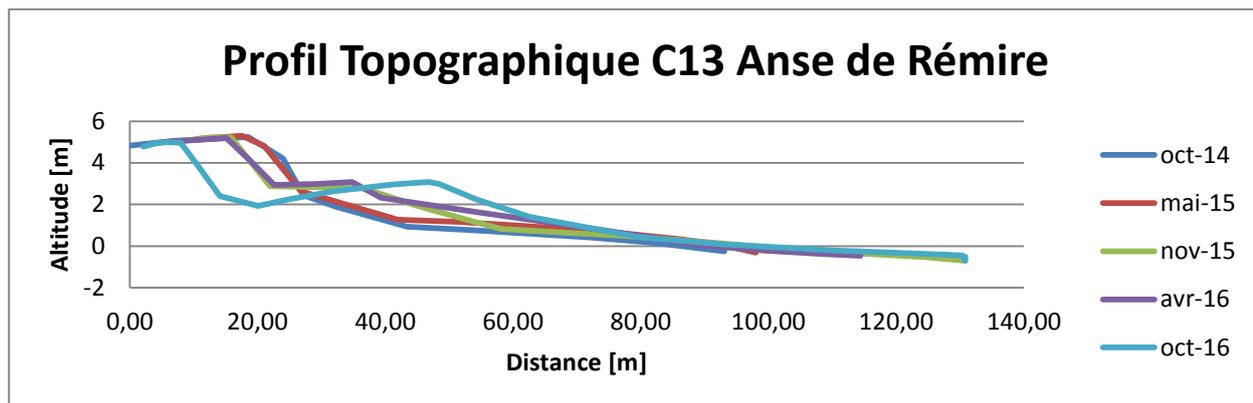
C11



C12

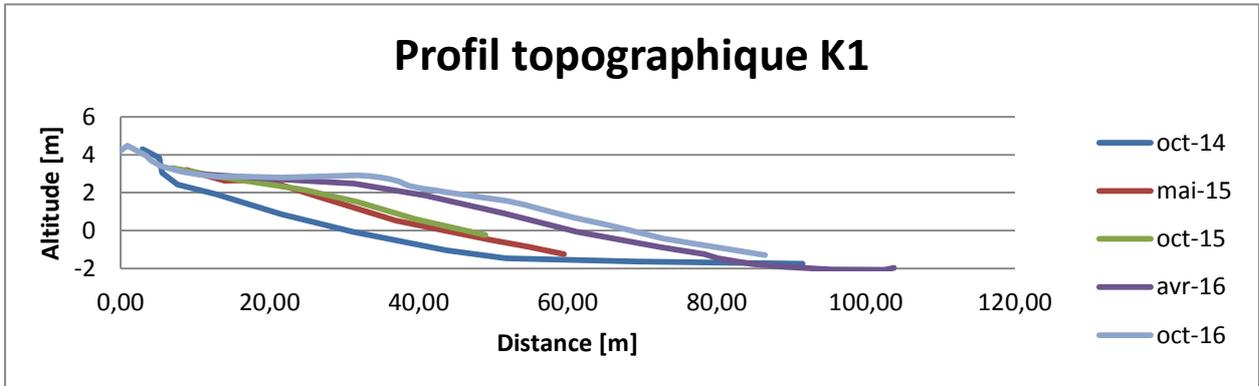


C13

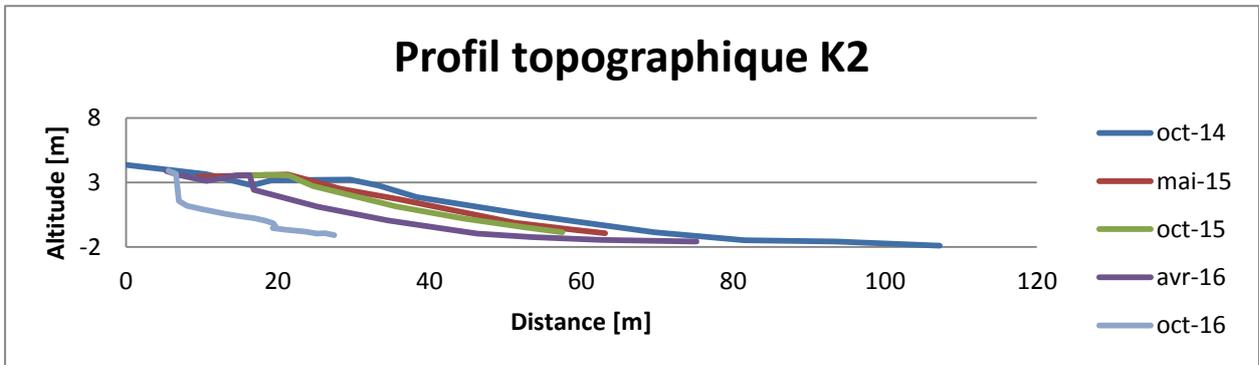


Kourou

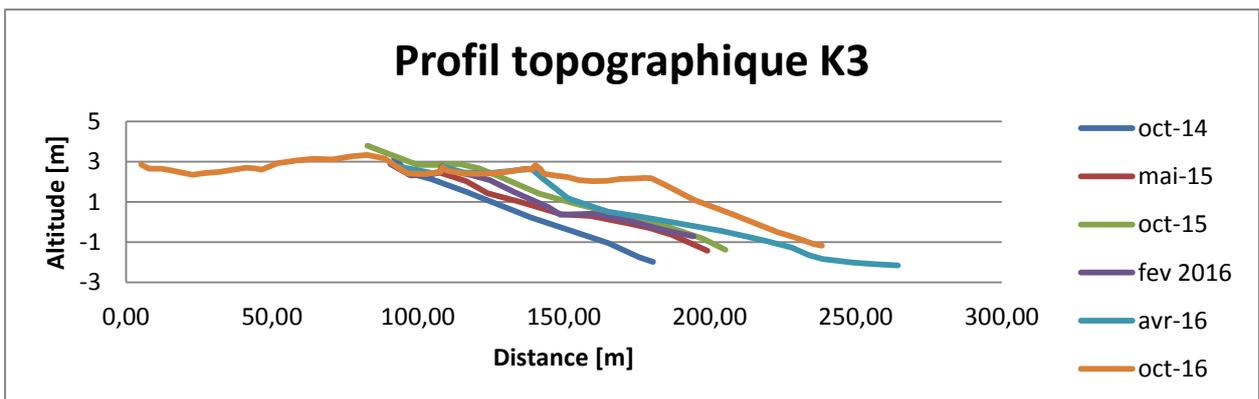
K1



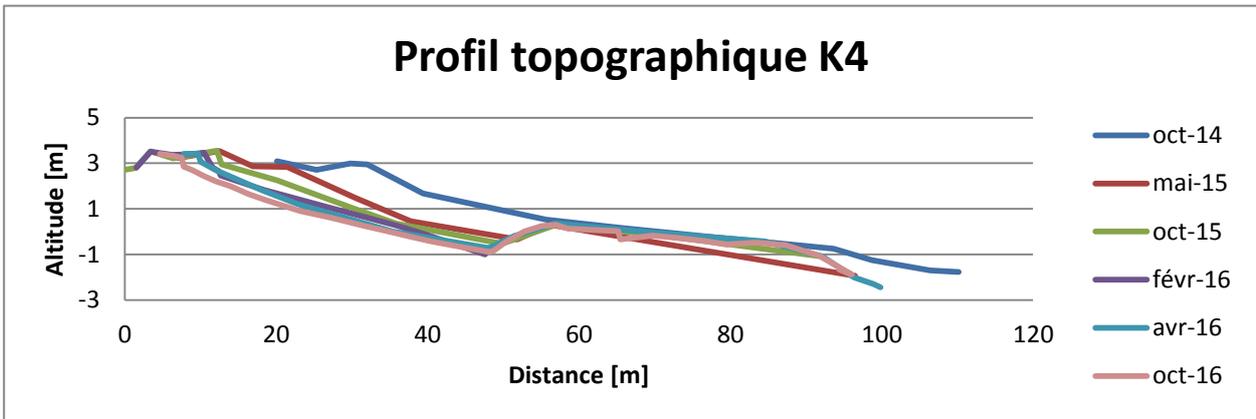
K2



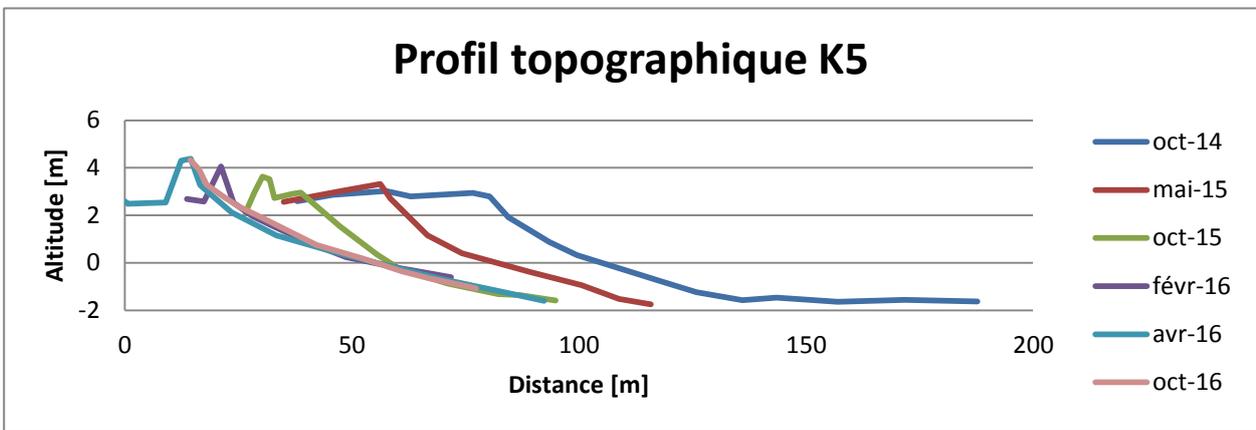
K3



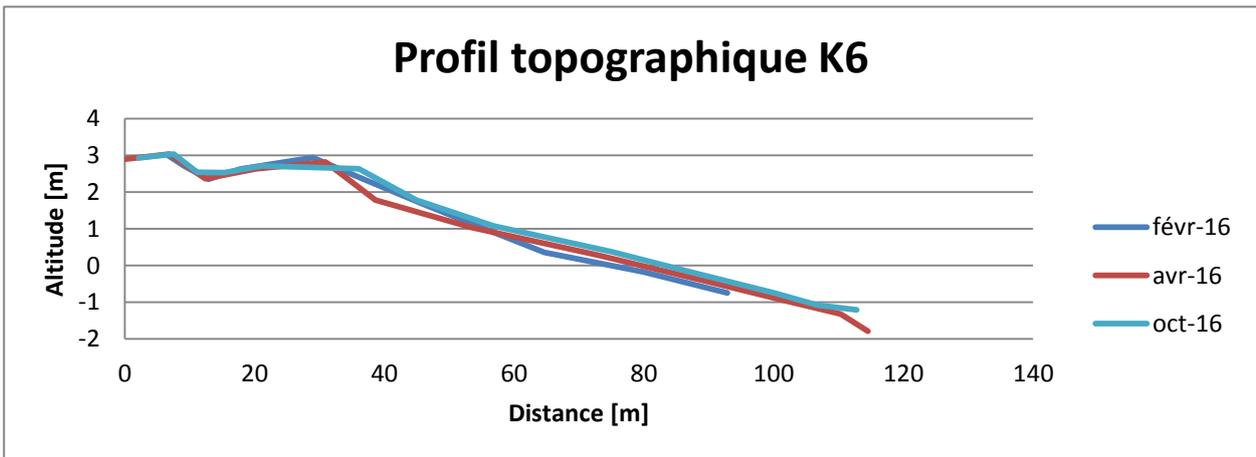
K4



K5

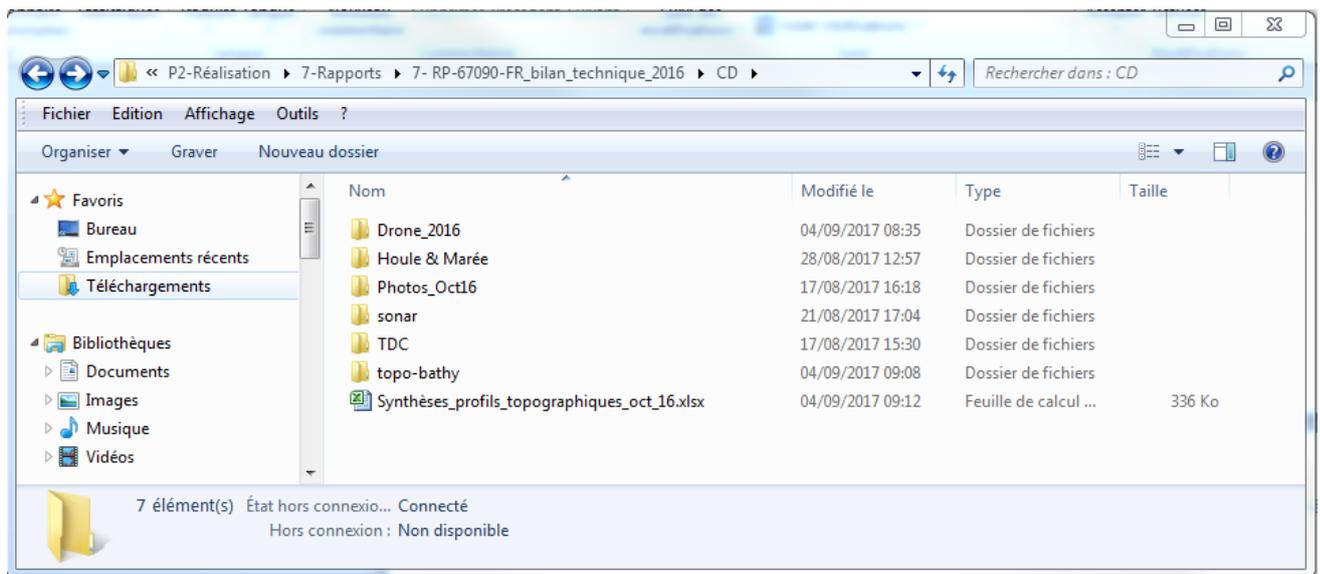


K6



Annexe 5

Fichiers transmis



Nom Fichier	Descriptif	Format
Drone 2016	MNT/Orthophotographies/ différences des MNT/ Calcul Volume	tif/tif/tif/xlsx
Houle&Marée	Houle/maree	xlsx/xlsx
Photos	photos obliques pour les trois sites	.jpg
Sonar	Fichiers du sonar traités	
TDC	Position des traits de côte pour tous les secteurs	.shp
topo-bathy	topo-bathy pour tous les secteurs	.xlsx
Synthèses_profils_topographiques_oct_16	Profils topographiques pour tous les secteurs	.xlsx



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale Guyane

Domaine de Suzini – Route de Montabo
BP10552

97333 – France

Tél. : 05 94 30 06 24