

Rapport final

BRGM/RP-69182-FR Août 2019









Conservatoire du littoral





Projection de la position du trait de côte aux horizons 2030 et 2050 sur les rizières de Mana

Rapport final

BRGM/RP-69182-FR

Août 2019

Étude réalisée dans le cadre des projets de Recherche du BRGM 2019-RP16-DRP088

Longueville F. Avec la collaboration de O. Brivois

Vérificateur :

Nom : N. Bernon

Fonction : Ingénieur risques littoraux

Date : 09/09/2019

Signature : Beruon

A	I	1 -	
4 ni	hrou	пате	י זוונ
- 72	JI UI	Jaic	-ui -

Nom	2	L.	Verneyre

Fonction : Directrice Guyane

Date : 13/09/2019

Signature :

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









Mots-clés : Trait de côte, érosion, littoral, sédimentologie, rizières, polders, Guyane, Mana

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

Longueville F. (2019) en collaboration avec **Brivois O.** – Projection de la position du trait de côte aux horizons 2030 et 2050 sur les rizières de Mana. Rapport final. BRGM/RP-69182-FR, 30 p., 17 fig., 2 tabl., 1 ann.

© BRGM, 2019, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Les rizières de Mana, situées dans l'ouest guyanais, ont été créées en 1986. Implantées sur le front de mer, l'évolution des rizières est contrainte par les avancées et reculs de la mer. Ces modifications morphologiques sont liées directement à la migration des bancs de vase, le long de la côte guyanaise. La vase, originaire de l'Amazone, atténue les houles et joue un rôle protecteur contre les phénomènes d'érosion. Ainsi lorsqu'une plage est envasée, le sable est très peu mobilisé et sur la vase qui se dépose, la mangrove peut s'installer. Cette colonisation rapide des bancs de vase intertidaux engendre une avancée sur la mer. Lorsque le banc de vase est de nouveau mobile, la plage est dite en configuration « interbanc ». La mangrove est emportée et la plage située à l'arrière est plus vulnérable aux différents coups de mer, pouvant engendrer un recul important de la position du trait de côte.

Entre 1950 et 2018, le littoral des rizières de Mana a connu différentes phases d'envasement et de positions interbanc. Les vitesses de recul moyennes de la position de son trait de côte, au cours de cette période, se situent entre 45 et 55 m/an. Ces reculs ont engendré un départ d'environ 800 hectares de terrain anthropisés, entre 1986 (création des rizières) et 2016. Ces départs massifs couplés à des difficultés sur l'exploitation agricole ont entrainé l'arrêt progressif de l'activité rizicole. Différents plans de gestion ont été menés au cours des dernières années, afin de maintenir l'activité économique. Les luttes actives énoncées dans ces plans se sont révélées inefficaces face à l'avancée de la mer. En 2018-2019, le Conservatoire du Littoral est devenu propriétaire d'une partie des rizières, notamment les parcelles situées sur la façade côtière. Le Conservatoire a pour ambition de protéger cet espace et conserver sa richesse en mettant en place un projet de site basé sur des activités agricoles diversifiées, l'accueil du public et la valorisation écotouristique. Afin de mener à bien ce projet, un plan de gestion est en cours de réalisation en concertation avec différents acteurs locaux (agriculture, environnement, tourisme, scientifique...). Les avancées et les reculs de la mer étant un des paramètres primordiaux nécessaire au plan de gestion, cette étude visait à projeter les positions futures du trait de côte aux horizons 2030 et 2050.

Pour ce faire une analyse diachronique a été réalisée grâce au logiciel DSAS© (Danforth and Thieler, 1992; Thieler *et al.* 2009) sur la base d'une dizaine de traits de côte allant de 1950 à 2018, digitalisés à partir d'images aériennes. Etant donné l'importance de la configuration envasée ou non de la plage, la position des bancs de vase a été caractérisée à partir des images satellites Spot, Landsat 4-5,8 et Sentinel2. Suite à cela, différentes hypothèses ont été posées afin de permettre la réalisation de ce travail :

- projection en position interbanc à horizons 2030 et 2050 (cas le plus défavorable) ;
- substrat de même nature au niveau de la zone des rizières ;
- absence de gestion ou de travaux lourds menés d'ici 2030 et 2050 ;
- non prise en compte du réseau hydrographique influençant par la remise en suspension des sédiments la migration des bancs de vase.

Les premières projections effectuées aux horizons 2030 et 2050 permettent de caractériser les reculs du trait de côte susceptibles d'intervenir sur ces périodes et constituent un premier outil d'aide à la décision pour l'orientation des futures stratégies de gestion du Conservatoire du littoral. Une incertitude sur la donnée existe compte tenu de la migration des bancs de vase. Néanmoins, compte tenu du fait que la zone des rizières est actuellement située en avant du banc de vase et que la vase installée commence à être colonisée, il est fort probable qu'à court terme la vase continue de s'installer en face des rizières et que la mangrove continue de la coloniser. A plus long terme, en cas de départ du banc de vase, la plage ne sera plus protégée et sera susceptible de connaître des érosions identiques à celles observées sur la période historique.

Sommaire

1. Introduction	7
2. Contexte général	8
2.1. SITE D'ETUDE	8
2.2. GEOLOGIE	9
2.3. DYNAMIQUE DES BANCS DE VASE	12
2.4. CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES 2.4.1.Houles 2.4.2.Niveau d'eau	12 12 14
2.5. EVOLUTIONS DES BANCS DE VASE DANS LE PASSE	15
3. Méthodes	19
3.1. DEFINITION DU TRAIT DE COTE	19
3.2. DONNEES UTILISEES ET HYPOTHESES	20
3.3. TRAIT DE COTE DE REFERENCE	21
3.4. DETERMINATION DU TAUX ANNUEL D'EVOLUTION	21
3.5. DETERMINATION DES INCERTITUDES	23
4. Cartographie de la position future du trait de côte à horizons 2030 et 2 zone des rizières	050 sur la 25
4.1. HORIZON 2030	26
4.2. HORIZON 2050	27
5. Conclusion	28
6. Bibliographie	29

Liste des illustrations

Figure 1 : Site d'é	tude des rizières de Mana	3
Figure 2 : Extrait c C 20	de la carte géologique à 1 : 100 000, feuille de Mana-Saint Laurent. D'après houbert, 1961, le trait de côte en bleu ciel correspond à celui de septembre 018 et le cadre rouge correspond au secteur d'étude	9
Figure 3: Coupe c 20	aractéristique de la plaine côtière (adaptée de Prost, 1989 et Brunier et al., 019)10	C
Figure 4 : Cartogr du	aphie du toit des formations paléocènes dans le secteur de Mana et localisation u secteur d'étude (cadre bleu). Modifié d'après Boyé (1963)	วท 1
Figure 5 : Série te	mporelle de hauteurs significatives de vagues, extraite au point (5,5°N ; 52°W 1) 3
Figure 6: Rose de sé d' (n co	es vagues. La valeur de Hs se lit sur l'axe radial. L'enveloppe des points de la érie temporelle est représentée par la ligne noire en pointillés. La fréquence occurrence des couples (Hs,Dp) est représentée par l'échelle de couleur nin=0,02‰) avec une discrétisation de 5° pour Dp et 5 cm pour Hs. Dp est en ponvention nautique (i.e. indique la provenance des vagues)	4
Figure 7 : Diagran d' m ho	nme bivarié (Tp,Hs). Même symbologie que la Figure 6. Pour la fréquence occurrence, Tp est discrétisée toutes les 0,25 s et Hs tous les 5 cm. La courbé lagenta en pointillés représente la limite théorique entre la mer de vent et les pules longues (cambrure = 1/77,6)14	э 4
Figure 8: Référence as ea m	ces Altimétriques Maritimes pour les sites de Guyane, PHMA : plus haute mer stronomique, PMVE : pleine mer de vive-eaux, PMME : pleine mer de morte- aux, NM : niveau moyen, BMME : Basse mer de morte-eaux, BMVE : Basse lera de vive-eaux, PBMA : Plus basse mer astronomique (SHOM, 2017)14	4
Figure 9: Exemple er ba	es de la caractérisation de la position des bancs de vase sur le secteur suivis htre 1988 et 2018, les traits en pointillés noirs correspondent à la limite des ancs de vase	5
Figure 10: Digitalia	sation de la position des bancs de vase de 1950 à 2018 (adaptée de Proisy, 203)1	7
Figure 11: Indicate	eurs du trait de côte utilisables (Mallet et Michot, 2012)	9
Figure 12 : Indicat	teurs de la position du trait de côte digitalisée en pointillés noirs sur les figures	0
Figure 13 : Digital	isation de la position des traits de côte de 1950 à 2018	C
Figure 14: Compa de co	araison des méthodes LRR, LMS et EPR dans la caractérisation du taux annue e recul en m/an, la courbe en pointillé (LR2) correspond au coefficient de prrélation (R ²) de la méthode LRR22	əl 2
Figure 15: Taux d	'évolution annuel entre la position du trait de côte de 1950 à 2018 [m/an] 2	5
Figure 16: Project	ion de la position du trait de côte à horizon 2030	3
Figure 17 : Projec	tion de la position du trait de côte à horizon 2050	7

Liste des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des images satellites utilisées dans la digitalisation des bancs de	
vase	. 16
Tableau 2 : Caractéristiques des images aériennes	. 21

Liste des annexes

Annexe 1	Coupe lithologique du forage	9 XF-26	
	ooupe innoiogique uu iorugi	, // 20	

1. Introduction

Le littoral du plateau des Guyanes est sous influence du fleuve Amazone. La vase, constituée par les sédiments du fleuvz, migre le long de la côte sous forme de bancs depuis l'embouchure de l'Oyapock jusqu'au niveau de l'embouchure de l'Orénoque au Venezuela. Cette dynamique, unique au monde, impacte directement la morphologie des plages situées en arrière des bancs.

Situées à l'extrémité ouest de la Guyane, les rizières de Mana représentent un milieu anthropisé singulier présentant un intérêt économique et touristique intrinsèque. Depuis la mise en place des rizières en 1986, le littoral en face des rizières a connu plusieurs phases d'envasement et de phases d'interbanc et plus de 800 hectares de polder sont partis à la mer lors des phases érosives. Différents plans de protection ont été menés au cours des dernières années, afin de maintenir l'activité rizicole. Les luttes actives énoncées dans ces plans se sont révélées inefficaces face au recul du trait de côte, entrainant l'arrêt de l'activité. En 2018, le Conservatoire du Littoral est devenu propriétaire d'une partie des rizières, et a engagé en 2019 une procédure d'acquisition des parcelles situées sur la façade côtière. Le Conservatoire a pour ambition de protéger cet espace et conserver sa richesse en mettant en place un projet de site se basant sur une utilisation agricole diversifiée, l'ouverture au public et une valorisation écotouristique. Afin de mener à bien ce projet, un plan de gestion est en cours de réalisation en concertation avec différents acteurs locaux (collectivités, porteurs de projet agricoles et touristiques, scientifiques...).

En amont du plan de gestion, il est nécessaire de caractériser et mettre à jour, à partir des connaissances actuelles, les différents aléas côtiers (recul du trait de côte et submersion marine).

Cette étude, menée par le BRGM, partenaire du Conservatoire du littoral à travers le projet ADAPTO¹, vise à étudier les positions futures potentielles du trait de côte aux droits des rizières aux horizons temporels 2030 et 2050.

Après avoir exposé le contexte général, ce rapport présentera la méthode de caractérisation de l'évolution de la position du trait de côte ainsi que les projections aux échéances 2030 et 2050.

¹Informations complémentaires sur : <u>https://www.lifeadapto.eu/adapto-un-projet-life.html</u>

2. Contexte général

2.1. SITE D'ETUDE

Situées à l'ouest de la Guyane sur la commune de Mana, les rizières sont délimitées : au sud par la route nationale, à l'ouest par la Savane Sarcelle et à l'est par la crique Irakompapi. Les terrains à l'est et à l'ouest des rizières appartiennent à la Réserve de l'Amana, gérée par le Parc Naturel Régional de Guyane. Les rizières représentent en 2018 une surface d'environ 3 900 ha, contre 4 700 ha à leur création en 1986. Cette perte de territoire, imputée au recul du trait de côte suite à des phénomènes d'érosion, constitue l'enjeu principal pour le futur.

Pour comprendre les évolutions morphologiques du site, il est nécessaire de travailler à une échelle englobant la majorité des processus hydro-sédimentaires. Sachant que les fleuves représentent des frontières hydrauliques naturelles au transport des sédiments, le site d'étude retenu s'étend de l'embouchure de la Mana à l'est à celle de l'Organabo à l'ouest (Figure 1).



Figure 1 : Site d'étude des rizières de Mana.

Afin de faciliter la lecture dans la suite du document, le site a été séparé en trois sous-secteurs en fonction de la nature du substrat et de sa vulnérabilité face à l'érosion :

- De la crique Organabo à la crique Irakompapi : « partie Irakompapi »
- De la crique Irakompapi à la frontière ouest des rizières : « zone des rizières »
- De la frontière ouest à l'embouchure de la Mana : « Savane Sarcelle »

2.2. GEOLOGIE

Le littoral guyanais est caractérisé par une forte hétérogénéité d'un point de vue géologique. Il présente la particularité, par rapport aux autres pays du plateau des Guyanes, de présenter des promontoires rocheux qui façonnent le paysage. Ces promontoires rocheux recoupent la plaine côtière récente datant du quaternaire qui s'étend du fleuve Oyapock jusqu'au fleuve Maroni.

Le site d'étude est couvert par les cartes géologiques de Mana-St Laurent et d'Iracoubo (extrémité est des rizières) (Choubert, 1961). Les principaux terrains décrits correspondent à des formations de la couverture sédimentaire qui laissent apparaitre, dans une moindre mesure à l'extrémité est, des secteurs où affleure le socle altéré. Compte tenu du caractère très localisé et peu abondant du socle altéré, seules les formations sédimentaires nous intéressent par la suite.

Les formations de la couverture sédimentaire

La description géologique est adaptée à partir des travaux de Brisset et al. (2018).

Choubert (1961) distingue les formations sédimentaires marines et fluviomarines et les formations sédimentaires continentales (Figure 2).



Figure 2 : Extrait de la carte géologique à 1 : 100 000, feuille de Mana-Saint Laurent. D'après Choubert, 1961, le trait de côte en bleu ciel correspond à celui de septembre 2018 et le cadre rouge correspond au secteur d'étude.

Les formations sédimentaires continentales comprennent principalement les alluvions et les terrasses alluviales. Elles sont présentes au niveau du fleuve de la Mana qui favorise la sédimentation d'alluvions et de la crique Irakompapi (Figure 2).

Les formations sédimentaires marines et fluviomarines sont découpées en 4 formations distinctes (Figure 2) : les dépôts actuels et subactuels, la Formation de Démérara, la Formation de Coswine et la Formation détritique de base (ou Formation de Zanderij au Surinam).

Les dépôts actuels et subactuels ainsi que la Formation de Démérara sont les plus jeunes ; ils reposent sur la Formation de Coswine. Ils affleurent sur toute la bande littorale principalement sur la zone des rizières, où ils présentent un caractère marin et sont caractérisés par l'alternance d'argile

bleue et de sable. Dans une moindre mesure, on retrouve ces dépôts plaqués dans le fond des vallées principales où ils présentent un caractère plutôt fluviomarin (diminution de la proportion de sable).

La Formation de Coswine se subdivise en 2 membres (Choubert, 1961) dont l'un (supérieur) présente des caractères franchement marins (dominante de sable) et l'autre (inférieur) des caractères plus fluviatiles, voire estuariens. L'épaisseur de cette série est estimée à 20 m et cette dernière se serait déposée au cours d'une transgression marine ayant atteint 10-12 m au-dessus du niveau actuel (Choubert, 1961).

Prost (1989) a détaillé les principales étapes d'évolution du littoral du Marais Sarcelles : 1] dépôt de la Formation de Coswine datant du Pleistocène et 2] dépôt de la Formation de Démérara datant de l'Holocène. Ces dépôts ont eu lieu lors des différentes phases de transgression et régression marine. La dernière phase de transgression marine, entraînant le dépôt des argiles de Démérara sur celles de Coswine est datée de 10 ka BP (Figure 3). En parallèle, lors des phases d'interbanc, plusieurs dépôts sableux ont été observés formant des cheniers. Hoyt (1969) a décrit le processus de formation d'un chenier, comme étant un dépôt d'un cordon sableux sur un substrat vaseux. Ce cordon très mobile suit les différentes fluctuations du niveau marin. Point haut topographique, il constitue une protection naturelle face aux phénomènes d'érosion et de submersion marine.



Figure 3: Coupe caractéristique de la plaine côtière (adaptée de Prost, 1989 et Brunier et al., 2019).

La Formation Zanderij n'est pratiquement pas représentée sur le secteur. (Figure 2).

En plus de ces formations visibles à l'affleurement, la couverture sédimentaire qui recouvre le socle comprend aussi des unités qui n'affleurent jamais. Ainsi, au nord d'un axe grossièrement tracé entre Coswine et Bassin Mine d'Or, les formations quaternaires précédemment décrites recouvrent des sédiments plus anciens dont les dépôts s'étalent du Paléocène au Pliocène (Boyé, 1963) (Figure 4). Les dépôts paléocènes à éocènes correspondent à une sédimentation épicontinentale fossilifère (Boyé, 1963) et sont principalement constitués de vase argileuse bien stratifiée et de sable très fin. Dans une moindre mesure, des dépôts marno-calcaires y ont aussi été décrits (Boyé, 1963). Les dépôts oligocènes à pliocènes débutent par des kaolins sédimentaires sur lesquels des sables grossiers se sont déposés. Etant donnée l'altitude constante du secteur, la remontée du toit Paléocène indique une forte variation des épaisseurs de sédiments plus récents. Les zones ayant les plus fortes épaisseurs de sédiments sont celles les plus vulnérables face à l'érosion.



Figure 4 : Cartographie du toit des formations paléocènes dans le secteur de Mana et localisation du secteur d'étude (cadre bleu). Modifié d'après Boyé (1963).

La nature du substrat et l'épaisseur des sédiments jouent un rôle essentiel face aux phénomènes d'érosion (recul du trait de côte, abaissement de l'estran). D'une manière générale, un substrat de vase consolidée, et un substrat sableux seront plus résistants qu'un substrat vaseux. Au droit du secteur d'étude, le sable des cheniers représente donc la meilleure résistance face à l'érosion, vient ensuite la vase consolidée datant du Pléistocène et en dernier un sol meuble ou travaillé datant de l'Holocène.

Ces variabilités de la nature du substrat ont été énoncées en 2008 par Créocéan et repris par Brunier *et al.* (2019). Ils ont ainsi pu mettre en évidence une corrélation entre la nature du substrat et la résistance face au recul de la position du trait de côte. À l'échelle du site d'étude, il existe des différences de vitesses d'érosion corrélables à la position du banc de vase mais également à la nature du substrat.

Au niveau des rizières de Mana, il existe un forage caractérisant la nature du sol, le forage XF-26, dont la coupe est précisée en annexe (Annexe 1). D'après Brunier *et al.* (2019), le recul annuel est homogène sur l'ensemble du secteur des rizières (environ 100 m/an entre 2006-2014). Exceptés les cheniers (cf Figure 2), qui recoupent le secteur et compte tenu que la terre a été travaillée et remobilisée par l'homme, on peut supposer que la couche sédimentaire de la zone des rizières, composé majoritairement de la formation de Démérara, présente la même résistance face à l'érosion sur l'ensemble du secteur. Par la suite il sera donc fait l'hypothèse que la couverture sédimentaire est homogène sur la zone des rizières.

2.3. DYNAMIQUE DES BANCS DE VASE

Plus de 20 millions de tonnes de sédiments sont drainées chaque mois par le fleuve Amazone (Martinez *et al.*, 2009). La majorité des sédiments présents le long des plateaux des Guyanes provient du système amazonien et en partie de l'altération des roches volcaniques et métamorphiques du plateau lui-même (Lointier et Prost, 1988). L'intensité des apports en sédiments dépend de la saisonnalité : faible en saison sèche (juin-novembre), forte en saison des pluies (décembre- début juin) (Allersma, 1971).

Ces sédiments prennent la forme de bancs à la frontière entre le Brésil et la Guyane. Les morphologies des bancs de vase sont très variables, avec des dimensions comprises entre 20 et 50 km de long, entre 15 et 20 km de largeur et d'environ 5 mètres d'épaisseur (Allison *et al.*, 2000).

En Guyane, les bancs de vase sont l'un des facteurs de contrôle de l'érosion côtière. En l'absence d'un banc de vase, la côte est dite en configuration « interbanc ». Dans cette configuration, lors de fortes houles, le déferlement des vagues, directement sur la plage ou la mangrove résiduelle, favorise le départ de sédiments de la plage. A l'inverse l'envasement se traduit par la mise en place d'un banc de vase et plus précisément d'un dépôt de vase intertidale sur laquelle peut éventuellement se développer la mangrove constituée de palétuviers. Le banc de vase et la mangrove atténuent les houles incidentes, le déferlement sur la plage est donc moins énergétique, l'érosion est alors beaucoup plus faible.

Les moteurs de cette migration sont multiples avec des forçages globaux comme le courant des Guyanes, les Alizées ou encore le niveau de la mer (Prost *et al.*, 2017) :

- le courant des Guyanes est un courant de surface qui se déplace d'est en ouest au large du plateau des Guyanes avec une rythmicité annuelle (saison des pluies/ saison sèche);
- les Alizés sont des vents d'est qui prennent naissance dans le front intertropical de convergence (FIT). Ces vents génèrent des houles de secteur nord-est et sont à l'origine d'une agitation sur le littoral guyanais (Melo *et al.*, 2009);
- le niveau de la mer le long des côtes de Guyane varie au cours du temps, en fonction de plusieurs facteurs dont, principalement, le cycle des marées.

Ponctuellement, ces forçages sont accentués par des phénomènes naturels globaux comme le phénomène El Niño. Ce dernier influence de manière visible la migration des bancs de vase et la répartition des sédiments le long des 1 500 km du plateau des Guyanes (Gratiot *et al.*, 2008).

Les aspects relatifs à la migration des bancs de vase commencent à être bien compris, notamment par une approche expérimentale in situ, par télédétection spatiale et par des travaux de simulations (Gardel et Gratiot, 2005 ; Vantrepotte *et al.*, 2013). L'ensemble de ces travaux ont permis de quantifier la vitesse de déplacement des bancs de vase. Il en ressort une augmentation significative de la vitesse de déplacement des bancs de vase entre les débuts des années 1980 (0,2 à 1,8 km/an) (Froidefond *et al.*, 1988) et les années 1990 (2,8 à 3 km/an) (Gardel, et Gratiot 2005). Cette augmentation de la vitesse de migration des bancs est expliquée par le changement de l'intensité et de la direction des conditions de forçage (vent, houle), par l'orientation de la côte et également par l'influence des fleuves.

2.4. CONDITIONS HYDRODYNAMIQUES

2.4.1. Houles

Plusieurs houlographes ont été installés au large de la Guyane ces dernières années, mais aucun dans l'Ouest guyanais et notamment proche des rizières. À la suite de différentes avaries, les houlographes n'étaient plus fonctionnels et leur réinstallation s'est étalée dans le temps. Les données acquises par les quatre houlographes couvrent des petites plages temporelles souvent

limitées à un an et étalées entre 2007 et 2017. Ces données sont disponibles à la demande sur le site CANDHIS du CEREMA².

Étant donnée la faible couverture temporelle et spatiale des données disponibles *in situ* pour caractériser les tendances globales, nous avons utilisé les simulations rétrospectives du modèle WW3³ forcée avec des vents CFSR^₄ développé par la NOAA. Le point d'extraction est situé à (5,5°N; 52°W). La série temporelle couvre 31 ans (période 1979-2009) au pas de temps tri-horaire et présente une forte saisonnalité (Figure 5). On observe ainsi des vagues dont la hauteur significative est relativement faible (<1,5 m) en saison sèche et des vagues supérieures aux Hs supérieures à 1,5 m en saison des pluies.



Figure 5 : Série temporelle de hauteurs significatives de vagues, extraite au point (5,5°N ; 52°W)

L'analyse des données brutes indique que les vagues proviennent essentiellement du secteur nord/nord-est (Figure 6). La Figure 7 indique une période pic prédominante autour de 8-9 s. La majorité des houles sont composées de vagues aux Hs comprises entre 1 et 2 mètres et des périodes de 8 à 9 s.

² http://candhis.cetmef.developpement-durable.gouv.fr/

³ NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration ; WW3 : Wave Watch 3 (modèle de calcul des spectres des vagues)

⁴ CFSR : Climate Forecast System Reanlysis (modèle de forçage de vent)



Figure 6: Rose des vagues. La valeur de Hs se lit sur l'axe radial. L'enveloppe des points de la série temporelle est représentée par la ligne noire en pointillés. La fréquence d'occurrence des couples (Hs,Dp) est représentée par l'échelle de couleur (min=0,02‰) avec une discrétisation de 5° pour Dp et 5 cm pour Hs. Dp est en convention nautique (i.e. indique la provenance des vagues).

Figure 7 : Diagramme bivarié (Tp,Hs). Même symbologie que la Figure 6. Pour la fréquence d'occurrence, Tp est discrétisée toutes les 0,25 s et Hs tous les 5 cm. La courbe magenta en pointillés représente la limite théorique entre la mer de vent et les houles longues (cambrure = 1/77,6).

2.4.2. Niveau d'eau

En Guyane, la marée est de type semi-diurne, avec un marnage méso-tidal. Au niveau de l'embouchure du Maroni sur la pointe des Hattes, le niveau moyen (NM) est à 2,60 m au-dessus du zéro hydrographique (SHOM, 2017).

07 Nom	Туре	Lat.	Long.	Et.	Constante	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
Iles du Salut [Guyane]	R	05 17 N	52 35 W		2013	03.72	03.30	02.70	02.14	01.55	01.05	00.60
Guyane												
Pointe des Hattes	S	05 45 N	53 58 W			04.23	03.90	03.20	02.60	01.90	01.30	00.92
Saint-Laurent du Maroni	S	05 30 N	54 02 W			02.70	02.50	01.95	01.51	01.00	00.55	
Îlot Brigandin	S	05 26 N	53 00 W				02.50	01.90	01.40	00.75	00.60	
Rivière de Sinnamary (Sinnamary)	S	05 23 N	52 58 W				02.70	02.20	01.45	00.95	00.85	
Kourou	S	05 09 N	52 38 W			03.59	03.20	02.60	02.00	01.40	00.85	00.48
Le Larivot	S	04 55 N	52 22 W			03.71	03.40	02.75	02.14	01.50	00.90	00.62
Îlet la Mère	S	04 54 N	52 11 W		2013	03.89	03.40	02.80	02.24	01.60	01.15	00.68
Dégrad des Cannes	S	04 51 N	52 17 W		2014	03.74	03.45	02.85	02.10	01.50	01.10	00.52
Montagne d'Argent	S	04 23 N	51 41 W			03.57	03.15	02.40	01.70	01.05	00.40	00.19

Figure 8: Références Altimétriques Maritimes pour les sites de Guyane, PHMA : plus haute mer astronomique, PMVE : pleine mer de vive-eaux, PMME : pleine mer de morte-eaux, NM : niveau moyen, BMME : Basse mer de morte-eaux, BMVE : Basse mera de vive-eaux, PBMA : Plus basse mer astronomique (SHOM, 2017)

Aucun marégraphe n'est installé à proximité du site d'étude. Des données prévisionnelles de la courbe de marée sont indiquées au niveau de la pointe des Hattes, située sur la commune d'Awala-Yalimapo à l'embouchure du Maroni. En absence de données *in situ*, il est impossible de caractériser la composante de la surcote/décote.

2.5. EVOLUTIONS DES BANCS DE VASE DANS LE PASSE

D'après les données satellites et les images aériennes tirées de l'IGN, la position des bancs de vase a été matérialisée à partir de deux principaux indicateurs : 1) la limite d'atténuation de la houle et 2) la limite de turbidité (Figure 9).



Figure 9: Exemples de la caractérisation de la position des bancs de vase sur le secteur suivis entre 1988 et 2018, les traits en pointillés noirs correspondent à la limite des bancs de vase.

La digitalisation des bancs de vase a été menée sur 14 années allant de 1950 à 2018. Les images sont tirées d'images Satellites Landsat, Spot, Sentinel 2, Pléiade ainsi que d'images aériennes. Le tableau suivant regroupe la nature des images utilisées ainsi que leur source et leur résolution.

Date	Résolution	Source
1950	0,50 m	BD Historique
1972	0,42 m	IGN
1988	30 m	Landsat 4-5
10/1991	30 m	Landsat 4-5
1997	30 m	Landsat 4-5
11/1999	30 m	Landsat7
07/2001	30 m	Landsat7
09/2005	30 m	Landsat7
03/2003	10 m	SPOT
10/2007	10 m	SPOT
10/2008	10 m	SPOT
07/2010	10 m	SPOT
2015	1,5 m	Orthosatellite DEAL
2018	0,5	Pléiade

Tableau 1: Caractéristiques des images satellites utilisées dans la digitalisation des bancs de vase.

La Figure 10 propose une illustration des différentes positions historiques des bancs de vase au droit du trait de côte à l'échelle du site d'étude. Ainsi, au droit de la zone de rizières, les configurations suivantes ont été identifiées :

- En 1950 : Position interbanc ;
- En 1972 : Position envasée ;
- En 1988 : Position interbanc ;
- Entre 1988 et 2005 : Position envasée, à noter le passage de trois bancs de vase sur l'ensemble du secteur à deux bancs de tailles plus grandes à partir de 2005 (17 ans) ;
- Entre 2005 et 2015 : Position interbanc (10 ans) ;
- Entre 2015 et 2018 : Position envasée caractérisée par la présence de vase intertidale croissante en face des rizières (en cours).



Figure 10: Digitalisation de la position des bancs de vase de 1950 à 2018 (adaptée de Proisy, 2003).

Les premiers résultats montrent une hétérogénéité dans la distribution spatiale des bancs de vase au droit du secteur d'étude. Ainsi entre 1988 et 2001, 3 bancs de vases étaient présents sur le secteur. Depuis 2005, uniquement 2 bancs de vase subsistent, avec un envasement continu de la partie est au niveau d'Iracoubo. Le banc de vase d'Iracoubo n'a donc cessé d'augmenter sans interruption spatiale de 2005 à aujourd'hui.

D'un point de vu temporel, une cyclicité moyenne de passage des bancs de sable au droit des rizières d'environ 14 ans semble se distinguer. Néanmoins la cinétique des bancs de vase est difficilement quantifiable. Elle dépend en effet d'une multitude de facteurs (orientation de la côte, débit des fleuves, précipitation, saisonnalités etc...), engendrant des vitesses de migration des bancs fortement non linéaire, rendant difficile la projection des avancements. Par exemple en 2003, Proisy avait estimé que le banc de vase serait présent face aux rizières en 2009. Le banc de vase n'a fait que passer et ne s'est pas fixé. En absence de vase, les vagues n'ont pas été atténuées et des forts taux de recul du trait de côte ont été enregistrés en 2009.

En 2018, de la vase intertidale est observée en face des rizières traduisant l'installation du banc. Celui-ci commence à être colonisé par la mangrove sur sa partie est. Mais au regard des évolutions passées, il reste plusieurs questions en suspens sur sa fixation et sur la durée de la présence du banc.

En résumé, au vu de la quantité de vase installée au droit des rizières en 2018, il apparaît vraisemblable que le banc de vase soit toujours présent au droit des rizières dans les quelques années à venir. Mais une forte incertitude demeure sur la durée de sa présence en face des rizières et sur l'étendue de la colonisation par la mangrove.

Dans la suite de l'étude, en considérant qu'aucune mesure de gestion ne sera mise en place par rapport à l'état actuel, il sera fait **les hypothèses fortes suivantes sur la position du banc de vase** :

- À l'horizon 2050, les rizières connaîtront certainement au minimum une phase d'interbanc, pouvant engendrer des reculs aussi importants qu'entre 2001 et 2015 ;
- Compte tenu qu'en 2018, le banc de vase commence à arriver en face des rizières et qu'il est colonisé par la mangrove, il est fort probable que celui-ci reste pour quelques années (~5 à 10 ans). Il est difficile de connaître la durée de la présence du banc de vase, mais compte tenu de la cyclicité, il est envisageable qu'en 2030 le secteur soit en position interbanc. La projection de la position du trait de côte sera donc prise en position interbanc (situation la plus défavorable).

3. Méthodes

3.1. DEFINITION DU TRAIT DE COTE

Un littoral se définit comme étant l'interface entre la terre et la mer. Cette interface est caractérisée par le trait de côte.

Afin de pouvoir comparer l'évolution de la plage entre deux dates, il est nécessaire de définir un indicateur de la position du trait de côte commun à l'ensemble des dates. Cet indicateur dépend de la nature de la côte analysée.

Mallet et Michot (2012) ont classé les différents indicateurs de trait de côte fréquemment utilisés par rapport à leur type et leur milieu (Figure 11).

Milieu	Indicateurs de trait de côte fréquemment utilisés	Classe/type
	ligne correspondant à l'altitude d'une basse mer moyenne	altimétrique
	ligne correspondant à l'altitude d'une pleine mer moyenne	altimétrique
	ligne de débris (trace de tempête passée)	hydrodynamique
	résurgence d'eau sur la plage	hydrodynamique
	laisse de mer	hydrodynamique
Tous types de	limite sable mouillé/sec	hydrodynamique
plages et dunes	limite de jet-de-rive	hydrodynamique (instantané ou non)
(côte sableuse,	ligne d'eau instantanée	hydrodynamique (instantané)
galets, plage	première barre d'avant-côte	géomorphologique
corallienne)	berme	géomorphologique
	talus de collision (côte microtidale)	géomorphologique
	pied de dune	géomorphologique
	crête de dune	géomorphologique
	abrupt	géomorphologique
	limite de végétation pionnière	botanique
	limite côté mer de végétation pérenne dunaire	botanique
	laisse de mer	hydrodynamique
Marais	ligne de débris (trace de tempête passée)	hydrodynamique
maritime	limite supérieure du schorre	géomorphologique et botanique
	limite supérieure de la slikke	géomorphologique et botanique
Marais à	limite de front de mangrove	géomorphologique et botanique
mangrove	limite d'arrière-mangrove	géomorphologique et botanique
Côte artificialisée	limite côté mer de l'aménagement	géomorphologique
(ouvrages en	limite côté terre de l'aménagement	géomorphologique
l'absence de plages)	sommet des ouvrages	géomorphologique

Figure 11: Indicateurs du trait de côte utilisables (Mallet et Michot, 2012)

Dans cette présente étude, pour les projections à horizons 2030 et 2050, l'indicateur de trait de côte utilisé est de trois types en fonction de la géomorphologie (Figure 12) :

- la limite de végétation pérenne ;
- la limite d'arrière chenier ;
- la limite d'arrière mangrove.



Figure 12 : Indicateurs de la position du trait de côte digitalisée en pointillés noirs sur les figures.

3.2. DONNEES UTILISEES ET HYPOTHESES

La position du trait de côte a été digitalisée à partir de 10 images aériennes avec des résolutions inférieures ou égales à 1,5 m (Figure 13).



Figure 13 : Digitalisation de la position des traits de côte de 1950 à 2018.

Comme pour les bancs de vase, le tableau suivant regroupe la source et la résolution de chaque image aérienne disponible (Tableau 2).

Date	Résolution	Source
1950	0,5	BD Historique
1972	0,4	IGN
1987	0,6	IGN
1999	0,7	IGN
2001	0,5	DEAL
2005	0,5	DEAL
2011	0,5	DEAL
2012	0,4	Office de l'eau
2015	1,5 m	Orthosatellite DEAL
2018	0,5	Pléiade

Tableau 2 : Caractéristiques des images aériennes

À partir de ces images, la position du trait de côte a été digitalisée à partir des trois indicateurs détaillés précédemment. Plusieurs traits de côtes, tirés de la base de la Communauté de Communes de l'Ouest Guyanais (CCOG), ont été récupérés et écartés du fait de la résolution de l'image source (>1,5 m) à partir desquels ils ont été digitalisés.

En résumé, compte tenu du contexte général détaillé dans les parties précédentes, les hypothèses retenues dans le cadre de l'étude, au droit des rizières, sont les suivantes :

- Projection de la position du trait de côte dans le cas le plus défavorable à savoir en période interbanc à horizon 2030 et 2050 ;
- Homogénéité dans la nature des sédiments face à la zone des rizières ;
- Non prise en compte du réseau hydrographique, qui influence le transit sédimentaire en remettant en suspension les sédiments ;
- Aucun aménagement de protection ne sera réalisé d'ici 2050.

3.3. TRAIT DE COTE DE REFERENCE

Le trait de côte le plus récent a été choisi, en accord avec le maître d'œuvre. Le trait de côte retenu est celui de septembre 2018, tiré des images Pléiades d'une résolution de 50 cm.

3.4. DETERMINATION DU TAUX ANNUEL D'EVOLUTION

La caractérisation du taux annuel d'évolution [qui mène à la projection du trait de côte de référence aux horizons 2030 et 2050] peut être décomposée en 2 phases :

- Caractérisation des taux d'évolution bruts ;
- Harmonisation des taux d'évolution bruts.

Caractérisation des taux bruts

ADAPTO- Projection de la position du trait de côte - Rizière de Mana

Les taux d'évolution annuels du trait de côte ont été déterminés par une analyse diachronique sur les 10 traits de côtes historiques compris entre 1950 et 2018. Les projections sont calculées via le logiciel statistique Digital Shoreline Analysis System (DSAS) développé par United States Geological Survey (USGS) (Danforth and Thieler, 1992 ; Thieler *et al.* 2009) et exploitable sous ArcGis (©ESRI). Cet outil calcule des taux d'évolution du trait de côte, à intervalle régulier, en se basant sur le temps et la distance qui séparent chaque trait de côte d'une ligne de base.

DSAS permet de calculer les taux d'évolution suivant différentes méthodes statistiques (Thieler *et al.,* 2009) :

- LRR (Linear Regression Rate-of-change) qui correspond à une régression linéaire avec le calcul de son coefficient de corrélation LR2 ;
- LMS (Least Median of Square), régression linéaire à partir de la médiane des carrés résiduels, permet de minimiser l'influence des valeurs « anormales », lors de la détermination de la droite de régression ;
- EPR (End Point Rate) s'appuie uniquement sur les positions historiques les plus éloignées dans le temps, et consiste à diviser la distance entre ces deux traits de côte par le nombre d'années les séparant, afin d'en déduire un taux d'évolution.

L'analyse DSAS a été réalisée au niveau de transects espacés tous les 200 mètres et perpendiculaires à la côte. La comparaison des trois méthodes montre une similitude des résultats pour les méthodes EPR et LRR mais une forte disparité par rapport à la méthode LMS au niveau de la zone « Savane Sarcelle » et l'extrémité est de la partie Irakompapi (Figure 14). Pour les 10 traits de côte étudiés, la méthode LRR présente de très bons coefficients de corrélation compris entre 0.86 et 0.98 sur la partie des rizières (courbe en pointillé sur la Figure 14).

Entre 1950 et 2018, les taux de reculs sont compris entre 35 m/an et 55 m/an avec la méthode LRR au niveau de la zone des rizières. Pour l'ensemble des trois méthodes, la zone des rizières avec l'extrémité ouest de la partie Irakompapi présente les plus forts taux de recul de la position du trait de côte et les coefficients de corrélation les plus élevés. Cette observation s'explique par un recul quasi-constant de la position du trait de côte au droit des rizières entre 1950 à 2018. Alors que les deux autres secteurs ont connu une variation de la position du trait engendré par la présence du banc de vase.



Figure 14: Comparaison des méthodes LRR, LMS et EPR dans la caractérisation du taux annuel de recul en *m/an*, la courbe en pointillé (LR2) correspond au coefficient de corrélation (R²) de la méthode LRR.

Compte tenu des coefficients de corrélation observés sur la zone des rizières, la projection s'appuie majoritairement sur la méthode LRR. Les résultats sont des valeurs de taux d'évolution au droit de chaque transect. Ils peuvent être attribués comme valables au droit des intersections entre les transects et le trait de côte de référence, et par extension, 100 mètres de part et d'autre des transects. Ensuite, l'étude des résultats statistiques bruts est effectuée sous tableur Excel.

L'outil DSAS permet de prendre en compte l'ensemble des traits de côte disponibles et d'estimer la précision des taux d'évolution calculés. Cependant l'analyse statistique diachronique est limitée dans les zones où alternent des phases d'érosion et d'accrétion. Une analyse plus fine des processus morphologiques est nécessaire afin de contraindre les secteurs aux extrémités est et ouest de la zone d'étude.

Harmonisation des taux d'évolutions bruts

En s'appuyant sur la connaissance du terrain et la bibliographie, des secteurs ayant des vitesses d'évolution homogènes ont été définis. Cette harmonisation permet de s'affranchir des artefacts locaux présents dans les résultats statistiques bruts fournis par DSAS.

Les taux d'évolution harmonisés sont ensuite attribués aux tronçons de 200 m sur le trait de côte de référence, constituant la base cartographique pour les projections des traits de côte futurs.

En fonction de l'horizon 2030 ou 2050, le taux annuel (Tx) sera projeté de 12 ou 32 ans par rapport au trait de côte de référence de 2018. Cette projection se traduit par une zone tampon de 12*Tx ou 32*Tx. L'enveloppe de cette zone tampon correspond aux traits de côte projetés aux horizons respectivement 2030 ou 2050.

L'outil DSAS permet ainsi d'approcher de manière déterministe le taux annuel moyen d'évolution.

3.5. DETERMINATION DES INCERTITUDES

Les sources d'incertitudes sont multiples mais peuvent être regroupées en deux grandes catégories :

Incertitudes liées à la donnée et à la méthode :

- l'image aérienne : taille du pixel, géoréférencement, orthorectification (estimée au maximum à 10 m) ;
- digitalisation du trait de côte : source d'incertitude liée à l'opérateur et à la taille du pixel (estimé à 2 m)
- incertitude sur les taux d'évolution calculés par DSAS (inconnue précisément)
- Incertitudes liées à l'harmonisation et lissage cartographique pour éviter les artefacts géomatiques sur les taux bruts calculés par DSAS (non quantifiable)

Incertitudes inhérentes aux causes de l'évolution du trait de côte :

- durée de la présence d'un banc de vase au droit d'un secteur (absence de série temporelle robuste à ce jour donc non quantifiable) ;
- intensité et occurrence du recul lié à l'impact d'un évènement majeur (non quantifiable) ;
- impact du changement climatique (difficilement déterminable à l'heure actuelle).

Les incertitudes ne sont pas homogènes sur l'ensemble de la zone. Etant donné que l'embouchure de la Mana a connu de fortes variations spatiales, le géoréférencement des images aériennes présente une erreur plus élevée que pour les zones artificialisées, de même pour la partie d'Irakompapi qui est une zone naturelle sans points significatifs pouvant servir au géoréférencement. Au regard de ce constat, la Savane Sarcelle et la partie d'Irakompapi présentent une plus forte incertitude sur la position du trait de côte par rapport à la zone des rizières, ce qui se traduit par une meilleure précision du modèle statistique dans la zone des rizières.

En conclusion, plusieurs paramètres influencent la qualité des résultats. Il en résulte une incertitude sur les taux d'évolution calculés, qui constituent néanmoins des estimations valables utilisant les connaissances disponibles et les techniques actuelles en la matière. Au regard des hypothèses effectuées, les incertitudes sur les projections augmentent plus l'échéance considérée est lointaine. De plus, rappelons que dans le cadre de cette étude les effets directs et indirects du changement climatique (élévation du niveau marin, climat de vagues etc.) sur certains paramètres et facteurs de forçage ne sont pas pris en compte. Le trait de côte à horizon 2050 apparait donc accompagné d'une plus forte incertitude que celui de 2030. Pour mémoire, ces projections ne tiennent pas compte d'éventuels ouvrages qui seraient installés dans les années à venir ou d'autres actions de gestion susceptibles d'influencer l'évolution du trait de côte.

4. Cartographie de la position future du trait de côte à horizons 2030 et 2050 sur la zone des rizières

D'après la littérature (Créocéan, 2008, Moisan, 2014, Brunier *et al.*, 2019) et les observations dans le cadre de cette étude, le trait de côte sur l'ensemble du secteur est en recul chronique depuis 1950. A noter qu'à l'échelle de quelques années, la position du trait de côte avance et recule par rapport au développement de la mangrove.

Le recul de la position du trait de côte n'est également pas homogène sur l'ensemble du secteur. La zone la plus à l'est de la crique Irakompapi connait les plus faibles taux de recul compris entre 5 à 25 m/an entre 1950 et 2018, du fait de la présence de la vase (Figure 15).

La zone des rizières et celle à proximité de la crique Irakompapi sont les plus impactées et enregistrent les plus forts taux de recul de la position du trait de côte d'environ 55 m/an maximum entre 1950 et 2018 (Figure 15), avec des pics pouvant atteindre 100 m/an entre 2005 et 2014 (Brunier *et al.*, 2019).

Enfin la troisième zone, la zone la plus à l'ouest, représente les plus fortes incertitudes, qui peuvent être attribuées à la présence de l'embouchure de la Mana. Dans ce secteur, le trait de côte évolue en fonction de paramètres supplémentaires comparativement aux autre zones du secteur d'étude : évolution géomorphologique liée de l'embouchure de la Mana, variations des débits du fleuve et des apports sédimentaires associés. Il en résulte des variations du littoral qui ne sont pas uniquement liées à la dynamique des bancs de vase, et une imprécision plus grande sur les projections réalisées.



Figure 15: Taux d'évolution annuel entre la position du trait de côte de 1950 à 2018 [m/an].

4.1. HORIZON 2030

Les travaux de Brunier *et al.* (2019) ont montré que même en présence de vase, le littoral des rizières de Mana est en légère érosion (30 m/an contre 100 m/an en période d'interbanc). L'analyse des traits de côte de 1950 à 2018 confirme cette érosion continue. L'hypothèse émise est qu'en 2030, la côte au droit des rizières sera en position interbanc. Compte tenu de la difficulté à prévoir la durée de la présence d'un banc de vase et la colonisation de la mangrove sur cette dernière, la projection de la position du trait de côte s'est basée sur l'ensemble des traits de côte de 1950 à 2018 (période d'envasement et d'interbanc), avec un taux annuel de recul autour de 50 m/an. Cette méthode permet de prendre en compte les phases d'interbanc et d'envasement.

La projection du trait de côte à horizon 2030 engendre un recul maximal de 700 m en face des rizières (Figure 16).



Figure 16: Projection de la position du trait de côte à 2030 (trait orange). Le trait de côte de référence de septembre 2018 est figuré en bleu.

4.2. HORIZON 2050

La projection à l'horizon 2050, sur la base des hypothèses émises dans cette étude, entraine des reculs pouvant aller jusqu'à 1700 m en face des rizières. Au total par rapport à 2018, ce serait environ 1820 hectares des rizières qui seraient impactés par le recul de la position du trait de côte (Figure 17).



Figure 17 : Projection de la position du trait de côte à 2050 (trait rouge). Le trait de côte de référence de septembre 2018 est figuré en bleu.

5. Conclusion

A partir d'une étude diachronique sur une dizaine de trait de côte couvrant la période 1950-2018, les positions du trait de côte à horizon 2030 et 2050 ont été déterminées à partir des hypothèses de travail suivantes :

- 1. projection de la position du trait de côte dans le cas le plus défavorable à savoir position en interbanc en 2030 et 2050,
- 2. homogénéité dans la nature des sédiments face à la zone des rizières,
- 3. non prise en compte du réseau hydrographique, qui influence le transit sédimentaire en remettant en suspension les sédiments
- 4. aucun aménagement de protection ne sera réalisé d'ici 2050.

Les premières projections permettent, au droit de la zone des rizières, de caractériser un recul probable d'environ 700 m et 1 700 m respectivement pour 2030 et 2050, par rapport au trait de côte de référence de septembre 2018. Cette estimation peut être utilisée pour l'orientation des futures stratégies de gestion du Conservatoire du Littoral. Une incertitude sur la donnée perdure compte tenu de la migration des bancs de vase. Néanmoins à court terme, il apparait vraisemblable que la vase continue d'arriver en face des rizières et que la mangrove la colonise. A plus long terme, en cas de départ du banc de vase, la plage ne sera plus protégée et sera susceptible de connaître des érosions identiques à celle du passé.

Dans chacun des scénarios, le sable, qui compose les cheniers actifs ou anciens, représente une protection naturelle efficace face à l'érosion. Des solutions souples de gestion peuvent être envisagées sur la base de ces cordons naturels, en accompagnant leurs évolutions spatiales.

A l'heure actuelle, les rizières sont recoupées pas des canaux d'irrigations qui se jettent dans la mer, favorisant la remise en suspension des sédiments. Ainsi il est recommandé de favoriser une déviation des eaux en aval de la dérive ou un retour directement vers le fleuve de la Mana afin d'éviter une érosion préférentielle au niveau de Savane Sarcelle.

Enfin des études approfondies sur la nature exacte de la couche sédimentaire grâce à des carottages couplés à des études géophysiques, permettraient d'affiner et d'apporter des éléments supplémentaires sur la position du trait de côte future.

6. Bibliographie

Allersma E., (1971). Mud on the oceanic shelf of Guiana. Symposium on Investigation and Ressources of the Carribean Sea and Adjacent Regions. UNESCO, Paris, 193-203.

Allison M.A., Lee M.T., Ogston A.S., Aller R.C. (2000). Origin of amazon mudbanks along the notheastern coast of South america. Marine Geology, 163, p241-256.

Brisset N., Aertgeerts G., Lhotelin M. (2018). Etude hydrogéologique pour la recherche d'eau potable sur les secteurs de Gotali, Bassin Mine d'Or et Charvein, commune de Mana. Rapport final. BRGM/RP-68139-FR, 67 p., 51 fig., 2 tab., 2 annexes.

Boyé M. (1963). La géologie des plaines basses entre Organabo et le Maroni (Guyane française). Thèse 3eme cycle. Mémoire de la Carte Géologique détaillée de la France. Départ de la Guyane Française. Impr. Nationale. 148 p. Paris.

Brunier, G., Anthony, E. J., Gratiot, N., and Gardel, A. (2019). Exceptional rates and mechanisms of muddy shoreline retreat following mangrove removal. *Earth Surf. Process. Landforms*, 44: 1559–1571. <u>https://doi.org/10.1002/esp.4593</u>.

Choubert, B. (1961). Carte géologique au 1/100 000e, Feuille de Mana Saint-Laurent-Du-Maroni.

Créocéan (2006). Polder rizicole de la savane sarcelle. Etude rizicole pour la réalisation de protection contre l'érosion marine. Rapport d'étude, dossier 1063064. 59p.

Créocéan (2008). Etude de l'érosion du littoral du Nord-Ouest guyanais – Rapport d'étude. Dossier 1071014. 143 p.

Danforth, W.W. et Thieler E.R. (1992). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) User's Guide, Version 1.0 : U.S. Geological Survey Open-File Report 92-355, 42p.

Froidefond J.M., Pujos M., André X., (1988). Migration of mudbanks and changing coastline in French Guiana, Marine Geology 84, p 19-30.

Gardel A., Gratiot N., (2005). A satellite image-based method for estimating rates of mud bank migration, French Guiana, South America. Journal of Coastal Research, 21(4),720-728.

Gratiot N., Anthony E.J., Gardel A., Gaucherel C., Proisy C., Wells J.T. (2008). Significant contribution of the 18.6 year tidal cycle to regional coastal changes. Nature Geoscience 1 169-172.

Hoyt J.H., (1969). Chenier versus barrier, genetic and stratigraphic distinction. Bull. Am. Assoc. Petroleum Geol., 53 (2) : 299-306. USA.

Lointier M., Prost M.T., (1988). Coastal sedimentation and local river supply in French Guiana : comparisons with the Amazon. Abstract of the Chapman Conference on the Amazon Dispersal System. AM. Geophys. Union, Charleston, Wild Dunes, S.C.

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., 7ann.

Martinez J.M., Guyot J., Filizola N., Sondag F., (2009). Increase in sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data. *Catena* 79, 257-264.

Melo A.B.C., Cavalcanti I.F.A., Souza P.P.(2009). Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: Cavalcanti, I.F.A. ; Ferreira, N.J. ; Silva, M.G.A.J. ; Silva Dias, M.A.F. (eds).Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos : 25-41.

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.

Proisy, (2003), Déplacements des bancs de vase depuis 1987 autour des rizières de Mana, Synthèse préliminaire pour le compte de l'Association Syndicale d'Aménagement Hydraulique et Foncier de Mana, Poster.

Prost MT. (1989). Coastal dynamics and chenier sands in French Guiana. Marine Geology 90(4): 259–267. <u>https://doi.org/10.1016/0025-3227(89)90128-X</u>.

Prost M.T., Faure J-F., Charron C., Vargas H.V, Santos V.F, Mendes A.C et Gardel A. (2017), « L'embouchure de l'Amazone, macro-frontière géomorphologique : enseignements de 30 années de recherches franco-brésiliennes sur les systèmes côtiers amazoniens »,Confins, 33.

Shom (2017) - Référence Altimétrique Maritimes Ports de France métropolitaine et d'outre-mer - 107 p.

Thieler E.R., Himelstoss E.A, Zichichi J.L, Ergul, Ayhan (2009). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0. An ArcGis extension for calculating shoreline change : U.S. Geological Survey OpenFile Report 2008-1278.

Vantrepotte V., Gensac E., Loisel H., Gardel A., Dessailly D., Mériaux X. (2013). Satellite assessment of the coupling between in water suspended particulate matter and mud banks dynamics over the French Guiana coastal domain. Journal of South American Earth Sciences 44, 25-34.

Annexe 1

Coupe lithologique du forage XF-26

B B B M / C H Y

INDICE 11188, B1, 0001 DESIGNATION : XF-26

TYPE PROFONDEUR (m	HAUTEUR CODE AQUIFERE	STRATIGRAPHIE	LITHOLOGIE
NIVEAU DE A	UTILE (m) OU GEOLOGIQUE		SABLE DE OUADTZ GROSSTER DE TETNTE JAUNA
OUPE 0.00 1.40 1.40 1.2 2.75 13.95 13.95 14.05 14.05 16.1 16.00 24.0 24.00 28.50 29.15 31.3 31.65 33.4 33.80 42.0 42.00 43.4 43.60 44.4 44.60 50.1 50.00 51.50 52.10 52.75 52.20 52.75 53.55 54.5 54.60 55.55 55.15 55.55 55.15 55.55 56.05 56.55 58.15 58.55 58.15 58.55 58.55 58.55 58.55 58.55 58.55 58.55 58.55 58.55	0 0 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	QUE, NIVEAUX RECONN	SABLE DE QUARTZ GROSSIER DE TEINTE JAUNA LA SONDE PASSE A TRAVERS UN TRONC DE PAL VASE A TRES NOMBREUX DEBRIS VEGETAUX VASE ARGILEUSE, TRES FINEMENT QUARTZEUSE SABLE DE QUARTZ FIN A GROSSIER, LEGEREME ARGILE ? TRES FINEMENT QUARTZEUSE, A NOM ARGILE TRES QUARTZEUSE, NOMBREUX GRAINS SABLE DE QUARTZ GROSSIER, LEGEREMENT ARG ARGILE TRES QUARTZEUSE, NOMBREUX GRAINS SABLE DE QUARTZ GROSSIER, LEGEREMENT ARG ARGILE TRES COMPACTE DE TEINTE ROU ARGILE TRES COMPACTE DE TEINT FROU ARGILE TRES COMPACTE DE TEINT MARNE ? GRISE A TRES NOMBREUX DEBRIS DE CALCAIRE DUR MARNE ? A NOMBREUX COQUILLAGES CALCAIRE DUR MARNE ? A DEBRIS COQUILLES CALCAIRE DUR MARNE ? A DEBRIS COQUILLES CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE DE TEINTE GRIS CLAIR CALCAIRE DUR MARNE ? A DEBRIS COQUILLES CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE A TRES NOMBREUX COQUI CALCAIRE TENDRE MARNE ? BIEN LITEE A TRES NOMBREUX COQUIL CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE A TRES NOMBREUX COQUIL CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE A TRES NOMBREUX COQUILL CALCAIRE DUR MARNE ? A DEBRIS COQUILLES CALCAIRE DUR MARNE ? A TRES NOMBREUX COQUIL CALCAIRE DUR MARNE ? A TRES NOMBREUX COQUIL CALCAIRE DUR MARNE ? A TRES NOMBREUX COQUILL CALCAIRE DUR MARNE ? A TRES NOMBREUX COQUILL CALCAIRE DUR MARNO-CALCAIRE ? A TRES NOMBREUX COQUILL CALCAIRE DUR
B R G M / G U Y		INDICE: <u> 1188 </u>	. <u>B1 , 0001</u> DESIGNATION : <u>XF-26</u>
NIVEAU DE A	UTILE (m) OU GEOLOGIQUE	STRATIGRAPHIE	LITHOLOGIE
SOUPE 58,75 58,50 59,59 59,59 60,60 <th< td=""><td>0 5 5 0 2 0 5 5 5 0 0 5 5 0 0 5 5 0 0 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 0 5 5 5 5 0 0 5 5 5 5 5 5 0 0 5</td><td>ý.</td><td>MARNE ? GRIS FONCE A NOMBREUX COQUILLAGE CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE (A NOBREUX COQUILLAGE CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE (A VOIR ?) CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE (A VOIR ?) CALCAIRE DUR TRES NOMBREUX DEBRIS COQUILLES, ET SABLE CALCAIRE DUR ARGILE GRISE COMPACTE, OU (MARNE ?) CALCAIRE DUR ARGILE GRISE COMPACTE, OU (MARNE ?) CALCAIRE DUR SABLE DE QUARTZ GROSSIER A STAUROTIDE, D CALCAIRE DUR ENVIRON 0.10 M DE PETITS GALETS DE QUART</td></th<>	0 5 5 0 2 0 5 5 5 0 0 5 5 0 0 5 5 0 0 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 5 5 5 0 0 0 5 5 5 5 0 0 5 5 5 5 5 5 0 0 5	ý.	MARNE ? GRIS FONCE A NOMBREUX COQUILLAGE CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE (A NOBREUX COQUILLAGE CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE (A VOIR ?) CALCAIRE DUR MARNE ? BIEN LITEE (A VOIR ?) CALCAIRE DUR TRES NOMBREUX DEBRIS COQUILLES, ET SABLE CALCAIRE DUR ARGILE GRISE COMPACTE, OU (MARNE ?) CALCAIRE DUR ARGILE GRISE COMPACTE, OU (MARNE ?) CALCAIRE DUR SABLE DE QUARTZ GROSSIER A STAUROTIDE, D CALCAIRE DUR ENVIRON 0.10 M DE PETITS GALETS DE QUART

COUPE GEOLOGIQUE, NIVEAUX RECONNUS OU EXPLOITES

PAGE : 2/...

TYPE PROFONDEUR (m)	HAUTEUR	CODE AQUIFERE STRATIGRAPHIE LITHOLOGIE			
NIVEAU	DE A	UTILE (m)	OU GEOLOGIQUE	STRATIGRAFTIE	
OUPE	74.25 74.6 74.25 74.6 75.00 75.7 75.00 75.6 75.50 75.6 75.50 75.6 75.50 75.6 75.50 75.6 75.90 77.6 77.65 79.0 79.02 80.0 80.20 80.6 80.85 81.5 81.90 82.1 82.35 83.05 83.25 83.25 83.25 83.25 83.25 83.25 85.30 85.75 85.35 87.35 87.40 89.00 89.50 89.50 89.50 89.50 89.50 89.20 90.50 92.3	000050200550000555550555000000000000000			MARNO-CALCAIRE DUR ? MARNE OU ARGILE ? NOIRE , BIEN LITEE MARNE ? BIEN LITEE CALCAIRE DUR MARNE ? GRIS CLAIR, BIEN LITEE, A COQUIL MARNE ? GRIS CLAIR, BIEN LITEE, A COQUIL MARNE ? BIEN LITEE, A COQUILLAGES CALCAIRE DUR MARNO-CALCAIRE ? CALCAIRE DUR MARNO-CALCAIRE ? CALCAIRE DUR (MOUCHES DE PYRITE) MARNO-CALCAIRE ? CALCAIRE DUR (MOUCHES DE PYRITE) MARNO-CALCAIRE ? CALCAIRE DUR (MOUCHES DE PYRITE) MARNO-CALCAIRE ? CALCAIRE DUR MOUCHES DE PYRITE) MARNE A DEBRIS COQUILLES CALCAIRE DUR MARNE A DEBRIS COQUILLAGES, BIEN LITEE CALCAIRE DUR MARNE GRISE A COQUILLAGES, BIEN LITEE CALCAIRE DUR MARNE GRISE A COQUILLAGES CALCAIRE DUR MARNE GRISE A SABLE DE QUARTZ MARNO-CALCAIRE A COQUILLAGES CALCAIRE DUR MARNE GRISE A SABLE DE QUARTZ MARNO-CALCAIRE A COQUILLAGES CALCAIRE DUR MARNE GRISE A SABLE DE QUARTZ MARNO-CALCAIRE A COQUILLAGES ARGILE GRISE A SABLE DE QUARTZ NIVEAU A TEXTURE OOLITHIQUE ET PISOLITHI SABLE DE QUARTZ ET DE LATERITE, LEGEREME ARGILE COMPACTE DE TEINTE MARRON CLAIR



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

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

www.brgm.fr