



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Document à accès immédiat

Evolution du trait de côte en Guyane. Caractérisation de la dynamique côtière entre 1950 et 2021.

Rapport final

BRGM/RP-72903-FR

Version 3 du 9 février 2024

Étude réalisée dans le cadre des projets d'appui aux politiques publiques

Brunier Guillaume, Cam Maxence, Longueville François, Nebel Tom,

Vérificateur :

Nom : Clément Bouvier

Fonction : Ingénieur littoral, BRGM
Martinique

Date : 11/01/2024

Signature :

Approbateur :

Nom : Floriane Deneuve-Mayer

Fonction : Directrice régionale BRGM
Guyane

Date : 16/02/2024

Signature :

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

Contact : qualite@brgm.fr

Avertissement

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

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

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

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

Votre avis nous intéresse

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

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



Mots clés : géomorphologie ; morphologie côtière ; trait de côte, évolutions historiques, Guyane.

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

Brunier Guillaume, Cam Maxence, Longueville François, Nebel Tom, 2024. Evolution du trait de côte en Guyane. Caractérisation de la dynamique côtière entre 1950 et 2021. Rapport final V3. BRGM/RP-72903-FR, 8 p.

© BRGM, 2024, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-09/03/2023

Synthèse

La Guyane Française fait l'objet de nombreuses études autour de l'évolution de la position du trait de côte, cependant les échelles de ces études sont locales (il s'agit principalement de travaux de recherche ou d'expertises sur des sites spécifiques). L'objectif de ce travail est de reprendre et de mettre à jour la base de données régionale sur l'évolution du trait de côte, dans la continuité des travaux réalisés par le passé.

La façade côtière de la Guyane Française s'étend sur un linéaire côtier de 300 km bordée à l'ouest par le Maroni et à l'est par l'Oyapock. La dynamique hydro-morpho-sédimentaire est principalement contrôlée par des apports sédimentaires en provenance de l'Amazonie, migrant sous forme turbide et se déposant sur les côtes en créant d'imposants bancs de vases. Ces bancs de vases migrent vers l'ouest à des vitesses comprises entre 1 et 3 km/an. Par conséquent, le littoral Guyanais est particulièrement mobile, composé à 86 % de côtes vaseuses à mangroves et seulement 13 % de plages sableuses.).

Ce travail s'appuie sur la mesure de la position du trait de côte et vise à caractériser les évolutions du littoral entre 1950 et 2021. L'acquisition de la position du trait de côte pour différentes dates a été effectuée à partir d'images satellites et d'ortho-photographies. La variabilité du trait de côte dans le temps permet de commenter ses tendances d'évolution à une échelle régionale. Les différentes positions du trait de côte ont ensuite été exploitées sous DSAS (« *Digital Shoreline Analysis System* ») permettant de produire des variations absolues et des taux d'évolution globaux et périodiques. De manière générale, on retrouve une grande variabilité temporelle et spatiale de l'évolution du trait de côte. Les résultats permettent d'établir des zones homogènes d'avancée et de recul du trait de côte en décomposant les grandes tendances et en identifiant des mécanismes plus locaux. Le littoral de Guyane, sur la période 1950-2021, montre une tendance d'avancée de la côte sur 37 % de son linéaire, soit 130 km, contre 43 % de la côte montrant une tendance au recul, soit environ 150 km de linéaire côtier, et 20 % de la côte suivant une tendance d'évolution relativement stable compris entre -5 et +5 m/an, soit environ 70 km de linéaire côtier. L'influence de sept bancs de vases a été observée sur les séries temporelles d'évolution du littoral permettant notamment la construction de caps vaseux et la déflexion vers l'ouest de l'embouchure de plusieurs fleuves Guyanais comme l'Iracoubo. Ces travaux permettent d'améliorer la compréhension du fonctionnement du littoral de Guyane sur une période de sept décennies afin de préfigurer les évolutions futures à l'aune des changements globaux.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Contexte général	11
2.1. Forçages en action sur le domaine littoral	12
2.1.1. Conditions hydrodynamiques	12
Plaine côtière et	14
2.1.2. système sédimentaire	14
2.2. Historique du trait de côte en Guyane française.....	22
2.2.1. Définition du trait de côte.....	22
2.2.2. Etudes sur le trait de côte en Guyane	25
3. Matériel et méthodes	28
3.1. Digitalisation des objets	29
3.1.1. Données utilisées.....	29
3.1.2. Mise en forme des images	30
3.1.3. Processus de digitalisation	31
3.1.4. Limite de la méthode et incertitude.....	32
3.2. Traitement sous DSAS.....	36
3.2.1. Principes et mise en place	36
3.2.2. Production des statistiques	37
4. Résultats.....	39
4.1. Evolution historique du trait de côte à l'échelle régionale.....	39
4.2. Suivi des variations annuelles	43
4.2.1. Zone 1.....	44
4.2.2. Zone 2.....	48
4.2.3. Zone 3.....	51
4.2.4. Zone 4.....	55
4.2.5. Zone 5.....	57
4.2.6. Zone 6.....	61
5. Discussion.....	64
5.1. Cartographie de l'instabilité du trait de côte en Guyane	64
5.2. Evolution du trait de côte sous influence des bancs de vases Amazoniens.....	65
5.3. Apports potentiels de l'étude sur l'aménagement du littoral et Implication des changements globaux	68
6. Conclusion	70
7. Bibliographie	71

Liste des figures

<i>Figure 1 : Carte présentant la classification morphodynamique le long de la Côte Amazone – Orénoque.</i>	9
<i>Figure 2 : Bande côtière de la Guyane présentant la localisation des communes (en noir) et des principaux cours d'eau(en bleu).</i>	11
Figure 3 : Position de la ZCIT en Guyane (Météo France).	12
Figure 4 : Moyennes mensuelles des paramètres de houles sur la période 1960 – 2004 à partir de la base de données ré-analysée ECMWF Reanalysis 40 years (ERA 40) au point 5° N, 52° W (d'après Gratiot et al., 2007).	13
Figure 5 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de Guyane.	14
Figure 6 : Carte des lithologies de surface de la région de Macouria et structure de la plaine côtière en Guyane.	16
Figure 7 : Carte schématique de la structure d'un banc de vase combinant les dynamiques de remaniement du banc par les vagues, les processus d'accrétion et d'érosion de la côte, et la colonisation puis destruction de la mangrove.	17
Figure 8 : Morphologie, emprise et migration des bancs de vases observées par imagerie satellite.	18
Figure 9 : Localisations et sens de migration (flèches rouges) des bancs de vase sur le littoral de Guyane de l'année 2022 (I-Sea, ODyC BRGM)	19
<i>Figure 10 : Coupes et modèles de fonctionnement schématiques des principales formations sableuses en Guyane.</i>	21
<i>Figure 11 : Principaux indicateurs de trait de côte recommandés suivant leur milieu (repris de Mallet et al. 2012).</i>	23
<i>Figure 12 : Amplitude de variation du trait de côte en mètres sur le littoral de la Guyane par périodes étudiées (Moisan and De la Torre, 2014)</i>	26
<i>Figure 13 : Organisation de la chaîne de travail</i>	28
Figure 14 : Recouvrement multi-source aux abords de Kourou (BD Ortho 2018 IGN et image Sentinel 2B 2018).	30
<i>Figure 15 : Comparatif d'une orthophotographie (A) et d'une image satellite « true-color » (B) et « false-color » (C).</i>	31
Figure 16 : Image satellite Sentinel 2 du secteur de Cayenne – Macouria affichée en fausse couleur présentant une couverture nuageuse partiel : la nébulosité et l'ombre projetée des nuages masquent ponctuellement le tracé de la côte (Cayenne, 19 septembre 2017, Sentinel-2).	32
<i>Figure 17 : Situations particulières pour la digitalisation d'une côte anthropisée (A), d'une plage de poche avec pointe rocheuse (B) de la colonisation par la mangrove (C).</i>	33
Figure 18 : Zonation des différents secteurs et zoom sur les transects au niveau des Rizières de Mana	36
Figure 19 : Utilisation de l'outil DSAS : projection des transects recoupant les traits de côtes depuis une ligne de base à terre.	37

Figure 20 : Illustration schématique du calcul des indices statistiques Net Shoreline Movement (NSM), Shoreline Change Enveloppe (SCE) et End Point Rate (EPR) de l'outil DSAS (adapté de Himmelstoss et al., 2021).	38
Figure 21 : Illustration schématique du calcul de l'indice Linear Regression Rate (LRR) de l'outil DSAS (adapté de Himmelstoss et al., 2021).	38
Figure 22 : Mobilité du trait de côte sur l'ensemble de la Guyane de l'ouest à l'est (de 0 à 350 km de distance le long de la côte)	41
Figure 23 : Synthèse des évolutions du littoral de Guyane.	42
Figure 24 : Evolution du trait de côte sur le secteur 1 entre les embouchures du Maroni et du Sinnamary.	45
Figure 25 : Cartographie des différents traits de côte de la zone 1	47
Figure 26 : Evolution du trait de côte sur le secteur 2 entre les embouchures du Sinnamary et du Kourou.	49
Figure 27 : Cartographie des différents trait de côte de la zone 2 avec zoom de la partie ouest de l'embouchure du Kourou et la zone du CSG.	50
Figure 28 : Evolution du trait de côte sur le secteur 3 entre les embouchures du Kourou et du Cayenne.	52
Figure 29 : Image satellite de l'embouchure du fleuve Kourou (Sentinel-2 -false color- octobre 2020) et mise en évidence du phénomène d'épi hydraulique.	53
Figure 30 : Cartographie des différents trait de côte de la zone 3.	54
Figure 31 : Evolution du trait de côte sur le secteur 4 entre les embouchures du Cayenne et du Mahury.	56
Figure 32 : Evolution du trait de côte sur le secteur 5 entre les embouchures du Mahury et de l'Approuague.	59
Figure 33 : Cartographie des différents trait de côte de la zone 5.	60
Figure 34 : Evolution du trait de côte sur le secteur 6 au niveau du cap vaseux formé par la Pointe Béhague.	62
Figure 35 : Cartographie des différents trait de côte de la zone 6.	63
Figure 36 : Evolution historiques du littoral de Guyane (repris de Plaziat et Augustinus, 2004).	67
Figure 37 : Variations du trait de côte mesuré (jusqu'en 2006) et projeté (après 2006) le long des côtes de la Guyane Française.	69

Liste des tableaux

Tableau 1 : Indicateurs de suivi du trait de côte adaptés au contexte guyanais (repris de Moisan et Prian 2011).	24
Tableau 2 : Résumé des données retenues pour la digitalisation	29
Tableau 3 : Bilan des erreurs liées au produit de la digitalisation.	34
Tableau 4 : Bilan des erreurs par périodes.	35

Liste des annexes

Annexe 1	Liste des images et orthophotographies compilées dans l'étude	77
Annexe 2	Taux d'évolution du trait de côte (m/an) en Guyane de 1950 à 2022.....	80
Annexe 3	Cartographie du trait de côte de la zone 4.....	81

1. Introduction

La Guyane française appartient plus largement au plateau des Guyanes, formation géologique du Précambrien délimitée par l'Orénoque au Nord et l'Amazone au Sud. Le littoral associé à cette formation s'étend sur près de 1500 km recoupant les territoires du Guyana, du Suriname et de la Guyane française (Figure 1). La dynamique de cette côte est principalement contrôlée par un apport de sédiments fins provenant de l'Amazone (Allison et al., 2000; Anthony et al., 2010b), fraction qui est facilement mobilisable et qui migre vers le Nord-Ouest en prenant la forme de bancs sous l'influence majoritaire du champ de vagues (Allison and Lee, 2004; Augustinus, 1980; Gratiot et al., 2007; van Ledden et al., 2009). Cette configuration côtière est également régie par les apports continentaux en sédiments plus grossiers (sables) provenant du drainage des formations du Bouclier Guyanais (Anthony et al., 2013b; Eisma et al., 1991).

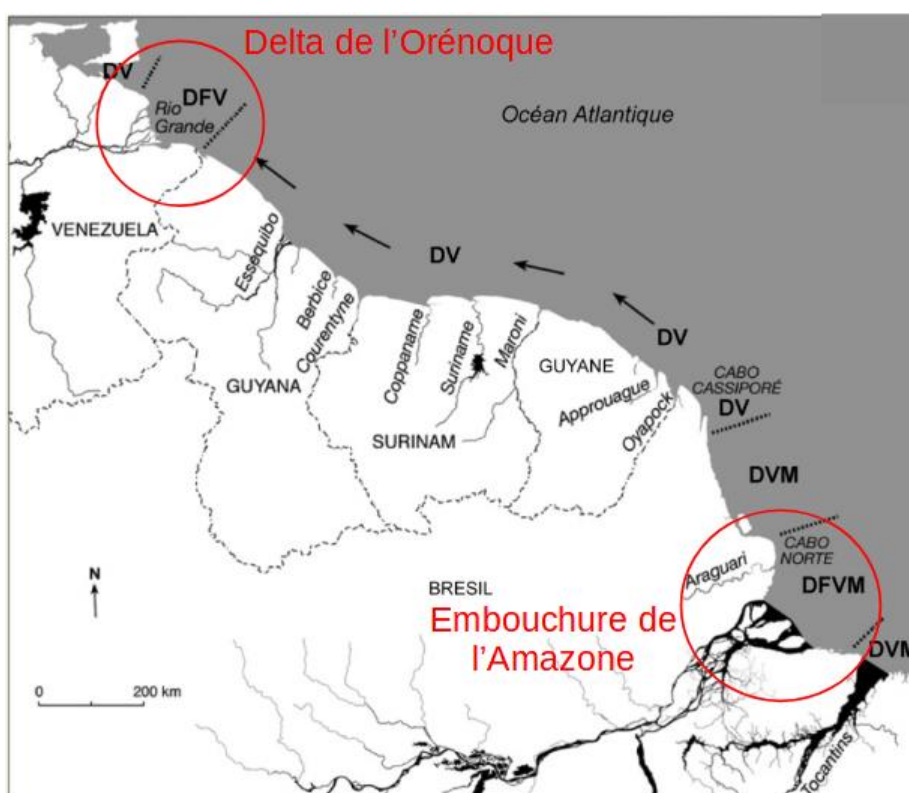


Figure 1 : Carte présentant la classification morphodynamique le long de la Côte Amazone – Orénoque (C-A-O) en termes d'influence dominante (D) : du fleuve (F), des vagues (V) et de la marée (M). L'embouchure de l'Amazone montre une dominance mixte (DFVM). Les flèches indiquent la direction du transit des bancs de vase induit par la houle. Figure adaptée d'Anthony et al. (2013).

Bordé à l'Ouest par le Maroni et à l'Est par l'Oyapock, le littoral de Guyane s'étend sur un linéaire côtier de 300 km de long sur les 1500 km de côte du plateau des Guyanes concerné par le régime d'influence de l'Amazone.

La superficie de ce département et région d'outre-mer (DROM) est de 86 504 km². Recouvert à 90 % de forêt équatoriale, l'essentiel de la population est concentré sur la bande littorale. Le chef-lieu du DROM est la ville de Cayenne. Malgré une faible densité de population, sa croissance démographique est constante (+2,4 % Insee, 2022) amenant un accroissement des activités sociales et économiques notamment sur la bordure littorale guyanaise. En parallèle, ce littoral est

très instable et vulnérable aux phénomènes de recul du trait de côte et de submersion marine (Anthony et al., 2010b; Jolivet et al., 2022; Moisan and De la Torre, 2014).

Le littoral concentre d'importants enjeux dans un contexte d'aléas intenses, accroissant sa vulnérabilité. Les collectivités littorales et les services de l'état en Guyane sont confrontés de manière récurrente voir chronique à des épisodes d'érosion et de submersions marines (Bossennec and Longueville, 2020; Longueville, 2018, 2017; Longueville and Bossennec, 2019; Longueville and Bourbon, 2016; Longueville and Lanson, 2022). C'est dans ce contexte que l'Observatoire de la Dynamique Côtière de Guyane (ODyC) fut créé en 2014 (<https://observatoire-littoral-guyane.fr/>). Copiloté par la Direction Générale des Territoires de la Mer (DGTm) et le BRGM, l'ODyC, s'inscrit dans la démarche de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte (SNGITC). Les objectifs de l'observatoire sont :

- l'acquisition et l'analyse des données à travers des mesures régulières sur le terrain ;
- de bancariser, diffuser et vulgariser au plus grand nombre les données produites sur le littoral guyanais ;
- d'appuyer les acteurs locaux sur la gestion du littoral.

La position du trait de côte est l'un des indicateurs principaux suivi dans le cadre de l'ODyC. Ce travail cherche à compiler l'ensemble des traits de côte de 1950 à 2021 à l'échelle régionale et à analyser sa variabilité ainsi que les processus forçant son évolution à partir d'outils statistiques.

Dans une première partie (chapitre 2), ce travail expliquera le contexte général du littoral de Guyane afin d'inclure un état de l'art sur les travaux concernant la mobilité du trait de côte sur ce territoire. La méthodologie adoptée ainsi que les données utilisées seront abordées dans une seconde partie (chapitre 3). Les résultats seront présentés (chapitre 4) à différentes échelles spatiales afin de distinguer des variations plus locales. Enfin les résultats obtenus seront discutés (chapitre 5) et mis en relation avec d'autres phénomènes comme le déplacement des bancs de vases.

2. Contexte général

La Guyane française présente une bande côtière unique au monde gouvernée par un système hydro-morpho-sédimentaire sous influence des sédiments de l'Amazonie. Cette première partie a pour but de présenter les différentes spécificités de ce système, ainsi que les phénomènes impactant les variations du trait de côte sur l'ensemble de la façade maritime Guyanaise (Figure 2).

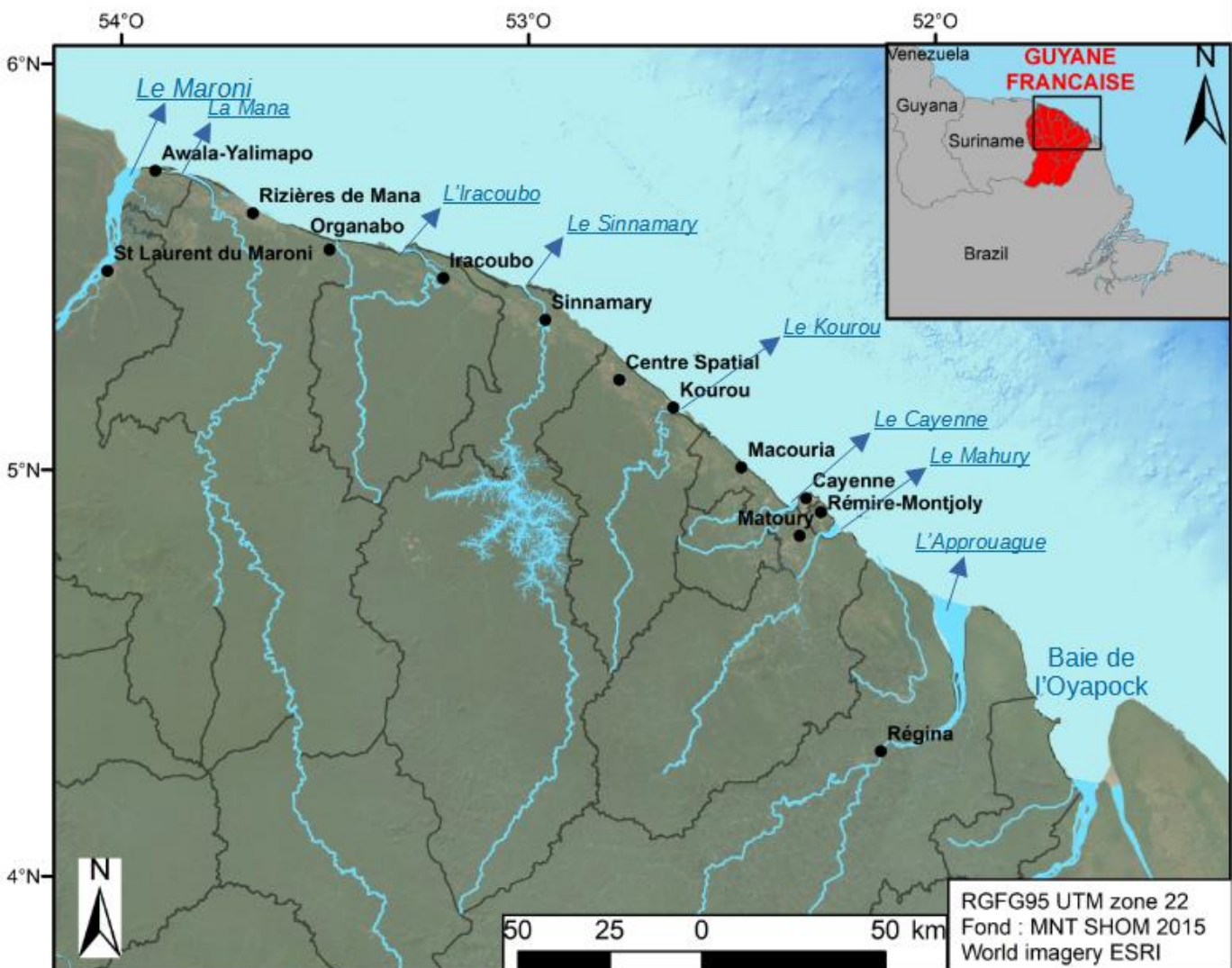


Figure 2 : Bande côtière de la Guyane présentant la localisation des communes (en noir) et des principaux cours d'eau(en bleu).

2.1. FORÇAGES EN ACTION SUR LE DOMAINE LITTORAL

Les 300 km du littoral Guyanais, à dominante vaseuse, sont sculptés par divers paramètres physiques (vents, houles, marées, fleuves) associés à la présence de la zone de convergence intertropicale et d'un système d'apport de sédiments alimenté par l'Amazone.

2.1.1. Conditions hydrodynamiques

a) Climatologie et dynamique océanique régionale

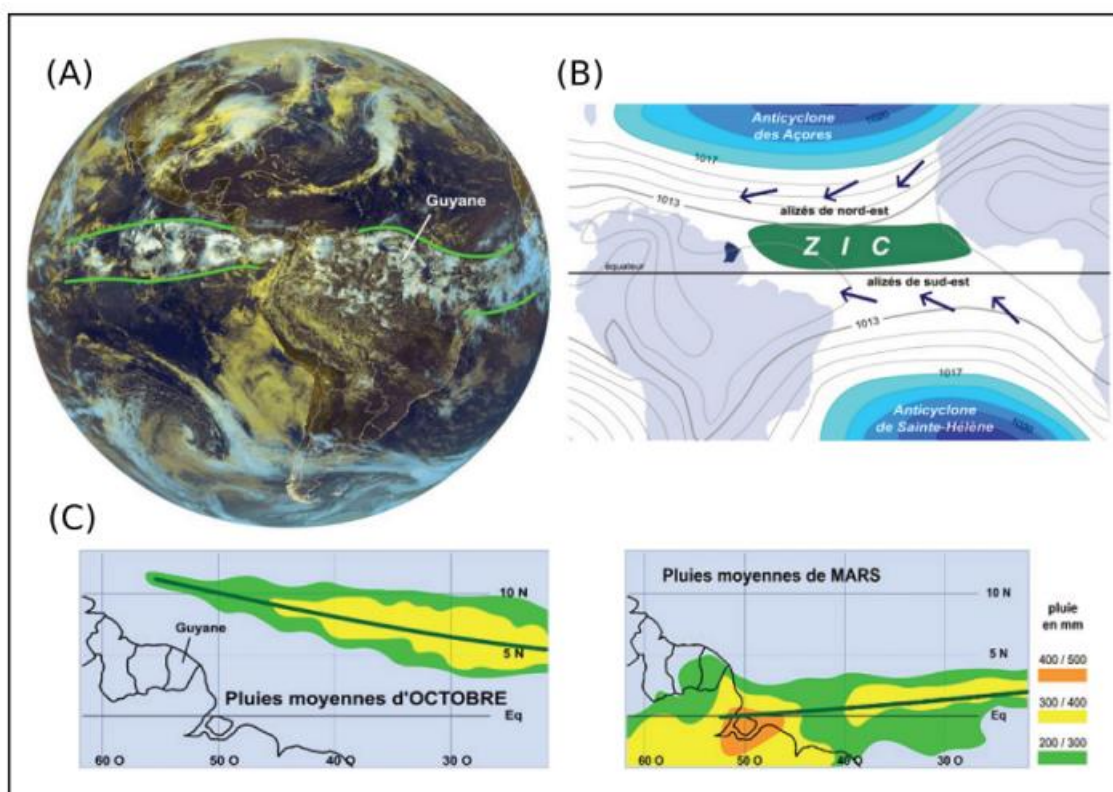


Figure 3 : Position de la ZCIT en Guyane (Météo France¹). (A) Vue globale de la position de la ZCIT, (B) mécanismes climatiques régionaux qui engendrent les alizés, (C) Précipitations selon la position saisonnière de la ZCIT (adapté de M. Jolivet et al., 2019)

La bande côtière est localisée entre 2°N et 6°N de latitude, zone d'influence de la zone de convergence intertropicale (ZCIT). Les circulations atmosphériques (Figure 3) de cet espace génèrent des vents communément appelés les alizés, principalement de direction nord-est, qui soufflent de manière continue tout au long de l'année. La climatologie est délimitée en quatre périodes : une petite saison des pluies allant de mi-novembre à mi-février, une petite saison sèche (dit « petit été de mars ») de mi-février à fin mars, une grande saison des pluies d'avril à juin et d'une grande saison sèche de juillet à novembre (Météo France²). De plus, la Guyane est très peu exposée aux systèmes cycloniques en raison de la faible influence de la force de Coriolis au niveau de l'équateur, créant un régime de vent de dominance nord-est permanent accompagné

¹ <http://pluiesextremes.meteo.fr/guyane/Le-climat-guyanais.html>

² <https://meteofrance.gf/fr/climat>

de taux d'humidité stables (75 % de moyenne) et d'une température journalière pouvant atteindre 30 °C (Gardel et al., 2009).

La résultante du régime d'alizés sur l'océan est la génération d'une houle de nord-est à l'échelle régionale. La dynamique de la houle présente cependant une saisonnalité avec une période plus calme de juin à septembre et une période plus active d'octobre à mai (Gratiot et al., 2007). La hauteur significative observée varie de 1 à 2,5 mètre pour des périodes comprises entre 7 et 10 secondes (Figure 4). La morphodynamique de la côte guyanaise est principalement influencée par les vagues.

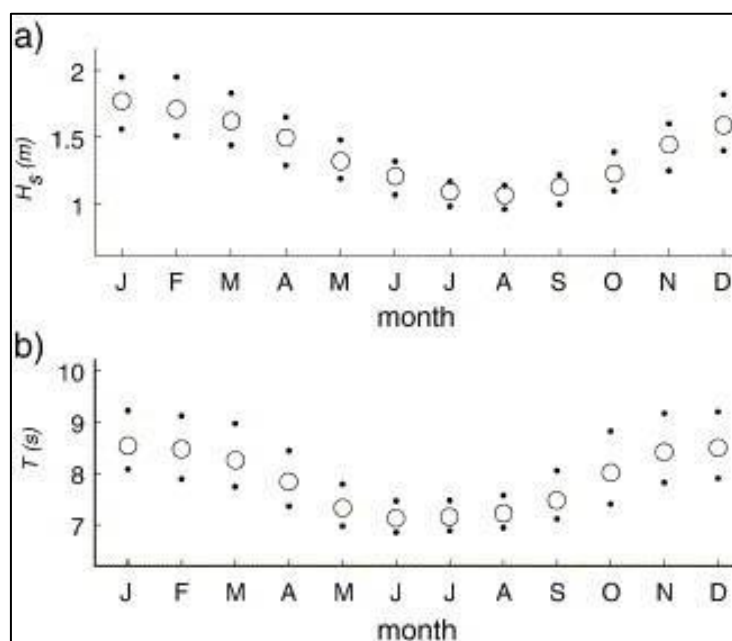


Figure 4 : Moyennes mensuelles des paramètres de houles sur la période 1960 – 2004 à partir de la base de données ré-analysée ECMWF Reanalysis 40 years (ERA 40) au point 5° N, 52° W (d'après Gratiot et al., 2007). Les points correspondent au 1er et 3ème quartiles et les cercles aux valeurs moyennes. (a) Hauteurs significatives des vagues (H_s) en mètre et (b) période des vagues (T) en seconde.

Un courant côtier dominant est aussi présent sur la façade littorale. Il est la composante d'un courant barométrique tidal, semi-diurne perpendiculaire à la côte et d'un fort courant transversal, parallèle à la côte (Lentz, 1995).

b) Forçages hydrodynamiques locaux

Le régime de marée est de type semi-diurne et d'un marnage méso-tidal (Figure 5) (Gallo and Vinzon, 2005). L'amplitude de la marée ou marnage varie entre, environ, 2,3 m en période de vives eaux et 1,15 m en période de mortes eaux.

07	Nom	Type	Lat.	Long.	Et.	Constante	PHMA	PMVE	PMME	NM	BMME	BMVE	PBMA
	Iles du Salut [Guyane] ¹	R	05 17 N	52 35 W		2013	03.72	03.30	02.70	02.14	01.55	01.05	00.60
	Abords des Iles du Salut												
	Pointe des Hattes ¹	S	05 45 N	53 57 W			04.23	03.90	03.20	02.60	01.90	01.30	00.92
	Saint-Laurent du Maroni ¹	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 ¹	S	05 09 N	52 38 W			03.59	03.20	02.60	02.00	01.40	00.85	00.48
	Le Larivot ¹	S	04 54 N	52 22 W			03.71	03.40	02.75	02.14	01.50	00.90	00.62
	Îlet la Mère	S	04 54 N	52 11 W		2013	03.89	03.40	02.80	02.24	01.60	01.15	00.68
	Dégrad des Cannes ¹	S	04 51 N	52 17 W		2014	03.74	03.45	02.85	02.10	01.50	01.10	00.52
	Montagne d'Argent	S	04 23 N	51 41 W			03.57	03.15	02.40	01.70	01.05	00.40	00.19

Figure 5 : Références Altimétriques Maritimes pour les sites de Guyane. PHMA : plus hautes mers astronomiques, PMVE : pleines mers de vives eaux, PMME : pleines mers de mortes eaux, NM : Niveau Moyen, BMME : basses mers de mortes eaux, BMVE : basses mers de vives eaux, PBMA : Plus basses mers astronomiques (SHOM, 2022).

Le littoral de la Guyane est également découpé par plusieurs fleuves dont les plus importants sont le Maroni (débit moyen de 1 682 m³/s, bassin versant de 61 000 km² environ) et l'Oyapock (débit moyen de 835 m³/s, bassin versant d'environ 25 000 km²) (Figure 2). La saisonnalité entre périodes sèches et humides influence fortement le régime hydrologique de ces fleuves ainsi que l'influence de la marée en domaine estuarien. Dans le cas du Maroni par exemple, le débit moyen mensuel au pic de la saison humide en mai est d'environ 3 525 m³/s contre 381 m³/s au pic de la saison sèche en octobre. L'influence de ces systèmes estuariens est importante sur le fonctionnement général du complexe sédimentaire de la plaine côtière : les estuaires jouent le rôle d'épis hydrauliques favorisant la sédimentation des particules fines en rive droite et ils sont les principaux pourvoyeurs de sédiments sableux aux espaces côtiers.

Pour résumé, le littoral guyanais est principalement soumis à une dynamique latérale (*longshore*) importante avec le champ de vagues d'alizés. Cette dynamique permet aux bancs de vase de se déplacer du Sud-Est au Nord-Ouest sur la façade entre l'embouchure de l'Amazonie au Brésil et celle de l'Orénoque au Venezuela (Froidefond et al., 1988a; Johns et al., 1998).

2.1.2. Plaine côtière et système sédimentaire

La bande côtière est principalement alimentée par les apports sédimentaires en provenance de l'Amazonie, constitués à 90 % de limons et d'argiles (Pujos and Froidefond, 1995). Le système de dispersion de ces sédiments fins s'étend du Nord du Brésil jusqu'au fleuve Orénoque au Venezuela. Les sédiments transportés sous forme turbide ou en formant une ceinture vaseuse représentent une quantité estimée à 250 Mt, représentant 20 % du volume total transporté par l'Amazonie (Allison et al., 2000). Ce système sédimentaire implique la migration d'imposants bancs de vases le long de la côte guyanaise, allant de 10 à 60 km de long pour 20 à 30 km de large et pouvant atteindre 5 m d'épaisseur (Allison and Lee, 2004). Ils sont constitués d'une partie subtidale constamment immergée et d'une partie intertidale comprise entre les plus hautes et les plus basses eaux de la marée de vives eaux. Ces entités sont au cœur de la formation de la plaine côtière de Guyane qui s'est construite par l'accumulation successive des sédiments fins de l'Amazonie pendant le Pléistocène et l'Holocène.

a) Contexte géologique et construction de la plaine côtière

La géologie de la Guyane est majoritairement une formation cristalline ancienne (Paléo-Protérozoïque) communément appelée bouclier des Guyanes (Choubert, 1956).

Le littoral de Guyane est une plaine littorale basse (0 à 5 m d'altitude moyenne) et est constitué de dépôts sédimentaires argileux et sableux datés des périodes Holocène (12 000 ans BP à l'actuel) et Pléistocène (au-delà de 12 000 ans BP) (Brunier et al., 2022; Cautru, 1994; Choubert, 1956) (Figure 6). Les éléments Pléistocènes ne seront pas détaillés dans cette étude.

Les dépôts sédimentaires de la plaine littorale correspondent à des argiles grises compactées et plastiques. Ces formations (noté en bleu VOH et AOH sur les cartes des lithologies superficielles) sont souvent très bioturbées avec des inclusions de végétaux dégradés. Leur rhéologie très hétérogène les rend très sensibles aux phénomènes d'érosion par fracturation et effondrement lorsqu'ils sont exposés au déferlement des vagues (Guillaume Brunier et al., 2019). Ces argiles ont été apportées par les bancs de vases Amazonien au cours de l'Holocène. La plaine côtière s'est construite par comblements successifs. Elles correspondent à des unités paysagères de marais saumâtres, de savanes, ou à des forêts de mangrove.

Des dépôts sableux (notés en jaune SOO, SOh et SOH) se sont constitués en cordons littoraux parallèles à la côte sur le socle d'argiles grises (Figure 6). Ils sont communément appelés plages de cheniers. Ces plages, qui matérialisent les rivages (ou traits de côte) historiques, se forment en contexte érosif à partir des sables autochtones (apport sableux des fleuves locaux) piégés par les dépôts d'argiles. Ces plages s'allongent vers l'ouest dans la direction de la dérive littorale dominante en Guyane (Anthony et al., 2019; Guillaume Brunier et al., 2019; Prost, 1989).

Peu larges et épaisses, ces plages peuvent aussi migrer très rapidement vers l'intérieur et se retrouver isolées de la côte (Anthony et al., 2019; Guillaume Brunier et al., 2019; Tas et al., 2022). Ces cordons sableux peuvent apparaître en successions plus ou moins espacées (Figure 6). Une plage de chenier qui est exposée aux vagues devient un chenier dit « actif ». Le comportement morphodynamique de ces plages est assez peu documenté et il fait l'objet de travaux de recherche à venir.

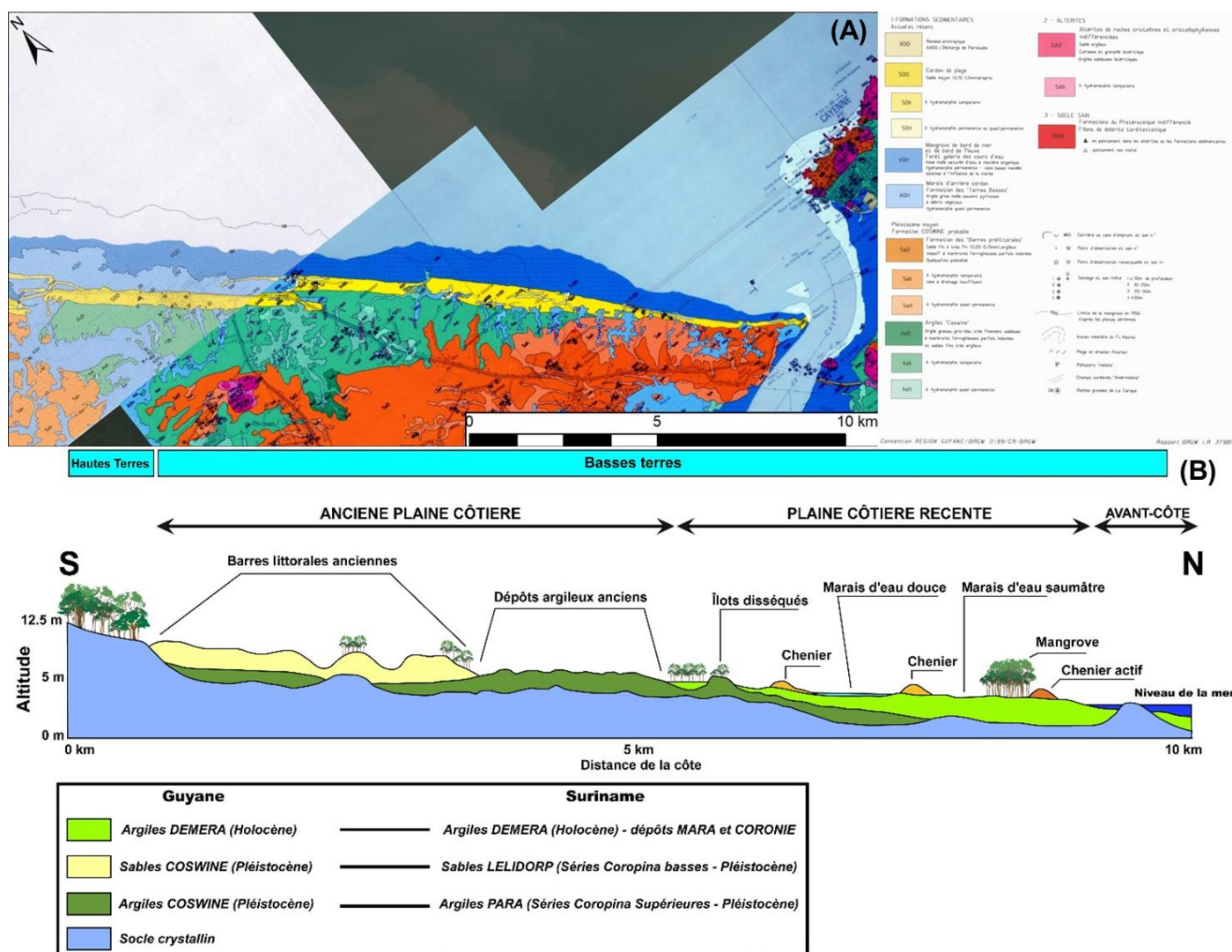


Figure 6 : Carte des lithologies de surface de la région de Macouria et structure de la plaine côtière en Guyane. (A) Extrait de la carte des lithologies superficielles sur le secteur de Macouria (Cautru, 1994). Les dépôts sédimentaires en bleu et jaune ont été cartographiés comme appartenant aux périodes récentes (Holocène). Les dépôts verts et oranges correspondent aux périodes anciennes (Pléistocène). (B) Structure type de la plaine côtière en Guyane (adapté de Prost, 1989).

b) Dynamique des bancs de vases

Dans leur fonctionnement actuel, les bancs de vases sont espacés de 15 à 25 km (Froidefond et al., 1988b) et migrent à une vitesse comprise entre 1 et 3 km/an (Gardel and Gratiot, 2006). Le transport résulte d'un recyclage des vases entre l'arrière et l'avant du banc (Allison and Lee, 2004 ; **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et Figure 7) : le substrat vaseux en partie arrière du banc est démantelé en blocs par les houles incidentes (G. Brunier et al., 2019) avant d'être dégradé à l'état particulaire par liquéfaction. Ces vases transitent sous forme de panaches turbides vers l'ouest réalimentant la ceinture de vases fluides subtidales du banc. La vase fluide est transportée sous l'action de la houle en suivant le sens de la dérive est-ouest pour être réaffectée à l'avant du banc sous la forme d'un prisme d'accrétion. Cette zone d'accumulation permet l'accrétion d'une vasière intertidale ainsi qu'une colonisation par la mangrove (Gardel et al., 2009). Suivant l'avancée du banc, les dernières traces de vases intertidales seront démantelées créant une phase de transition dominée par les houles énergétiques alors libérées

de la contrainte d'un tampon vaseux (Anthony et al., 2010). Ces phases dites « d'inter-bancs » sont également plus sensibles aux houles de nord qui se forment en mai et en octobre suite au passage des dépressions et des cyclones dans l'Atlantique Nord (van Ledden et al., 2009).

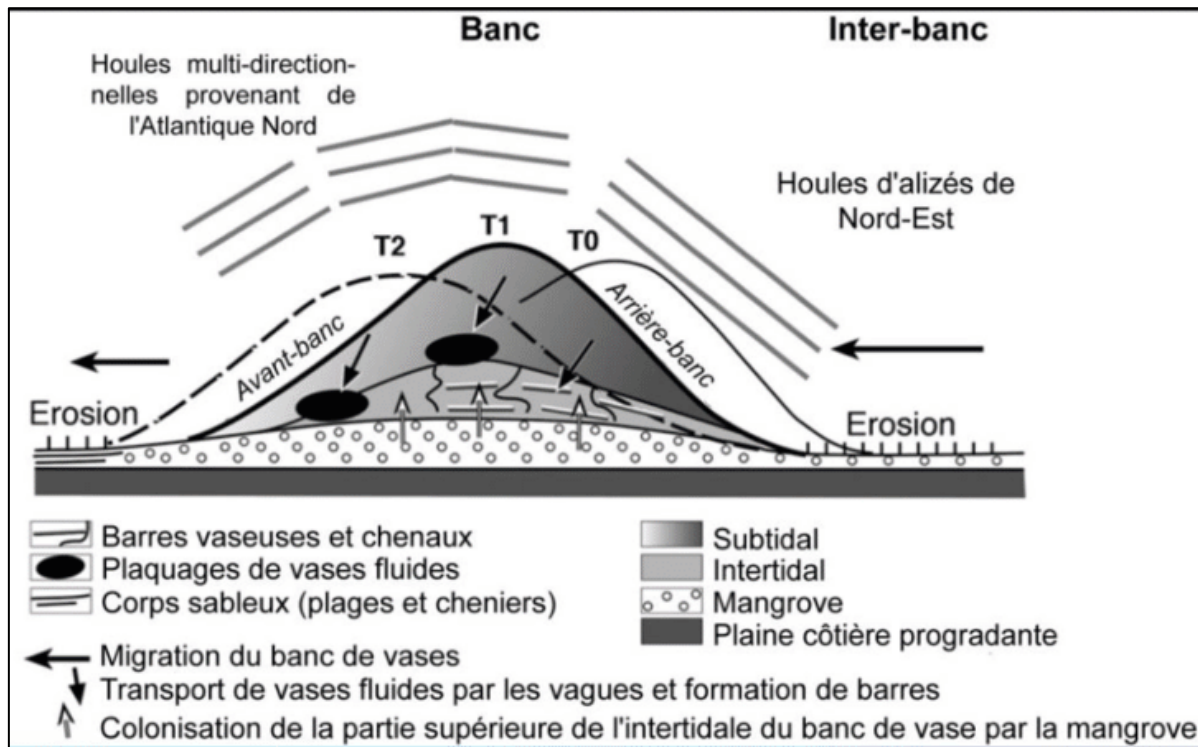


Figure 7 : Carte schématique de la structure d'un banc de vase combinant les dynamiques de remaniement du banc par les vagues, les processus d'accrétion et d'érosion de la côte, et la colonisation puis destruction de la mangrove. Projection de la migration à travers T0, T1 et T2 (Anthony et al., 2013).

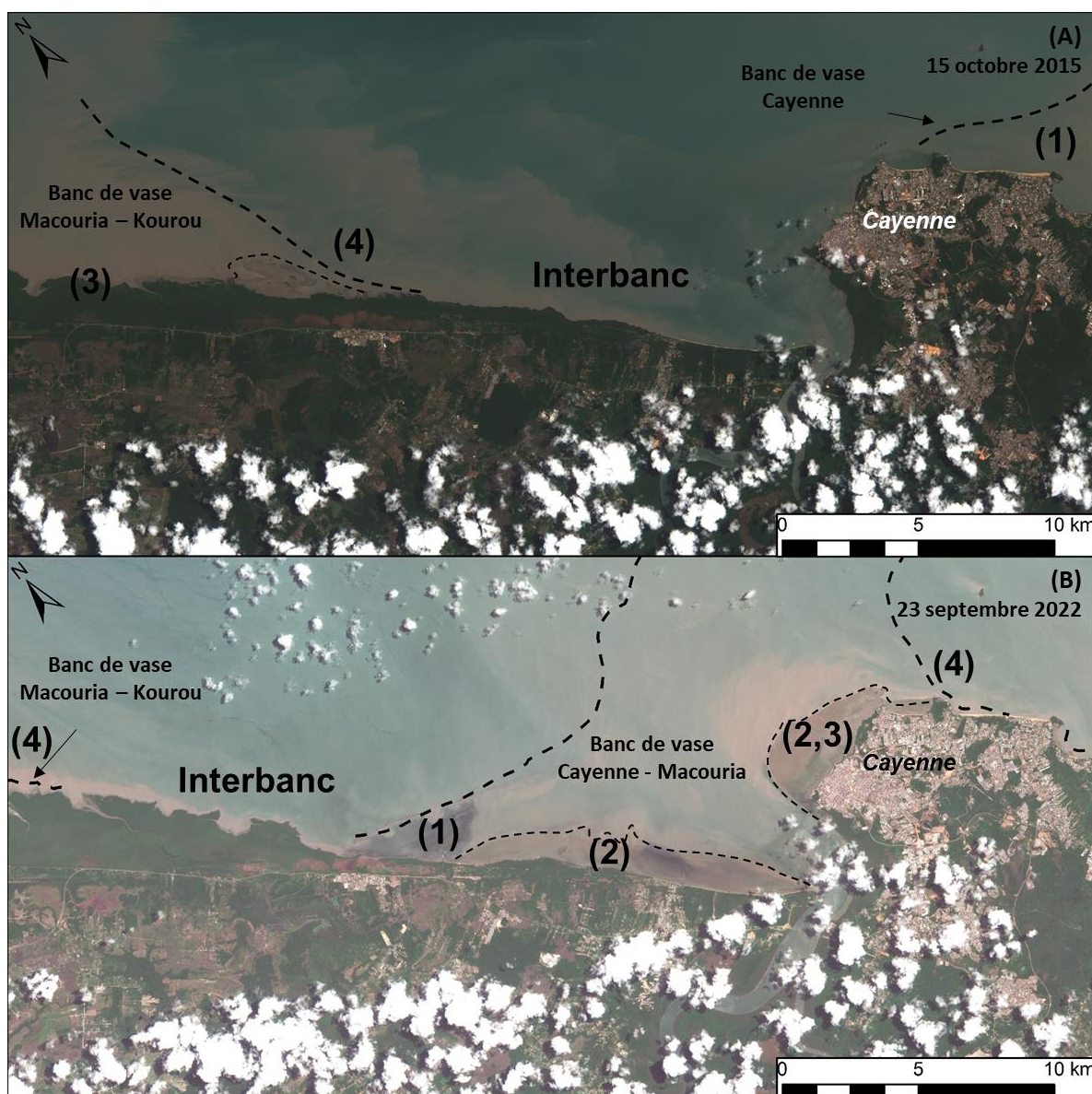


Figure 8 : Morphologie, emprise et migration des bancs de vases observées par imagerie satellite. Image Sentinel 2 de 2015 et de 2022 (A et B respectivement) avec en (1) l'avant banc subtidal, (2) les barres et vasières intertidales, (3) les vasières colonisées par la mangrove et (4) l'arrière banc en érosion. Ces images illustrent la migration de deux bancs de vases et l'extension des espaces inter-bancs dans la région de Cayenne (Adapté de (Brunier, 2023).

La dynamique des bancs est également influencée par la morphologie de la côte, son orientation et par la présence des estuaires. Ces derniers peuvent impacter le mécanisme de migration, lorsque les fleuves sont suffisamment compétents, (Peron et al., 2013) en retenant les bancs sur leur rive droite. Ce phénomène entraîne une modification parfois conséquente de leurs morphologies (Figure 9) et par la même occasion une déflexion des bancs vers le large par un effet d'épi hydraulique (Anthony et al., 2013). Le cas le plus documenté est celui du littoral d'Awala-Yalimapo avec la formation de la flèche vaseuse de la Pointe Isère, son démantèlement et la fixation récente d'un banc de vase en rive droite du fleuve Maroni ((M. Jolivet et al., 2019).

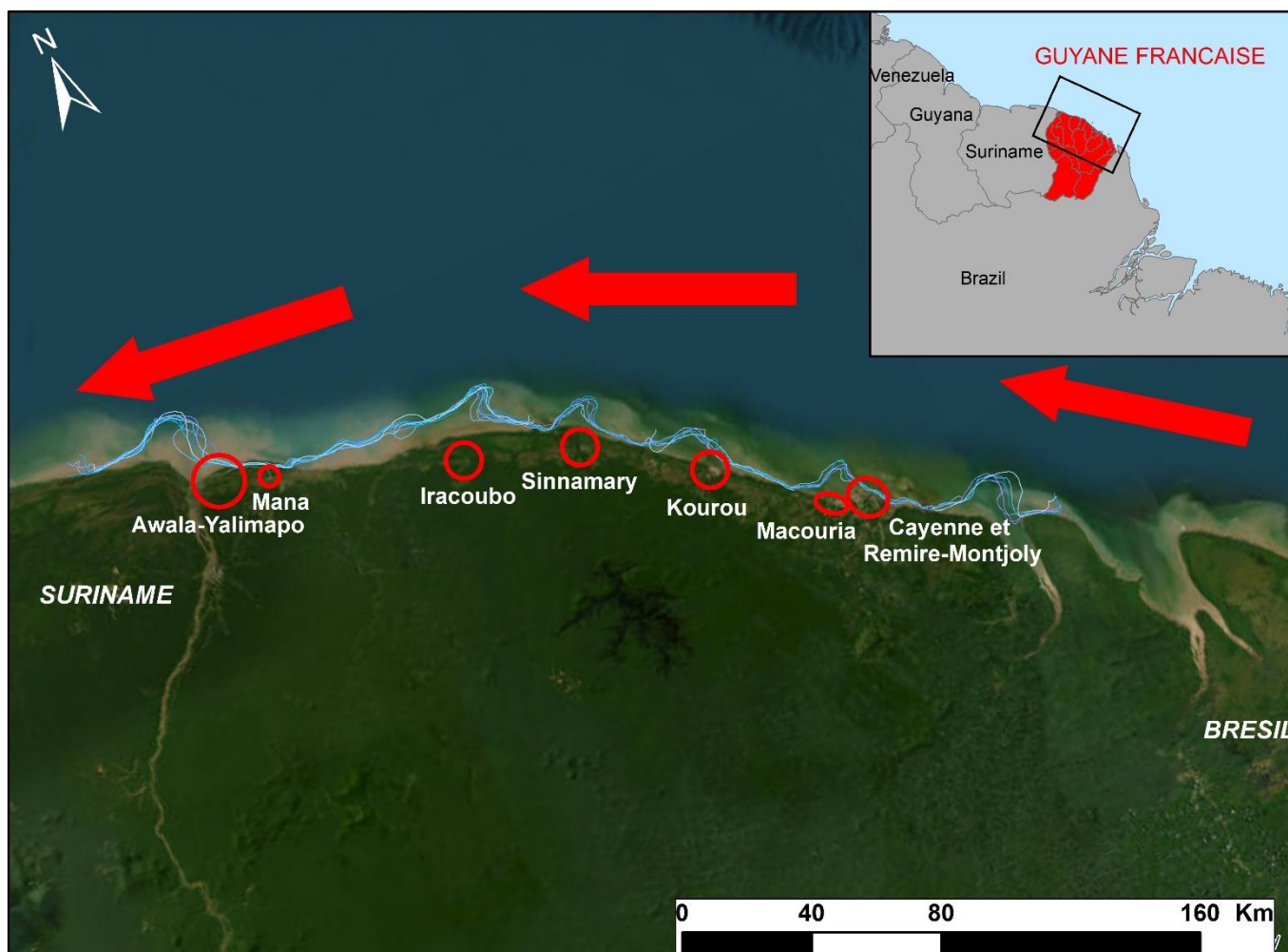


Figure 9 : Localisation et sens de migration (flèches rouges) des bancs de vase sur le littoral de Guyane de l'année 2022 (I-Sea, ODyC BRGM)

Cette dynamique des bancs de vases - actuellement 5 sur la façade maritime de la Guyane (Figure 9) - a des répercussions sur l'hydrodynamisme local, générant différentes variations de la mobilité sédimentaire en fonction du type de côte face à ces bancs.

c) Les littoraux sableux

La dynamique des bancs affecte les espaces sableux (Figure 10) à de multiples échelles. Pour rappel, la Guyane est constituée à 13 % de littoraux sableux que l'on peut décomposer en trois grandes catégories (Moisan and Prian, 2011) :

- les plages estuariennes composées de sables d'origine fluviatile et positionnées au droit des embouchures (M. Jolivet et al., 2019) (Figure 10a). La dynamique de ces corps sableux est conditionnée à l'influence des fleuves qui jouent le rôle d'épis hydrauliques et permettent notamment la formation de flèches sableuses. La cellule littorale reste sous l'influence d'un courant de dérive littorale dirigé vers l'ouest dans le cas de la côte des Guyanes hors influence d'un banc de vase. Lorsqu'un banc de vase approche cette zone côtière, il influence l'orientation des vagues à la côte mais il n'envase pas la totalité de la cellule littorale. Il reste positionné au droit de l'embouchure du fleuve sous l'influence de l'épi hydraulique de ce dernier. Les exemples les plus documentés sur la côte des Guyanes sont la plage de Awala-Yalimapo en rive droite de l'embouchure du fleuve Maroni en Guyane (Anthony et al., 2013b; M. Jolivet et al., 2019) et la plage de Braamspunt en rive droite du fleuve Suriname au Suriname (Anthony et al., 2019) ;
- les plages de cheniers résultant d'une accumulation de sable (Guyane, Suriname) ou de débris coquillés (Surinam, Guyana) en période d'inter-bancs (Anthony et al., 2019, p. 20; Prost, 1989) et reposant sur une avant-côte argileuse (Figure 10b et c). Les cheniers sur la côte des Guyanes sont catégorisés en deux types : ceux qui possèdent un stock sableux suffisamment important leur permettant de rester en place, et ceux qui migrent par débordement vers l'arrière-côte. Dans le premier cas, les cheniers montrent un profil de plage réfléchif. La composante de transfert sédimentaire via la dérive littorale est majoritaire. Ces formations peuvent venir alimenter des plages d'estuaire comme dans le cas de Braamspunt au Surinam. Dans le second cas, le chenier est débordé par les vagues à chaque marée. Il opère un retrait vers l'arrière-côte en formant des cônes de débordement. La composante de transfert sédimentaire vers l'arrière-côte est majoritaire. Ces formations apparaissent en période inter-bancs et forment des plaquages de sable contre les tombants argileux en érosion ;
- les plages de poches ou de baies, qui correspondent à un cordon sableux délimité par deux promontoires rocheux et qui souvent sont alimentées en sédiments par un fleuve côtier (Anthony and Dolique, 2004; Brunier et al., 2016; Jolivet et al., 2022; Peron et al., 2013) (Figure 10a et d). En Guyane, ces types de plages concernent celles de la presqu'île de Cayenne et de Kourou. Le profil de plage est majoritairement réfléchif. L'arrière plage, plus ou moins étendue, peut être colonisée par des formations végétales basses comme des *ipomées* lorsque la morphologie de plage est stable sur une période de plusieurs mois. La dynamique de ces plages est majoritairement décrite comme dépendante de la dérive littorale et des échanges de sédiments le long de la plage (Anthony and Dolique, 2004; Brunier et al., 2016). L'influence et l'intensité des échanges sédimentaires sableux entre la plage et l'avant-côte au large ne sont pas, à ce jour, décrits dans la littérature scientifique. Ces plages suivent un modèle de rotation du stock sédimentaire dit « forcé par les bancs de vases » (Anthony and Dolique, 2004) (Figure 10) qui se décompose en quatre phases : la phase inter-bancs où la dérive littorale guide les échanges de sable principalement vers l'ouest ; la phase de transition vers l'envasement dite « banc » où l'approche d'un banc de vase inverse la dérive littorale vers l'est par réfraction des vagues ; la phase de « banc » où le banc de vase dissipe l'énergie des vagues et où la morphologie de la plage évolue peu ; la phase de transition vers l'inter-bancs où le banc de vase est graduellement érodé et la dérive littorale vers l'ouest reprend.

Les plages en Guyane présentent de manière générale une avant-côte peu profonde, avec une pente faible et régulière sur plusieurs kilomètres vers le large. La nature des fonds est

principalement argileuse. Les échanges sédimentaires sableux sont majoritairement décrits comme dépendant de la composante de la dérive littorale et les échanges avec les potentiels stock sableux à l'avant-côte ou au large sont peu étudiés.

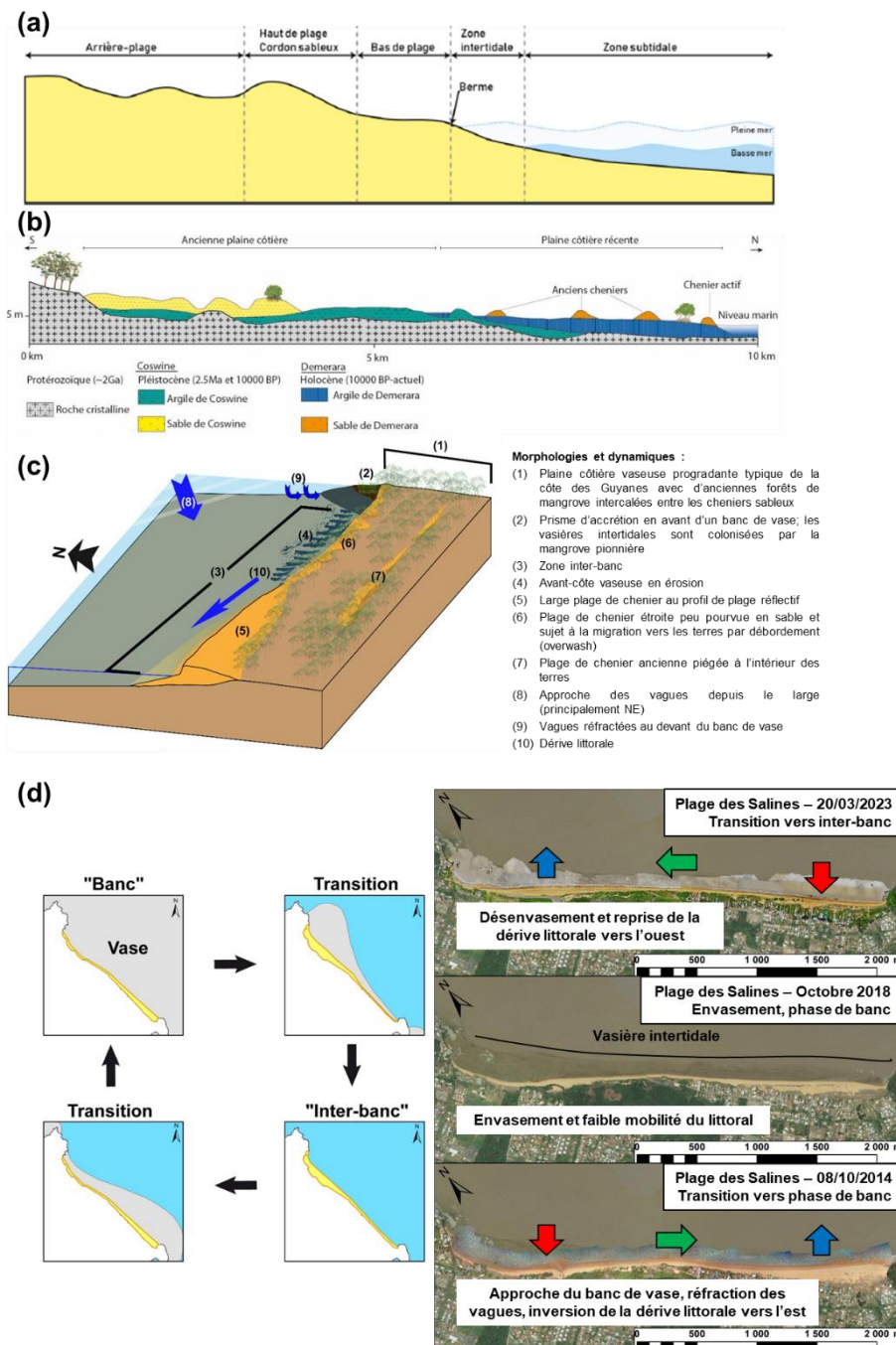


Figure 10 : Coupes et modèles de fonctionnement schématisés des principales formations sableuses en Guyane. (a) Coupe schématisique d'une côte sableuse type plage de poche ou d'estuaire en Guyane ((Lanson et al., 2020). (b) Structure typique de la plaine côtière en Guyane incluant les successions de cheniers sableux sur la plaine côtière récente (adapté de Prost 1989 et de Brunier et al. 2019). (c) Modèle conceptuel des types de plages de chenier et des conditions hydro-morpho-sédimentaires rencontrés sur la côte des Guyanes : exemple de la plage de Braamspunt, Surinam (adapté de (Anthony et al., 2019). (d) Principe de la rotation des plages poches et de baies forcée par le passage d'un banc de vase avec l'exemple de la plage des Salines sur les communes de Cayenne et de Rémire-Montjoly (Adapté de Anthony and Dolique (2004), Brunier et al. (2016) et Nebel and Brunier (2023)).

2.2. HISTORIQUE DU TRAIT DE CÔTE EN GUYANE FRANCAISE

Cette seconde partie a pour but de présenter l'état des connaissances sur l'évolution de la position du trait de côte à l'échelle régionale, à travers une présentation des travaux effectués et des marqueurs employés pour cette observation.

2.2.1. Définition du trait de côte

La définition du trait de côte est très variable selon les usages. Son objectif premier est de pouvoir délimiter l'interface terre/mer afin de caractériser l'évolution d'un linéaire côtier. Cela implique une première définition de l'environnement et des objectifs que l'on recherche. Cependant, il est primordial d'établir des marqueurs communs tant aux échelles locales que régionales. Différentes synthèses ont pu être réalisées (Boak and Turner, 2005; Dolan et al., 1980; Mallet et al., 2012; Robin, 2002) présentant quatre catégories de marqueurs; géomorphologiques, botaniques, hydrodynamiques ou altimétriques (Figure 11).

Milieu	Indicateurs de trait de côte fréquemment utilisés	Classe/type
Tous types de plages et dunes (côte sableuse, galets, plage corallienne...)	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
	limite sable mouillé/sec	hydrodynamique
	limite de jet-de-rive	hydrodynamique (instantané ou non)
	ligne d'eau instantanée	hydrodynamique (instantané)
	première barre d'avant-côte	géomorphologique
	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
Côte à falaise rocheuse	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
	laisse de mer	hydrodynamique
	limite sable mouillé/sec	hydrodynamique
	encoche basale	géomorphologique
	pied de falaise	géomorphologique
	sommet de falaise	géomorphologique
	rupture de pente topographique	géomorphologique
	limite supérieure du cône d'éboulis	géomorphologique
	limite inférieure de végétation terrestre	botanique
	partie supérieure de la ceinture grise à cyanobactéries	botanique
	limite supérieure du lichen marin noir	botanique
Marais maritime	laisse de mer	hydrodynamique
	ligne de débris (trace de tempête passée)	hydrodynamique
	limite supérieure du schorre	géomorphologique et botanique
	limite supérieure de la slikke	géomorphologique et botanique
Marais à mangrove	limite de front de mangrove	géomorphologique et botanique
	limite d'arrière-mangrove	géomorphologique et botanique
Côte artificialisée (ouvrages en l'absence de plages)	limite côté mer de l'aménagement	géomorphologique
	limite côté terre de l'aménagement	géomorphologique
	sommet des ouvrages	géomorphologique

Figure 11 : Principaux indicateurs de trait de côte recommandés suivant leur milieu (repris de Mallet et al. 2012)

L'utilisation de ces marqueurs est donc plus ou moins possible en fonction de la configuration de la côte, du marnage et de la nécessité d'observer des phénomènes ponctuels tels que des événements extrêmes ou au contraire, d'établir une observation sur des échelles temporelles pluriannuelles (décennales, pluri-décennales).

Le littoral guyanais est découpé en trois grandes catégories : 86 % de côte vaseuse colonisée par de la mangrove, 13 % de cordon sableux et enfin 1 % de côtes rocheuses, limitées aux promontoires rocheux de Cayenne, de la pointe des roches à Kourou et de la Montagne d'Argent dans l'estuaire de l'Oyapock (Moisan and Prian, 2011). Une telle configuration côtière opère une première restriction des possibilités de marqueurs (Tableau 1). La volonté d'harmoniser l'emploi des marqueurs ajoute une nouvelle contrainte temporelle et spatiale : une limite d'humectation, c'est-à-dire la limite entre le sable mouillé et le sable sec, est très efficace pour un suivi à l'échelle locale et régulière dans le temps (Boak and Turner, 2005) mais reste peu applicable à une échelle spatiale et temporelle plus étendue et à une côte majoritairement vaseuse colonisée par la mangrove.

Tableau 1 : Indicateurs de suivi du trait de côte adaptés au contexte guyanais (repris de Moisan et Prian 2011)

Milieu	Indicateurs	Type
Plage	Ligne de débris (noix de coco, branche). Caractérise la limite de submersion lors des événements de forte houle.	Hydrodynamique
	Limite de végétation pionnière (haut de plage colonisé par des espèces de la famille des Ipomées ³)	Botanique
Vase colonisée par la Mangrove	Limite du front de Mangrove	Botanique et géomorphologique
	Limite du premier chenier. Les cheniers sont des cordons sableux qui caractérisent la limite d'érosion maximale au cours d'une période "inter-bancs" précédant une période d'envasement.	Géomorphologique
	Limite inférieure de la slikke⁴ (ou vasière intertidale). Cette limite permet d'identifier la présence d'un banc de vase.	Géomorphologique
Côte rocheuse	Rupture de pente	Géomorphologique
	Pied de falaise	Géomorphologique
	Limite supérieure des éboulis	Géomorphologique
Côte artificialisée	Limite côté mer de l'aménagement	Géomorphologique

³ Espèce halophile couvre-sol permettant la stabilisation du terrain, y compris pour la végétation des plages.

⁴ Partie inférieure de l'estran la plus fréquemment inondée par les marées hautes. Elle forme généralement une vasière. Sa limite inférieure sépare le domaine intertidal du domaine subtidal (niveaux situés sous les plus basses mers).

Conformément aux contraintes énoncées précédemment et à la configuration actuelle du littoral guyanais, la limite de végétation reste le marqueur commun le plus adapté à la réalisation d'une étude visant à caractériser une tendance annuelle de l'évolution du trait de côte sur les côtes de type « plage » et « mangrove ». Cependant, ce marqueur peut admettre certaines limites dans la retranscription réelle d'un recul ou d'une avancée ; altération par l'action de l'homme (renforcement ou piétinement) ou encore stabilité climatique ou écologique (Robin, 2002). Cette inertie peut être particulièrement importante lors des phases de colonisation des bancs néoformés par la mangrove principalement composée de palétuviers (Proisy et al., 2009). Ce même principe est applicable pour la végétation pionnière des cordons sableux.

2.2.2. Etudes sur le trait de côte en Guyane

La cartographie du trait de côte a fait l'objet de diverses études plus ou moins récentes présentant des emprises allant d'un cantonnement local de la plage jusqu'à la couverture totale du département.

a) Sources de données à l'échelle du territoire Guyanais

Les premières traces de cartographie du littoral datent du XVII^e et XVIII^e siècles (cartes de Leblond, Cadastre de 1850 ou cartes d'État-major). Ces indications donnent une première vision qualitative des évolutions sans offrir la possibilité de les quantifier précisément. La première étude à l'échelle régionale fut produite en 1997 (Allard et al., 1997) avec un objectif de cartographier l'évolution du littoral sur les années 1950, 1976, 1987 et 1994 à partir de campagnes photographiques réalisées par le BRGM et l'IGN. Ces différents résultats ont cependant présenté d'importantes imprécisions liées au support d'interprétation. La saisie des traits de côte fut réalisée à partir de la limite de végétation principalement pour les côtes à mangrove et les côtes sableuses, puis, marginalement, de la limite du pied de falaise pour les côtes rocheuses.

La dernière étude à l'échelle régionale fut réalisée par Moisan et De la Torre en 2014 exploitant une combinaison d'orthophotographies produites par l'IGN ainsi que des images satellites Landsat. La digitalisation du trait de côte a été effectuée sur les années 1950, 1988, 1997, 2006 et 2013 apportant par la même occasion les premiers calculs de taux d'évolution à grande échelle. Les résultats illustrent la grande variabilité du littoral avec une succession de zones d'avancées franches pouvant atteindre 200 m/an au niveau de Sinnamary et des zones de recul important sur le secteur de Mana pouvant atteindre 60 m/an. Cependant, certaines zones comme la bande séparant Kourou et Mana présentent des variations irrégulières (Figure 12).

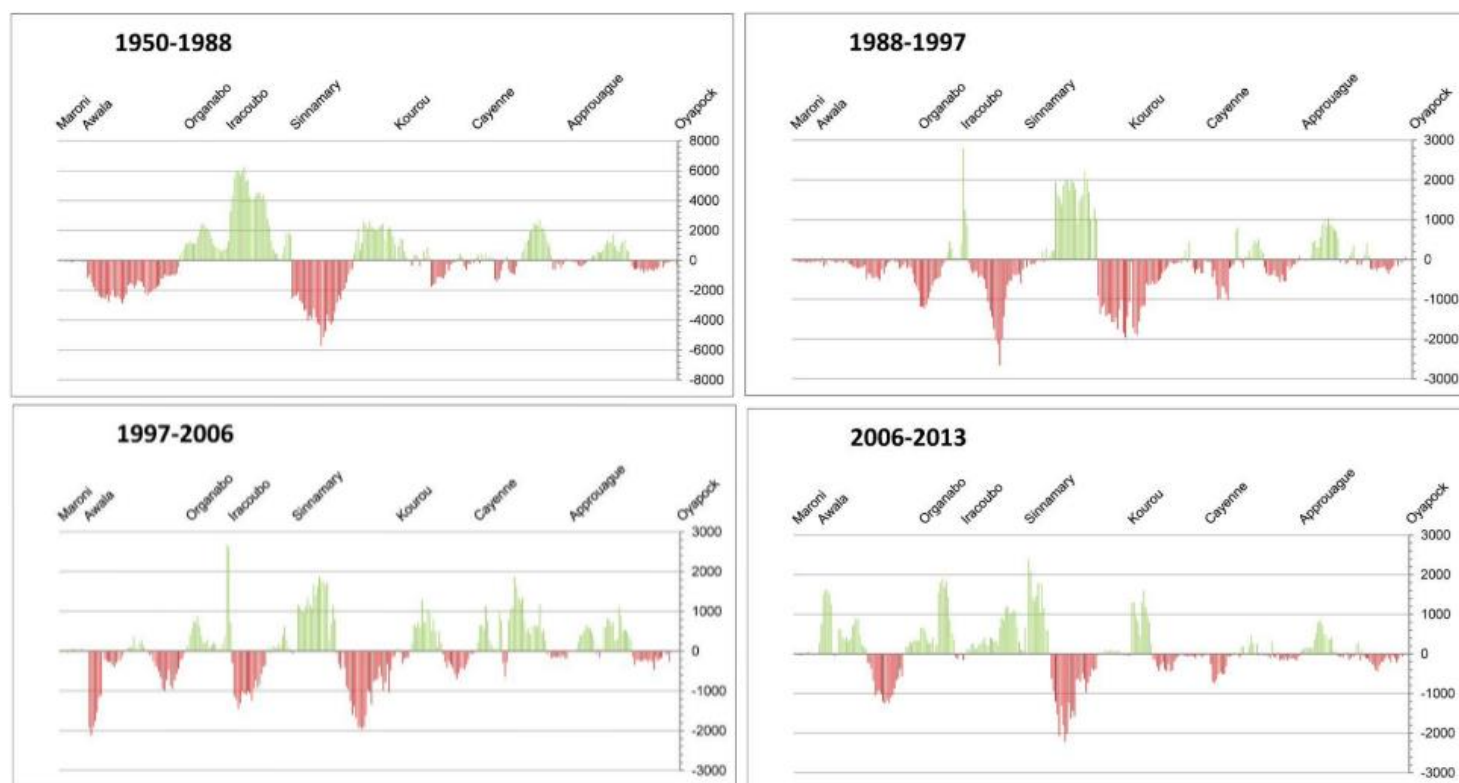


Figure 12 : Amplitude de variation du trait de côte en mètres sur le littoral de la Guyane par périodes étudiées (Moisan and De la Torre, 2014)

b) Sources de données à l'échelle locale

En complément aux études régionales, de nombreux travaux pouvant couvrir des échelles de temps variées ont également été réalisés plus localement sur certains secteurs du littoral Guyanais. Ainsi, l'acquisition de la position du trait de côte est pour la plupart de ces études une démarche unique, impliquant la définition d'un indicateur du trait de côte spécifique, ce qui est le cas pour les études menées par Gensac 2012 se focalisant sur la délimitation des fronts de mangrove entre 2001 et 2011 ou encore plus récemment les travaux de Morgane Jolivet, Gardel, et Anthony 2019 portant sur les secteurs de Kourou et d'Awala-Yalimapo. Certaines des conclusions pouvant en émaner ont été présentées en première partie du contexte de cette étude et seront discutées dans la suite de ce rapport. La Guyane comprend également depuis 2014 un observatoire de la dynamique côtière qui a pour objectif de pérenniser le suivi du littoral à l'échelle locale. L'observatoire concentre ses activités sur quatre zones géographiques en suivant une méthodologie commune :

- la Plage de Yalimapo de Awala-Yalimapo
- les plages du CSG, de la Cocoteraie, Pim-Pum et de l'hôtel des roches à Kourou
- la plage de Sablance à Macouria
- les plages de Cayenne et Rémire-Montjoly

Ces différents sites sont suivis par un levé annuel du trait de côte par DGPS (« Differential Global Positioning System ») et des mesures topo-bathymétriques réalisées le long de certains profils de plage. Ces données représentent une importante source d'information sur la dynamique locale pouvant contraindre les tendances observées à grande échelle grâce à leur configuration par rapport aux bancs de vases durant les dernières années (Lanson and Longueville, 2022; Nebel and Brunier, 2023) :

- Petites anses de Cayenne : poursuite de l'envasement de 2016 à 2023 ;
- Anses de Montabo, Montjoly et Rémire : désenvasement et migration du stock sédimentaire vers l'ouest via un phénomène de rotation de plages depuis 2022 à 2023 ;
- Sablance (Macouria) : secteur envasé depuis 2016 jusqu'à 2023 ;
- Plages de Kourou : poursuite de l'envasement depuis 2018-2019 à 2023;
- Plage de Yalimapo : désenvasement partiel du secteur est de la plage depuis 2022.

Le travail présenté dans ce rapport s'inscrit dans la continuité des études réalisées par Allard, Degay, et Joseph 1997 et Moisan et De la Torre 2014. L'accès à de nouvelles sources de données permet d'apporter une vision plus précise sur les tendances et évolutions qui ont pu être observées par le passé, mais également de garantir une certaine qualité de production de données sur la dernière période encore peu renseignée à grande échelle, allant de 2013 à 2021.

3. Matériel et méthodes

La méthodologie employée dans ce travail (Figure 13) est axée sur l'exploitation d'images satellitaires et d'orthophotographies (images aériennes de la surface terrestre rectifiées géométriquement). La première étape fut de lister les différentes sources de données existantes et de contrôler leurs qualités. La seconde étape consiste en l'extraction manuelle du trait de côte (limite de végétation) sous le système d'information géographique (SIG) QGIS. Les résultats de cette digitalisation alimenteront finalement l'outil DSAS ("Digital Shoreline Analysis System ") par le SIG ArcMap. Cet outil nous permet de produire différentes statistiques qui serviront à la caractérisation des évolutions des marqueurs retenus.

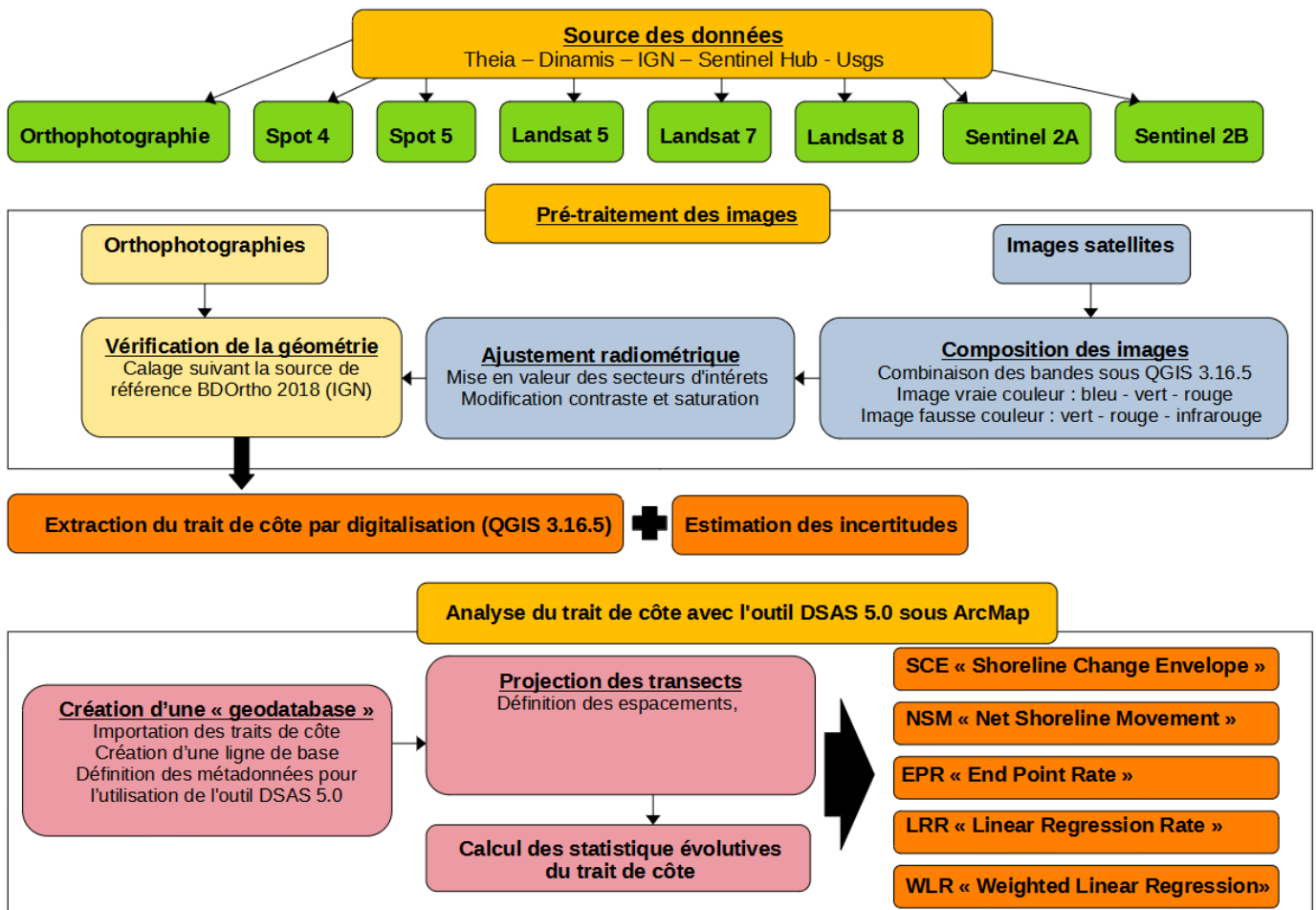


Figure 13 : Organisation de la chaîne de travail

3.1. DIGITALISATION DES OBJETS

La première partie de ce travail consiste en la digitalisation des différentes informations recherchées : la limite de végétation définie précédemment comme étant le marqueur du trait de côte de cette étude, l'arrière des bancs de vase ainsi que la limite d'arrière mangrove. Un important inventaire a été effectué afin de définir au mieux les sources de données disponibles adaptées à notre besoin. Les données ont ensuite été contrôlées et retravaillées pour permettre une digitalisation cohérente et adaptée à l'échelle de la Guyane, pour une temporalité comprise entre 1950 et 2022. Cette méthode comprend des limites qui seront présentées dans une sous-partie, accompagnée des incertitudes liées au produit de la digitalisation.

3.1.1. Données utilisées

Les données retenues sont différenciables en 2 grandes catégories : les images de type orthophotographies provenant principalement des bases de données IGN, ainsi que les images satellites provenant de missions multiples. Le *Tableau 2* présente les données retenues par année avec leurs principales caractéristiques.

Tableau 2 : Résumé des données retenues pour la digitalisation

Année	Technique / capteur	Résolution (m)	Source
2021	Sentinel-2	10	Sentinel-hub
2020	Sentinel-2	10	Sentinel-hub
2019	Sentinel-2	10	Sentinel-hub
2018	Orthophotographie	0,5	Remonterletemps.ign
	Sentinel 2	10	Sentinel-hub
2017	Sentinel-2	10	Theia-land
2016	Sentinel-2	10	Theia-land
2015	Sentinel-2	10	Theia-land
	Landsat 8	30	Earthexplorer.usgs
2014	Landsat 8	30	Earthexplorer.usgs
2013	Landsat 8	30	Earthexplorer.usgs
2011	Landsat 8	30	Earthexplorer.usgs
	Spot 5	10	Dinamis.data-terra
2008	Spot 5	10	Dinamis.data-terra
2005	Spot 5	10	Dinamis.data-terra
	Orthophotographie	0,5	Remonterletemps.ign
2004	Spot 4	20	Dinamis.data-terra
2002	Spot 4	20	Dinamis.data-terra
2001	Spot 4	20	Dinamis.data-terra

	Orthophotographie	0,5	Remonterletemps.ign
1997	Landsat 5 TM	30	Earthexplorer.usgs
1988	Landsat 5 TM	30	Earthexplorer.usgs
1950	Orthophotographie	0,5	Remonterletemps.ign

Les données les plus résolues sont les orthophotographies avec une précision inférieure au mètre qui permet une étude très détaillée des phénomènes. Cependant, il s'agit de levés réalisés pour des approches locales qui couvrent rarement l'ensemble du littoral. Les données d'orthophotographies retenues seront les mosaïques réalisées en 1950, 2001, 2005 et 2018. Ces mosaïques couvrent généralement l'ensemble du littoral guyanais, mais peuvent être incomplètes sur certaines zones, elles sont alors complétées par des images satellites, ce qui est observable pour l'année 2018 (Figure 14).

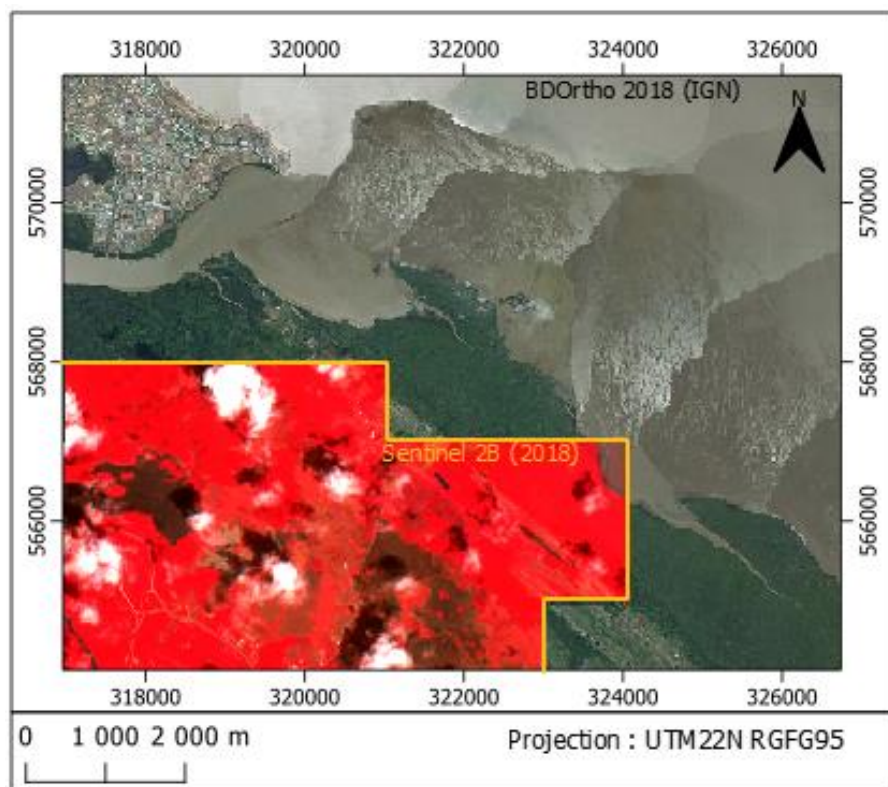


Figure 14 : Recouvrement multi-sources aux abords de Kourou (BD Ortho 2018 IGN et image Sentinel 2B 2018)

3.1.2. Mise en forme des images

L'ensemble du jeu de données présente des caractéristiques très diverses qui nécessitent un prétraitement avant exploitation. Pour cela, un environnement de travail a été défini sous QGIS en appliquant un système de coordonnées de référence propre à la Guyane : le RGFG95 / UTM zone 22N avec comme ellipsoïde le GRS80.

Chaque image est en premier lieu vérifiée géographiquement (contrôle des amers) suivant notre image de référence (la BD Ortho 2018 de l'IGN). De manière générale, les données collectées ayant déjà subi un traitement important ne présentent pas d'écarts significatifs avec notre mosaïque de référence.

Les images provenant des campagne satellites permettent de développer des images dites « true color » par combinaison des bandes verte bleu et rouge, et des images dite « false color » par combinaison des bandes verte rouge et infrarouge. Ces deux types d'images ont chacun leurs avantages selon l'objectif visé. L'interprétation de la position du trait de côte est plus adaptée sur les images « false color », car elle fait ressortir la limite de végétation.

L'aspect visuel des images combinées suivant nos bandes est également modifié. Toujours dans un souci de faciliter la photo-interprétation, le contraste et la luminosité ont été modifiés sur une grande majorité des images, ce qui peut mener dans certains cas à des modifications de perception. Dans un souci de représenter au mieux la réalité du terrain, plusieurs tests ont été réalisés par inter comparaison entre les images satellites et les orthophotographies pour trouver les paramètres optimaux (Figure 15).

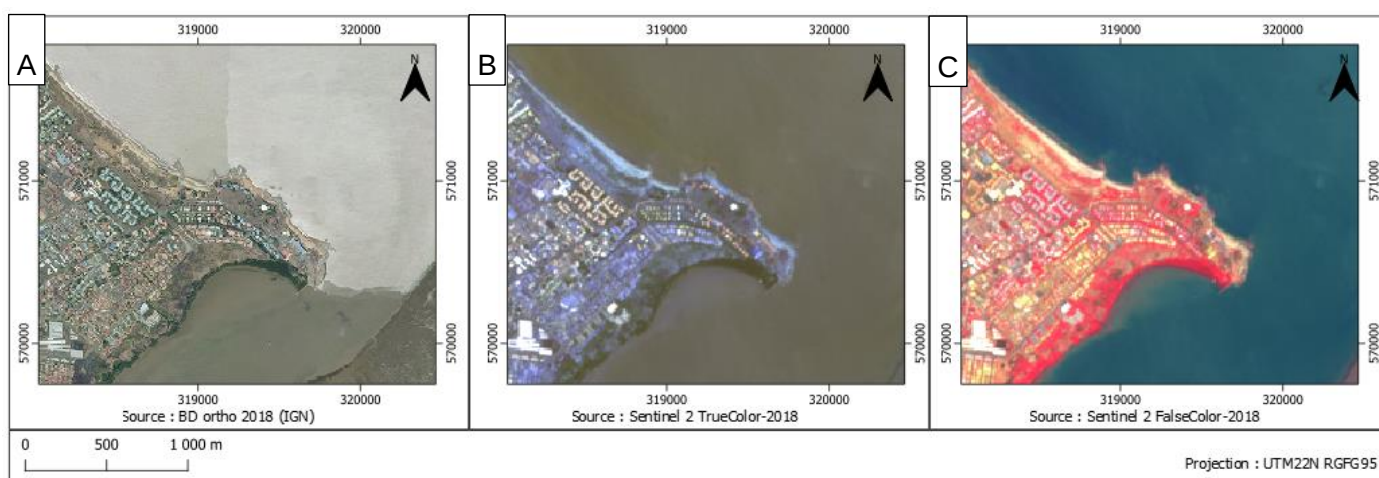


Figure 15 : Comparatif d'une orthophotographie (A) et d'une image satellite « true-color » (B) et « false-color » (C)

3.1.3. Processus de digitalisation

Dans notre objectif d'étude à l'échelle régionale, le choix a été fait d'effectuer une seule digitalisation par année entre les mois d'août et novembre. La couverture nuageuse est également venue appuyer ce choix du fait de la saisonnalité en Guyane qui impacte sévèrement l'exploitabilité des images satellites sur la période de la saison des pluies. Malgré ce choix visant à préparer au mieux le travail de digitalisation, la couverture nuageuse est rarement nulle et peut mener à une impossibilité de pointer l'objet voulu. Par conséquent, certains secteurs sont le résultat du pointage de deux images pouvant être espacées d'un mois (Figure 16) suivant la fréquence d'acquisition des différents satellites et des images disponibles. L'ensemble du détail des images utilisées ainsi que leur référence est consultable en Annexe 1.

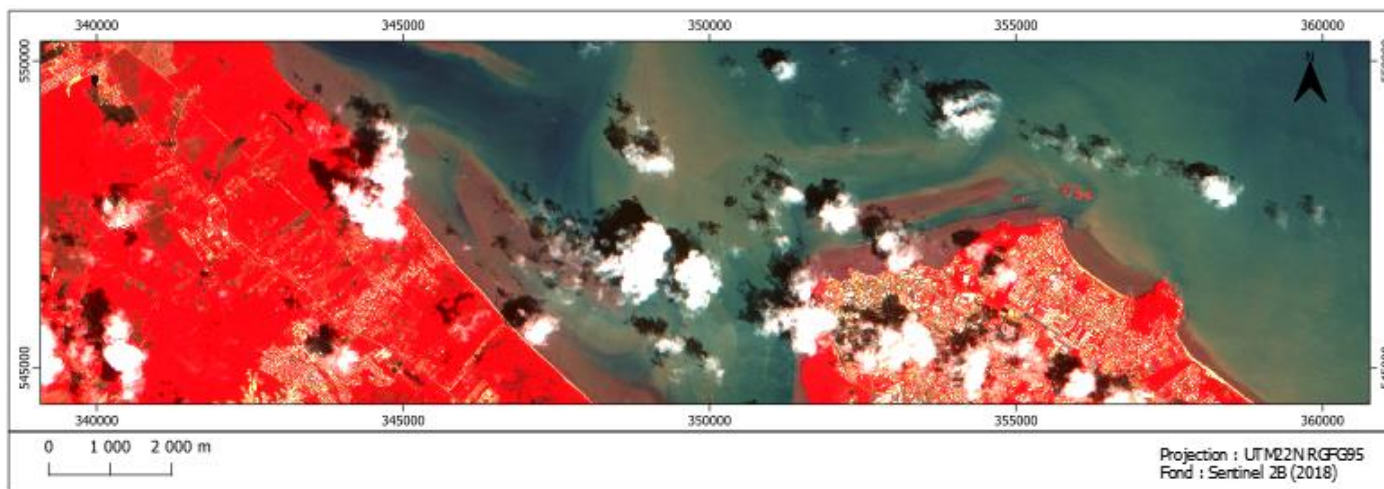


Figure 16 : Image satellite Sentinel 2 du secteur de Cayenne – Macouria affichée en fausse couleur présentant une couverture nuageuse partiel : la nébulosité et l'ombre projetée des nuages masquent ponctuellement le tracé de la côte (Cayenne, 19 septembre 2017, Sentinel-2).

Les premières digitalisations du trait de côte ont été réalisées en inter-comparaison avec l'ensemble des données disponibles. Cette première observation a permis d'identifier visuellement les caractéristiques morphologiques présentes sur le littoral guyanais afin de faciliter leur photo-interprétation suivant le support utilisé. Pour rappel, l'indicateur du trait de côte le plus adapté au contexte guyanais est la limite de végétation. Si cet indicateur est facilement identifiable sur les orthophotographies, les images satellites de résolution moindre (10 à 30 mètres) impliquent un pointage se basant sur des critères moins objectifs, dont la question principale concerne la sélection de la couleur du pixel matérialisant une limite de végétation morphologique réaliste (problématique de la mixité spectrale du signal intra pixel sur une image). Ce même processus de réflexion est appliqué au cadre de la délimitation d'arrière-mangrove, que l'on associe dans ce travail aux plus anciens reliquats de cheniers visibles. Le pointage de cet indicateur sera effectué principalement sur les orthophotographies du fait de sa capacité à retransmettre plus fidèlement les variations de végétation au sein de la mangrove et donc la fiabilité des résultats (voir partie 2.2.1. Définition du trait de côte).

Après avoir défini les différents paramètres pouvant perturber la digitalisation, une méthode sera élaborée et appliquée sur l'ensemble du jeu de données. Les produits de la digitalisation seront des fichiers de formes au format « shapefile » avec les métadonnées associées (date, source, incertitude).

3.1.4. Limite de la méthode et incertitude

Certaines zones nécessitent une approche plus spécifique pour définir la position du trait de côte : les secteurs anthropiques et les côtes rocheuses. Ainsi, le choix a été fait de représenter le plus fidèlement possible le contour extérieur des zones anthropiques et rocheuses en s'appuyant sur les observations effectuées sur le terrain. En effet, l'objectif est de pointer une limite de végétation qui soit la plus réaliste possible.

Les secteurs de mangrove sont également sensibles aux erreurs d'interprétation. La présence de limite de mangrove franche est également accompagnée de secteurs en plein processus de colonisation. Le choix a été fait de conserver au maximum les limites extérieures en cas de colonisation non-complète, en cohérence avec les observations de terrain et l'ensemble du jeu de données disponible. Ces secteurs restent cependant discutables du fait de l'importante incertitude pouvant en découler, en fonction de la précision de l'opérateur et des clés de détermination utilisées (Figure 17).

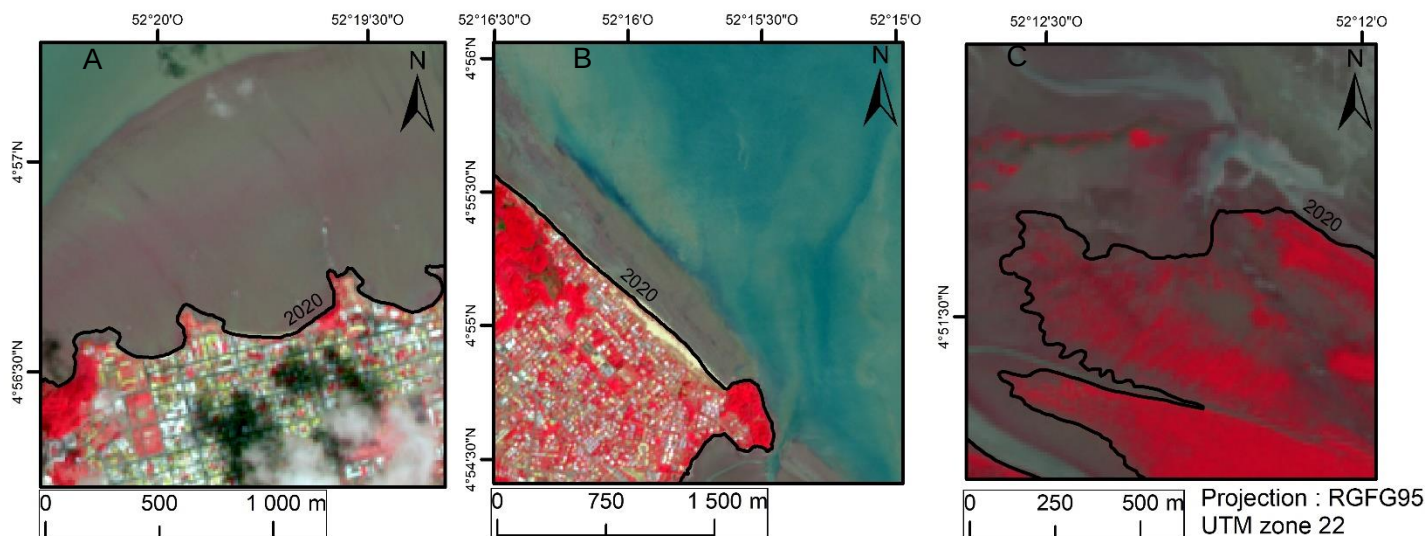


Figure 17 : Situations particulières pour la digitalisation d'une côte anthropisée (A), d'une plage de poche avec pointe rocheuse (B) de la colonisation par la mangrove (C).

Les incertitudes identifiées (Juigner et al., 2012) ont été regroupées en trois grandes catégories (Tableau 3) :

- l'erreur pixel (correspond à la résolution de l'image) ;
- l'erreur de géoréférencement (déterminée lors des premières phases de contrôle des données à travers une moyenne des erreurs de la collecte des amers) ;
- l'erreur d'interprétation (détaillée ci-dessous).

L'erreur pixel est liée à la résolution de l'image et au nombre d'éléments contenus dans un pixel. Plus ce dernier a une résolution grossière, plus cette erreur est importante : dans le cas des images Sentinel 2, la limite du trait de côte choisie se situe à l'intérieur d'un pixel de 10x10 m soit à l'intérieur d'une surface de 100 m². L'erreur pixel de positionnement du trait de côte se situe à plus ou moins la résolution du pixel en mètres.

L'erreur de géoréférencement s'intéresse à la géométrie du positionnement de l'image dans le système de coordonnées de référence (SCR) où elle est projetée. Cette erreur est courante et doit être rectifiée avant la digitalisation du trait de côte. Les images satellite ou aériennes sont généralement orthorectifiées sur des modèles numériques de terrain (MNT). La précision de l'orthorectification peut être différente d'une image à une autre selon le type de capteurs satellites ou aériens, les MNT utilisés et les méthodes d'orthorectification. L'hétérogénéité des facteurs d'imprécision du positionnement des images implique de réaliser un contrôle et un géoréférencement de ces dernières sur la base de points d'amers. Les images sont translatées, voir déformées, pour faire correspondre les points d'amers projetés sur l'image avec leurs coordonnées d'origine. L'écart entre les points d'amers projetés sur les images et leurs coordonnées initiales après translation/déformation de l'image constitue l'erreur de géoréférencement.

L'erreur d'interprétation traduit la capacité du pointeur à cibler correctement les différents indicateurs. Cette erreur est donc fortement liée à la nature de l'objet et à sa capacité à être retranscrite par différentes échelles de pixels, ainsi que la capacité de l'opérateur à établir une interpolation cohérente entre les pixels. Son estimation est de 2,5 fois la taille du pixel de l'image

utilisé, estimation basée sur un écart type obtenu suite à une série de digitalisation entre différentes sources de données.

L'erreur de position globale pour un trait de côte est calculée en prenant la racine carrée de la somme des carrés de chaque erreur. Les nouveaux traits de côtes digitalisés dans ce travail sont également complétés par les traits de côtes de 1988, 1997 et 2006 produits par Moisan et al., (2014) à partir d'images Landsat.

Les erreurs sont ensuite annualisées en calculant la racine carrée de la somme des carrés de l'erreur globale de chaque date, divisée par le temps passé entre chaque date (Tableau 4). Ce mode de calcul de l'erreur est intégré dans l'outil DSAS (Himmelstoss et al., 2021; Oyedotun, 2014). Le bilan des erreurs indique des marges d'erreur de plusieurs mètres compatibles avec nos critères régionaux, d'autant plus que la Guyane enregistre des taux d'évolution de plusieurs dizaines de mètres par an.

Tableau 3 : Bilan des erreurs liées au produit de la digitalisation

Année / capteur	Résolution de l'image (m)	Erreur de géoréférencement (m)	Erreur d'interprétation (m)	Erreur de position globale du trait de côte (± m)
2021 / Sentinel 2	10	12	25	29
2020 / Sentinel 2	10	13	25	29
2019 / Sentinel 2	10	13	25	29
2018 / Sentinel 2	10	13	25	29
2018 / Orthophoto	0,5	-	1,25	1,3
2017 / Sentinel 2	10	12	25	29
2016 / Sentinel 2	10	13	25	29
2015 / Sentinel 2	10	12	25	29
2015 / Landsat 8	30	36	75	88
2014 / Landsat 8	30	36	75	88
2013 / Landsat 8	30	38	75	89
2011 / Landsat 8	30	36	75	88
2011 / SPOT 5	10	11	25	29
2008 / SPOT 5	10	11	25	29
2005 / SPOT 5	10	11	25	29
2005 / Orthophoto	0,5	0,7	2,5	1,5
2004 / SPOT 4	20	12	50	59
2002 / SPOT 4	20	18	50	59
2001 / SPOT 4	20	10	50	58
2001 / Orthophoto	0,5	3,2	1,25	1,5
1997 / Landsat 5	30	30	75	86
1988 / Landsat 5	30	30	75	86
1950 / Orthophoto	0,5	6,2	1,25	3,4

Tableau 4 : Bilan des erreurs par périodes

Période	Erreur annualisée EPR moyenne ($\pm$ m/an)
2020 – 2021	21
2019 – 2020	21,1
2018 – 2019	21,1
2017 – 2018	21
2016 – 2017	21
2015 – 2016	21
2014 – 2015	62,5
2013 – 2014	62,8
2011 – 2013	20,9
2008 – 2011	29
2005 – 2008	4,1
2004 – 2005	31,1
2002 – 2004	19,8
2001 – 2002	39,4
1997 – 2001	13
1988 – 1997	7
1950 – 1988	1,2

3.2. TRAITEMENT SOUS DSAS

Le produit de la digitalisation reste une donnée brute. L'outil DSAS développé par « l'U.S. Geological Survey » (Himmelstoss et al., 2021) nous permet de réaliser une analyse diachronique de la position du trait de côte via la production de statistiques sur les taux d'évolution ou encore les distances de variation absolue. Une fois le protocole mis en place, DSAS peut être utilisé sur différentes échelles de temps et d'espace suivant le type de recherche.

3.2.1. Principes et mise en place

DSAS v5.1 est une extension supportée sur le progiciel SIG ArcGIS (Himmelstoss et al., 2021). Son fonctionnement repose sur l'interaction entre une ligne de base « baseline » représentant le point de départ de notre calcul et un groupe de traits de côte « shoreline ». En s'appuyant sur des données apportées par l'utilisateur, l'algorithme élabore des transects qui serviront au calcul de statistiques variés (Section 3.2.2).

Pour rappel, notre objectif d'étude est l'ensemble du littoral de Guyane. La zone d'étude a donc été découpée en différentes zones d'intérêt morphologique (Figure 18) et les lignes de bases adaptées aux spécificités de ces morphologies.

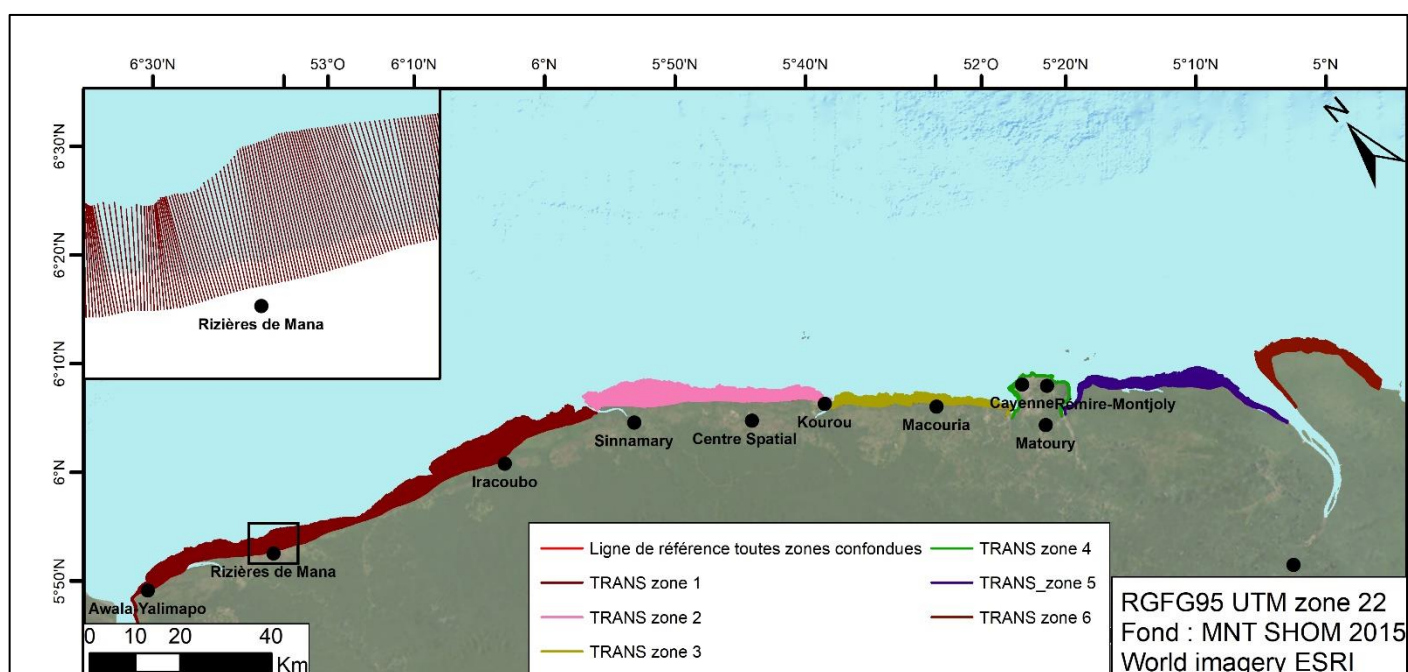


Figure 18 : Zonation des différents secteurs et zoom sur les transects au niveau des Rizières de Mana

Les statistiques sont calculés sur chaque transect, c'est-à-dire tous les 100 mètres de linéaire côtier (Figure 18, Figure 19). Cette espacement permet d'analyser les variations fines du trait de côte à l'échelle du littoral Guyanais.

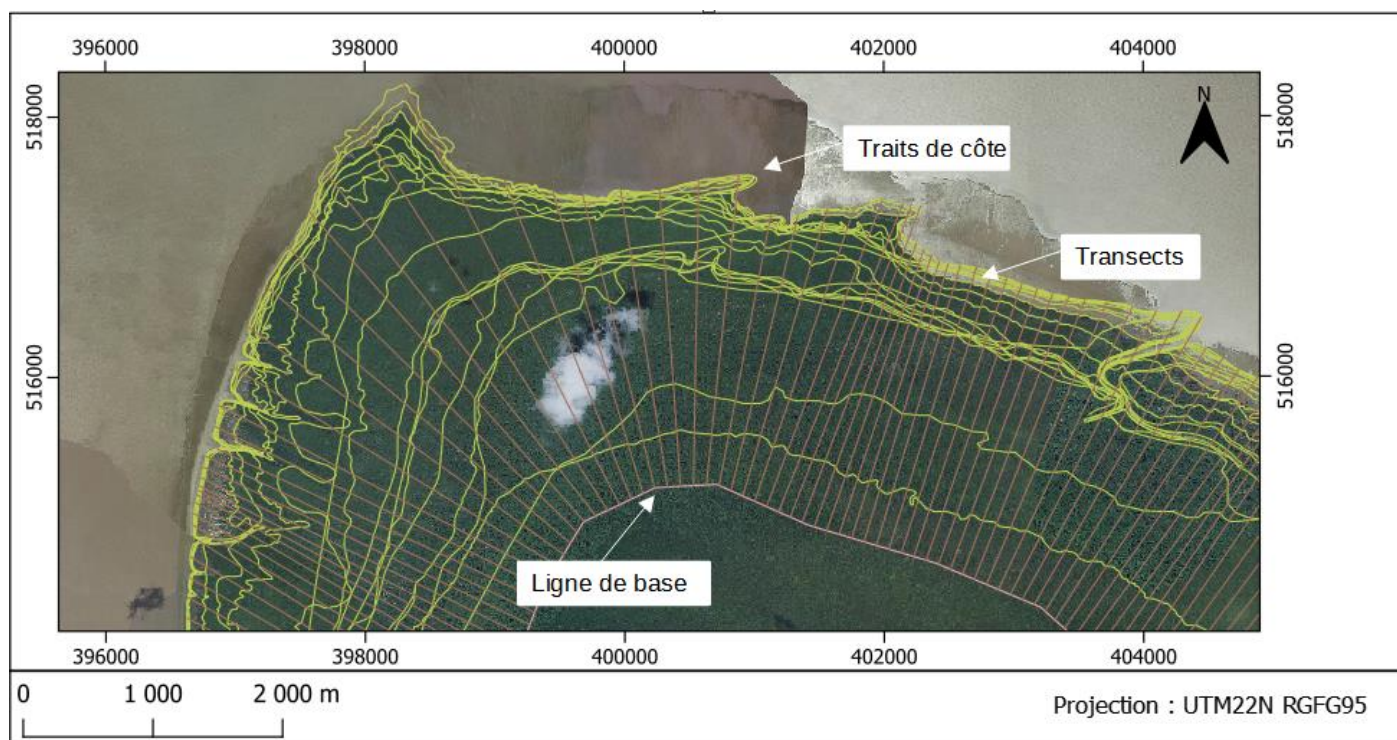


Figure 19 : Utilisation de l'outil DSAS : projection des transects recoupant les traits de côtes depuis une ligne de base à terre.

3.2.2. Production des statistiques

Les positions du trait de côte à différentes dates sont projetées sur les transects. La position de la ligne de base, placée sur la plaine côtière, indique la position de référence pour les calculs des statistiques : si, entre deux dates, le trait de côte s'éloigne de la ligne de base, la côte est en accrétion et inversement, si le trait de côte se rapproche de la ligne de base, il est en érosion. DSAS permet alors de calculer divers paramètres :

- le NSM pour « net shoreline movement » est la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent pour chaque transects, mesurée en mètres (Figure 20). Cet indice est intéressant pour des zones en érosion ou en accrétion constante. Il comporte néanmoins un biais car il ne prend pas les positions intermédiaires du trait de côte entre le trait de côte le plus récent et le plus ancien ;
- Le SCE pour « shoreline change envelope » est la plus grande distance entre toutes les dates de traits de côte confondues (Figure 20). Calculé sur chaque transects, ce paramètre est toujours positif et illustre l'enveloppe de mobilité maximal d'un littoral ;
- L'EPR pour « end point rate » calcule le rapport de la distance entre le trait de côte correspondant à la date la plus ancienne et à la date la plus récente (Figure 20). C'est un indice intéressant pour calculer la cinématique entre deux dates (Thior et al., 2021) mais il est biaisé pour des études avec de grandes séries temporelles et plusieurs dates car il ne considère pas les traits de côte intermédiaires ;

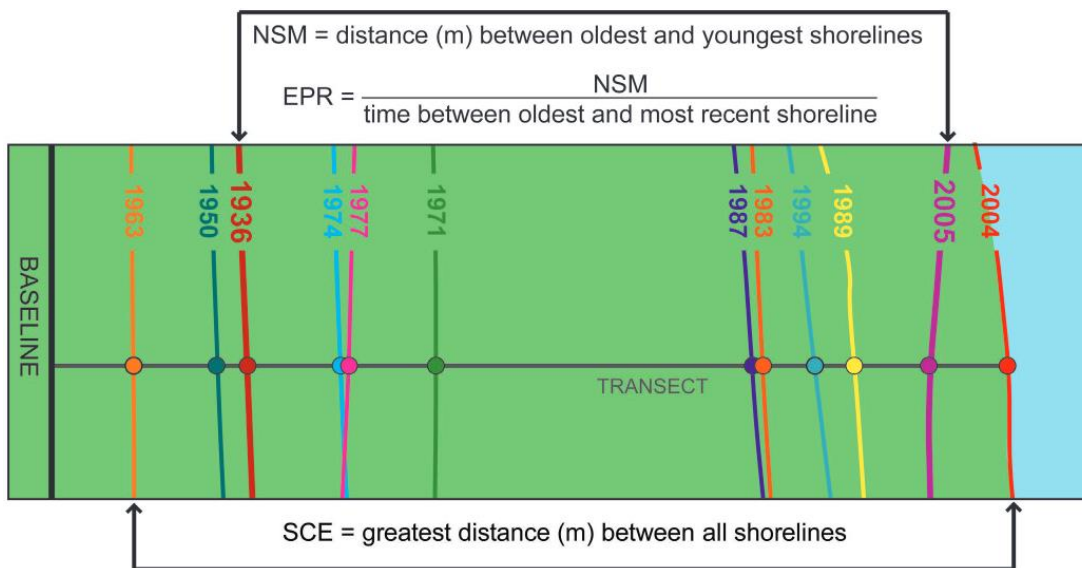


Figure 20 : Illustration schématique du calcul des indices statistiques Net Shoreline Movement (NSM), Shoreline Change Enveloppe (SCE) et End Point Rate (EPR) de l'outil DSAS (adapté de Himmelstoss et al., 2021).

- Le LRR pour « linear regression rate » est un indice du taux d'évolution tendanciel du trait de côte en mètres par an basé sur une modélisation à l'aide d'une droite de régression linéaire (Figure 21). Il correspond à la valeur de la pente de la droite de régression linéaire positionnée dans le nuage de points formé par les mesures de distance entre tous les points d'intersection des traits de côte le long de chaque transect. Le nombre d'individus de la série statistique correspond au nombre de traits de côte. Si ce nombre est faible, cela pose le problème de la pertinence et de la robustesse des résultats. Ainsi en calculant le taux annuel de la ligne de référence le long de chaque transects le LRR est un outil pertinent pour analyser des séries temporelles de plus de deux dates. En effet, la méthode de calcul tient compte de la distance évolutive du trait de côte sur toute la période considérée (Thior et al., 2021).

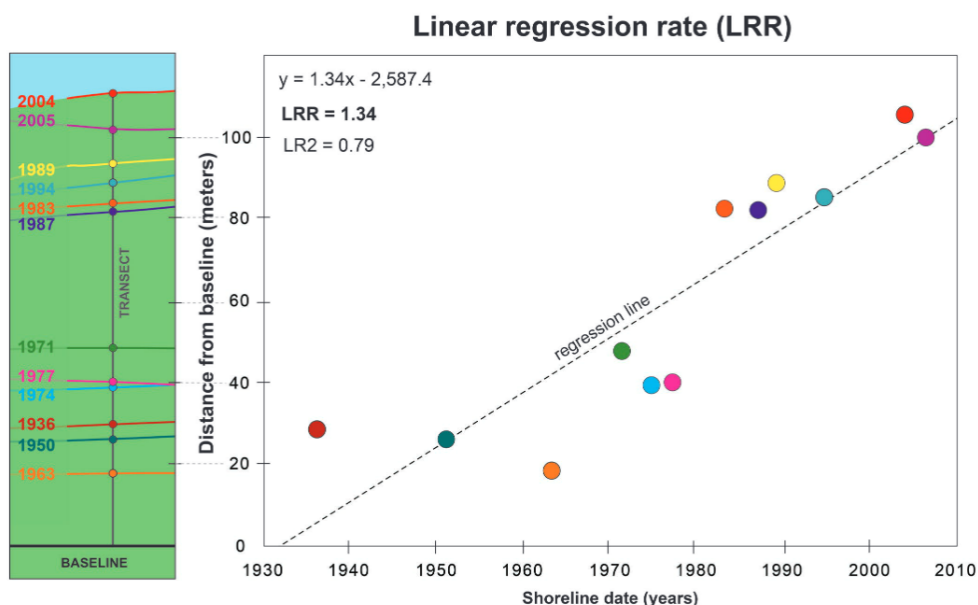


Figure 21 : Illustration schématique du calcul de l'indice Linear Regression Rate (LRR) de l'outil DSAS (adapté de Himmelstoss et al., 2021).

4. Résultats

Les travaux de cartographie ainsi que les calculs des taux d'évolutions sont présentés ici en deux sous-parties distinctes. En premier lieu, les grandes tendances sont commentées sur l'ensemble de la Guyane entre les années 1950 et 2021. Ensuite, l'analyse portera sur la dynamique du trait de côte à une échelle plus locale à travers le fractionnement de la bande côtière en 6 zones, accompagnée d'une décomposition temporelle de 17 périodes.

4.1. EVOLUTION HISTORIQUE DU TRAIT DE COTE A L'ECHELLE REGIONALE

Les résultats des statistiques de variations de la position du trait de côte sont présentés pour l'ensemble du littoral, nous donnant une première vision de l'extrême variabilité de cette bande côtière (Annexe 2, Figure 22). Un premier constat est que l'ensemble du territoire n'est pas touché avec la même ampleur, c'est-à-dire que les variations sont hétérogènes géographiquement. Les secteurs de Sinnamary et Iracoubo ont vu leur trait de côte se déplacer dans une enveloppe, définie par le SCE, de près de 6 km (Figure 22) alors que l'enveloppe entourant la presque île de Cayenne ne dépasse pas les 200 m. Entre ces extremums, l'enveloppe moyenne à l'échelle régionale est estimée à 3 km avec un mouvement plus accentué sur les zones 1 et 2 situées à l'ouest de Kourou.

Pour ne pas porter à confusion dans l'analyse des résultats dans la suite de ce rapport, les termes d'avancée et de recul du trait de côte sont utilisés avec ces définitions :

- les zones d'avancées du trait de côte correspondent à des zones où le trait de côte se déplace vers la mer. En Guyane, ce phénomène est causé essentiellement par la consolidation des dépôts des bancs de vase à la côte et la croissance de la mangrove marqueur du trait de côte sur ces dépôts. Sur les plages sableuses, il s'agit principalement de l'avancée du front d'ipomées ou de la végétation rase sur l'arrière-plage ;
- les zones de recul du trait de côte correspondent à un déplacement vers l'intérieur des terres de la limite du domaine maritime. En Guyane, il se traduit par un recul de la limite de végétation (mangrove, végétation basse) et est la résultante de l'érosion côtière entraînant des pertes ou des déplacements de matériaux sédimentaires.

Les variations relatives permettent de mettre en évidence la distance entre le plus ancien et le plus récent trait de côte, soit de 1950 et 2021. Les indicateurs statistiques de la variabilité du littoral sont décrits en détails dans le chapitre 3.2.2.

L'analyse des taux d'évolution tendanciel LRR permet de déterminer que (Figure 22) :

- 37 % de la côte suit une tendance d'évolution positive entre +5 à +80 m/an, soit 130 km de linéaire côtier (avancée du trait de côte vers la mer) ;
- 43 % de la côte suit une tendance d'évolution négative entre -60 et -5 m/an, soit environ 150 km de linéaire côtier (recul du trait de côte vers la terre) ;
- 20 % de la côte suit une tendance d'évolution relativement stable compris entre -5 et 5 m/an, soit environ 70 km de linéaire côtier.

Les secteurs étudiés présentant une tendance générale d'avancée ou de recul du trait de côte sont multiples et découpés en plusieurs zones (Figure 22) :

Avancée du trait de côte par secteurs :

- Le premier secteur en avancée est un linéaire côtier d'environ 10 km localisé entre l'embouchure du Maroni et de la Mana avec une progression de 1,8 km depuis 1950 ce qui représente en taux d'évolution de 23 m/an (entre 1950 et 2021). Il correspond à la fixation d'un banc de vase au droit de l'estuaire du Maroni sur les dépôts de l'ancienne *Pointe Isère* (M. Jolivet et al., 2019);
- Le second s'étend de l'Organabo jusqu'à la bordure ouest du Sinnamary avec une avancée maximale de 5 km entre 1950 et 2021. Il correspond à un secteur qui joue un rôle de dépôt-centre sur la côte de Guyane avec la formation d'un banc de vase massif ;
- Le troisième secteur, plus local, se situe entre Kourou et Cayenne (entre le kilomètres 175 et 190 sur la distance de référence) avec une avancée maximale de 2 km sur la période 1950-2021. Il s'agit d'un secteur de transit des bancs de vase avec par le passé d'importantes accumulations de vases;
- Le quatrième, situé entre la rivière de Kaw et l'Approuague, avec une avancée maximale de 4 km sur la période de l'étude. Ce secteur est considéré comme étant le secteur de formation des bancs de vases (Augustinus, 2004) ;
- Le dernier secteur se situe juste à l'est de l'Approuague avec une avancée maximale de 2,8 km sur la période de l'étude. Il s'agit du cap vaseux de la *Pointe Béhague* où les proto-bancs de vases viennent s'accumuler contre l'épi hydraulique du fleuve *Approuague* (Anthony et al., 2013a).

Recul du trait de côte par secteurs :

- Le premier secteur présentant des reculs du trait de côte se situe entre la Mana et l'Organabo avec un recul maximal de 4 km ce qui représente 50 m/an de recul entre 1950 et 2021. Il correspond à un large secteur où plusieurs bancs de vases de taille et d'influence modestes ont transités par le passé ;
- Le second est délimité par la bordure Est du Sinnamary et du Kourou avec un recul maximal de 3,5 km. Ce secteur est en érosion suite à la bascule vers l'ouest du grand dépôt-centre et du banc de vase massif situé entre Sinnamary et Organabo (Walcker, 2015) ;
- Le troisième est situé sur le secteur à l'ouest de Cayenne avec un recul maximal de 2 km. Ce secteur, en rive gauche du fleuve Cayenne, est en érosion chronique avec la disparition de larges surfaces de mangrove ;
- Le quatrième est très localisé en rive gauche de l'Approuague avec un recul maximal de 1,5 km. Situé en rive gauche du fleuve Approuague, ce secteur ne présente pas d'accumulation significative de vase sous l'influence probable du régime estuarien de l'Approuague. Une cinématique similaire est observée dans le secteur de Weg Nar Zee en rive gauche du fleuve Suriname (Anthony et al., 2019) ;
- Le dernier secteur est situé aux abords de l'Oyapock avec un recul maximal de 2 km. Les grands caps vaseux, comme la pointe Béhague ou le cap Orange au Brésil, montrent des façades est en érosion car exposées aux vagues avec un amortissement faible de ces dernières (Eisma et al., 1991).

On note que la plupart de ces secteurs admettent des variations plus fines, notamment due à la morphologie de la côte qui n'est pas linéaire, impliquant des mécanismes d'influences plus locaux.

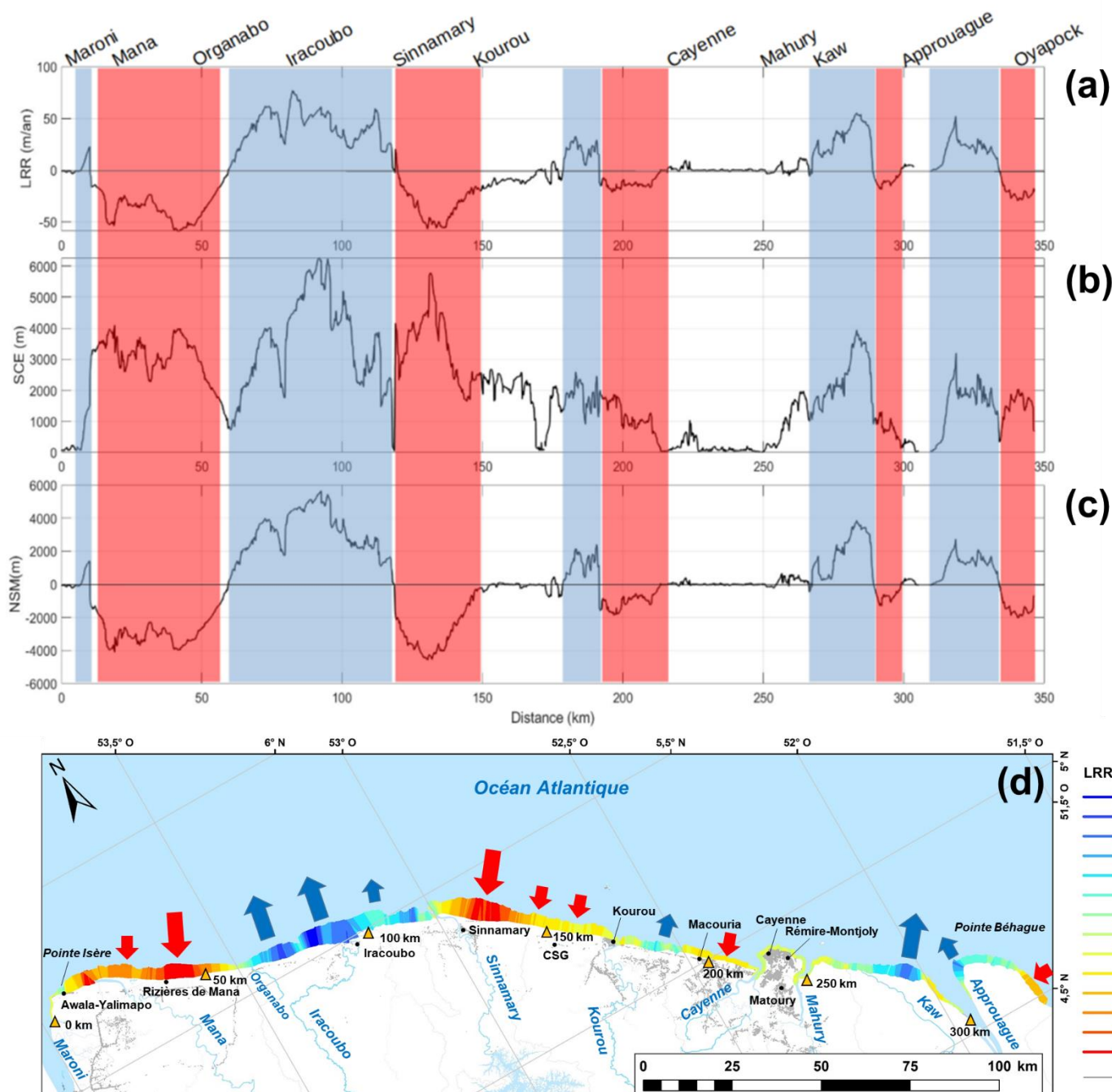


Figure 22 : Mobilité du trait de côte sur l'ensemble de la Guyane de l'ouest à l'est (de 0 à 350 km de distance le long de la côte), avec (a) : le taux d'évolution tendanciel en mètre par an (LRR), (b) : l'enveloppe globale de l'évolution en mètre (SCE) et (c) : l'évolution de la position du trait de côte en mètre. Les bandes bleues représentent les zones en accrétion et les bandes rouges représentent les zones en érosion, les cours d'eaux sont placés en haut de la figure. (d) Cartographie des tendances globales obtenues avec le taux de régression linéaire (LRR) de 1950 à 2021 sur la totalité du linéaire côtier : les flèches rouges représentent les zones à tendances de reculs importantes et les flèches bleues représentent les zones à tendance d'avancée importantes. Le fond cartographique est issu de la BD TOPO 2018 de l'IGN. Les éléments représentés sont : les principales villes (points noirs), les espaces urbains (gris foncé), les morphologies côtières remarquables (en noir et en italique), les principaux cours d'eau (bleu) et la distance en kilomètre le long du linéaire côtier (triangles orange).

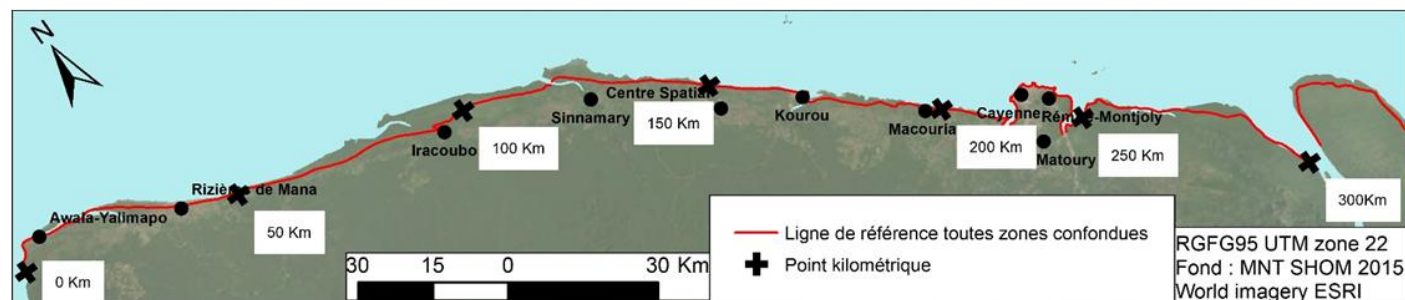
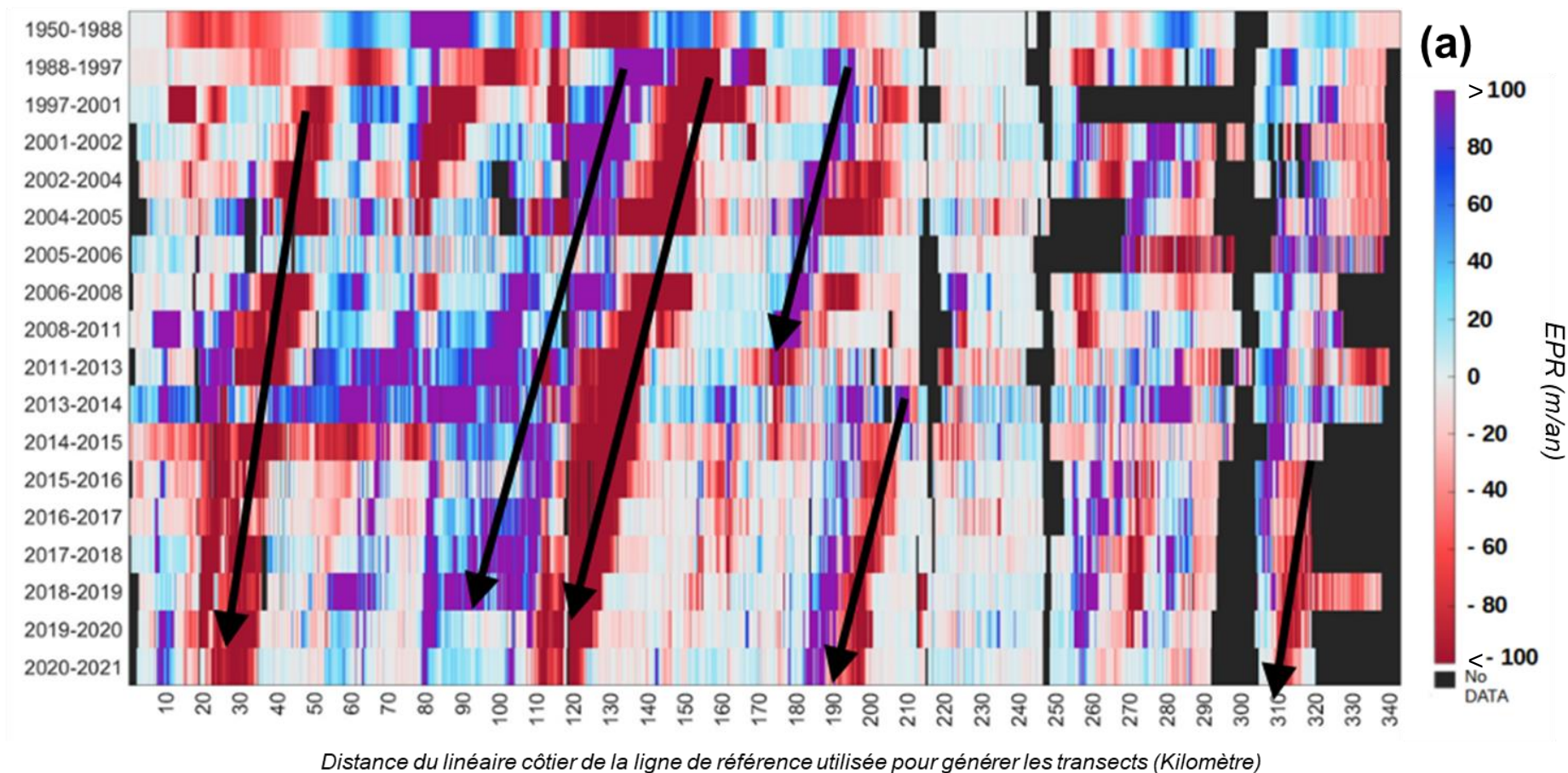


Figure 23 : Synthèse des évolutions du littoral de Guyane. (a) Evolutions du littoral représentées par périodes entre chaque dates (EPR), les flèches noires représentent les zones de reculs et d'avancées majeures à travers les différentes dates. (b) Carte représentant la distance linéaire de l'ensemble des zones analysées du Nord-Ouest (0 Km) au Sud-Est (300 Km).

4.2. SUIVI DES VARIATIONS ANNUELLES

Les résultats suivants (zone complète et secteurs de 1 à 6) sont présentés avec 2 paramètres de l'outil DSAS (vue précédemment, section 3.2) :

- Un graphique de type 'heatmap' de l'EPR avec les taux d'évolutions entre les dates utilisés de 1950 à 2021, la légende utilisée varie de **-100 : +100[m/an⁵** pour observer les principales variations d'avancée et de recul (exception pour la zone 4 où l'échelle a été réduite **de -10 à +40 m/an** compte-tenu des variations observées).
- Une carte représentant le taux d'évolution tendanciel par régression linéaire et par transect (LRR).

Ces données sont représentées avec la distance du linéaire côtier (en km) du secteur d'étude en abscisse.

De plus, une cartographie des différents traits de côte est présentée afin de cibler les secteurs d'avancées et de reculs important pour les différentes zones.

La décomposition des taux d'évolution tendanciels LRR a été effectuée sur 17 périodes (Figure 22) et met en évidence une importante variabilité à l'intérieur même des grandes tendances qui ont pu être identifiées précédemment (Figure 22 et Figure 23).

La côte présente une succession de phases d'avancée et de recul du trait de côte migrant longitudinalement en direction du nord-ouest. Ces différentes phases ne présentent pas les mêmes caractéristiques temporelles ainsi que spatiales.

⁵ Attention les valeurs de l'EPR extrêmes varient de – 2800 (couleur rouge foncé) à 4 400 m/an (violet)

4.2.1. Zone 1

La zone 1 est un secteur comprenant une plage en rive droite de l'estuaire du Maroni (Awala-Yalimapo, 1,5 à 3 km) et un littoral vaseux. Le secteur est caractérisé, depuis 1950, par une forte instabilité. Les tendances d'évolution du trait de côte entre 1950 et 2021 montrent un recul majoritaire de -10 à -60 m/an entre les kilomètres 0 et 60, contrebalancées par une avancée entre +10 à +80 m/an au-delà du kilomètre 60 (Figure 24). Cette instabilité est en lien avec l'évolution des morphologies côtières complexes présentes sur le secteur comme le cap vaseux de la *Pointe Isère* en rive droite du Maroni qui déviait jusqu'aux années 2000 l'embouchure de la Mana vers l'ouest (Morgane Jolivet et al., 2019). Le secteur a connu le passage de 3 bancs de vases depuis la décennie 1970 : deux de ces bancs de vases, de taille modeste, ont eu une influence limitée sur la dynamique de progradation de la côte. Le troisième banc de vase est noté BdV 1. La position et la migration de ce banc sont observées à partir de 1997. Plus à l'est, le très large banc de vase situé, au début des observations, entre Sinnamary et Iracoubo (Figure 22) migre vers l'ouest et contraint fortement la dynamique côtière sur la période actuelle. Ce banc de vase est vraisemblablement l'accumulation de deux bancs de vases, BdV 2 et BdV 3, au niveau de Iracoubo (Figure 24a).

Les évolutions anciennes du trait de côte sur les périodes 1950-1988 et 1988-1997 traduisent l'érosion continue et la disparition du grand cap vaseux de la *Pointe Isère* entre les kilomètres 10 et 45. Le linéaire côtier plus à l'est était sous l'influence du passage de deux bancs de vases de relativement faible emprise spatiale entre les kilomètres 45 et 95 (G. Brunier et al., 2019; Longueville and Brivois, 2019). Ils ont conduit à une consolidation de cette portion de la côte avec l'avancée entre 20 et plus de 100 m/an d'un front de mangrove sur la période 1950-1988. La migration successive vers l'ouest de ces deux entités sur la période 1988-1997 s'est traduit par l'érosion globalement généralisée du front de mangrove en place et par un recul du trait de côte entre -20 et -60 m/an. Plusieurs secteurs, correspondant à des zones d'arrière-banc, ont connus des reculs supérieurs à 100 m/an sur cette période.

Les évolutions récentes du trait de côte entre 1997 et 2021 permettent de détailler l'influence des bancs de vase sur la zone 1 : les zones envasées sont caractérisées par une stabilité ou par l'avancée du trait de côte ; les zones en arrière d'un banc et en inter-bancs sont caractérisées par des phénomènes de recul rapides.

Le secteur de l'ancienne *Pointe Isère* entre les kilomètres 0 à 20 est impacté par une alternance des phases de recul et d'avancée sur la période 1997-2021. Ces phases correspondent à la continuité de l'érosion de la *Pointe Isère* et à l'arrivée d'un banc de vase (BdV 1) à partir de 2010-2011 (Figure 24). BdV 1 est actuellement en train de franchir l'embouchure du Maroni à l'ouest (Morgane Jolivet et al., 2019).

Le secteur à l'est de l'embouchure de la Mana entre les kilomètres 20 et 50 correspond à une portion du littoral composée de forêts de mangrove et de marais côtiers appelés localement « savanes ». Ces dernières ont été très largement altérées en étant transformées en polders rizicoles à la fin de la décennie 1980. Le secteur a connu une forte instabilité érosive sur la période 1997-2021 avec des taux de recul supérieurs à 100 m/an (Figure 24). Cette évolution érosive est caractéristique du passage récent d'un banc de vases de taille réduite (BdV 1) qui a, certes, stabilisé la dynamique érosive mais n'a pas créé de larges progradations colonisées par la mangrove (G. Brunier et al., 2019; Longueville and Brivois, 2019). A contrario, les périodes inter-bancs ont été longues et ont permis l'installation d'une dynamique érosive très intense sur ce secteur pour partie aménagé en polder. Depuis 2016-2017, la migration vers l'ouest d'un banc de vase massif, BdV 2 et 3, depuis Iracoubo concentre les phénomènes érosifs sur la zone inter-bancs entre les kilomètres 20 et 30. Le secteur des polders rizicoles,

après une longue et intense période d'érosion, s'est stabilisé avec l'arrivée à partir de 2016 des bancs de vases BdV 1 et 2.

Le secteur à l'est des rizières jusqu'à l'estuaire du Sinnamary entre les kilomètres 50 à 115 a connu une dynamique d'avancée du trait de côte depuis 1950. Sur les périodes 1950-1988, le secteur est en forte avancée (Figure 24) avec le passage de plusieurs bancs de vase permettant à la mangrove de croître. La période 1988-1997 est à contrario une période d'instabilité érosive liée au passage de bancs de vases de moindre ampleur et à des périodes inter-bancs prolongées (G. Brunier et al., 2019). La période 1997-2021 est caractérisée par la migration du très large banc de vase BdV 2 et 3 qui a permis une avancée importante de la côte supérieure à +100 m/an sur de nombreux secteurs (Figure 24). Le passage des bancs de vases sur le secteur a fortement influencé la morphologie de la côte en déviant les embouchures des fleuves Iracoubo et Sinnamary vers l'ouest et en formant de larges caps vaseux colonisés par la mangrove (Figure 25).

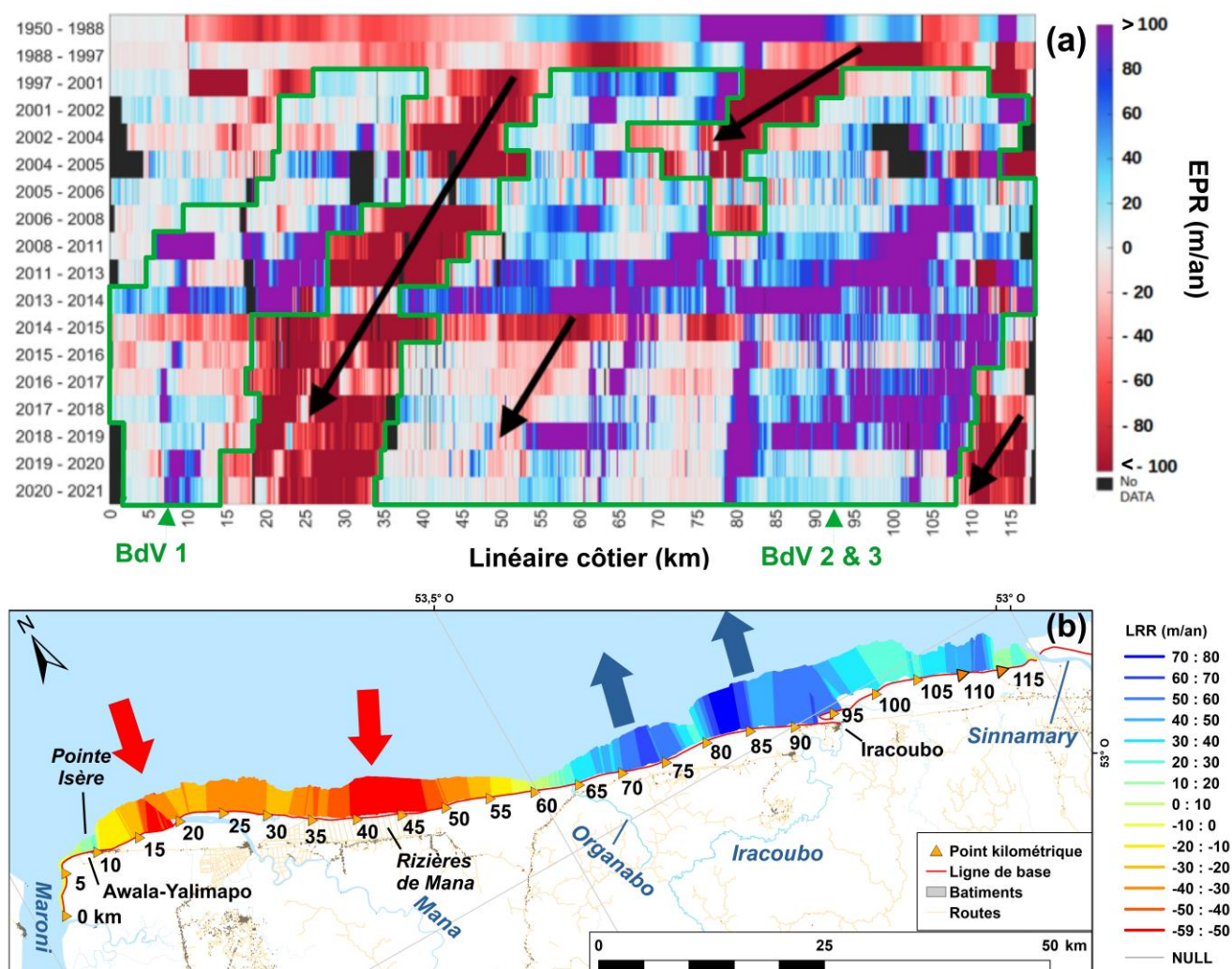


Figure 24 : Evolution du trait de côte sur le secteur 1 entre les embouchures du Maroni et du Sinnamary. (a) Synthèse des évolutions représentées par périodes entre chaque dates (EPR) : les flèches noires représentent les zones de reculs et d'avancées majeures à travers les différentes dates. L'interprétation de la position et de l'influence des bancs de vases à partir de 1997 est détournée en vert. Les bancs sont numérotés et appelés « BdV ». (b) Carte des évolutions globales obtenues avec la méthode LRR sur le secteur 1 entre 1950 et 2021. Les flèches rouges (bleues) représentent les zones de reculs (d'avancées) importants(es). La toponymie sur la carte représente les communes (en noir), les morphologies côtières

remarquables (en noir italique) et les fleuves (en bleu italique). Le fond de carte est adapté de la BD TOPO 2018 de l'IGN.

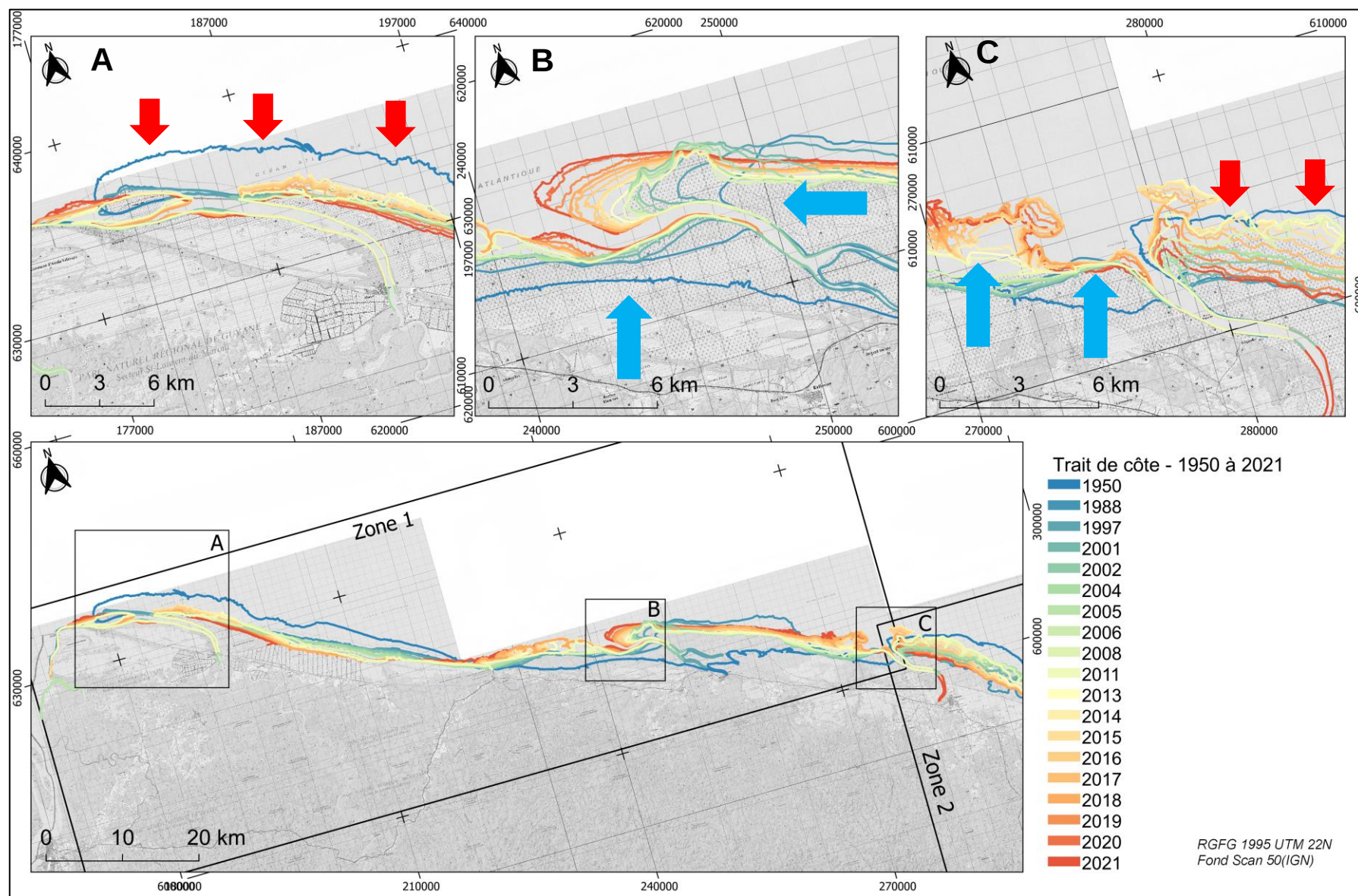


Figure 25 : Cartographie des différents traits de côte de la zone 1 avec l'embouchure de la Mana (A), l'embouchure de l'Iracoubo (B) et l'embouchure du Sinnamary (C) : les flèches rouges représentent les zones de reculs importantes et les flèches bleues représentent les zones d'avancée importantes

4.2.2. Zone 2

La zone 2 couvre un linéaire côtier de 53 km et est comprise entre l'embouchure du *Sinnamary* à l'ouest et l'embouchure du *Kourou* à l'est. La structure morphologique de ce secteur est une côte très ouverte composée de larges fronts de mangroves et de marais ou « savanes ». Depuis 1997, les observations historiques de l'évolution côtière permettent d'identifier la migration et l'influence de trois bancs de vases sur ce secteur (Figure 26). La tendance générale du secteur est au recul de la côte de -10 à -60 m/an avec des maxima localisés entre les kilomètres 10 à 25.

La période 1950-1988 (Figure 26) illustre, d'est en ouest, un régime inter-bancs intense (taux de recul supérieur à -100 m/an) entre l'embouchure du Sinnamary et le kilomètre 20. Un large cap vaseux, similaire à la pointe Isère, était présent en 1950 (Figure 27) avant d'être massivement érodé. Plus à l'ouest, une phase de progradation de 10 à 70 m/an de la côte est observée entre les kilomètres 20 et 37 correspondant à la colonisation par la mangrove d'un large banc de vase migrant vers l'ouest (Figure 27). Un régime arrière-banc et inter-bancs avec des taux d'érosion relativement modérés (10 à 60 m/an) est observé entre les kilomètres 37 et 46. Le littoral kouroucien entre les kilomètres 46 et 53 est sous l'influence d'un banc de vase qui, pendant cette période, a permis la constitution d'un front de mangrove important (taux d'avancé de +10 à +40 m/an, Figure 27) notamment au-devant du front de mer urbain (Gensac, 2012; Jolivet et al., 2022; Peron et al., 2013).

La période 1988-1997 (Figure 26) est caractérisée par la migration vers l'ouest des régimes banc, arrière-banc et inter-bancs décrit précédemment. L'intensité des phénomènes de recul et d'avancée est plus marquée avec des valeurs dépassant les 100 m/an d'évolution sur de grandes étendues. A partir de cette période, les forêts de mangroves en rive droite de Sinnamary commencent à s'étendre très largement vers le large (Figure 26) sous l'influence du large banc de vase BdV 3 dont la position avant se situe actuellement au droit des rizières de Mana (Figure 24 ; voir section 4.2.1 ci-dessus).

La poursuite de la migration vers l'ouest des régimes de banc, arrière-banc et inter-bancs est observé entre 1997-2021 (Figure 26). Les forêts de mangroves en rive droite du fleuve Sinnamary poursuivent leur extension vers le large jusqu'en 2013 sous l'influence de BdV 2 et 3. Leur extension atteint presque la position du trait de côte de 1950 avec la constitution d'un large cap vaseux. Cette extension est consécutive de la présence du grand banc de vase BdV 2 et 3. La zone arrière-banc et inter-bancs à l'est de BdV 2 et 3, d'environ 15 km d'emprise linéaire à la côte, a migré vers l'ouest. Les surfaces de mangrove gagnées sur la mer pendant le temps de résidence de BdV3 ont subi une érosion importante au départ de ce dernier. Le banc de vase BdV 4, plus modeste, qui était positionné au niveau du littoral kouroucien en 1997 (kilomètres 46 à 53), s'est déplacé jusqu'en rive droite du Sinnamary en 2021 et s'étend sur un linéaire d'environ 20 km vers l'est. Ce banc de vase est venu recouvrir les secteurs en érosion après le départ de BdV3 et a atténué le recul de la côte. Il n'a pas provoqué, cependant, une nouvelle extension majeure de la mangrove vers le large. Ce banc de vase est actuellement suivi par un banc de vase similaire en extension spatiale qui s'installe sur le littoral kouroucien à partir de 2016.

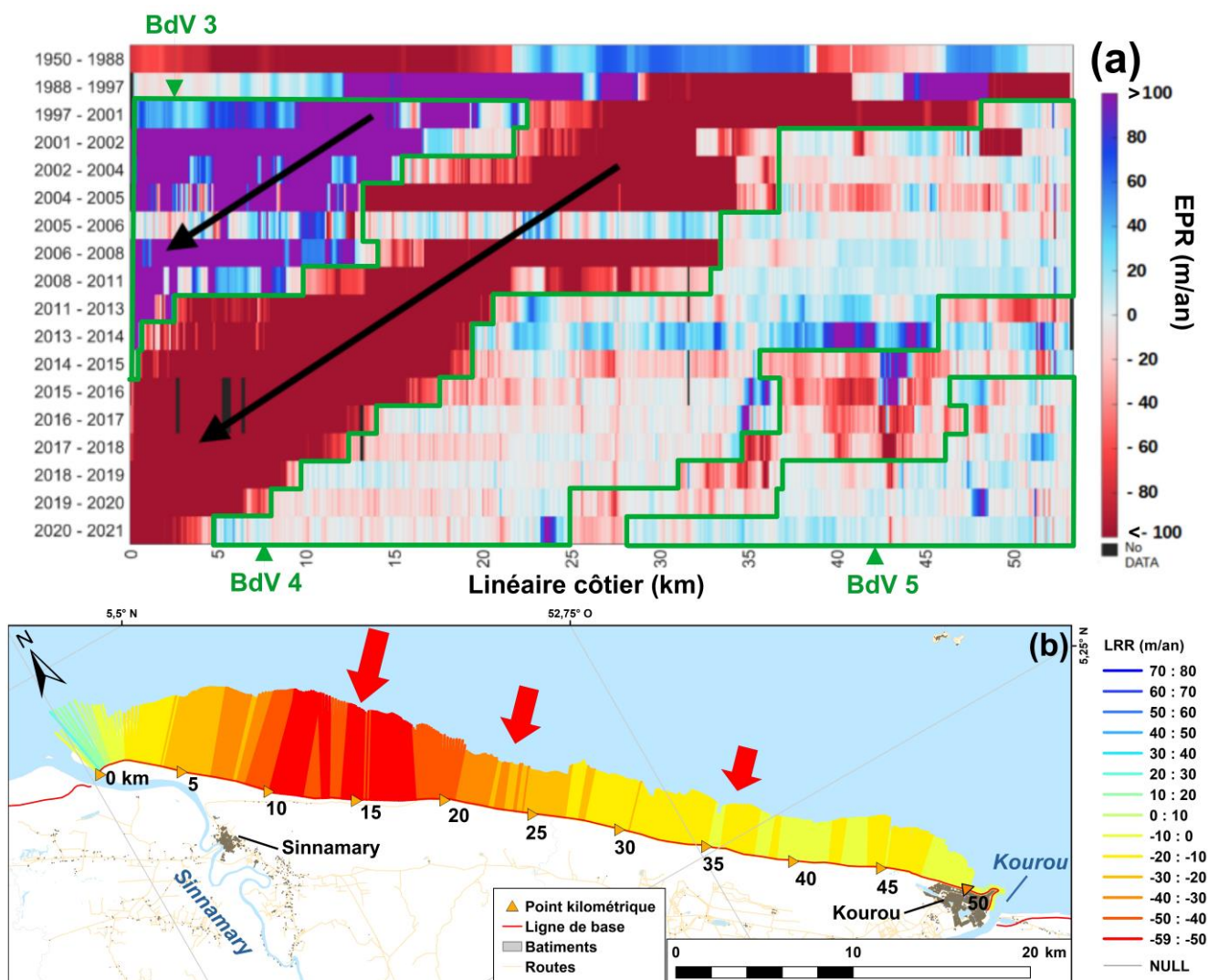


Figure 26 : Evolution du trait de côte sur le secteur 2 entre les embouchures du Sinnamary et du Kourou. (a) Synthèse des évolutions représentées par périodes entre chaque dates (EPR) : les flèches noires représentent les zones de reculs et d'avancées majeures à travers les différentes dates. L'interprétation de la position et de l'influence des bancs de vases à partir de 1997 est détournée en vert. Les bancs sont numérotés et appelés « BdV ». (b) Carte des évolutions globales obtenues avec la méthode LRR sur le secteur 2 entre 1950 et 2021. Les flèches rouges (bleues) représentent les zones de reculs (d'avancées) importants(es). La toponymie sur la carte représente les communes (en noir), les morphologies côtières remarquables (en noir italique) et les fleuves (en bleu italique). Le fond de carte est adapté de la BD TOPO 2018 de l'IGN.

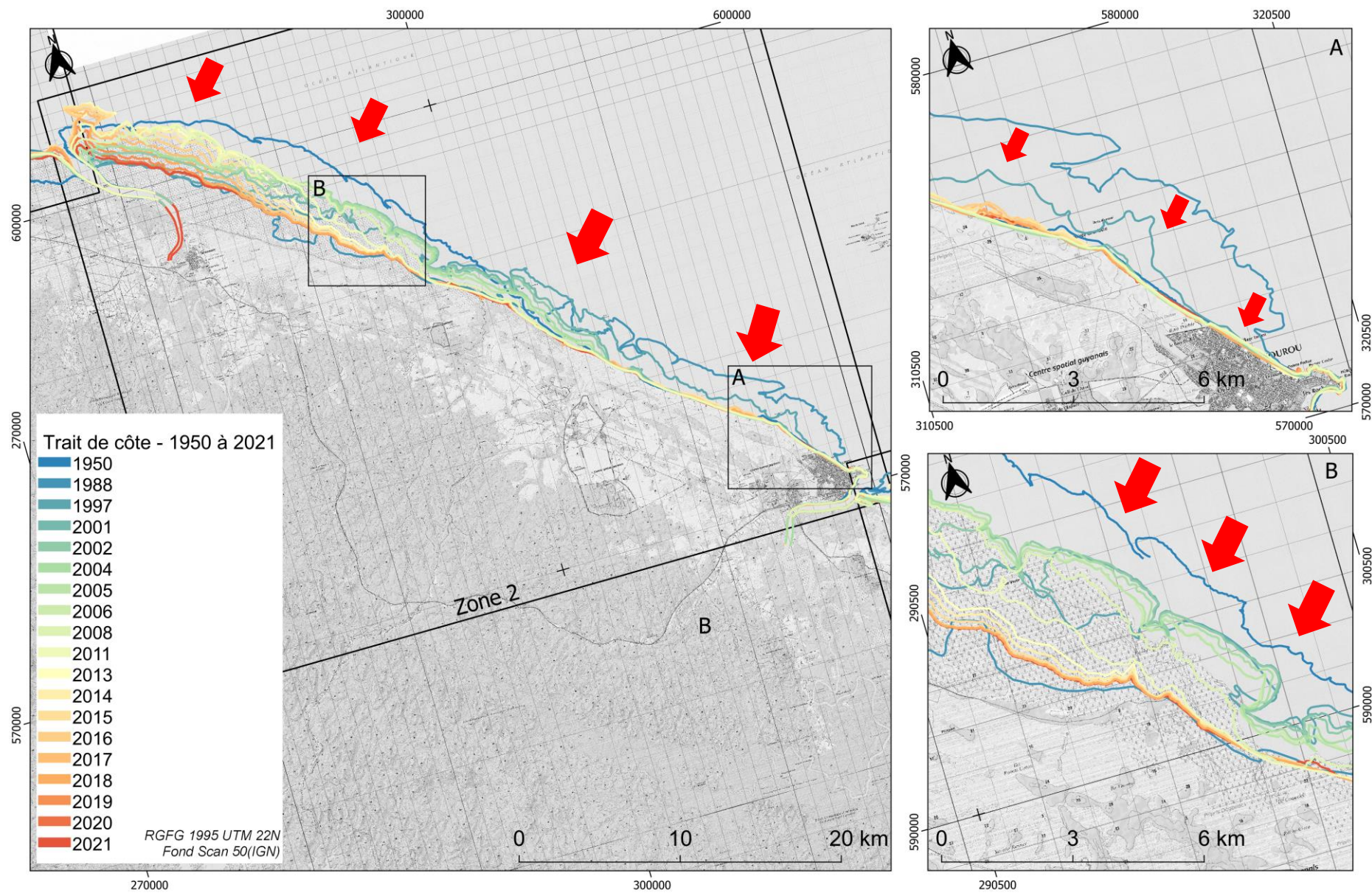


Figure 27 : Cartographie des différents trait de côte de la zone 2 avec zoom de la partie ouest de l'embouchure du Kourou et la zone du CSG (A) et zoom sur la partie Est du littoral de Sinnamary : les flèches rouges représentent les zones à tendances de reculs importantes et les flèches bleues représentent les zones à tendance d'avancée importantes

4.2.3. Zone 3

Ce secteur est délimité à l'ouest par le fleuve *Kourou* et à l'est par la pointe *Liberté* sur la commune de *Macouria* en rive gauche du fleuve *Cayenne*. Ce secteur est, comme la zone 2, un littoral ouvert constitué de forêts de mangrove, de successions de cordons de plages de chenier et de marais rétro-littoraux. Depuis 1997, ce littoral a été sous l'influence de la migration de 3 bancs de vases. Le secteur suit une tendance d'avancée de la côte entre +10 et +50 m/an sur la moitié ouest entre les kilomètres 0 et 20, contrebalancée par une tendance au recul de -10 à -40 m/an sur la moitié est entre les kilomètres 20 et 44 (Figure 28). L'estuaire du fleuve Kourou crée par ailleurs un effet d'épi hydraulique permettant la construction d'une large surface de vasière sur sa rive droite (Figure 29).

La date de 1950 correspond à l'extension maximale vers le large (environ 2 à 3 km) des surfaces de mangrove observées sur ce littoral, notamment sur sa moitié est (Figure 30). L'évolution du trait de côte sur la période 1950-1988 (Figure 28) montre la dynamique majoritairement en avancée (+10 à +40 m/an) de la côte sur la moitié ouest entre les kilomètres 0 et 18. Entre les kilomètres 18 à 43, le trait de côte recule (-10 à -40 m/an) majoritairement.

La période 1988-1997 montre une cinématique du trait de côte dans la continuité de la période précédente avec néanmoins des phénomènes de recul et d'avancée plus intenses. Les fortes valeurs d'avancées de la côte (supérieur à +100 m/an) traduisent la présence d'un banc de vase sur ce littoral entre les kilomètres 6 à 25.

La période 1997-2021 montre la succession du passage de trois bancs de vase (avancées de la côte entre +40 et plus de +100 m/an) et de deux phases inter-bancs (recul de la côte entre -40 et au-delà de -100 m/an) (Figure 28). Le premier banc, BdV 4, transite sur ce littoral entre 1988 et 2014. A partir de 1997, la partie centrale du banc se positionne entre les kilomètres 15 et 25. Il permet une stabilité ou une évolution peu marquée du littoral entre les kilomètres 0 et 15 et une avancée nette de la côte de plus de 100 m/an sur un linéaire de presque 10 km entre les kilomètre 15 et 25 avant de se décaler vers l'ouest. Cette forte avancée est particulièrement marquée entre les kilomètres 0 et 5 sur la période 2008-2011. Elle correspond à l'effet de ralentissement et de consolidation des sédiments d'un banc de vase sous l'influence de l'épi hydraulique de l'embouchure du fleuve Kourou (Figure 29).

Dans le sillage du déplacement de ce banc de vase, d'importants reculs (supérieur à -100 m/an) sont observés sur les zones arrière-banc et inter-bancs entre BdV 4 et BdV 5 (Figure 28). Ces dernières se déplacent vers l'ouest à mesure que BdV 4 franchit le Kourou. Le banc de vase BdV 5 franchit le fleuve Cayenne à l'est autour des années 2000. Il permet une stabilité des dynamiques de recul et d'avancée entre les kilomètres 25 et 40 entre 2001 et 2011. Les reculs massifs qui ont affecté ce secteur lors de la phase inter-bancs précédente ne sont pas contrebalancés par d'importantes avancées de la côte en lien avec le déplacement de BdV 5 (Figure 28). Le banc de vase BdV 5 migre au-delà du kilomètre 25 à partir de 2011 et stabilise graduellement le littoral avant de franchir le Kourou entre 2015 et 2016. Ce dernier permet des avancées importantes de la côte (supérieur à +100 m/an) à partir de 2014 au niveau du kilomètre 25. Ces avancées correspondent à la croissance du front de mangrove sur la partie centrale du banc (Figure 30). Cette zone d'avancée du front de mangrove se décale vers l'ouest pour se positionner entre les kilomètres 10 et 15 en 2021.

Un espace arrière-banc et inter-bancs de 10 km d'emprise à la côte est observé à partir de 2011-2013 entre les kilomètres 28 et 40 et succède à BdV 5 (Figure 28). Les reculs observés sont situés entre -20 à plus de -100 m/an. Cet espace arrière-banc et inter-bancs se positionne entre les kilomètres 15 et 26 en 2021 face à la ville de *Macouria*. Le banc de vase BdV 6 franchit le fleuve *Cayenne* entre 2015 et 2016. Il permet de stabiliser la dynamique érosive intense des phases arrière-banc et inter-bancs le précédent entre les kilomètres 26 et 40. Une

ré-avancée du front de mangrove sur ce secteur n'est pas observée, comme lors du passage de BdV 5 (Figure 30). Le banc de vase BdV 6 couvre le littoral à partir du kilomètre 26 en 2021.

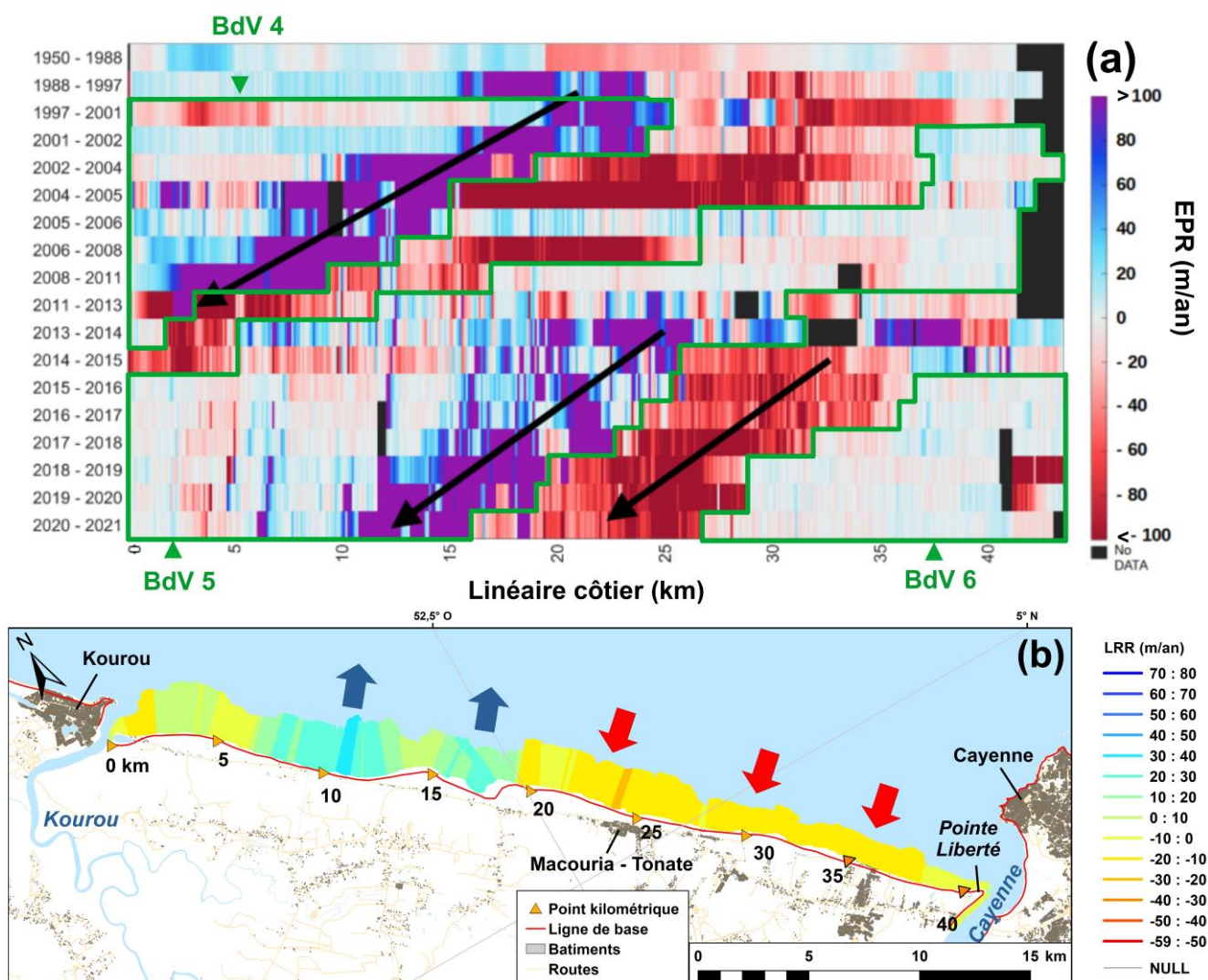


Figure 28 : Evolution du trait de côte sur le secteur 3 entre les embouchures du Kourou et du Cayenne. (a) Synthèse des évolutions représentées par périodes entre chaque dates (EPR) : les flèches noires représentent les zones de reculs et d'avancées majeures à travers les différentes dates. L'interprétation de la position et de l'influence des bancs de vases à partir de 1997 est détournée en vert. Les bancs sont numérotés et appelés « BdV ». (b) Carte des évolutions tendancielle globale obtenues avec la méthode LRR du secteur 3 de 1950 à 2021. Les flèches rouges représentent les zones de reculs importants. La toponymie en noir sur la carte représente les communes, celle en bleu représente les fleuves. Le fond de carte est adapté de la BD TOPO 2018 de l'IGN.

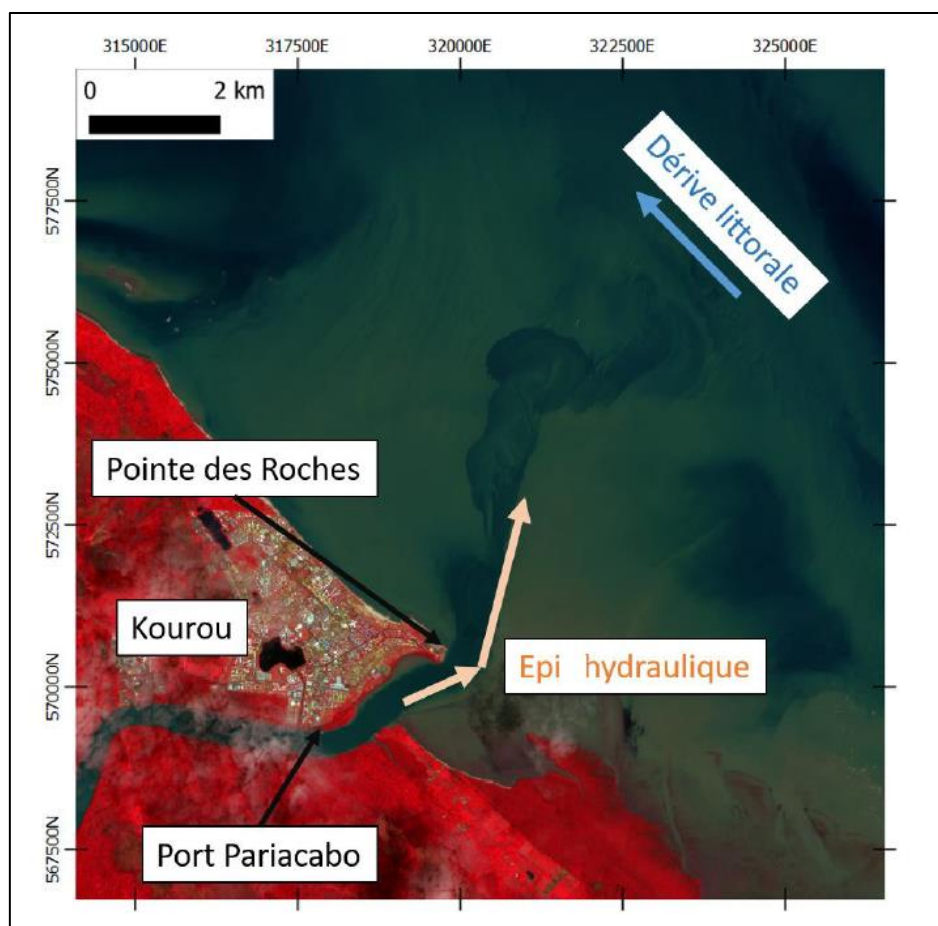


Figure 29 : Image satellite de l'embouchure du fleuve Kourou (Sentinel-2 -false color- octobre 2020) et mise en évidence du phénomène d'épi hydraulique.

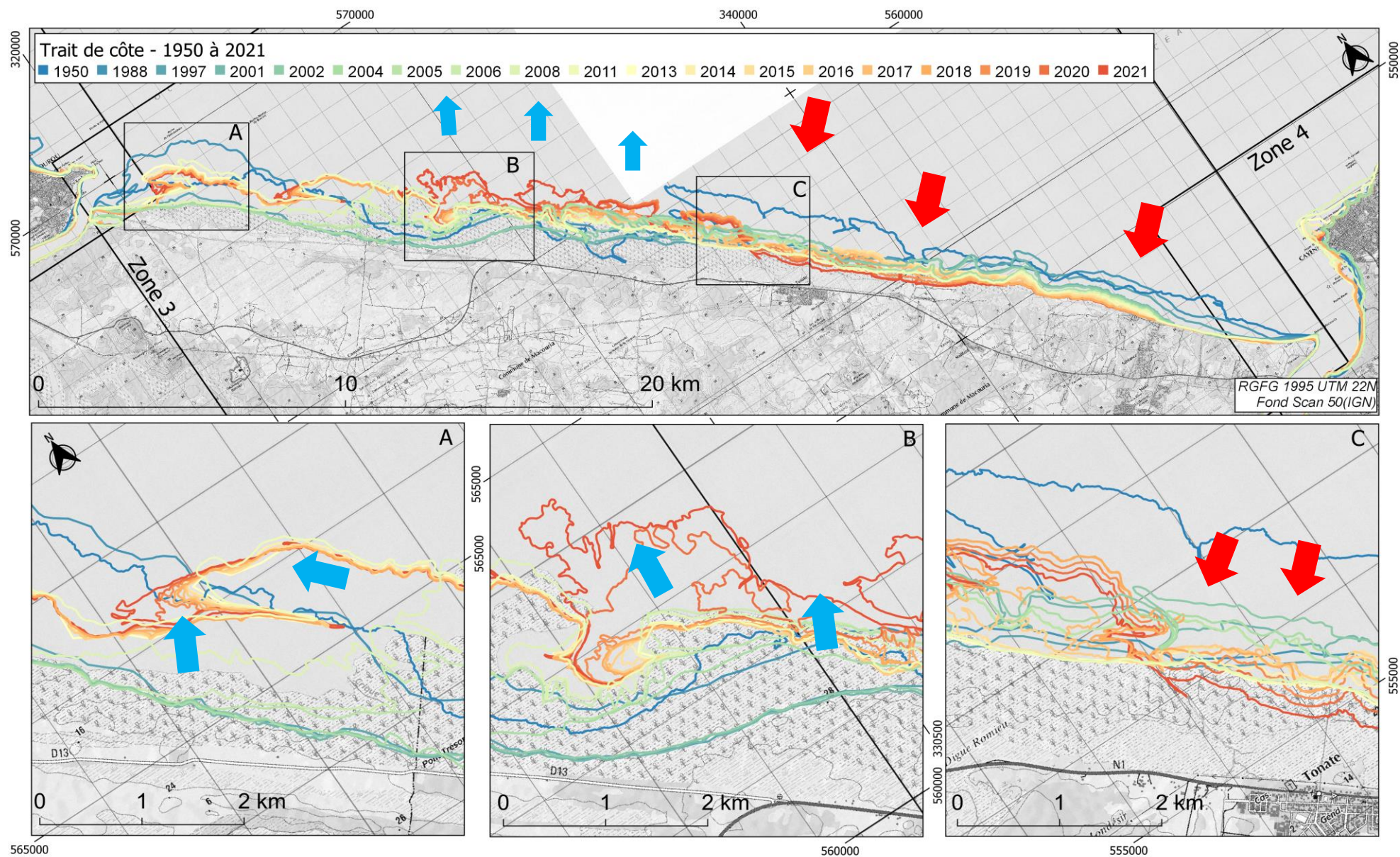


Figure 30 : Cartographie des différents trait de côte de la zone 3 avec zoom de la partie Est de l'embouchure du Kourou (A), de la partie Ouest de la commune de Macouria (B) et du littoral du bourg de Tonate : les flèches rouges représentent les zones à tendances de reculs importantes et les flèches bleues représentent les zones à tendance d'avancée importantes

4.2.4. Zone 4

La zone 4 comprend l'ensemble de la presqu'île de Cayenne (communes de Cayenne et Rémire-Montjoly). Ce secteur est composé de plages de poches ou de baies séparées par des caps rocheux (Figure 31). Les taux d'évolutions sur ce secteur sont peu marqués entre -3 et +10 m/an et correspondent à l'évolution propre des côtes rocheuses et des plages de baies ou de poches. Des taux d'évolutions importants entre +2 et +10 m/an sont relevés entre les kilomètres 0 et 8 sur ce secteur. Ces valeurs correspondent à la fixation et la pérennité de dépôts de vases consolidés apportés dans le domaine d'embouchure du fleuve Cayenne par le passage de plusieurs bancs de vases au cours du temps. Ces dépôts ont été colonisés par la mangrove.

Le passage historique des bancs de vases sur le domaine côtier du secteur 4 est difficilement cartographiable car ils ne produisent pas d'avancées massives de la côte comme celles observables sur les côtes vaseuses à mangrove.

La lecture des évolutions du littoral sur ce secteur entre 1950 et 1997 ne montre pas de mouvements d'ampleur le long de ce littoral. Les avancées des dépôts de vases consolidés sont moins étendues et sont rapidement démantelées. La dynamique des plages de baies, bien que fortement influencée par le passage des bancs de vases (voir phénomène de rotation des plages forcée par les bancs de vases section 2.1.2.c) c), est difficilement cartographiable sur une temporalité de cinq décennies sans observations intermédiaires plus nombreuses.

Les littoraux rocheux, localisés principalement entre les kilomètres 11 et 12 puis 25 et 29, ont une dynamique d'évolution nul ou faible (Figure 31). Il n'y a pas d'effondrements de falaises répertoriés à ce jour qui soit en lien avec l'hydrodynamisme côtier local. La structure de la côte rocheuse elle-même ne se prête pas à ces phénomènes car elle est composée de platiers rocheux subtidaux et intertidaux et de chaos de blocs détachés par les agents météorologiques et l'altération des roches du socle. Les taux d'évolution tendanciel LRR relevés dans cette étude sur ces morphologies du littoral sont liés directement à l'incertitude de cartographie du trait de côte.

L'influence des bancs de vases sur les plages de poches comme les Anses de Cayenne sur le secteur de l'île de Cayenne à partir de 1997, secteur numéroté (1) sur la Figure 31, se traduit par un envasement important de la zone côtière et par le développement d'une mangrove qui peut se révéler persistante au-delà du départ d'un banc de vase. L'apparition et la déstructuration de ces dépôts vaseux colonisés par la mangrove est particulièrement remarquable sur la période 2006 à 2011.

Les rotations de plages de baies comme les anses de Montabo, la plage des Salines ou celle de Rémire, respectivement noté (2), (3) et (4) sur la Figure 31, sont observables principalement sur la plage des Salines. La transition d'une phase d'envasement vers une phase inter-bancs est observable par le recul supérieur à -40 m/an de la portion est de la plage sur la période 2004-2005 et l'avancée supérieure à +40 m/an sur la période 2006-2008. Ce phénomène correspond au départ du banc de vase et à la reprise de la dérive littorale vers l'ouest selon le modèle d'Anthony et Dolique (2004). L'interprétation de la dynamique de ces plages sous l'influence des bancs de vases reste difficile à l'échelle régionale : la référence du trait de côte comme la limite de végétation ou la laisse de mer est majoritairement observable sur des images de haute résolution comme des orthophotographies qui sont peu nombreuses sur ce territoire. Les limites du trait de côte définies pour l'observation par imagerie satellite ou aérienne de ces plages ne rend pas toujours compte du déplacement important des volumes de sédiments : l'extension de la végétation sur un secteur en accrétion prend du temps et peut ne pas être observée au moment de l'acquisition d'une image. Les taux d'évolutions LRR apportent cependant un éclairage sur la trajectoire long terme d'évolution du secteur. Un suivi

du trait de côte plus local, spécifique à l'évolution annuelle à l'échelle des plages suivies par l'observatoire ODyC, est disponible dans le dernier rapport de l'ODyC (Nebel et Brunier., 2023). La cartographie du trait de côte sur cette zone est disponible en Annexe 3.

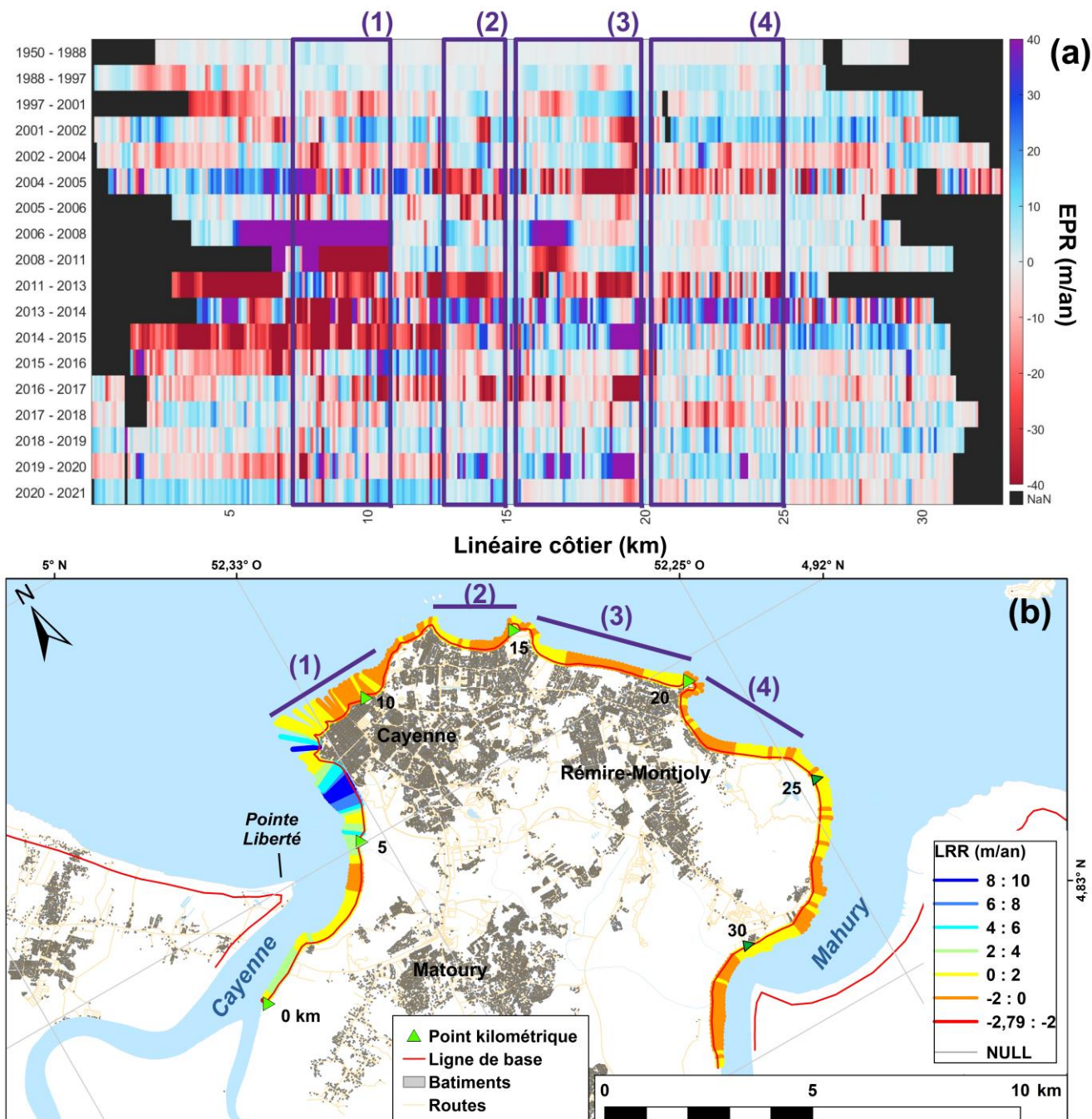


Figure 31 : Evolution du trait de côte sur le secteur 4 entre les embouchures du Cayenne et du Mahury. (a) Synthèse des évolutions représentées par périodes entre chaque dates (EPR). Les zones détournées en violet correspondent aux plages de poches et de baies de (1) les petites Anses de Cayenne, (2) l'Anse Montabo, (3) la plage des Salines, et (4) la plage de Rémire. (b) Carte des évolutions tendancielle globale obtenues avec la méthode LRR du secteur 4 de 1950 à 2021. La toponymie en noir sur la carte représente les communes, les morphologies remarquables sont indiquées en noir et italique, celle en bleu représente les fleuves. Le fond de carte est adapté de la BD TOPO 2018 de l'IGN.

4.2.5. Zone 5

La zone 5 est délimitée par le *Mahury* à l'ouest et l'*Approuague* à l'est. Il s'agit d'un littoral de forêt de mangrove et de marais côtiers inhabités et peu documentés qui présente la particularité d'être la première portion de littoral sans interruption estuarienne majeure permettant d'observer l'individualisation d'un banc de vase. Les secteurs d'embouchures du *Mahury* à l'ouest entre les kilomètres 0 et 10, et de l'*Approuague* à l'est entre les kilomètres 40 à 55, seront différenciés de l'ensemble du linéaire côtier. Les secteurs d'embouchure de ces deux estuaires présentent des dynamiques propres liées à leur bouchon vaseux sur laquelle se surimpose le passage des bancs de vases. Les taux d'évolution tendancielle LRR de 1950 à 2021 (Figure 32) illustrent une division de la cinématique du trait de côte en 4 secteurs :

- le premier secteur qui couvre la rive droite concave de l'embouchure du *Mahury* jusqu'à la pointe Jaguar entre les kilomètres 0 et 10, montre une dynamique relativement stable entre -10 à +10 m/an. Il s'agit d'avancées de la mangrove sur des vasières intertidales internes à l'estuaire.
- le second secteur entre les kilomètres 10 et 25 est essentiellement en avancée modérée de +10 à +30 m/an. L'embouchure du *Mahury* crée un épi hydraulique (Figure 29) qui favorise localement les dynamiques d'accrétion des sédiments fins constituant les bancs de vases.
- le troisième secteur entre les kilomètres 25 à 40 est en forte avancée de +20 à +50 m/an. L'avancée maximum du trait de côte est atteinte au kilomètre 35 avec +53 m/an pour un déplacement de 3,6 km. Il s'agit du secteur où les bancs de vases s'individualisent permettant la construction et la pérennité de larges vasières intertidales colonisées par la mangrove.
- le quatrième secteur se situe en rive gauche de l'*Approuague* entre les kilomètres 40 et 55 et est caractérisé par une tendance modérée au recul entre -10 à -30 m/an, atteignant un maximum de 19 m/an (soit 1,3 km de recul) mais qui tend à se stabiliser dans l'embouchure de l'*Approuague* à l'est (kilomètre 50 à 55).

La lecture des évolutions du littoral sur le secteur 5 (Figure 32) entre 1950 et 1988 montre une relative stabilité de la rive droite du *Mahury* puis un recul modéré de la côte de -10 à -40 m/an entre les kilomètres 12 et 25. Une large avancée du trait de côte entre 10 à 80 m/an est identifiée entre les kilomètres 25 et 40. Cette avancée correspond à la zone de formation de un ou plusieurs bancs de vases pendant cette période. L'avancée de la côte est de presque 5 km vers le large sur la période (Figure 33). La rive gauche de l'*Approuague* entre les kilomètres 40 et 55 montre une érosion modérée de -10 à -20 m/an. La période 1988-1997 est dominée par une succession de zones inter-bancs. La rive droite du *Mahury* jusqu'à la pointe Jaguar entre les kilomètres 5 et 15 est en fort recul de -10 à plus de -100 m/an. Une seconde zone inter-bancs est observée entre les kilomètres 22 à 35. Elle est caractérisée par des reculs importants entre -10 à -80 m/an. L'approche d'un banc de vase est observée entre les kilomètres 35 et 45 et est associée à des avancées de la côte entre 10 à plus de 100 m/an. Ce banc de vase correspond très probablement à BdV 6 dans les premiers stades de sa formation.

Les évolutions de ce littoral entre 1997 et 2021 illustrent la formation et le passage de deux bancs de vases, BdV 6 et 7, et la recomposition du littoral à la suite de phases érosives arrière-banc et inter-bancs.

Le franchissement de l'estuaire du *Mahury* par un banc de vase influence le trait de côte en rive droite de l'estuaire entre les kilomètres 0 et 10. L'estuaire est colmaté permettant la construction de vasières intertidales colonisées par la mangrove dans l'estuaire interne et par la formation d'un cap vaseux au niveau de la *Pointe Jaguar* au kilomètre 10. Ce phénomène est observé deux fois entre 1997 et 2004 au passage de BdV 5, puis entre 2015 et 2021 au

passage de BdV 6. A contrario, les phases inter-bancs accentuent le démantèlement et la vidange des sédiments apportés par le banc de vase dans l'estuaire interne. Ces événements sont observés entre 2006 et 2015 sur l'estuaire du *Mahury*. Les surfaces colonisées par la mangrove sont en fort recul sur les caps vaseux comme la pointe Jaguar. Les reculs sont plus modérés, voir pondérés par des phases d'avancées dans l'estuaire interne entre les kilomètres 0 et 7.

Le linéaire côtier entre les kilomètres 10 et 40 suit les dynamiques des côtes à mangroves en Guyane observées et décrites sur les zones précédentes (Figure 32). La position de BdV 5 entre 1997 et 2004 a permis l'avancée et la construction d'un cap vaseux entre les kilomètres 10 et 13 (Figure 33). Ce cap a été partiellement démantelé pendant la période inter-bancs entre 2001 et 2011-2012 qui suit la migration de BdV 5. Le banc de vase BdV 6 est observé entre les kilomètres 22 et 40 en 1997. Il permet des avancées de la côte importantes (supérieur à +100 m/an) sur l'ensemble du linéaire jusqu'à son arrivée au droit du *Mahury* en 2012-2013. Les zones arrière-banc et inter-bancs dans le sillage de BdV 6 entraînent un recul de la côte supérieur à -100 m/an, en particulier entre les kilomètres 12 à 30 sur la période 2014 à 2021. Le banc de vase BdV 7 est observé à partir de 2008 au niveau du kilomètre 35. Il permet, localement, des avancées importantes de la côte. Il est positionné en 2021 entre les kilomètres 20 à 33.

La rive gauche de l'Approuague entre les kilomètres 40 à 55 reste globalement en recul modéré de -10 à -40 m/an sur la période 1997 à 2021 (Figure 32). Le cas de l'*Approuague* est similaire à celui du fleuve Suriname au niveau de la capitale de Paramaribo et des espaces péri-urbains littoraux de Weg Naar Zee (Anthony, 2015; Anthony et al., 2019). Le débit liquide du fleuve ne permet pas sur sa rive gauche de sédimenter les particules fines et liquéfie le banc de vase au passage de son embouchure. Les vagues peuvent approcher en rive gauche du fleuve avec une atténuation moindre et viennent éroder les dépôts vaseux.

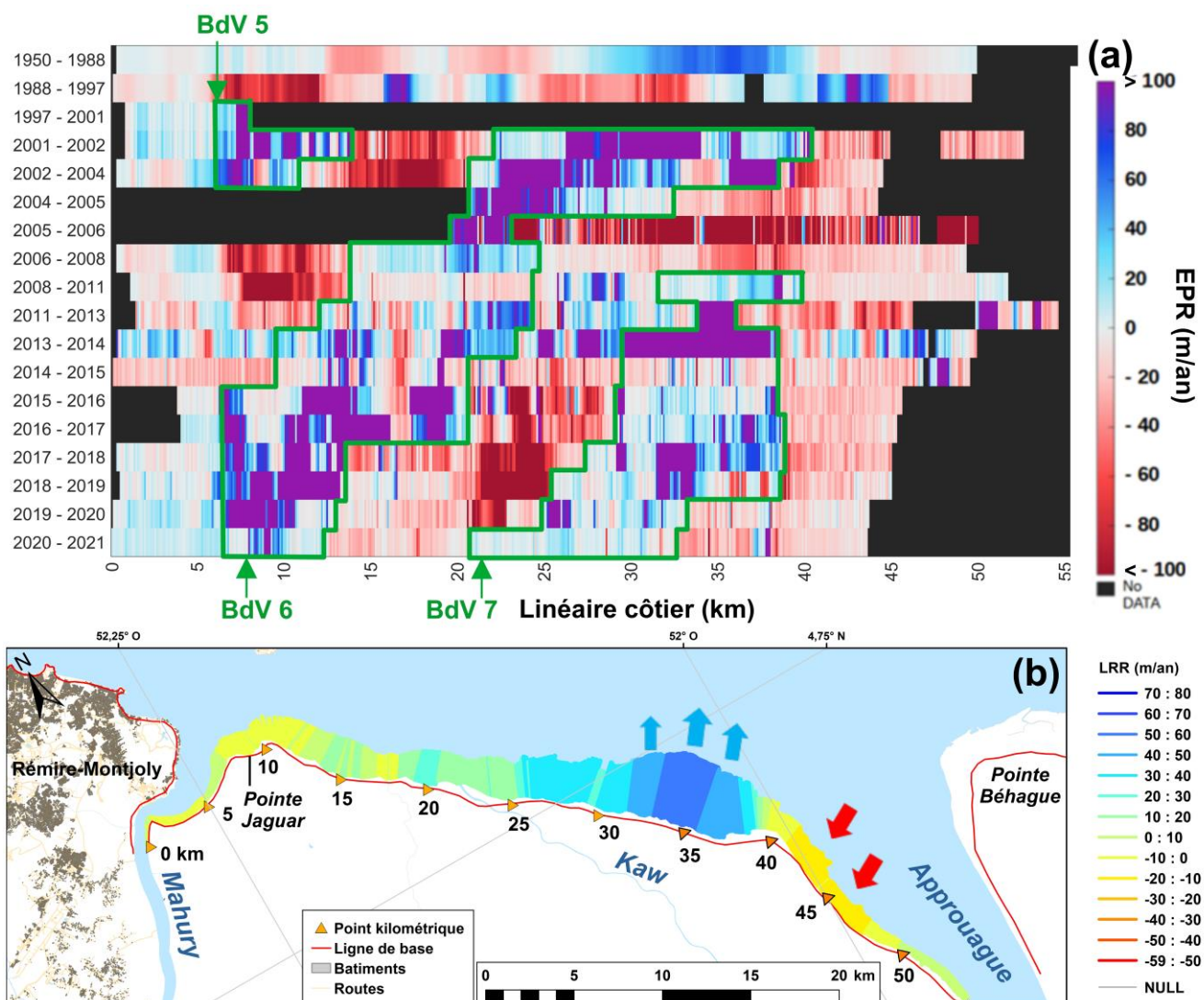


Figure 32 : Evolution du trait de côte sur le secteur 5 entre les embouchures du Mahury et de l'Approuague. (a) Synthèse des évolutions représentées par périodes entre chaque dates (EPR). L'interprétation de la position et de l'influence des bancs de vases à partir de 1997 est détournée en vert. Les bancs sont numérotés et appelés « BdV ». (b) Carte des évolutions tendancielle globale obtenues avec la méthode LRR du secteur 5 de 1950 à 2021. Les flèches rouges représentent les zones de reculs importants, celles en bleu représentent les avancées majeures de la côte. La toponymie en noir sur la carte représente les communes, en noir et italique les morphologies littorales remarquables et celle en bleu représente les fleuves. Le fond de carte est adapté de la BD TOPO 2018 de l'IGN.

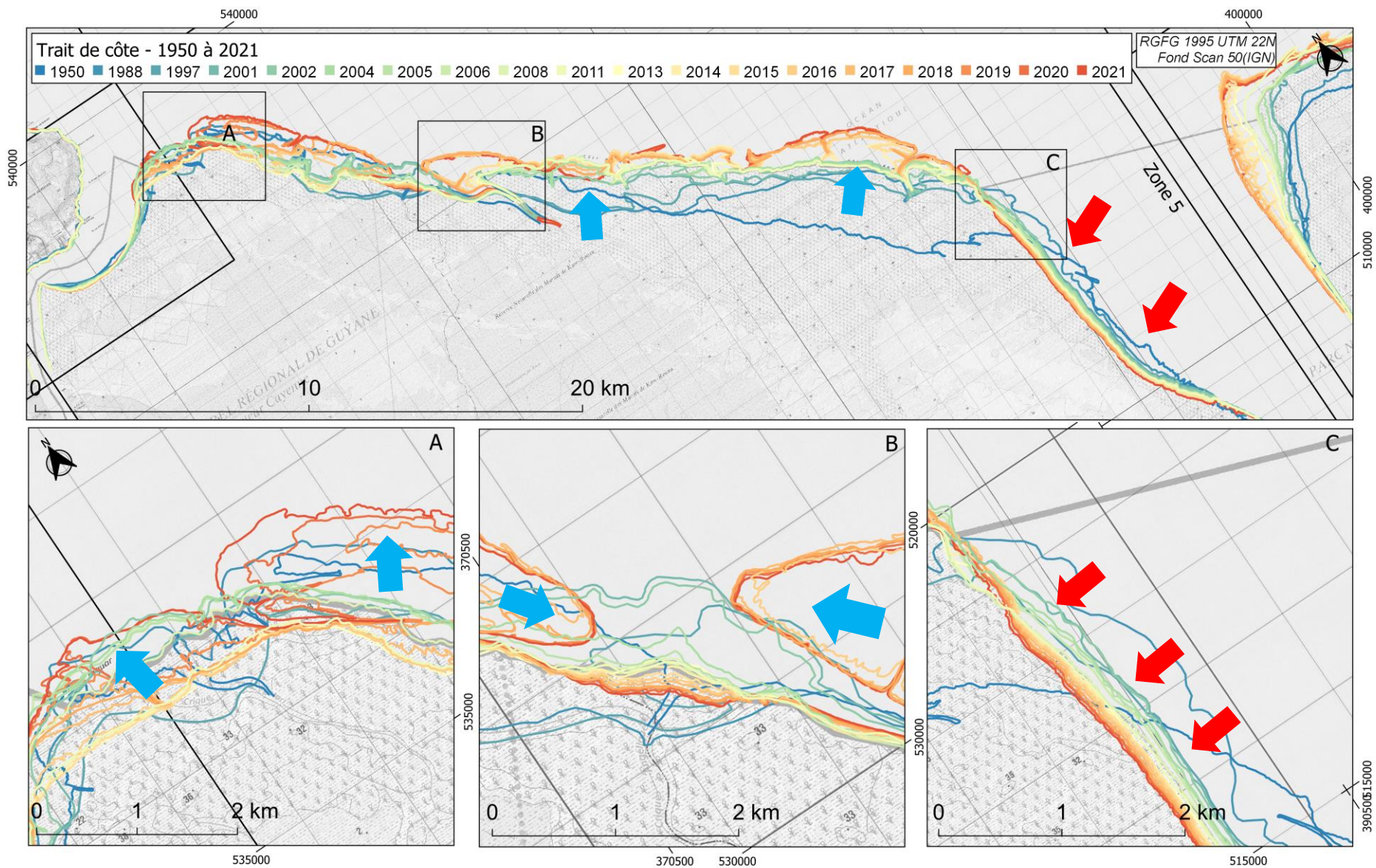


Figure 33 : Cartographie des différents trait de côte de la zone 5 avec zoom sur la partie Est de l'embouchure du Mahury (A), sur l'embouchure de la rivière de Kaw (B) et sur la rive Ouest de l'embouchure de l'Approuague (C) : les flèches rouges représentent les zones à tendances de reculs importantes et les flèches bleues représentent les zones à tendance d'avancée importantes

4.2.6. Zone 6

La zone 6 s'étend le long du cap vaseux de la Pointe *Béhague* depuis l'embouchure de l'*Approuague* à l'ouest jusqu'au cap rocheux de la *Montagne d'Argent* et la baie du fleuve *Oyapoque* à l'est. Le linéaire côtier sur sa façade ouest correspond à la rive droite de l'embouchure de l'*Approuague* au kilomètre 0 qui se prolonge par l'apex du cap vaseux de la Pointe *Béhague* au kilomètre 15. Ce tronçon est sous l'influence estuarienne de l'*Approuague* et de l'épi hydraulique qu'il forme à son embouchure. La côte est, entre les kilomètres 29 et 40, présente une orientation de 180° par rapport au nord et est fortement exposée aux vagues de nord-est. Ce littoral est inhabité et est composé de forêts de mangrove et de marais littoraux.

Les taux d'évolution tendancielle produits par l'indice LRR entre 1950 et 2021 (Figure 34) montrent trois dynamiques différentes au sein de la zone 5. Un premier secteur allant du kilomètre 0 à 8 montre une tendance d'évolution stable en rive droite de l'embouchure. Un deuxième secteur allant du kilomètre 8 à 27 montre une tendance à l'avancée du trait de côte avec un taux d'évolution maximum (LRR) de 50 m/an (2,7km d'avancée entre les kilomètres 13 et 15 de 1950 à 2021). Ce deuxième secteur est sous l'influence directe de l'épi hydraulique de l'*Approuague* qui permet une sédimentation importante et la construction du cap vaseux de la Pointe *Béhague*. Un troisième secteur du kilomètre 27 à 40 montre une tendance au recul de la côte avec un taux de régression négatif maximum (LRR) de 29 m/an (soit 1,8 km de recul). Il s'agit du secteur le plus exposé aux vagues.

L'analyse des dynamiques d'avancée et de recul du trait de côte sur les séries historiques illustre les tendances observées précédemment et permet de réaliser des observations inédites sur la construction des caps vaseux sous influence des sédiments de l'Amazone, avec ici la Pointe *Béhague* (Figure 35). Le banc de vase BdV 7 est ici observé pendant son passage sur le cap vaseux à partir de 2005. Il entraîne une avancée de la côte supérieure à +100 m/an entre les kilomètres 5 à 18 sur la période 2005 à 2019 environ. Lui succède une zone de recul inter-bancs, parfois supérieure à -100 m/an y compris sur l'apex du cap de la Pointe *Béhague*. Les sédiments amazoniens transitent par intermittence sous la forme de bancs de vase ou de proto-bancs de vase sur le cap de la Pointe *Béhague*. Cette hypothèse, au cœur des recherches sur la génération des bancs de vase, doit être évaluée au niveau des caps vaseux *Orange* et *Cassiporè* en Amapà Brésilien plus à l'est.

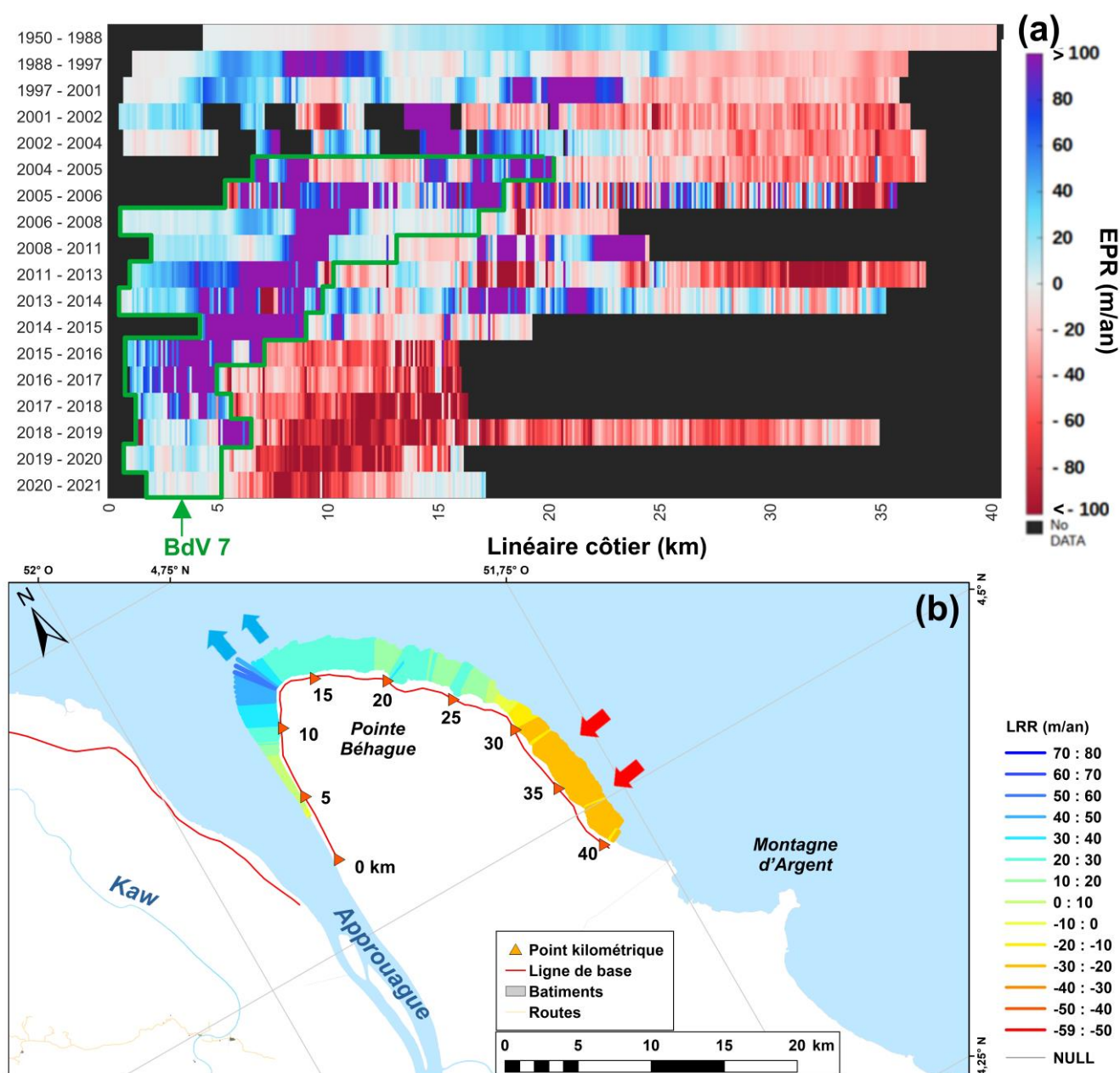


Figure 34 : Evolution du trait de côte sur le secteur 6 au niveau du cap vaseux formé par la Pointe Béhague. (a) Synthèse des évolutions représentées par périodes entre chaque dates (EPR). L'interprétation de la position et de l'influence des bancs de vases à partir de 2005 est détournée en vert. Les bancs sont numérotés et appelés « BdV ». (b) Carte des évolutions tendancielle globale obtenues avec la méthode LRR du secteur 6 de 1950 à 2021. Les flèches rouges représentent les zones de reculs importants, celles en bleu représentent les avancées majeures de la côte. La toponymie en noir et italique sur la carte représente les morphologies littorales remarquables et celle en bleu représente les fleuves. Le fond de carte est adapté de la BD TOPO 2018 de l'IGN.

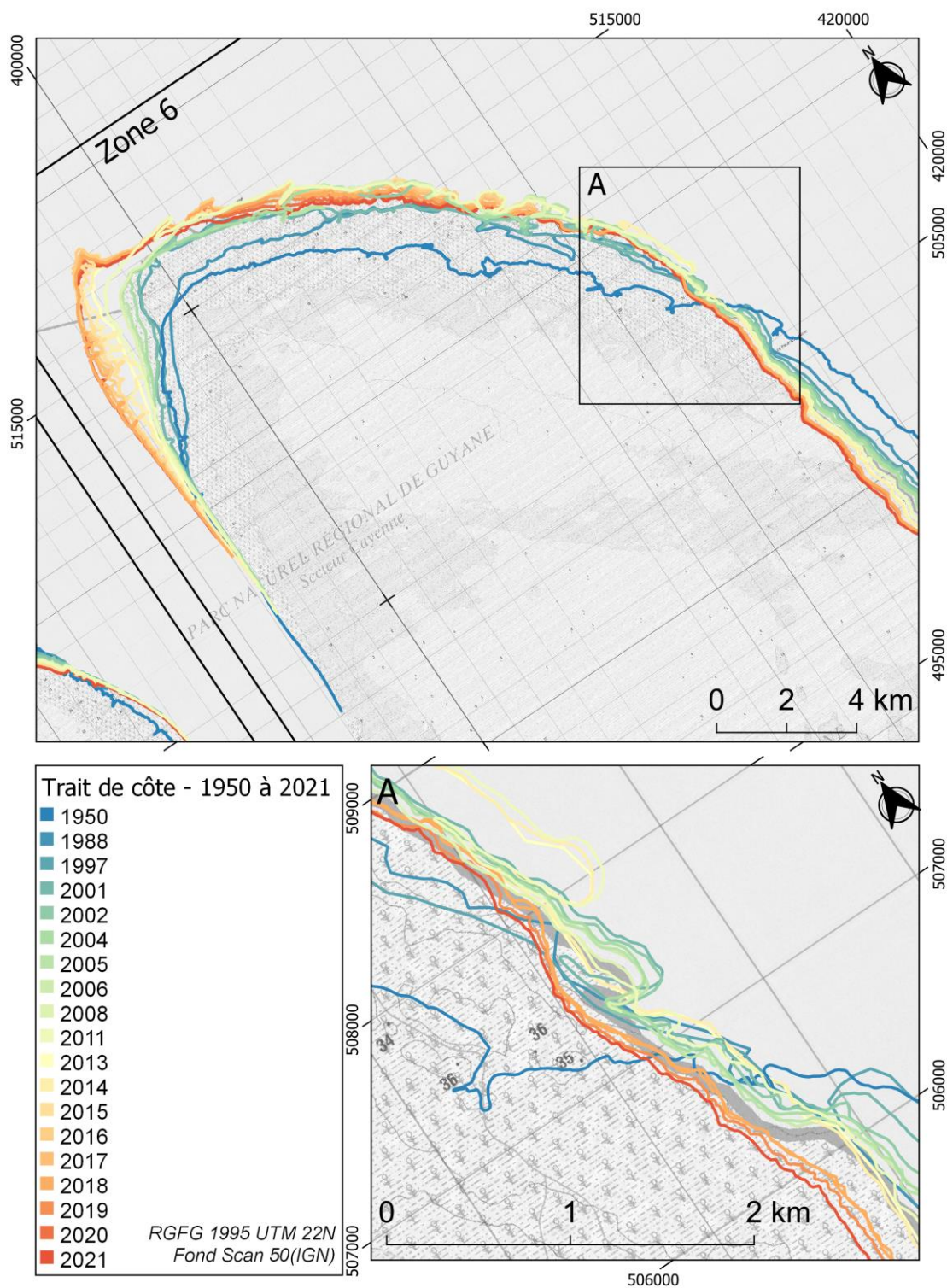


Figure 35 : Cartographie des différents trait de côte de la zone 6 avec (A) zoom sur la partie Est de la Pointe Béhague (A).

5. Discussion

Les amplitudes des variations du trait de côte en Guyane sont exceptionnellement grandes comparées à d'autres littoraux du même type comme les grands deltas par exemple. Les différentes tendances qui ont pu être extraites sont le résultat d'interactions multi-facteurs dont les conséquences sont observables sur différentes échelles spatiales et temporelles. Cette discussion apporte une réflexion sur la méthode de cartographie des variations de la position du trait de côte dédiée à la Guyane mais aussi une interprétation des dynamiques hydro-morpho-sédimentaires historiques à l'œuvre sur ce littoral.

5.1. CARTOGRAPHIE DE L'INSTABILITE DU TRAIT DE COTE EN GUYANE

L'instabilité chronique qui caractérise la côte de Guyane est évaluée selon une méthode basée sur les statistiques spatiales intégrée dans un progiciel de SIG : DSAS (Himmelstoss et al., 2021). Cette méthode et les indicateurs statistiques associés sont utilisés sur la quasi-totalité des domaines côtiers dans le monde pour évaluer la variabilité de la position du trait de côte. Le point de discussion récurrent des études sur la variabilité du trait de côte reste le choix de l'indicateur de cartographie de ce dernier au regard de la résolution des images utilisées. Dans le cas de la Guyane et pour la quasi-totalité de son domaine côtier l'indicateur de la limite de végétation est très discriminant et reflète un état morphologique relativement précis du littoral (G. Brunier et al., 2019; Moisan and De la Torre, 2014; Walcker, 2015).

Dans le cas des côtes sur substrat vaseux la variabilité de cet indicateur du trait de côte traduit soit une avancée du front de mangrove sur un dépôt sédimentaire de vases qui reste pérenne sur plusieurs années voire décennies (Anthony et al., 2010b; Proisy et al., 2009), soit un recul du front de mangrove ou de savane avec l'érosion et la perte de matériaux sédimentaires (G. Brunier et al., 2019). La limite de végétation sur les côtes vaseuses est aisément détectable sur les images de fine ou de moyenne résolution satellitaires ou aériennes. Le calcul des indices statistiques de la variabilité du trait de côte est peu impacté par la résolution des images utilisées car l'intensité des variations du trait de côte (plusieurs dizaines à centaines de mètres par an en avancée comme en recul) est très largement supérieure à l'erreur de positionnement du trait de côte induite par la résolution des images. Les statistiques de variations du trait de côte sur les littoraux vaseux en Guyane reflètent, par conséquent, les processus hydro-morpho-sédimentaires à l'œuvre sur ce type de littoral.

Les statistiques d'évolution de la position du trait de côte sur les plages sont plus difficiles à interpréter et ils nécessitent une approche experte via une connaissance du terrain approfondie. L'indicateur de la limite de végétation sur les plages reflète partiellement l'état morphodynamique du système. Il est construit sur la base de la cartographie de la végétation haute en arrière-côte ou de la végétation rase qui peut s'étendre sur le haut de plage. Cette dernière limite de végétation illustre un état morphologique stable ou en avancée de la plage car bien qu'halophile la végétation rase de haut de plage régresse rapidement si elle est trop submergée. La résolution de l'image est aussi un paramètre qui influence fortement la cartographie de la limite de végétation sur les plages : une image landsat 5 MSS ou 8 OLI à 30 m de résolution peut difficilement retranscrire une extension de la végétation rase dont le signal spectral sera trop mélangé au sein d'un pixel. Les images aériennes, souvent à 0,5 ou 1 m de résolution, permettent au contraire de distinguer clairement cette limite. Les séries temporelles d'images disponibles sur les plages de Guyane ne permettent pas toujours de capter un état morphologique en avancée ou en recul d'une plage : si l'avancée ou le recul d'une plage sont récents sur une image à un instant « t » la végétation rase de haut de plage peut ne pas avoir eu le temps de se mettre en place.

En ce sens et pour les littoraux sableux seulement, les travaux de cartographie in-situ du trait de côte menés depuis 2014 par l'ODYC représentent une ressource fiable et inestimable pour comprendre le fonctionnement de ce littoral en constante évolution.

5.2. EVOLUTION DU TRAIT DE COTE SOUS INFLUENCE DES BANCs DE VASES AMAZONIENS

Le principal moteur de l'instabilité du trait de côte en Guyane et des déplacements interannuels observés est la migration des bancs de vases et la construction d'une plaine côtière composée majoritairement de vases compactées (Brunier et al., 2022; Prost, 1989). Les dynamiques historiques du trait de côte analysées dans cette étude permettent d'observer le passage de 7 bancs de vases entre 1997 et 2021 et leur influence sur les avancées et les reculs du littoral. Il est difficile de déterminer la position et l'influence de ces objets entre 1950 et 1997 en l'absence de données d'imagerie aérienne et satellitaire intermédiaires.

Les bancs de vase vont influencer l'hydrodynamisme et les dynamiques sédimentaires en transitant vers l'ouest le long de la côte sous l'influence majoritaire du régime de vagues d'Alizés de N-E. Les différents travaux ayant estimé leur migration démontrent une vitesse moyenne en augmentation depuis 1990 passant de 0,2 à 1,8 km/an (Froidefond et al., 1988b) à 1 à 3 km/an (Gardel and Gratiot, 2005). Cette masse de sédiment fins connaît plusieurs états de consolidation à l'échelle d'un banc de vase : eaux hypertubides le long des prismes d'accrétion et de la clinoforme subtidale, crème de vase et vasières consolidées et bioturbées (Aller et al., 2004; Allison et al., 2000; Anthony et al., 2013a; G. Brunier et al., 2019). L'hypertubidité des eaux côtières et les crèmes de vases sont déplacées vers l'ouest par le régime de vagues sous l'action de la dérive littorale et participent dans le même temps à atténuer l'énergie de ces dernières par leur viscosité élevée (Winterwerp et al., 2007). Il reste cependant difficile d'estimer une vitesse de migration constante sur l'ensemble des bancs, car ils se déplacent à des vitesses non-homogènes (Gardel and Gratiot, 2005; Walcker, 2015). Parmi les hypothèses explicatives retenues, l'orientation de la côte joue un rôle potentiellement prédominant dans la migration des bancs de vases ainsi que la présence de cours d'eaux. La vitesse de migration des bancs de vases peut se révéler plus élevée sur les côtes du Surinam qu'en Guyane par exemple (Anthony et al., 2019). L'angle d'incidence des houles à la côte, plus normal au rivage en Guyane qu'au Suriname, implique que plus l'angle d'approche des vagues est petit, plus la longueur du banc augmente ainsi que sa vitesse de migration (Gardel and Gratiot, 2006, 2005; Gratiot et al., 2007). Les embouchures ou encore les caps rocheux sont autant de facteurs pouvant décomposer la migration du banc de vase (Anthony et al., 2013a, 2013b; M. Jolivet et al., 2019; Peron et al., 2013). Les estuaires génèrent des courants perpendiculaires à la dérive littorale permettant la formation de dépôts centres favorisant localement la sédimentation des bancs de vases. Les estuaires dits « fixes » sont délimités par des affleurements du socle (*Mahury, Rivière de Cayenne et Kourou*) ou présentent un débit assez important pour maintenir leur embouchure fixe (*Oyapock, Approuague, Maroni*). Les bancs se reconsolident sur les bordures ouest contrairement aux estuaires dits « mobiles » dont les embouchures subissent une déflexion vers le nord-ouest au passage du banc (*Kaw, Sinnamary, Iracoubo, Mana, Organabo*). La mangrove est cependant érodée en période inter-bancs réduisant la déflexion vers l'ouest.

Il est plusieurs fois observé, notamment sur les séries temporelles d'évolution du trait de côte, que la présence d'un banc de vase ne conduit pas systématiquement à une avancée du trait de côte sur la mer. La présence du banc permet d'amortir les vagues et de relativement stabiliser le linéaire côtier qui peut être en légère avancée ou recul comme l'indique nos observations. La mangrove, qui est le principal indicateur du trait de côte en Guyane, croît et s'étend selon un ensemble de paramètres comme une topographie de la vasière intertidale située à 60 cm minimum au-dessus du niveau moyen de marée permettant une exondation minimum (Fiot and Gratiot, 2006; Proisy et al., 2009), une sédimentation importante (Balke T

et al., 2011; Fiot and Gratiot, 2006; Proisy et al., 2009) et une hydrodynamique peu turbulente permettant aux propagules de se fixer sur la vasière (Balke T et al., 2011; Fiot and Gratiot, 2006; Proisy et al., 2009). De larges portions d'un banc de vase ne remplissent pas ces critères de croissance de la mangrove. La présence d'un banc de vase n'est pas, par conséquent, l'assurance d'une croissance de la mangrove et d'une avancée du trait de côte. Les cas des bancs de vases BdV 1 et 4, respectivement sur les secteurs de Awala-Yalimapo-Mana et Sinnamary, illustrent cette situation.

Les phénomènes d'érosion extrêmes (dizaines à centaines de mètres par an de recul) sur ce littoral sont directement en lien avec 1) la reprise d'un hydrodynamisme important et 2) avec la rhéologie des dépôts sédimentaires des vases (G. Brunier et al., 2019). Le transit de la ceinture turbide d'un banc vers l'ouest laisse des eaux côtières bien moins chargées en particules fines sur l'arrière des bancs de vases et sur les secteurs inter-bancs permettant aux vagues de déferler sur les dépôts vaseux consolidés sans déperdition d'énergie. Les différents stades de consolidation des vases amazoniennes au sein d'un banc de vase ou sur la plaine côtière impliquent une forte influence de la bioturbation par les écosystèmes côtiers comme la mangrove par exemple (système racinaire, macrofaune potentiellement) (Aschenbroich et al., 2017; Brunier et al., 2020; G. Brunier et al., 2019; Fiot and Gratiot, 2006; Proisy et al., 2009). Brunier et al. (2019) observe que les dépôts de vase consolidés sont très hétérogènes : myriades de microcavités, lignes de fractures, ou encore sensibilité des argiles à la dessiccation lors des exondations diurnes. La grande hétérogénéité de ces substrats est responsable de leur grande vulnérabilité au déferlement des vagues. Ces dernières effondrent, fracturent et liquéfient les vases consolidées le long de leurs anfractuosités. Les vases consolidées érodées sont retournées à l'état particulaire par liquéfaction augmentant la turbidité des eaux côtières. La turbidité dérive vers les ceintures turbides subtidales des bancs de vase, les réalimentant en matières en suspensions. Les observations in-situ sur les processus d'érosion de ce type de substrats vaseux sont rares en Guyane car ils sont souvent difficiles d'accès (Brunier et al., 2019). L'observation de la dynamique érosive par imagerie aérienne et satellitaire reste l'approche préférentielle.

La cartographie des anciens traits de côte (Plaziat and Augustinus, 2004) sur la base de cartes historiques permet également de mettre en évidence des cycles pluri-décennaux sur les secteurs présentant des déflexions de direction Ouest. L'exemple de l'embouchure de *La Mana* (Figure 36) montre que la formation de la *Pointe Isère* s'inscrirait dans un cycle alors en pleine phase d'érosion en 2021. Ce constat peut être transposé aux secteurs de Iracoubo et Sinnamary qui sont respectivement en phase de progradation et de recul.

Les processus hydro-morpho-sédimentaires mis en évidence sur le littoral sont principalement des échanges le long de la côte comme les échanges de sables dans une cellule littorale ou les échanges entre l'avant et l'arrière-banc. Les échanges de sédiments fins ou grossiers entre le large et la côte sont aujourd'hui très mal décrits et ils sont l'objet de recherche en cours. La cartographie de la position du trait de côte est, en outre, un outil qui n'est pas adapté pour illustrer ces phénomènes car les images aériennes ou satellitaires montrent la résultante de l'ensemble des processus sédimentaires qui régissent la morphologie de la côte.

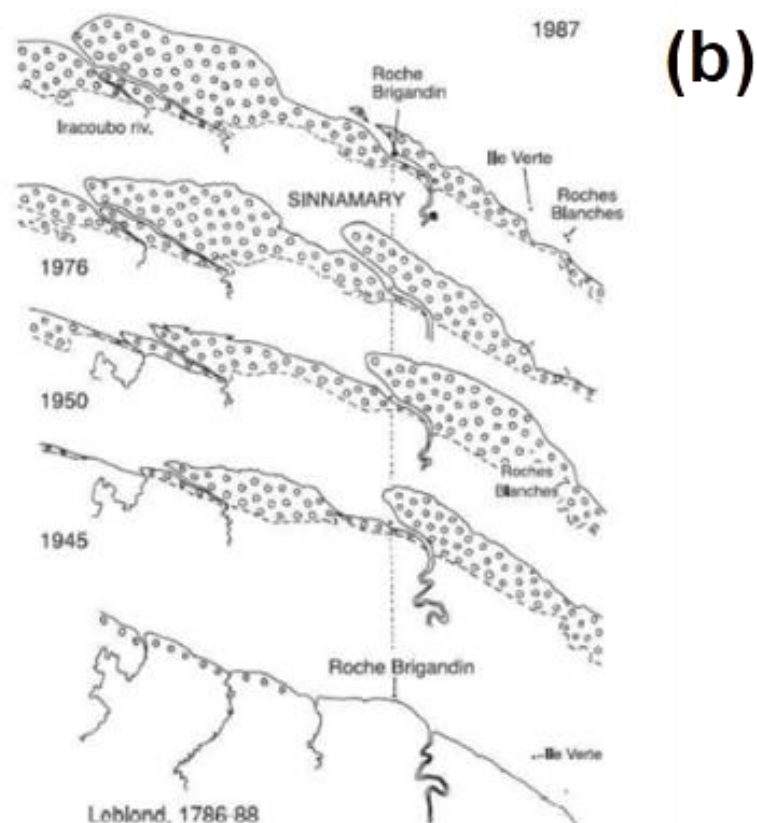
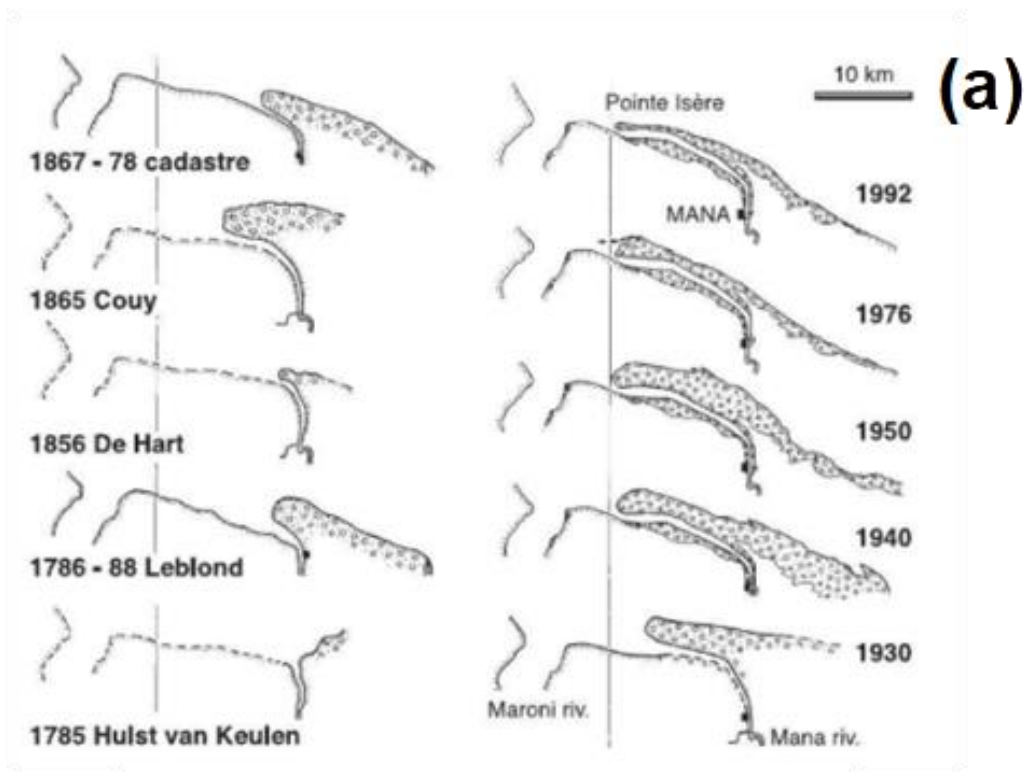


Figure 36 : Evolution historiques du littoral de Guyane (repris de Plaziat et Augustinus, 2004).
 (a) Evolution de l'embouchure de La Mana de 1785 à 1992. (b) Evolution de Sinnamary et Iracoubo entre 1786 et 1987.

5.3. APPORTS POTENTIELS DE L'ETUDE SUR L'AMENAGEMENT DU LITTORAL ET IMPLICATION DES CHANGEMENTS GLOBAUX

Les variations de la position du trait de côte relevées dans cette étude permettent d'établir une cartographie de sa mobilité historique, notamment sur les positions en recul, ce qui offre une vision synoptique des dynamiques passées et actuelles. Le trait de côte a, par le passé, pu être positionné loin à l'intérieur des terres comme au niveau de la piste de l'Anse sur la commune de Sinnamary en 1950 (Figure 26) ou encore lorsque la mer était située quasiment au niveau des Pripris Adrien et de la carrière de sable sur la commune de Iracoubo en 1950 (Figure 25). L'examen des tendances d'évolution du littoral permet d'apprécier les zones en érosion chronique à surveiller comme le littoral des communes de Awala-Yalimapo et de Macouria. Il s'agit dans cette étude d'apporter un socle de connaissances de référence afin d'anticiper les mouvements du littoral et la vulnérabilité des infrastructures de la plaine côtière. Une approche complémentaire à ces travaux peut être de croiser les tendances d'évolution de la position du trait de côte avec les marqueurs géomorphologiques des anciens traits de côte sur la plaine côtière comme les anciennes plages de cheniers qui sont aujourd'hui déconnectées du littoral (Brunier et al., 2022; Prost, 1989).

La dynamique des plages est abordée d'un point de vue historique sur cette étude. Le suivi en détail des sites de plages est, aujourd'hui, réalisé par l'observation in-situ dans le cadre de l'ODYC, cependant, les études historiques sur la variation du trait de côte permettent de mettre en lumière l'intensité des mouvements des littoraux sableux lorsqu'ils sont sous l'influence ou non d'un banc de vase. Cette étude accroît les évidences disponibles pour confirmer les modèles de fonctionnement de ces littoraux sableux, notamment, le modèle de rotation de plage sous l'influence des bancs de vases.

Les impacts des changements climatiques sur le littoral de Guyane sont des questions de recherche en cours. Les forçages océaniques favorisent l'érosion de manière active tout en devenant un facteur réduisant les espaces de colonisation des zones intertidales. Les variations du trait de côte sont très sensibles aux fluctuations du niveau marin. Une variation de 6 cm du niveau des pleines mers pourrait provoquer des modifications de plusieurs dizaines de mètres sur la côte Guyanaise (Figure 37, (Gratiot et al., 2008)).

De plus, les phases du phénomène El Niño ont également des impacts visibles sur le littoral, renforçant notamment l'érosion pendant dans les années 1997 – 1998. En effet, cet épisode El Niño a provoqué une importante sécheresse en Guyane avec des conséquences sur les écosystèmes mais aussi une érosion accrue des plages de sable en lien avec la présence des bancs de vase (spécifiquement sur les plages de poche) en Guyane (Anthony et al., 2010a; Anthony and Dolique, 2004; Gratiot et al., 2008).

Partant d'une échelle temporelle plus grande, l'étude BRGM-MétéoFrance, Guya climat (Longueville et al., 2022) projette les évolutions du climat et du niveau marin en Guyane jusqu'en 2100 au regard des scénarios d'émission du CO₂ atmosphérique publiés par le GIEC. Cette étude met en lumière plusieurs trajectoires pour la Guyane :

- 1) une hausse du niveau marin médian estimée entre +0.25 (scénario d'émissions médianes) à +0.28 m (scénario d'émissions fortes) d'ici 2050 et +0.55 m (scénario d'émissions médianes) à +0.8 m (scénario d'émissions fortes) d'ici 2100 ;
- 2) un climat plus sec sur la façade littorale de Guyane et un renforcement des alizés ;

3) un champ de vague d'alizés renforcé qui tendra à atténuer les vagues plus énergétiques en provenance de l'Atlantique tropical ou boréal.

Le littoral guyanais pourrait subir des changements majeurs avec la concomitance de la hausse du niveau marin et du renforcement du régime d'alizés et des conditions de mer associées. Les conséquences de tels phénomènes restent des questions de recherche ouvertes : il est, en effet, complexe de prévoir l'influence d'une augmentation du niveau marin sur les bancs de vase et leurs migrations, et donc sur les zones susceptibles d'avancée et de recul du trait de côte.

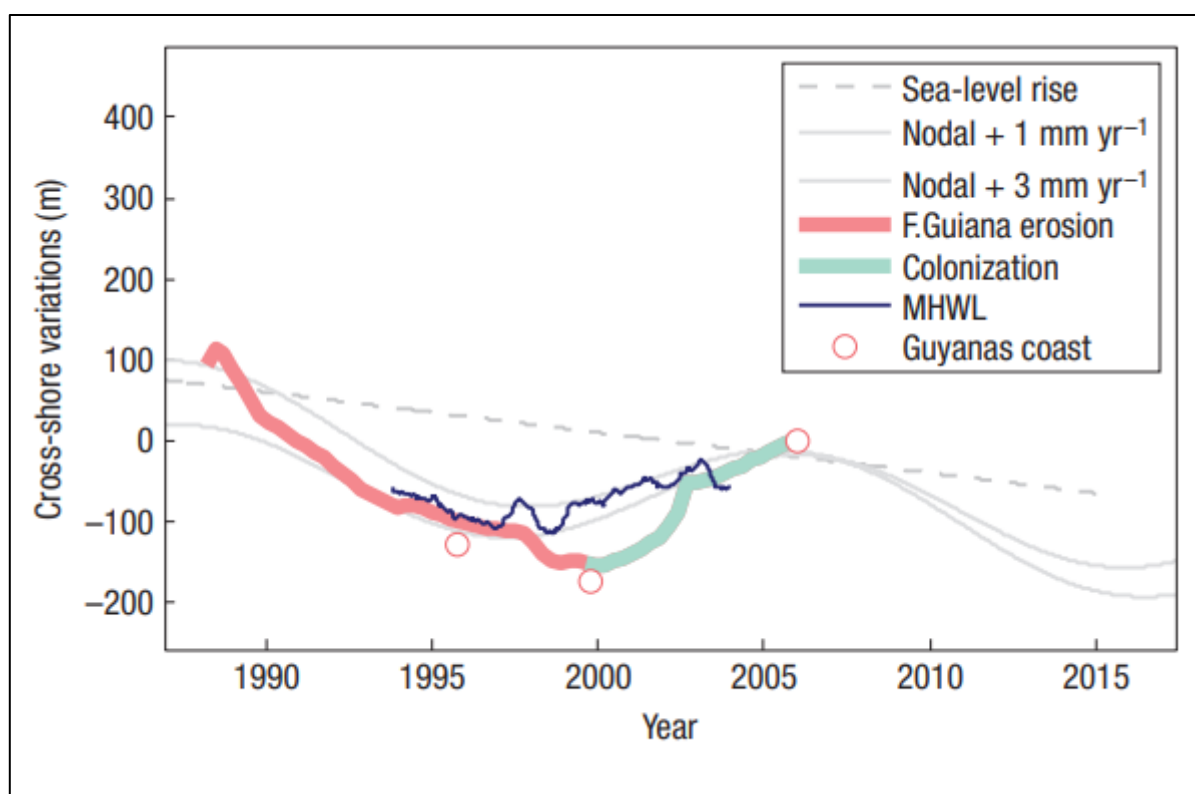


Figure 37 : Variations du trait de côte mesuré (jusqu'en 2006) et projeté (après 2006) le long des côtes de la Guyane Française. Les points blancs indiquent la tendance régionale mesurée, en considérant la côte des Guyanes (Gratiot et al., 2008).

6. Conclusion

Ce travail s'inscrit dans la continuité des actions de numérisation de la position du trait de côte à échelle régionale (Allard et al., 1997) et (Moisan et al., 2014) visant à compléter les données de traits de côte à l'échelle de la Guyane entre 1950 et 2021.

La cartographie de la position du trait de côte est le résultat d'une numérisation réalisée sur un ensemble d'images hétérogènes allant de l'orthophotographie à 0,5 m de résolution jusqu'aux images Landsat à 30 m de résolution. Les indicateurs de trait de côte retenus pour ce travail ont été les limites de végétations (front de mangrove et végétation pionnière sur les cordons sableux) ainsi que le contour extérieur des ouvrages anthropiques. La limite de végétation ne retransmet pas directement l'érosion ou l'accrétion d'un secteur d'un point de vue sédimentaire, mais a permis de retranscrire les grandes tendances d'avancée et de recul du trait de côte en lien avec les passages des bancs de vase présents en Guyane.

Les résultats illustrent que la Guyane présente une importante variabilité du trait de côte et permet l'identification de tendances globales. L'étude montre que 37 % de la côte a tendance à avancer, soit 130 km de linéaire côtier (avancée du trait de côte sur la mer), 43 % de la côte a tendance à reculer, soit environ 150 km de linéaire côtier (recul du trait de côte sur la terre), et 20 % de la côte suit une tendance d'évolution relativement stable compris entre -5 et 5 m/an, soit environ 70 km de linéaire côtier. De manière générale, l'Ouest du littoral montre les évolutions les plus importantes, particulièrement sur le Secteur de *Sinnamary* et d'*Iracoubo* avec des variations absolues de la position du trait de côte atteignant 5 à 6 km sur les 70 dernières années. Les secteurs présentant une avancée générale du trait de côte (de 40 à 60 m/an depuis 1950) sont situés au niveau de *Sinnamary*, Macouria Ouest, la plaine de *Kaw* ainsi que l'ouest de la *Pointe Béhague*. Au contraire, les secteurs présentant un recul général du trait de côte (de -40 à -60 m/an) sont situés au niveau des rizières de *Mana*, *Sinnamary*, la plaine de *Kourou* et *Macouria*. Ces grandes tendances admettent cependant d'importantes variations internes principalement causées par une migration des zones d'accrétion et d'érosion vers l'Ouest qui a été mise en relation avec le mécanisme de migration des bancs de vase.

Mieux comprendre les évolutions passées permet d'anticiper les évolutions futures. Dans un contexte de changement climatique, l'état à travers la loi Climat et Résilience incite les collectivités territoriales à projeter les positions du trait de côte. Le travail présenté dans ce rapport, permet de comprendre et de quantifier les évolutions à l'échelle régionale. Ces résultats viendront ensuite alimenter les études spécifiques à l'échelle des communes et des cellules hydro-sédimentaires.

7. Bibliographie

- Allard, J.-F., Degay, E., Joseph, B., 1997. Cartographie de l'évolution du trait de côte en Guyane de 1950 à 1994 (No. R 39506 SGN/GUY/97). BRGM, Guyane - (973).
- Aller, R.C., Heilbrun, C., Panzeca, C., Zhu, Z., Baltzer, F., 2004. Coupling between sedimentary dynamics, early diagenetic processes, and biogeochemical cycling in the Amazon–Guianas mobile mud belt: coastal French Guiana. *Marine Geology* 208, 331–360. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.04.027>
- Allison, M. a, Lee, M.T., 2004. Sediment exchange between Amazon mudbanks and shore-fringing mangroves in French Guiana. *Marine Geology* 208, 169–190. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.04.026>
- Allison, M. a, Lee, M.T., Ogston, A.S., Aller, R.C., 2000. Origin of Amazon mudbanks along the northeastern coast of South America. *Marine Geology* 163, 241–256. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(99\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(99)00120-6)
- Anthony, E.J., 2015. Assessment of peri-urban coastal protection options in Paramaribo-Wanica, Suriname (Final report). WWF, Paramaribo, Suriname.
- Anthony, E.J., Brunier, G., Gardel, A., Hiwat, M., 2019. Chenier morphodynamics on the amazon-influenced coast of suriname, South America: Implications for beach ecosystem services. *Frontiers in Earth Science* 7. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00035>
- Anthony, E.J., Dolique, F., 2004. The influence of Amazon-derived mud banks on the morphology of sandy headland-bound beaches in Cayenne, French Guiana: a short-to long-term perspective. *Marine Geology* 208, 249–264. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.04.011>
- Anthony, E.J., Gardel, A., Dolique, F., Péron, C., 2010a. Mud banks , sand flux and beach morphodynamics : Montjoly Lagoon beach , French Guiana.
- Anthony, E.J., Gardel, A., Gratiot, N., 2013a. Fluvial sediment supply, mud banks, cheniers and the morphodynamics of the coast of South America between the Amazon and Orinoco river mouths. Geological Society, London, Special Publications 388, 533–560. <https://doi.org/10.1144/sp388.8>
- Anthony, E.J., Gardel, A., Gratiot, N., Proisy, C., Allison, M. a, Dolique, F., Fromard, F., 2010b. The Amazon-influenced muddy coast of South America: A review of mud-bank–shoreline interactions. *Earth-Science Reviews* 103, 99–121. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.09.008>
- Anthony, E.J., Gardel, A., Proisy, C., Fromard, F., Gensac, E., Peron, C., Walcker, R., Lesourd, S., 2013b. The role of fluvial sediment supply and river-mouth hydrology in the dynamics of the muddy, Amazon-dominated Amapá–Guianas coast, South America: A three-point research agenda. *Journal of South American Earth Sciences* 44, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.06.005>
- Aschenbroich, A., Michaud, E., Gilbert, F., Fromard, F., Alt, A., Garrec, V.L., Bihannic, I., Coninck, A.D., Thouzeau, G., 2017. Bioturbation functional roles associated with

- mangrove development in French Guiana, South America. *Hydrobiologia* 794, 179–202. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3093-7>
- Augustinus, P.G.E.F., 2004. The influence of the trade winds on the coastal development of the Guianas at various scale levels: a synthesis. *Marine Geology* 208, 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.04.007>
- Augustinus, P.G.E.F., 1980. Actual development of the chenier coast of suriname (South America). *Sedimentary Geology* 26, 91–113. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(80\)90007-X](https://doi.org/10.1016/0037-0738(80)90007-X)
- Balke T, Bouma TJ, Horstman EM, Webb EL, Erftemeijer PLA, Herman PMJ, 2011. Windows of opportunity: thresholds to mangrove seedling establishment on tidal flats. *Mar Ecol Prog Ser* 440, 1–9.
- Boak, E., Turner, I., 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research Journal of Coastal Research* 21, 688–703. <https://doi.org/10.2112/03-0071.1>
- Bossennec, G., Longueville, F., 2020. Observations à la suite des épisodes d'érosion marine d'avril 2020 sur le littoral de Kourou (Guyane). Rapport d'expertise. (Rapport d'expertise No. BRGM/RP-69903-FR). BRGM.
- Brunier, G., 2023. Commune de Macouria - Expertise état des lieux de l'érosion côtière (Rapport d'expertise No. BRGM/RP-72492-FR). BRGM, Guyane - (973).
- Brunier, G., Anthony, E.J., Gratiot, N., Gardel, A., 2019. Exceptional rates and mechanisms of muddy shoreline retreat following mangrove removal. *Earth Surface Processes and Landforms* 44. <https://doi.org/10.1002/esp.4593>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.02.025>
- Brunier, G., Michaud, E., Fleury, J., Anthony, E.J., Morvan, S., Gardel, A., 2020. Assessing the relationship between macro-faunal burrowing activity and mudflat geomorphology from UAV-based Structure-from-Motion photogrammetry. *Remote Sensing of Environment* 241. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111717>
- Brunier, G., Tamura, T., Anthony, E.J., Dussouillez, P., Gardel, A., 2022. Evolution of the French Guiana coast from Late Pleistocene to Holocene based on chenier and beach sand dating. *Regional Environmental Change* 22, 122. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01975-3>
- Cautru, J.-P., 1994. Carte des formations superficielles.
- Choubert, B., 1956. Carte géologique détaillée de la France, département de la Guyane. Carte géologique détaillée de la France.
- Dolan, R., Hayden, B.P., May, P., May, S., 1980. The Reliability of Shoreline Change Measurements from Aerial Photographs. *Shore and Beach* 48, 22–29.
- Eisma, D., Augustinus, P.G.E.F., Alexander, C., 1991. Recent and subrecent changes in the dispersal of amazon mud. *Netherlands Journal of Sea Research* 28, 181–192. [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(91\)90016-T](https://doi.org/10.1016/0077-7579(91)90016-T)

- Fiot, J., Gratiot, N., 2006. Structural effects of tidal exposures on mudflats along the French Guiana coast. *Marine Geology* 228, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2005.12.009>
- Froidefond, J.M., Pujos, M., Andre, X., 1988a. Migration of mud banks and changing coastline in French Guiana. *Marine Geology* 84, 19–30. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(88\)90122-3](https://doi.org/10.1016/0025-3227(88)90122-3)
- Gallo, M., Vinzon, S., 2005. Generation of overtides and compound tides in Amazon estuary. *Ocean Dynamics* 55, 441–448. <https://doi.org/10.1007/s10236-005-0003-8>
- Gardel, A., Gratiot, N., 2006. Monitoring of Coastal Dynamics in French Guian from 16 Years of SPOT Satellite Images Mangrove dynamics 2004, 2004–2007.
- Gardel, A., Gratiot, N., 2005. A Satellite Image-Based Method for Estimating Rates of Mud Bank Migration , French Guiana , South America 720–729.
- Gardel, A., Proisy, C., Lesourd, S., Philippe, S., Caillaud, J., Gontharet, S., Anthony, E., And, E., 2009. A Better Understanding of Mud Cracking Processes Gained From in Situ Measurements on an Intertidal Mudflat in French Guiana. *Journal of Coastal Research*.
- Gensac, E., 2012. Dynamique morpho-sédimentaire d'un littoral sous influence amazonienne : Impact des forçages hydrosédimentaires sur la migration des bancs de vase et la mangrove côtière : Le cas de la Guyane française (PhD Thesis).
- Gratiot, N., Anthony, E., Gardel, A., Gaucherel, C., Proisy, C., Wells, J., 2008. Significant contribution of the 18.6 year tidal cycle to regional coastal changes. *Nat. Geosci.* 1. <https://doi.org/10.1038/ngeo127>
- Gratiot, N., Gardel, A., Anthony, E.J., 2007. Trade-wind waves and mud dynamics on the French Guiana coast, South America: Input from ERA-40 wave data and field investigations. *Marine Geology* 236, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2006.09.013>
- Himmelstoss, E.A., Farris, A.S., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., Ergul, A., Zhang, O., Zichichi, J.L., Thieler, E.R., 2021. Digital Shoreline Analysis System version 5.1: U.S. Geological Survey software release.
- Johns, W.E., Lee, T.N., Beardsley, R.C., Candela, J., Limeburner, R., Castro, B., 1998. Annual Cycle and Variability of the North Brazil Current. *Journal of Physical Oceanography* 28, 103–128. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1998\)028<0103:ACAVOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1998)028<0103:ACAVOT>2.0.CO;2)
- Jolivet, M., Anthony, E., Gardel, A., Maury, T., Morvan, S., 2022. Dynamics of mud banks and sandy urban beaches in French Guiana, South America. *Regional Environmental Change* 22. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01944-w>
- Jolivet, M., Anthony, E.J., Gardel, A., Brunier, G., 2019. Multi-Decadal to Short-Term Beach and Shoreline Mobility in a Complex River-Mouth Environment Affected by Mud From the Amazon. *Frontiers in Earth Science* 7. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00187>
- Jolivet, Morgane, Gardel, A., Anthony, E., 2019. Multi-decadal Changes on the Mud-dominated Coast of Western French Guiana: Implications for Mesoscale Shoreline Mobility, River-mouth Deflection, and Sediment Sorting. *Journal of Coastal Research* 88, 185. <https://doi.org/10.2112/SI88-014.1>

- Juigner, M., Robin, M., Paul, F., Maanan, M., Debaine, F., Le Guern, C., Gouguet, L., Baudouin, V., 2012. Cinématique d'un trait de côte sableux en Vendée entre 1920 et 2010. Méthode et analyse. *Dynamiques Environnementales* 30, 29–39.
- Lanson, M., Longueville, F., 2022. Observatoire de la dynamique côtière de Guyane – ODyC : Bilan de l'année 2021 (Rapport final No. BRGM/RP-71796-FR). BRGM.
- Lanson, M., Longueville, F., Desmazes, F., 2020. Observatoire de la dynamique côtière de Guyane - ODYC : Bilan de l'année 2020 (Rapport final No. BRGM/RP-70923-FR). BRGM, Guyane - (973).
- Lentz, S.J., 1995. The Amazon River Plume during AMASSEDs: Subtidal current variability and the importance of wind forcing. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 100, 2377–2390. <https://doi.org/10.1029/94JC00343>
- Longueville, F., 2018. Observations à la suite des épisodes l'érosion marine de fin février/début mars 2018 sur le littoral de Kourou (Guyane). (Rapport d'expertise No. BRGM/RP-67900-FR). BRGM.
- Longueville, F., 2017. Observations suite aux épisodes d'érosion marine de fin d'année 2016 sur le littoral de Kourou (Guyane). Rapport d'expertise. (Rapport d'expertise No. RP-66669-FR). BRGM.
- Longueville, F., Bossennec, G., 2019. Rapport d'expertise : Observations à la suite des épisodes de submersion marine du 28 octobre 2019 sur le littoral d'Awala-Yalimapo (Guyane) (Rapport d'expertise No. BRGM/RP-69426-FR). BRGM.
- Longueville, F., Bourbon, P., 2016. Compte rendu des épisodes de submersions marines de février 2016 à Kourou (Guyane). Rapport d'expertise. (Rapport d'expertise No. RP-65691-FR). BRGM.
- Longueville, F., Brivois, O., 2019. Projection de la position du trait de côte aux horizons 2030 et 2050 sur les rizières de Mana. (Rapport final No. BRGM/RP-69182-FR).
- Longueville, F., Lanson, M., 2022. Épisodes d'érosion du 3 au 7 janvier 2022 sur le littoral d'Awala-Yalimapo (Guyane) : avis et recommandations du BRGM. Rapport d'expertise. (Rapport d'expertise No. BRGM/RP-71515-FR). BRGM.
- Longueville, F., Thieblemont, R., Bel Madani, A., Idier, D., Palany, P., D'Anna, M., Dutrieux, P.-C., Védie, L., Lanson, M., Suez-Panama-Bouton, B., 2022. Impacts du changement climatique sur différents paramètres physiques en Guyane : caractérisation et projection - GuyaClimat (Rapport final No. BRGM/RP-72111-FR). BRGM, Guyane - (973).
- Mallet, C., Michot, A., De la Torre, Y., Lafon, V., Robin, M., Prevotiaux, B., 2012. Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte. (Rapport final No. BRGM/RP-60616-FR). BRGM, Guyane - (973).
- Moisan, M., De la Torre, Y., 2014. Évolution du trait de côte en Guyane : Caractérisation de la dynamique côtière entre 1950 et 2013 à l'échelle régionale (Rapport final No. RP62904- FR). BRGM.
- Moisan, M., Prian, J.-P., 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 final No. BRGM/RP-60823-FR). BRGM, Guyane - (973).

- Nebel, T., Brunier, G., 2023. Observatoire de la dynamique côtière de Guyane – ODyC : Bilan de l'année 2022 et fiches de site (Rapport final No. BRGM/RP-72892-FR). BRGM, Guyane - (973).
- Oyedotun, T.D.T., 2014. Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis. *Geomorphological Techniques* (online edition) 2, 1–12.
- Peron, C., Chatelet, A., Gensac, E., Gardel, A., 2013. Mud bank migration from remote sensing and bathymetric data : The example of the Kourou River Estuary, French Guiana, South America, *Journal of Coastal Research*. <https://doi.org/10.2112/SI65-095.1>
- Plaziat, J.-C., Augustinus, P.G.E.F., 2004. Evolution of progradation/erosion along the French Guiana mangrove coast: a comparison of mapped shorelines since the 18th century with Holocene data. *Marine Geology* 208, 127–143. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2004.04.006>
- Proisy, C., Gratiot, N., Anthony, E.J., Gardel, A., Fromard, F., Heuret, P., 2009. Mud bank colonization by opportunistic mangroves: A case study from French Guiana using lidar data. *Continental Shelf Research* 29, 632–641. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.09.017>
- Prost, M.T., 1989. Coastal Dynamics and Chenier Sands in French Guiana. *Marine Geology* 90, 259–267.
- Pujos, M., Froidefond, J.-M., 1995. Water masses and suspended matter circulation on the French Guiana continental shelf. *Continental Shelf Research* 15, 1157–1171. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(94\)00062-R](https://doi.org/10.1016/0278-4343(94)00062-R)
- Robin, M., 2002. Étude des risques côtiers sous l'angle de la géomatique. *Annales de Géographie* 111, 471–502.
- SHOM, 2022. Références Altimétriques Maritimes - Ports de France métropolitaine et d'outre-mer. SHOM.
- Tas, S.A.J., van Maren, D.S., Helmi, M., Reniers, A.J.H.M., 2022. Drivers of cross-shore chenier dynamics off a drowning coastal plain. *Marine Geology* 445, 106753. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2022.106753>
- Thior, M., Sy, A.A., Cisse, I., Dieye, E.H.B., Sane, T., Ba, B.D., Solly, B., Descroix, L., 2021. Approche cartographique de l'évolution du trait de côte dans l'estuaire de la Casamance. *mappemonde*. <https://doi.org/10.4000/mappemonde.5939>
- van Ledden, M., Vaughn, G., Lansen, J., Wiersma, F., Amsterdam, M., 2009. Extreme wave event along the Guyana coastline in October 2005. *Continental Shelf Research* 29, 352–361. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.03.010>
- Walcker, R., 2015. Dynamique spatiale des mangroves de Guyane de 1950 à 2010: forçage océano-climatique et conséquence pour le stock de carbone côtier.
- Winterwerp, J., de Graaff, R., Groeneweg, J., Luijendijk, A., 2007. Modeling of wave damping at Guyana mud coast. *Coastal Engineering* 54, 249–261. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2006.08.012>

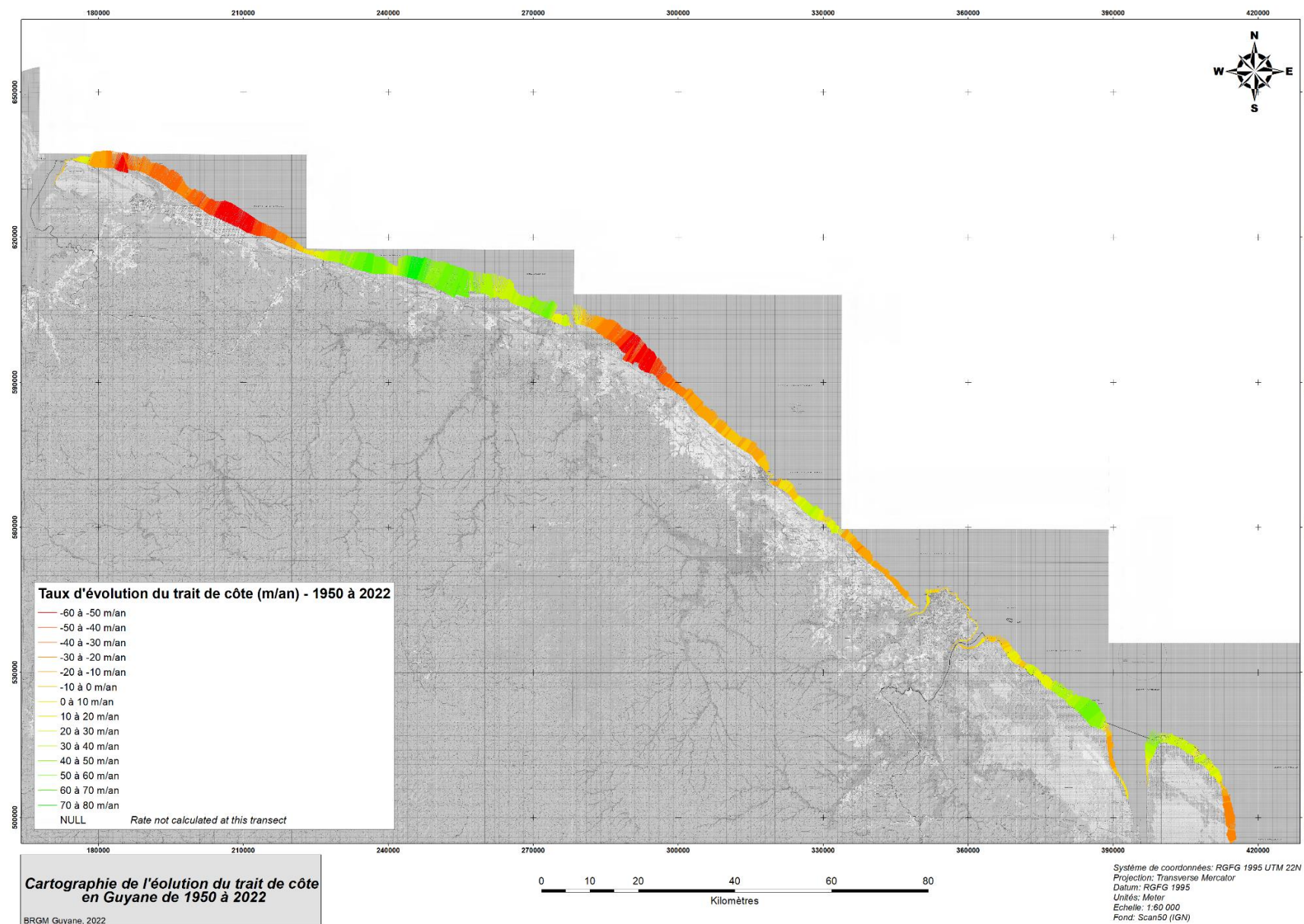
Annexe 1 Liste des images et orthophotographies compilées dans l'étude

2008/07/01	13:59	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080701-135916-283_L1C_690-340-0_D	10
2008/07/27	13:58	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080727-135845-283_L1C_691-340-0_D	10
2008/08/11	14:09	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080811-140954-793_L1C_688-339-0_D	10
2008/08/17	13:54	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080817-135422-565_L1C_689-339-0_D	10
2008/09/28	13:45	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080928-134557-726_L1C_689-339-0_D	10
2008/10/09	13:34	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20081009-133422-569_L1C_692-341-0_D	10
2008/11/02	14:11	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20081102-141155-555_L1C_687-338-0_D	10
2008/11/04	13:33	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20081104-133343-773_L1C_692-341-0_D	10
2005/03/28	14:12	Spot 5	SPOT5-HRG1-XS_20050328-141232-576_L1C_689-339-0_D	10
2005/10/01	14:14	Spot 5	SPOT5-HRG1-XS_20051001-141404-297_L1C_691-340-6_D	10
2005/10/12	14:02	Spot 5	SPOT5-HRG1-XS_20051012-140218-841_L1C_692-340-6_D	10
2005	NaN	Orthophotographie (ING)	Ortho2005	0,5
2004/11/10	13:55	Spot 4	SPOT4-HRVIR1-XS_20041110-135502-482_L1C_688-339-0_D	20
2004/07/08	13:57	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20040708-135742-279_L1C_688-338-8_D	20
2004/07/29	13:54	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20040729-135407-983_L1C_689-339-2_D	20
2004/09/14	13:50	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20040914-135049-867_L1C_690-339-9_D	20
2004/10/31	13:47	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20041031-134726-625_L1C_692-341-0_D	20
2004/10/02	14:47	Spot 5	SPOT5-HRG1-XS_20041002-141725-441_L1C_690-339-3_D	10
2004/10/18	14:09	Spot 5	SPOT5-HRG1-XS_20041018-140951-197_L1C_691-340-2_D	10
2002/11/29	NaN	Landsat 7	LE07_L2SP_228056_20021129_20200916_02_T1	30
2002/07/11	13:56	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20020711-135614-158_L1C_692-340-9_C_V1-0	20
2002/10/07	14:15	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20020805-141538-071_L1C_691-340-2_C_V1-0	20
2002/11/02	14:03	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20021007-140359-802_L1C_689-339-2_C_V1-0	20
2002/11/12	14:04	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20021102-140407-866_L1C_690-339-4_C_V1-0	20
2002/11/12	14:11	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20021112-141151-311_L1C_691-340-0_C_V1-0	20
2001/10/24	13:57	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20011024-135702-529_L1C_691-340-3_C_V1-0	20
2001/09/22	14:12	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20010922-141246-228_L1C_692-341-0_C_V1-0	20
2001	NaN	Orthophotographie (IGN)	Ortho2001	0,5
1950	NaN	Orthophotographie (ING)	Bd historique	0,5

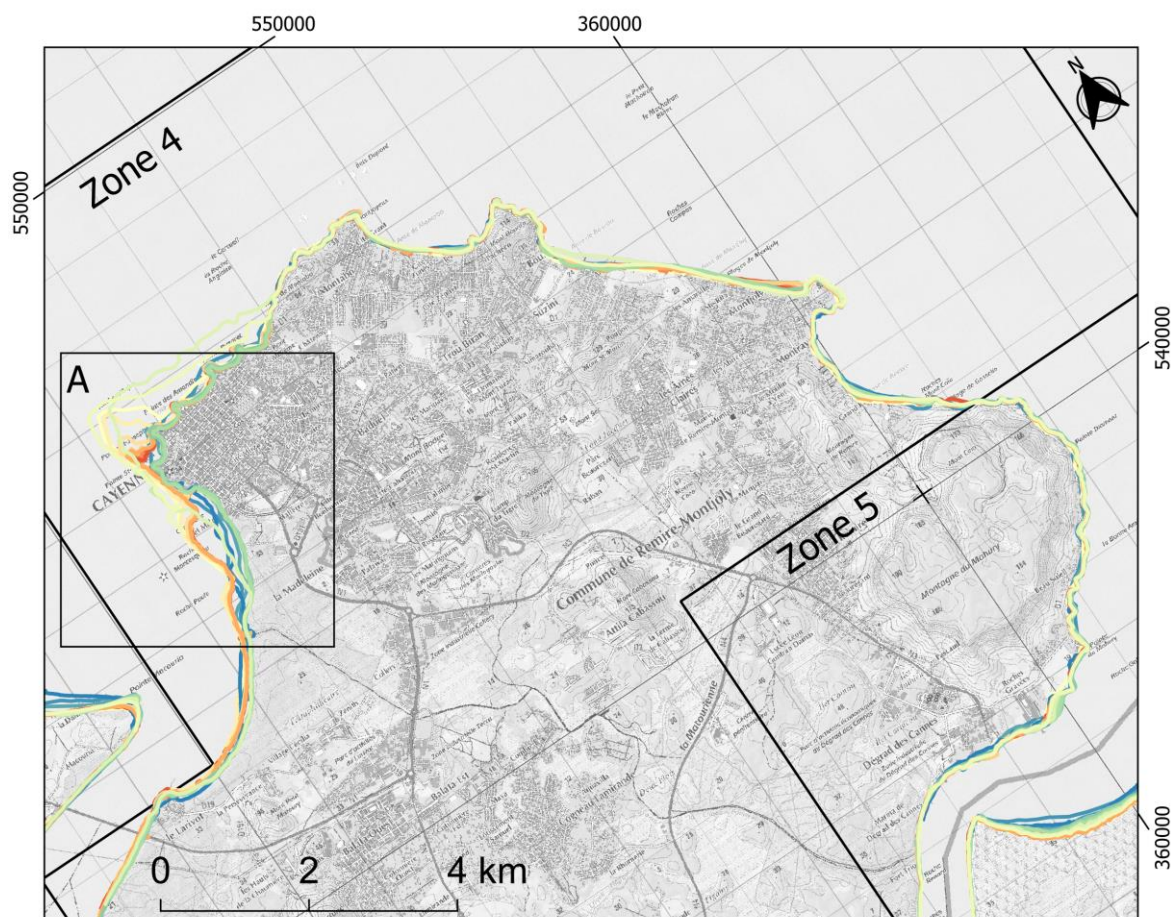
2017/10/04	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20171004-140058-455_L2A_T22NCL_D_V1-7	10
2017/10/14	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20171014-140051-456_L2A_T22NCL_D_V1-4	10
2017/10/27	14:10	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20171027-141045-459_L2A_T22NBM_D_V1-7	10
2017/09/19	14:00	Sentinel 2 B	SENTINEL2B_20170919-140040-456_L2A_T22NBM_D_V1-7	10
2017/10/29	14:00	Sentinel 2 B	SENTINEL2B_20171029-140039-458_L2A_T22NCL_D_V1-7	10
2016/08/20	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20160820-140054-461_L2A_T22NBL_D	10
2016/08/20	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20160820-140054-461_L2A_T22NBM_D	10
2016/09/22	14:10	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20160922-141041-459_L2A_T22NBM_D	10
2016/09/29	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20160929-140047-457_L2A_T22NCL_D	10
2016/10/09	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20161009-140056-458_L2A_T22NDK_D	10
2016/10/19	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20161019-140047-459_L2A_T22NBM_D	10
2016/11/01	14:10	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20161101-141043-464_L2A_T22NBM_D	10
2016/08/20	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20160820-140054-461_L2A_T22NBL_D	10
2016/08/20	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20160820-140054-461_L2A_T22NBM_D	10
2016/09/22	14:10	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20160922-141041-459_L2A_T22NBM_D	10
2016/09/29	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20160929-140047-457_L2A_T22NCL_D	10
2016/10/09	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20161009-140056-458_L2A_T22NDK_D	10
2016/10/19	14:00	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20161019-140047-459_L2A_T22NBM_D	10
2016/11/01	14:10	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20161101-141043-464_L2A_T22NBM_D	10
2014/09/03	13:52	Landsat 8	LANDSAT8-OLITIRS-XS_20140903-135219-243_L2A_T21NZG_C_V2-2	10
2014/09/12	13:46	Landsat 8	LANDSAT8-OLITIRS-XS_20140912-134610-243_L2A_T22NBM_C_V2-2	10
2014/09/28	13:45	Landsat 8	LANDSAT8-OLITIRS-XS_20140928-134557-170_L2A_T22NCL_C_V2-2	10
2014/10/14	13:46	Landsat 8	LANDSAT8-OLITIRS-XS_20141014-134615-119_L2A_T22NCL_C_V2-2	10
2014/10/30	13:46	Landsat 8	LANDSAT8-OLITIRS-XS_20141030-134611-094_L2A_T22NBL_C_V2-2	10
2014/08/04	NaN	Landsat 8	LC08_L2SP_226057_20140804_20200911_02_T2	10
2014/09/05	NaN	Landsat 8	LC08_L2SP_226057_20140905_20200911_02_T1	10
2014/11/24	NaN	Landsat 8	LC08_L2SP_226057_20141124_20200910_02_T2	10
2011/10/22	NaN	Landsat 5	LT05_L2SP_227056_20111022_20200820_02_T1	30
2011/10/22	NaN	Landsat 5	LT05_L2SP_227057_20111022_20200820_02_T1	30
2011/10/13	NaN	Landsat 5	LT05_L2SP_228056_20111013_20200820_02_T2	30
2011/09/027	13:50	Spot 4	SPOT4-HRVIR1-XS_20110927-135007-068_L1C_687-338-9_D	10
2011/09/18	13:13	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20110918-132337-914_L1C_690-339-8_D	10
2011/10/30	14:11	Spot 4	SPOT4-HRVIR2-XS_20111030-131339-094_L1C_692-340-9_D	10
2011/09/24	13:52	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20110924-141157-729_L1C_690-339-0_D	10
2011/09/25	13:35	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20110925-135243-962_L1C_688-338-5_D	10
2011/11/06	13:44	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20111106-134436-641_L1C_691-340-1_D	10
2008/08/13	14:03	Spot 4	SPOT4-HRVIR1-XS_20080813-140330-474_L1C_688-339-0_D	20
2008/06/26	13:55	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080626-135523-969_L1C_689-339-0_D	10
2008/07/01	13:59	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080701-135907-764_L1C_690-339-0_D	10
2008/07/01	13:59	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080701-135916-283_L1C_690-340-0_D	10
2008/07/27	13:58	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080727-135845-283_L1C_691-340-0_D	10
2008/08/11	14:09	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080811-140954-793_L1C_688-339-0_D	10
2008/08/17	13:54	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080817-135422-565_L1C_689-339-0_D	10
2008/09/28	13:45	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080928-134557-726_L1C_689-339-0_D	10
2008/10/09	13:34	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20081009-133422-569_L1C_692-341-0_D	10
2008/11/02	14:11	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20081102-141155-555_L1C_687-338-0_D	10
2008/11/04	13:33	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20081104-133343-773_L1C_692-341-0_D	10
2008/08/13	14:03	Spot 4	SPOT4-HRVIR1-XS_20080813-140330-474_L1C_688-339-0_D	20
2008/06/26	13:55	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080626-135523-969_L1C_689-339-0_D	10
2008/07/01	13:59	Spot 5	SPOT5-HRG2-XS_20080701-135907-764_L1C_690-339-0_D	10

2022/01/04	16:40	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20220104T141051_N0301_R110_T22NBM_20220104T164033	10
2022/01/31	17:19	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20220131T140051_N0400_R067_T22NBM_20220131T171954	10
2022/01/31	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20220131T140051_N0400_R067_T22NCL_20220131T171954	10
2022/02/20	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20220220T140051_N0400_R067_T22NDK_20220220T171115	10
2022/01/09	14:10	Sentinel 2 A	S2B_MSIL2A_20220109T141039_N0301_R110_T21NZG_20220109T164344	10
2022/01/09	14:10	Sentinel 2 A	S2B_MSIL2A_20220109T141039_N0301_R110_T22NBM_20220109T164344	10
2022/01/16	14:00	Sentinel 2 A	S2B_MSIL2A_20220116T140049_N0301_R067_T22NBL_20220116T163836	10
2022/01/16	14:00	Sentinel 2 A	S2B_MSIL2A_20220116T140049_N0301_R067_T22NBM_20220116T163836	10
2022/01/29	14:10	Sentinel 2 A	S2B_MSIL2A_20220129T141039_N0400_R110_T21NZG_20220129T173433	10
2022/02/05	14:00	Sentinel 2 A	S2B_MSIL2A_20220205T140049_N0400_R067_T22NDL_20220205T172358	10
2021/09/23	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20210923T140021_N0301_R067_T22NBM_20210923T164144	10
2021/09/23	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20210923T140021_N0301_R067_T22NCL_20210923T164144	10
2021/09/23	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20210923T140021_N0301_R067_T22NDK_20210923T164144	10
2021/10/16	14:01	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20211003T140101_N0301_R067_T22NCL_20211003T163336.S	10
2021/11/12	14:10	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20211016T141051_N0301_R110_T22NBM_20211016T163949	10
2021/11/12	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20211112T140051_N0301_R067_T22NCL_20211112T163401	10
2021/11/12	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20211112T140051_N0301_R067_T22NDK_20211112T163401	10
2021/09/21	14:10	Sentinel 2 A	S2B_MSIL2A_20210921T141049_N0301_R110_T21NZG_20210921T181222	10
2020/09/18	14:01	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20200918T140101_N0214_R067_T22NCL_20200918T162832	10
2020/09/28	14:01	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20200928T140101_N0214_R067_T22NBL_20200928T164403	10
2020/09/28	14:01	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20200928T140101_N0214_R067_T22NBM_20200928T164403	10
2020/10/01	14:10	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20201001T141051_N0214_R110_T22NBM_20201001T165930	10
2020/10/18	14:01	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20201018T140101_N0214_R067_T22NBM_20201018T162426	10
2020/10/18	14:01	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20201018T140101_N0214_R067_T22NCL_20201018T162426	10
2020/10/21	14:10	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20201021T141051_N0214_R110_T21NZG_20201021T163221	10
2020/10/21	14:10	Sentinel 2 A	S2A_MSIL2A_20201021T141051_N0214_R110_T21NZG_20201021T163221.S	10
2020/10/16	14:10	Sentinel 2 A	S2B_MSIL2A_20201016T141049_N0214_R110_T21NZG_20201016T163257	10
2020/08/24	14:00	Sentinel 2 B	SENTINEL2B_20200824-140112-496_L2A_T22NCL_C_V2-2	10
2019/10/24	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL1C_20191024T140101_N0208_R067_T22NBM_20191024T154045	10
2019/10/27	14:10	Sentinel 2 A	S2A_MSIL1C_20191027T141051_N0208_R110_T21NZG_20191027T154932.S	10
2019/10/27	14:10	Sentinel 2 A	S2A_MSIL1C_20191027T141051_N0208_R110_T22NBM_20191027T154932	10
2019/09/19	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL1C_20190919T140049_N0208_R067_T22NCL_20190919T153847	10
2019/10/09	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL2A_20191009T140059_N0213_R067_T22NBL_20191009T194912	10
2019/10/09	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL2A_20191009T140059_N0213_R067_T22NDK_20191009T194912	10
2019/10/19	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL2A_20191019T140059_N0213_R067_T22NDL_20191019T162656	10
2019/10/29	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL2A_20191029T140059_N0213_R067_T22NCL_20191029T162154	10
2019/11/13	14:01	Sentinel 2 A	SENTINEL2A_20191113-140102-852_L2A_T22NBM_C_V2-2	10
2019/11/01	14:10	Sentinel 2 B	SENTINEL2B_20191101-141055-651_L2A_T22NBM_C_V2-2	10
2018/11/08	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL1C_20181108T140051_N0207_R067_T22NCL_20181108T155036	10
2018/10/24	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL1C_20181024T140049_N0206_R067_T22NBL_20181024T192119	10
2018/10/24	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL1C_20181024T140049_N0206_R067_T22NBM_20181024T192119	10
2018/10/24	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL1C_20181024T140049_N0206_R067_T22NCL_20181024T192119	10
2018/10/27	14:10	Sentinel 2 B	S2B_MSIL1C_20181027T141049_N0206_R110_T21NZG_20181027T173016	10
2018	NaN	Orthophotographie(ING)	Bdortho2018	0,5
2017/09/04	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL1C_20170904T140051_N0205_R067_T22NCL_20170904T140051	10
2017/08/24	14:00	Sentinel 2 A	S2A_MSIL1C_20170924T140051_N0205_R067_T22NBM_20170924T140048	10
2017/10/07	14:10	Sentinel 2 A	S2A_MSIL1C_20171007T141041_N0205_R110_T22NBM_20171007T141044	10
2017/08/23	14:10	Sentinel 2 B	S2B_MSIL1C_20170823T141039_N0205_R110_T21NZG_20170823T141042	10
2017/08/30	14:00	Sentinel 2 B	S2B_MSIL1C_20170830T140049_N0205_R067_T22NBL_20170830T140046	10

Annexe 2 Taux d'évolution du trait de côte (m/an) en Guyane de 1950 à 2022



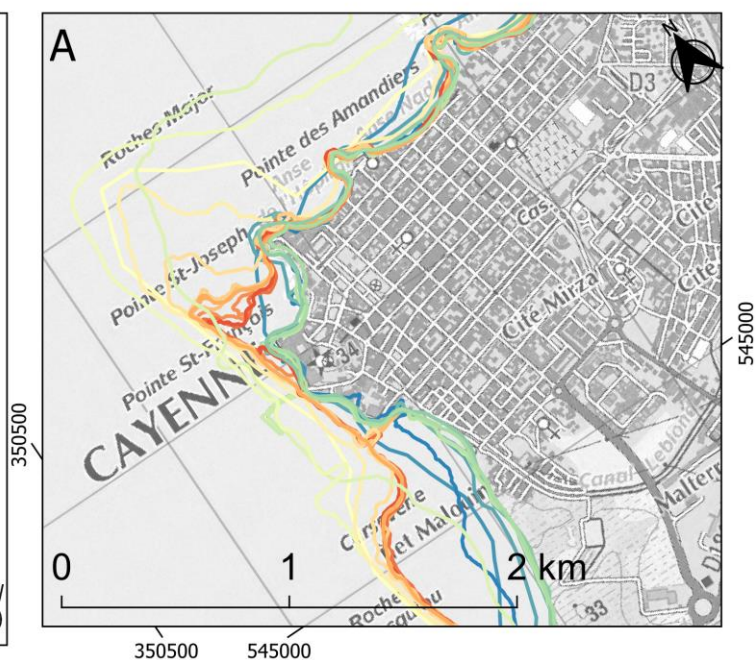
Annexe 3 Cartographie du trait de côte de la zone 4



Trait de côte - 1950 à 2021

- 1950
- 1988
- 1997
- 2001
- 2002
- 2004
- 2005
- 2006
- 2008
- 2011
- 2013
- 2014
- 2015
- 2016
- 2017
- 2018
- 2019
- 2020
- 2021

RGFG 1995 UTM 22N
Fond Scan 50(IGN)



BRGM/RP-72903-FR – Rapport provisoire



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemain

BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale ou UTAM

Adresse

Tél. :

www.brgm.fr