



Centre de Cayenne
BP 165
97323 Cayenne cedex

L'EROSION COTIERE EN GUYANE

MT.PROST & C.CHARRON

Colloque international sur la defense des côtes et protection du littoral
Nante 17-20 octobre 1991

28 FEV. 1992

ORSTOM Fonds Documentaire

N° 35.013 ex 1

Cote :

B

11

p 60

L'EROSION COTIERE EN GUYANE

PROST M.T.* & CHARRON C.**1

Résumé

Les côtes de la Guyane sont caractérisées par des changements morphosédimentaires très actifs sous l'influence du système de dispersion amazonien : environ 280 millions de m³ de sédiments fins sont transportés annuellement le long des côtes par les courants et par la houle. Il en résulte un système morphodynamique spécifique avec alternance des secteurs d'accumulation (bancs de boue colonisés par la mangrove dans un rivage en progradation) et d'érosion (cordons sableux ou mangrove en recul). Les bancs de boue et les espaces interbancs migrent continuellement vers le NO, ce qui fait que le même secteur de la côte est alternativement touché par l'accumulation ou par l'érosion. Le travail ici présenté traite de l'érosion actuelle à court et à moyen terme (saisons, années, décennie). Il s'appuie sur des travaux de terrain et sur la télédétection (scènes SPOT-1, LANSAT MSS et LANDSAT TM). Les résultats obtenus révèlent que les secteurs étudiés (à Cayenne, à Kourou-Sinnamary et à Mana) sont, à présent, le siège d'une érosion étendue et significative. Cette constatation est importante car l'érosion côtière en Guyane n'a pas été, jusqu'à présent, prise sérieusement en compte, l'envasement des côtes et le développement de la mangrove littorale étant considérés comme des barrières de protection efficaces. Minimiser l'impact érosif sur ces côtes boueuses, basses et marécageuses est, en effet, une erreur : le recul, dépérissement et mort de la mangrove, l'érosion des rivages siliceux à cheniers et des marais côtiers - et même l'attaque mécanique des tourbes littorales - sont une réalité. Un des exemples les plus frappants est celui de la côte à "dents de scie" de Mana où l'alternance des anses sableuses et des pointes de vase témoigne de l'ampleur de l'érosion.

Abstract

COASTAL EROSION IN FRENCH GUIANA

Modern shoreline changes in French Guiana are very active, linked to the Amazon Dispersal System: approximately 250 million m³ of fine grained sediments are transported annually by the currents and the waves along the Guianas coastline. As the result, a specific sedimentation pattern with alternating sectors of deposition (mudbanks and mudflats, with coastal progradation) and erosion (interbank zones, with erosion of the mangrove forest and of the siliclastic shorelines) characterizes the foreshore/shoreface area. Mudbanks and mudflats migrate slowly to the NW. On account of this dynamic, shoreline is continually changing. Our paper focused on modern coastal erosion within some interbank areas representing seasonal, interannual and decade time scales, owing to field studies and Remote Sensing data (SPOT-1 and LANDSAT MSS and TM); the results reveal that these areas (in Cayenne, Kourou-Sinnamary and Mana) are being extensively eroded despite the considerable amazonian supply. Such conclusion is important, furthermore coastal erosion in French Guiana was (and still is) considered as a minor event, coastal silting and correlated mangrove development being uphold as consistent barriers against shoreline retreat... To minimize coastal erosion is however a mistake : most significant has been the retreat of mangroves, of the cheniers' coasts, of the coastal swamps and even the mechanical erosion of peat. One of the most striking exemples is presently the zone of Mana (near the Maroni River mouth) where a sharply indented shoreline indicates a maximum of coastal erosion.

Mots-clés : Dynamique littorale. Bancs de boue. Espaces inter-bancs. Progradation. Erosion. Guyane. Télédétection.

Key-words : Coastal dynamics. Mudbanks. Interbank zones. Progradation. Erosion. French Guiana. Remote sensing data.

1*Géomorphologue. ** Télédécteur. Centre ORSTOM de Cayenne. BP 165. 97323 Cayenne Cedex. Guyane.

I - INTRODUCTION

L'évolution actuelle des côtes de la Guyane est directement liée au système de dispersion amazonien.

A. - Caractéristiques majeures du système de dispersion amazonien

Les zones influencées par le système de dispersion amazonien constituent un ensemble d'environ 5000 km au nord de l'Amérique du Sud (NITTROUER & DeMASTER, 1987); les apports du bassin versant contribuent pour environ 16% de l'eau douce (MULLER -KARGER et al., 1988) et 10% des sédiments (MEADE et al. 1985) déversés chaque année dans l'Océan mondial.

La charge en suspension est largement dominante ($11 \text{ à } 13 \times 10^8$ tonnes/an) par rapport à la charge de fond (1×10^8 tonnes/an). Certes, la plus grande partie des sédiments en suspension s'accumule dans la zone de l'estuaire et sur la plate-forme amazonienne ; mais une autre partie (entre 10 et 20% de la charge totale) est transportée par les courants et par la houle le long des côtes des Guyanes (D. EISMA, 1988) et a une influence directe sur l'évolution morphosédimentaire des rivages, avec formation de bancs de vase (zones d'accumulation) séparés par des espaces interbancs (zones d'érosion).

Un bancsde vase "typique" a entre 40 et 60 km de longueur, 10 à 20 km de largeur (espaces intertidal et infratidal réunis) et environ 5 m de hauteur. Il est généralement orienté à 24° par rapport à la côte et a un profil convexe ou asymétrique. En Guyane, il existe actuellement 5 bancs de vase, séparés l'un de l'autre par des espaces interbancs de dimensions comparables.

B - Dynamique du transport annuel des rejets fins amazoniens vers les Guyanes

Le programme NOE (Nord Ouest Equatorial) conduit par le Centre ORSTOM de Cayenne (COLIN C., 1989 ; COLIN C. et al., 1991) dans l'océan Atlantique Equatorial de l'Ouest concerne la variabilité saisonnière des transports de masse et de chaleur en face de la Guyane. L'étude des vents de surface et des courants met en relief un rythme annuel qui commande le transfert des rejets fins amazoniens.

Les vents au large de la Guyane sont fortement liés au déplacement de la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC). Il en résulte: l'alizé de NE, instable, qui souffle pendant l'hiver boréal (la ZIC se trouve alors au sud de l'équateur) et l'alizé de SE, moins instable, qui domine pendant l'été boréal (la ZIC se situant alors au nord de l'équateur).²

Le système de courants de surface est lié à la distribution des vents (période 1989-1990. C. COLIN, 1990), à savoir :

- en hiver boréal (février 1990) le courant des Guyanes (CG) prolonge vers le NO le Courant Côtier Nord du Brésil (CCNB) (doc. 1). Le CG est fort, (> 120 cm/s), confiné aux premiers 200 m, relativement étroit (< 150 miles nautiques de la côte), situé sur la plate-forme continentale et sur le talus. Il assure l'exportation à la fois des eaux et des rejets fins amazoniens (F. MULLER - KARGER, C. R. McCLAIN & P. L. RICHARDSON, 1988; projet AMASSEDS, 1990) et est à l'origine sur les rivages de la Guyane, du déplacement principal des bancs de vase (± 1200 à 800 m/an. FROIDEFOND J.M. et al., 1985; PROST M.T., 1990) et de l'érosion active des espaces interbancs

- en été boréal, par contre, quand la ZIC se trouve vers 10° N, le CG a presque complètement disparu au large de Cayenne (C. COLIN, 1990). Le CG subit une retroflexion entre 4° N et 6° N (doc. 2) et nourrit le Contre-Courant Nord-Equatorial.

² Cette disposition générale est en accord avec les observations faites par le Centre Spatial Guyanais, à Kourou, pour la période 1976-1990.

Environ 50 à 60% de la charge fine amazonienne est ainsi exportée vers le large. En Guyane la mer est plus calme, moins chargée en sédiments; les déplacements des bancs sont ralentis (± 100 à 200 m/an. FROIDEFOND J.M. et al, 1985; PROST M.T., 1990) et l'érosion diminue.

C. Migration des bancs de vase et des espaces Interbancs le long des rivages.

Une séquence verticale de boues massives et laminées apparaît dans presque tous les sondages faits au Surinam (RINE & GINSBURG, 1985) : elle atteste l'accumulation rapide des vases pendant la période principale de transport. Dans les zones interbancs, par contre, prédominent des structures discontinues et d'érosion.

A cette séquence verticale correspond, au long des rivages guyanais, une séquence horizontale constituée par les zones en progradation (surfaces vaseuses intertidales colonisées par la mangrove) et des espaces interbancs (mangrove en recul, plages ou cheniers. **Doc. 3 et 4**).

Certes, les bancs migrent pendant la période de pointe par érosion des parties distales et accumulation dans les parties frontales (P. AUGUSTINUS, 1978). Mais la configuration des rivages, la propagation de la houle, l'état physique des vases sont quelques uns des nombreux facteurs locaux qui introduisent des modifications.³ La notion de "cycle"⁴ - longtemps acceptée en Guyane comme une réalité - est à revoir : si la variabilité annuelle est un fait acquis, l'inter-variabilité annuelle, mieux connue à présent, a également une variabilité significative.

II - L'EROSION DES COTES EN GUYANE

A. Un phénomène sous-estimé

Dans des côtes basses, argileuses et marécageuses de la Guyane, l'érosion a été minimisée au détriment de l'accumulation qui provoque la progradation du trait des côtes, l'expansion de la mangrove de front de mer, la disparition des plages sableuses, l'envasement des canaux d'accès aux ports, etc... Toutefois, l'érosion est aussi importante, étant à l'origine du recul des rivages, du dépérissement et de la mort de la mangrove, de la disparition des tronçons de routes côtières, de l'attaque des ouvrages en béton de protection littorale, de l'impact sur de nouveaux polders aménagés pour la culture rizicole industrielle.

Depuis 1988 le Centre ORSTOM de Cayenne s'est doté d'un atelier de Télédétection et peut donc mieux suivre les modifications principales des transformations côtières grâce aux scènes LANDSAT de 1976, SPOT-1 (octobre 1986) et LANDSAT TM (juillet 1988). Des nouvelles scènes sont attendues en coopération scientifique avec d'autres organismes de recherche de la Guyane et dans le cadre de la future "Campagne SAREX 92" (South American Radar Experiment) relevant des données ERS-1.

B. L'étude des cas

Trois zones ont été choisies pour l'étude de l'érosion des côtes en fonction de leur représentativité et d'une plus grande fiabilité de la documentation, à savoir : la zone de Cayenne, à l'Est; la zone de Kourou-Sinnamary, dans la partie centrale de la plaine côtière et la zone de Mana- Awala, à l'Ouest (**doc. 5**)

³ Par exemple, les vitesses des migrations inter-bancs d'une part, et des parties distales et frontales d'un même banc d'autre part, sont variables (DELFT HYDRAULIC LAB, 1962; NEDECO, 1968 ; FROIDEFOND J.M. & PUJOS M., 1988; PROST M.T., 1990).

⁴ Pour un même secteur de la côte, 15 ans d'envasement suivis par 15 ans de dévasement.

1. La zone de Cayenne

1.1. - Une situation morphologique spécifique

Cayenne occupe un promontoire de roches du socle qui avance vers la mer entre deux estuaires drainant d'importants bassins-versants (Mahury à l'est et Rivière de Cayenne à l'ouest). De grosses collines et des plateaux à sommets latéritisés, reliés par la sédimentation quaternaire font l'originalité des rivages et expliquent leur diversité : la côte rocheuses et étroite de NE, s'oppose à une large côte centrale, formée par des plages rectilignes à cheniers, ancrées à des collines du socle et - encore plus- à la côte basse et envasée du NO.

La diversité est aussi morphologique : sur la rive gauche de l'estuaire du Mahury, les petites plages qui s'ouvrent parmi les pointes rocheuses sont plutôt stables. La côte centrale, par contre, a subi - et continue à subir - des modifications importantes. Les plages sont déblayées des vases entre 1959 et 1967 et les cordons sableux côtiers redeviennent fonctionnels. Pendant les années 1970 le phénomène s'accroît : l'Anse de Rémire (1973) et la ville de Cayenne (novembre 1977) subissent une intense et courte⁵ érosion côtière, les hautes vagues détruisant des ouvrages d'art, des maisons et modifiant le trait de côte⁶. Les années 1980, par contre, sont celles d'un important envasement, particulièrement étendu en 1986 (données SPOT-1 du 20 octobre 1986. Voir doc. 6) : les vases occupent les rivages et la surface intertidale du banc de Cayenne a alors 11,5 km² (M. LOINTIER & M.T.PROST, 1988). La scène LANDSAT TM (juillet 1988, doc. 7) met bien en relief l'important dévasement qui a suivi. Bien qu'aujourd'hui les plages sont presque toutes praticables, plusieurs d'entre elles commencent à être attaquées par l'érosion.

1.2. - Une côte rectiligne à cheniers

Un chenier est un type de plage sableuse isolée du rivage par une surface intertidale de boue. Leur genèse suppose : une progression du rivage par accumulation des vases; une interruption de celle-ci avec formation du chenier; une nouvelle progression de sédiments fins, etc... Dans le cas de Cayenne, les sables, d'origine locale, sont quartzeux, de moyens à grossiers et ont les caractéristiques d'un stock en partie remanié, ayant subi une pédogenèse. Le cortège de minéraux lourds révèle que la source principale d'apport est le bassin-versant du Mahury, bien que ce fleuve transporte aujourd'hui très peu de sables.

Les cheniers se développent dans les espaces interbanes, quand l'apport des vases diminue ou est interrompu. Ils se présentent soit comme des cordons individuels, soit multiples. Il a été observé, à Cayenne, que la formation des cheniers se produit tant au niveau de la haute mer moyenne - quand les crêtes des vagues abordent parallèlement le trait de côte et qu'il y a transport par dérive littorale⁷ - que par l'action des vagues à faible profondeur, avec formation d'une barre sableuse d'avant plage progressivement "poussée" vers le rivage⁸.

Dans les deux cas il y a remplacement progressif des sables par les vases : c'est ainsi qu'à l'Anse de Rémire, une nouvelle plage, d'environ 70 m de largeur a été formée (doc. 8). Simultanément la vase molle de l'avant plage a subi des déplacements et a diminué d'épaisseur, provoquant l'émersion de rochers jusqu'alors cachés par les boues. Par la suite, une réduction de l'apport sableux ainsi que des variations dans les fonds et dans l'énergie des vagues ont provoqué

⁵ Phénomène "instantané", concentré sur quelques heures.

⁶ Le phénomène, connu en Guyane sous la fausse dénomination de "raz de marée", reste à l'étude.

⁷ Phénomène observé à l'Anse de Rémire, notamment en mars 1987, quand les sables ont gagné sur les vases et sur la mangrove.

⁸ Phénomène observé entre 1984 et 1990, dans le secteur de la rive gauche de l'estuaire du Mahury. La barre ainsi formée a donné origine à des plages et à une langue sableuse qui a migré vers l'intérieur de l'estuaire.

un amaigrissement de la basse plage et ont fait migrer le chenier vers l'intérieur des terres. Celui-ci a acquis un profil nettement dissymétrique avec une pente forte tournée vers la mer, une haute crête arrondie et un revers en pente douce. Enfin, l'action du jet de rive pendant les marées hautes ont donné naissance à des lobes de débordement sur le revers du chenier.

Cette évolution a été observée sur de nombreux points des côtes siliceuses de la Guyane. Dans sa migration vers l'intérieur le chenier devient plus bas, recouvre partiellement des secteurs hydromorphes de l'arrière-plage et peut asphyxier des racines de jeunes palétuviers..

Parfois des phénomènes "instantanés" se produisent : c'est ainsi que dans la partie occidentale de l'Anse de Rémire, en mars 1989, une mer agitée et la marée haute de vive eau (3,20 m) ont provoqué, dans l'espace de deux jours, un fort déplacement des sables de l'estran vers la haute plage : il y a eu barrage de l'émissaire d'un marais d'arrière cordon, inondation de quelques villas et modification radicale de la morphologie de la plage.

1.3. L'étude par télédétection

L'analyse de changements côtiers par télédétection permet d'une part l'obtention de données homogènes et la quantification des transformations des rivages et, d'autre part, une observation des conditions en mer.

Dans le cadre de cette étude l'analyse des données a été réalisée sur des secteurs de 10 minutes (CHARRON C. & al., 1991). Dans une zone comprise entre Cayenne et Tonate (18,5 km de côte), par exemple, 33 km² ont été perdus à la mer dans l'espace de 12 ans.

L'érosion a débuté en 1987, par la suite du déplacement des vases. Les photographies aériennes et les informations télédétectées montrent, dans la zone de Cayenne, la progression des sables d'Est en Ouest remplaçant au fur et à mesure les vases (V. doc.6).

Les traitements des données LANDSAT MSS (1976) et SPOT (1986) mettent en relief deux situations contrastantes dans la zone de l'estuaire du Mahury:

- en 1976 (LANDSAT MSS) - quand tout le secteur est en dévasement - la houle au large provient principalement de Nord-Est et d'Est et s'approche de la côte sans rencontrer d'obstacle majeur. Le panache du Mahury se trouve totalement dévié vers le Nord-Ouest et "colle" à la côte (doc. 9); le courant estuarien assure le transport et le remaniement sableux le long des plages et rend difficile l'accumulation de la charge fine remise en suspension dans l'embouchure du Mahury par les marées.

- en 1986, par contre (SPOT) - en situation d'envasement - le panache du Mahury a une disposition Nord/Nord-Est (doc. 10) et ne concerne plus le secteur précédent.. Les côtes de Cayenne sont envahies par les vases⁹ et les anciennes plages se trouvent piégées par les boues intertidales.

Deux phénomènes apparaissent en mer. Le premier concerne le limite de propagation de la houle. Celle-ci est amortie, près des rivages, par la vase molle des petits fonds et, vers le large, par le courant estuarien, relativement fort et orienté plus au moins parallèlement à la côte ((V. doc 10: rive gauche du Mahury). Le second, bien visible en arrière des îles, est la réfraction et le croisement des crêtes de houles¹⁰.

⁹ Signalées par une flèche et par des teintes vertes sur le document satellitaire.

¹⁰ Quand les îlets et les rochers ("battures", en Guyane) se situent dans des zones peu profondes proches au rivage, la réfraction de la houle engendre la formation des zones d'accumulation qui sont à l'origine de pointes littorales arrondies situées juste en arrière de l'obstacle.

2. La zone de Kourou - Sinnamary

Les transformations de la ligne du rivage entre Kourou et Sinnamary ont été suivies par des travaux de terrain, des survols côtiers (CESSNA et ULM), ainsi que par la photo-interprétation, comparaison de cartes historiques et topographiques et, plus récemment, par les données satellitaires.

2.1. - Méthodologie

Les principales données utilisées ont été les suivantes :

Année	Document	Références	N°	échelle
1950	IGN (carte topo)	Kourou	B22 VIII -I-	100 000ème
1956	IGN (photos)	M.NB 22-VII	64-66	5 0 000me
1966	IGN (photos)	M.SOFRATOP		12 500ème
1969	IGN (photos)	M.GUY 019 300	07	30 000ème
1971	IGN (photos)	M.GUY 024:125		12 500ème
1976	Télédétection	LANDSAT MSS	244 056	Rés.: 80 m
1978	IGN (carte)	Kourou NO	NB 22 VIII 1c	50 000ème
1979	IGN (photos)	M.261 2188/270		27 000ème
1962	IGN (carte topo)	Kourou SE	NB 22 VIII b	50 000ème
1986	Télédétection	SPOT-1	20-X-86	Rés.= 20 m
1988	Télédétection	LANDSAT TM	18 VI 88	Rés.= 30m
1990	IGN (carte)	Kourou Ouest	4710 -Y	25 000ème
1990	IGN (carte)	Kourou Est	4711 - Y	25 000ème

Les images satellitaires utilisées, prises à des dates différentes et par plusieurs capteurs, sont :

- a) Données LANDSAT MSS du 30 octobre 1976, avec un pixel de 80 m. Elles couvrent la région comprise entre Cayenne et Paramaribo, au Surinam.
- b) Deux scènes SPOT, acquises le 20 octobre 1986, avec un pixel de 20 m, disponibles sur la zone Cayenne-Iracoubo.
- c) Deux scènes LANDSAT TM, acquises le 18 juillet 1988, avec un pixel de 30 m, concernant la zone Kourou-Organabo.

En fonction du problème posé on a cherché le meilleur couple "résolution spatiale- résolution spectrale", permettant de choisir le capteur le mieux adapté¹¹.

La réalisation des traitements s'est faite à partir de la connaissance classiques des réponses spectrales des objets au sols. Ainsi les traitements du milieu océanique ont pris en compte les données des canaux du visible et ont fait appel à différentes combinaisons de filtrages et à des rectifications géométriques afin de pouvoir comparer les données. Les traitements réalisés ont été effectués sur le mini ordinateur SUN de l'Atelier Informatique du Centre ORSTOM ainsi que sur Péricolor 1500 de l'Atelier de Télédétection.

2.2 - Comportement de la mangrove de front de mer

Entre Kourou et Sinnamary la plus grande partie de la ligne du rivage est occupée par la mangrove de front de mer. Cette forêt - qui se développe dans la zone de balancement des marées - est formée par des peuplements presque purs d'*Avicennia Germinans* (= *Avicennia nitida*), palétuviers qui s'adaptent bien aux amplitudes moyennes des marées (environ 2 m), aux salinités (entre 10 et 20‰) et aux sols instables et asphyxiants de la frange littorale (SALOMON J.N., 1979; BLASCO F., 1991). Quant aux *Rhizophora*, on les rencontre uniquement sur les berges des fleuves, jamais en front de mer.

¹¹ Un capteur possède un domaine spectral dans le visible et de proche infra-rouge. Seul le capteur de Landsat TM possède un nombre de canaux importants, dont un infrarouge thermique.

Le milieu est donc sélectif (dominance d'une espèce) et fragile (à cause de la rapidité et de l'ampleur des variations morphosédimentaires). Ces conditions - ainsi que l'accès plutôt difficile de ce milieu - impliquent l'utilisation des vues satellitaires : les traitements numériques des images SPOT et LANDSAT mettent en relief la typologie des mangroves (pionnière, jeune, adulte, sénescence), leur complexité et permettent de suivre leur comportement.

Les palétuviers de l'arrière banc de Kourou sont à présent destabilisés et arrachés par les vagues ; même la jeune mangrove est détruite, ce qui prouve la vitesse du recul. La disparition à grande échelle des palétuviers - observée d'ailleurs à de nombreux autres points de la côte guyanaise - est donc un phénomène naturel¹².

Pourquoi la mangrove de la Guyane présente-t-elle une incapacité à se maintenir, alors que sa croissance est très rapide? F. BLASCO (1991) considère que les conditions nécessaires au développement harmonieux de la mangrove (régularité du régime hydrique, nécessité d'un approvisionnement suffisant en éléments nutritifs, stabilité du substrat) sont très changeantes : *"la mangrove des Guyanes ne consolide donc pas les alluvions que durant une courte période entre une dizaine et une trentaine d'années"*.

En réalité, l'érosion varie fortement à très court terme (saison, année) en fonction du système de dispersion amazonien (érosion forte au début de l'année, plus faible ensuite). Certes, un équilibre a été observé entre 1979 et 1984 en Guyane (FROIDEFOND J.M., PUJOS M. & ANDRE X., 1988) avec la disparition naturelle d'une partie de mangroves anciennes (58 km²) et formation de nouvelles mangroves (60 km²). Mais d'autres secteurs du littoral sont caractérisés, depuis 3 à 2 décennies, soit par la progradation dominante du rivage accompagnée par l'expansion de la mangrove, soit par l'érosion, avec mort des palétuviers. Ces comportements - qui contrarient l'idée des "cycles" réguliers d'accumulation et d'érosion - ont été également observés au Surinam (AUGUSTINUS P.G.E.F., HAZELHOFF KL. & KROON A., 1989). Enfin, à long terme (Holocène), de grandes transformations de l'environnement se sont produites¹³.

La mortalité des mangroves est-elle une conséquence de l'érosion côtière ou, au contraire, constitue-t-elle la cause principale? F. BLASCO (1991) soutient la dernière hypothèse. Il estime que l'évolution sédimentaire des littoraux de la Guyane peut provoquer (parmi d'autres causes) un comportement spécifique des mangroves qui s'autodétruisent en piégeant les sédiments dans leur racines aériennes: quand la sédimentation est rapide les palétuviers meurent, mais quand l'accumulation est lente le couple "palétuviers-alluvions" peut perdurer pendant plusieurs décennies. L'érosion serait alors provoquée par la mortalité de la mangrove, le phénomène étant accentué par son monospécificité végétale. "L'accélération de la sédimentation recouvrant les racines respiratoires et perturbant le régime hydrique lui est fatale. Comme il n'existe pas dans cette partie du monde une autre espèce capable de prendre le relais"... "les arbres meurent en bloc et l'érosion se déclenche. Il suffirait théoriquement d'introduire en Guyane un palétuvier ou une graminée de mangrove asiatique (*Porteresia coarctata*) capable de relever les *Avicennia*, pour transformer les alluvions migratrices en sédiments consolidés".

L'ampleur des modifications morphosédimentaires qui se produisent sous l'influence du système de dispersion amazonien ainsi que les résultats des recherches menées par l'ORSTOM en Guyane et par d'autres organismes et chercheurs dans les pays voisins nous amènent à ne pas partager cette hypothèse :

¹² La coupe de la mangrove a été pratiquée à Kourou (dans le cadre de la lutte contre des papillons urticans) et l'est encore à Cayenne (dans le but "d'éradiquer la mangrove littorale"...) mais il s'agit des actions ponctuelles sans commune mesure avec l'ampleur de l'envasement et avec la colonisation rapide des vases par les palétuviers.

¹³ C'est ainsi que entre 8 000 et 5 000 BP une importante mangrove côtière se développe dans la zone de l'actuel Marais Sarcelle en Guyane (DJUWANSAH M.R. & al., 1990); ce n'est que vers 5 000 BP, quand commence la progradation de la ligne du rivage, qu'il y a transformation progressive du milieu

nous estimons que la mort des palétuviers n'est pas la cause de l'érosion de nos côtes, mais bien l'effet de celle-ci.

2.3. - Erosion et protection des plages

L'exemple choisi concerne une des plages de la ville de Kourou, secteur qui fait maintenant partie d'un espace interbanc.

Kourou est une ville en pleine expansion à cause des activités du Centre Spatial Guyanais et de l'essor économique actuel (grands chantiers routiers, construction d'un barrage, etc). L'augmentation rapide de la population urbaine est une réalité. La zone littorale, avec ses plages, est un espace naturel de loisir et de détente qu'il s'agit de préserver dans un environnement dominé par la mangrove de front de mer, les marais et les savanes.

La plage de la Cocoteraie, située à l'ouest de la pointe des Roches, en pleine zone urbaine, est un bon exemple de la forte érosion actuelle dans un espace interbanc. Simultanément aux transformations morphosédimentaires intertidales (substitution des vases par les sables) des changements significatifs se produisent dans l'énergie du milieu et dans l'évolution des fonds. A cela s'ajoute le fait que cette plage (comme d'ailleurs les autres plages de la Guyane), associée à des fonds vaseux proches du rivage, ne reçoit pas d'alimentation régulière en sable capable de compenser les pertes dues à la dispersion vers le large du profil transversal. (S. MANUJIAN, 1991)

Site d'une côte rectiligne entre les années 1955 (photos IGN) et 1976 (données LANDSAT MSS), la plage a subi - comme tout le secteur - un envasement considérable en 1979 (photo IGN n°10, mission 21 2188/270) : elle était alors séparée de la mer par environ 4 km de vase molle. Des palétuviers colonisaient la vase à partir du rivage de 1976. Huit ans plus tard, à la suite de la migration du banc de vase, la situation est inversée : à côté de la pointe Pollux les houles atteignent le rivage, démolissent un palier résiduel de vase durcie et provoquent des déplacements de sable dans l'anse. Des dépôts organiques ("coffee-ground") formés par des feuilles, racines et branches d'anciens palétuviers jonchent la basse plage et attestent l'érosion.

La situation est encore plus nette en mai 1988 et des palétuviers arrachés forment une haie de troncs blanchis à l'ouest de l'anse. Simultanément, le profil de la plage s'est transformé car les vagues poussent le sable vers l'intérieur des terres. Un cordon d'enrochements contre l'érosion (doc. 11), mis en place dès la fin 1988, est renforcé en 1990, mais au milieu 1991, il se trouve en grande partie détruit.

S. MANUJIAN (1991) estime que l'abaissement général des fonds risque de se perpétuer pendant quelques années, d'une part devant la plage de la Cocoteraie et d'autre part vers l'ouest, où la mangrove disparaîtra progressivement. "Elle fera place à des plages sableuses très fragiles..." ce qui posera le problème de la défense de toute la frange littorale". L'auteur recommande la mise-en-place d'ouvrages "sérieux" (brise-lames avec rechargement de sable ou ouvrages de haute-plage) capables de protéger l'arrière-pays dans toute la zone urbanisée pour une période de 20 à 25 années quand, selon ses prévisions, une nouvelle phase d'envasement touchera la zone de Kourou.

2.4. Déflexion et "ouverture forcée" d'un estuaire : le cas du Sinnamary

Les estuaires de Guyane se classent grossièrement en deux catégories (LOINTIER M., 1990) : ceux dont l'embouchure est relativement stable dans le temps (Mahury, Kourou, rivière de Cayenne, etc...) et ceux dont l'embouchure est profondément transformée par le transit côtier (Sinnamary, Mana, etc...). Dans le dernier cas il se produit un allongement important du cours, qui emprunte son ancien chenal sous-marin, avec une forte déflexion vers le nord-ouest. En ce qui concerne le Sinnamary, avec un débit moyen annuel de 300 m³, l'estuaire -très "perméable" au passage des vases - ne constitue pas un obstacle au transit côtier. Pour les mêmes

raisons, il subit de plein fouet l'impact de l'érosion quand l'estuaire se trouve concerné par un espace interbanc.¹⁴ (V. doc.4)

A l'est de l'estuaire la mer a détruit, dans les années 70, une grande partie de la route côtière (dite "route de l'Anse") qui reliait Sinnamary à Kourou. En 1984 la mangrove est en récession dans le secteur de la plage Dégonde (17 km au NE du bourg de Sinnamary) et, 4 ans plus tard, ce sont les marais côtiers qui se trouvent en contact direct avec les eaux marines ; la vase nue parsemée de troncs morts et/ou de bosquets résiduels d'Avicennia, remplace l'ancienne mangrove. A présent, la partie frontale d'un banc de vase (doc. 12) protège à nouveau la côte de l'érosion et la mangrove repousse.

Simultanément, des changements morphologiques saisissants ont eu lieu sur la partie maritime de la rive droite du Sinnamary, changements suivis systématiquement entre 1986 et 1991 par des levés de terrain, survols en basse altitude et analyse multitemporelle par télédétection (LANDSAT 1976/SPOT 1986, doc. 13). La largeur de la rive droite séparant le fleuve de la mer diminue de façon considérable en 1987, passant de quelques centaines à quelques dizaines de mètres au courant de la période considérée, phénomènes accompagnés par le dépérissement et la mort de la mangrove. Ce rétrécissement accéléré aboutit à l'ouverture d'une brèche, à 4 km de son embouchure (et qui a actuellement plus de 1,7 km de longueur) et par laquelle la houle pénètre dans l'estuaire et attaque la mangrove de la rive gauche. L'île, ainsi formée à l'embouchure est, elle aussi, en érosion. Cette "ouverture forcée" de l'estuaire - qui reste très dynamique - modifie les précédents paramètres hydrologiques (M. LOINTIER, 1990), sédimentologiques et morphologiques (M.T.PROST, 1990).

La rive gauche, par contre, est plus stable et c'est sur celle-ci qu'apparaissent plus nettement les vestiges d'anciens rivages comme la plage Brigandin: ouverte à la mer il y a environ 50 ans, elle est à présent piégée derrière plusieurs centaines de mètres de mangrove adulte.

2.5. Estimation des changements côtier par télédétection et situation en mer

La première étude de télédétection a consisté à comparer les changements côtiers à partir des données multisources. Vu l'importance des phénomènes mis en jeu - et dans le but de travailler sur des données comparables - la limite du trait de côte a été définie à partir de la ligne des plages et de la mangrove (avec exclusion des zones intertidales de vase nue). Certes, ce choix peut être discuté, mais à notre avis il est le seul permettant des comparaisons fiables étant donné les heures différentes de prise de vues et le déroulement des marées semi-diurnes.

L'étude du secteur compris entre Sinnamary et Iracoubo montre que sur 120 km de côte, 23km² de mangrove ont été perdus en 12 ans (CHARRON C. & al., 1991)¹⁵.

L'évolution du banc de Kourou a été suivie pendant 12 ans (1976-1988) par télédétection et par des travaux de terrain. Situé en face de la ville de Tonate en 1976 (LANDSAT MSS), très vaste et important en 1979 en face de Kourou, le banc se déplace vers l'ouest par la suite. En 1986, une plage s'étend sur une centaine de mètres à l'ouest de la pointe Pollux (secteur des Roches, à Kourou. Photo REGNAM) et rejoint la mangrove. En 1988 le banc s'est déplacé au-delà de la ville de Kourou et l'érosion s'intensifie sur les plages de la zone urbaine (LANDSAT TM, 1988). En 1989 "la plage sableuse est devenue très vaste (près d'un km d'extension) et rejoint la mangrove qui a régressé de 100 à 150 m en 1 an par rapport à l'ancienne ligne de rivage. L'érosion et son recul vers l'intérieur des terres est devenu alarmant" (S. MANUJIAN, 1991). La mangrove de front de mer est en érosion sur environ 16 km de rivage, entre Kourou et l'ensemble de lancement du C.S.G.

¹⁴ Les études de YAYER (1937) et M. LOINTIER (1986) mettent en relief les transformations historiques de l'estuaire dès 1763.

¹⁵ Il s'agit d'un exemple précis car pendant la même période sur l'ensemble des côtes de la Guyane les secteurs en érosion couvraient 95 km² et ceux en progradation, 72km².

Pendant la même période, d'autres zones sont en constante progradation (Iracoubo jusqu'en 1988) ou en érosion (Sinnamary observations jusqu'en 1991). Toutes conditions égales, les taux moyen de progradation et de recul, mesurés par télédétection entre 1976 et 1986, est de 200 m/an.

En ce qui concerne l'analyse des conditions océaniques, la possibilité de dépointage du satellite SPOT ainsi que le traitement de réhaussement par combinaison des filtrages sont un atout, car ils permettent d'appréhender le limite de propagation et les caractéristiques de la houle devant les espaces envasés ou désenvasés. Ce même traitement suggère le limite de la vasière littorale (entre 20 et 25 km du rivage)¹⁶.

A l'approche du rivage, l'observation des photos aériennes et des documents satellitaires montre que l'érosion est d'autant plus active que la houle déferle avec un angle d'incidence oblique par rapport au rivage. Il en résulte une côte en " dent de scie ", typique des secteurs en fort recul.

3. La zone de Mana - Awala.

3.1. - Une côte échancrée

Cette zone est caractérisée par de grandes espaces amphibies situés en arrière de la mangrove de front de mer et par la formation dans les temps historiques d'une grande pointe sableuse, la Pointe Isère, qui s'étend entre la Mana et son embouchure commune avec le Maroni et la mer (V. doc. 5)

Au NE du bourg de Mana, sur la rive droite du fleuve, s'ouvre le Marais Sarcelle qui s'étend sur 20 km de longueur et environ 4 km de largeur. Une grande partie de ce marais a été mis en culture de riz irrigué depuis 1986. Actuellement toute la zone fait l'objet d'une importante opération d'extension de rizières.

3.1.1. La côte du Marais Sarcelle.

Elle se situe entre l'embouchure de la crique Iracompapy et le bassin central du marais, sur environ 23 km de longueur. Il s'agit d'une côte basse à marais (< 5 m d'altitude), bordée à présent par une côte échancrée. Vers l'intérieur, les marais sont sillonnés par un système de cheniers qui sépare les phases de sédimentation fine holocène (Formation DEMERARA).

Dans un transect d'environ 3 km entre la mer et la plaine côtière holocène (> 5 m d'altitude), on observe :

- la mangrove de front de mer
- l'arrière-mangrove
- le marais d'eau saumâtre
- le marais d'eau douce
- la forêt hydromorphe.

La côte entre l'Iracompapy et le bassin central du marais était, en 1985, caractérisée par des plages sableuses rectilignes à l'Est et par un envasement à l'ouest. Deux émissaires assuraient les échanges entre les eaux océaniques et le marais, site alors d'une importante nurserie de crevettes. A la suite du déplacement du banc de vase, la côte sableuse a gagné vers l'ouest et a obstrué complètement la sortie d'un des émissaires, provoquant la mort de la mangrove dans presque tout le bassin. Simultanément à la migration des vases, la côte rectiligne, en proie à l'érosion de la mer, est devenue progressivement très échancrée (doc. 14) et a reculé : les formations d'arrière-mangrove et des marais saumâtres se trouvent à présent sur la ligne du rivage. On observe, partout, l'érosion mécanique de la "pégasse" (type de tourbe fibreuse qui recouvre les argiles marines). Le recul a créé également un grave problème pour les implantations rizicoles, car quelques canaux

¹⁶ Ces phénomènes peuvent être observés sur des satellites à visée uniquement verticale (MSS et TM), de par les effets optiques des panaches turbides côtiers.

des polders se sont trouvés très proches du trait de côte (<100 m dans un des cas). Heureusement le déplacement d'un autre banc de vase, venant de l'est, protège actuellement cette partie de la côte

3.1.2. - La côte de la Pointe Isère,

La pointe Isère, qui sépare la rivière Mana de la mer (V. doc. 5), se situe dans le prolongement du Marais Sarcelle. C'est une formation morphologique récente, car son développement (attesté par des cartes néerlandaises anciennes) débute au XVIII^{ème} siècle.

Un premier survol de la pointe Isère en novembre 1984 nous a permis d'apprécier le contraste frappant entre son aspect à l'époque et celui tel qu'il apparaît sur les photographies aériennes de 1955, 1966, 1976, 1979 ou encore 1981 : la pointe a été transformée par un recul très rapide de la ligne du rivage, recul qui se continue jusqu'à 1990.

Actuellement l'extrémité occidentale de la pointe est le site de la partie frontale d'un banc de vase qui occupe la ligne du rivage jusqu'à la hauteur de l'embouchure de la crique Amarante, située à quelques km vers l'est. Derrière le banc on voit très nettement les traces de la précédente période d'érosion : sur une étroite ligne sableuse il y a des petites anses situées entre des pointes fines de vase, morphologie typique d'une côte subissant une très forte érosion.

Du côté de l'estuaire de la Mana, en face du village amérindien d'Awala, il existait, en 1985, une longue flèche de sable, un des sites de ponte des tortues luths. Depuis, cette flèche a disparu, laissant libre passage aux vagues qui attaquent le village. Une falaise d'environ 2 m de hauteur a été formée et la route côtière est en grande partie détruite. Le bâtiment de l'école a été démoli par la mer et un autre établissement a dû être construit à l'intérieur des terres. Enfin, la salinisation des eaux d'un puits pose un problème aux habitants.

3.2. Un recul actuel, une progradation à très long terme

La zone de Mana est très expressive pour l'étude de l'évolution holocène de la plaine côtière, à cause des différentes phases d'accumulation fine (marais) séparées par des systèmes de cheniers.

L'observation aérienne de ces derniers montre qu'ils s'incurvent vers l'intérieur de l'embouchure du Maroni, tant sur la rive française que surinamienne. En outre, les sondages du BRGM nous ont permis d'apprécier l'ampleur de la sédimentation quaternaire et on mis en relief la présence d'anciennes séries estuariennes. C'est dire que la morphologie de la plaine est ici liée à une évolution complexe combinant des variations du niveau marin, l'impact du système de dispersion amazonien et des processus estuariens.

Sur la rive gauche de la Mana, une datation 14C révèle que l'argile marine (qui constitue le substratum d'un périmètre rizicole) est ancienne (3500 BP), ce qui atteste la progradation du secteur. Sur la rive droite de la rivière, les données palynologiques d'un sondage de 22 m, effectué dans le Marais Sarcelle (DJUWANSAN et al. 1990) montre que depuis 5 000 BP une ancienne mangrove à *Rhizophora* a été remplacée par un marais.

Ainsi, la côte de Mana, qui est à présent un des meilleurs exemples de l'érosion côtière en Guyane, est un littoral en progradation depuis les derniers 5 000 ans.

III - CONCLUSIONS

1. L'érosion des côtes guyanaises - classées parmi les plus instables du monde - ne peut pas être comprise hors du système de dispersion amazonien, "moteur" de la formation des bancs de vase et des espaces interbancs qui migrent au long des rivages. Quand un banc se trouve devant un secteur de la côte celui-ci devient une zone d'accumulation progradante colonisée rapidement par la mangrove; quand le même secteur est le site d'une espace interbanc, par contre, le rivage - et la mangrove - reculent.

2. Toutes conditions égales, l'accumulation est plus forte dans la partie frontale des bancs alors que l'érosion s'intensifie dans les parties distales et, encore plus, dans les espaces interbancs. Cela se produit tant sur les côtes à mangrove que sur les côtes sableuses.

3. La mangrove de front de mer n'est pas un obstacle réel au recul des rivages. Sa mort n'est pas la cause de l'érosion côtière mais bien l'effet de celle-ci.

4. Dans les espaces interbancs deux types de côtes siliceuses - précédées dans l'avant-plage par des fonds vaseux - sont observés : des côtes rectilignes à cheniers (Cayenne) et des côtes échancrées (Marais Sarcelle, Pointe Isère). La migration d'un chenier vers l'intérieur des terres accentue l'érosion du rivage.

5. Les côtes en " dents de scie " , typiques des zones de forte érosion, ne se forment pas n'importe où. Leur présence dominante dans un espace interbanc semble lié à l'angle d'incidence de la houle qui aborde obliquement le rivage, à la formation des courants de dérive littorale, à la présence de courants dispersants qui érodent le matériel des flancs des pointes ainsi qu'à la rhéologie des sédiments transportés. Quand il y a décroissance progressive de l'angle d'approche de la houle il semble avoir réduction des taux d'érosion.

6. En ce qui concerne les îlets et les battures, un phénomène de réfraction des vagues est très clairement aperçu sur les photos aériennes et sur les documents satellitaires. Associé à de faibles profondeurs, ce phénomène facilite l'accumulation, même en l'absence de vase fluide.

7. L'érosion est aussi importante dans certains estuaires. Celui du Sinnamary fait partie de ceux qui subissent une forte déflexion vers le nord-ouest provoquée par le transit côtier. On observe, depuis 1983, date des premières études, une régression généralisée de la ligne du rivage, notamment sur la rive droite. Les cartes anciennes montrent qu'une embouchure de ce type peut remonter à plusieurs km à l'amont du fleuve. Sans pouvoir prédire d'une telle évolution à court terme, il est important de noter cet élément qui met en évidence l'absence de stabilité d'un banc de vase émergé et couvert par la mangrove. L'ensemble reste fragile, soumis en priorité aux conditions océaniques, capables de faire disparaître dans l'espace de dix ans deux km de mangrove et d'ouvrir une brèche dans l'estuaire en rive droite.

8. Le taux moyen du recul des côtes est estimé à 200 m/an.

9. L'érosion des côtes de Guyane est un phénomène réel à court et à moyen terme. Certes, l'occupation relativement faible de la basse plaine explique pourquoi, jusqu'à présent, les ouvrages durables de protection n'ont pas été vraiment considérés comme indispensables. Mais l'essor de l'économie et une plus grande occupation humaine de la plaine holocène amènera, tôt ou tard, à reconsidérer cette position.

9 Enfin, à l'heure où les recherches internationales s'intensifient sur l'avenir des côtes basses du fait de l'élévation prévue du niveau de la mer, le problème de l'érosion des côtes de la Guyane mérite, plus que jamais, d'être concrètement posé.

LISTE DES DOCUMENTS**Document 1**

Copyright NASA. Circulation océanique régionale en hiver boréal (février 1990) : le courant des Guyanes (CG) prolonge vers le NO le Courant Côtier Nord du Brésil (CCNB)

Document 2

Copyright NASA. Circulation océanique régionale en été boréal: quand la ZIC se trouve vers 10° N, le CG a presque complètement disparu au large de Cayenne (C. COLIN, 1990). Le CG subit une retroflexion entre 4°N et 6°N . Plus de 50% de la charge fine amazonienne est ainsi "exportée" vers le large et ne transite pas au long des côtes des Guyanes..

Document 3

SPOT-1 (octobre 1986) . Prise de vue du 20 octobre 1986 entre Cayenne (à l'Est) et Kourou (à l'Ouest). Résolution: 20 m. 60 km de ligne de rivage. Sur la mer les panaches turbides maritimes sont en bleu clair. La charge en suspension des fleuves apparaissent très bien au droit des embouchures et la limite extérieure des vases côtières est suggérée par la turbidité des eaux. La zone entre Cayenne et Kourou représente un espace interbanc avec érosion du rivage et recul de la mangrove de front de mer. En arrière de cette zone on notera la disposition rectiligne d'un chenier, ancienne ligne de rivage qui supporte à présent la route n° 1. Les côtes de Cayenne sont envasées.

Document 4

SPOT-1 (octobre 1986) Prise de vue du 20 octobre 1986 entre la crique Karouabo et l'embouchure du fleuve Iracoubo. Résolution : 20 m. 80 km de ligne de rivage.

L'espace intertidal du banc de Kourou et du banc d'Organabo apparaissent en gris (vase nue). Entre les deux s'ouvre l'espace interbanc de l'embouchure du Sinnamary. Celle-ci, déviée vers le NO par le transit côtier, est le siège d'une très forte érosion.

Document 5

Croquis de référence (Atlas de la Guyane, 1978).

La plaine côtière quaternaire apparaît en gris uni. Au sud de celle-ci , en gris moucheté et en vert, jaune et brun, sont représentés les formations du socle qui occupent la majorité du territoire

Document 6

Données SPOT-1 du 20 octobre 1986, résolution 20 m.

Traitement montrant l'envasement du rivage; les plages sont piégées derrière la vase.

Document 7

La scène LANDSAT TM (juillet 1988), résolution : 30 m

Traitement montrant le dévasement de la zone de Cayenne. Les plages sont reconstituées et praticables.

Document 8

Anse de Rémire, mars 87 : une nouvelle plage, d'environ 70 m de largeur a été formée.

La photo montre très nettement la progression du cordon sableux vers l'ouest . La mangrove de front de mer est en recul.

Document 9

1976 Télédétection LANDSAT MSS Rés.: 80 m

Les eaux fluviales du Mahury (bleu foncé) sont déviées vers le NO et "collent" à la côte.

Document 10

Traitement de l'image SPOT 1986

Les vases intertidales (flèche) apparaissent en vert. En face de l'estuaire du Mahury on notera la disposition des eaux fluviales et, derrière les îles la réfraction de la houle.

Document 11

Janvier 1989. Cordon d'enrochements sur la plage de Kourou, pour la protection de la côte. A présent, une grande partie de ce cordon a été détruite par la mer.

Document 12

Partie frontale du banc de Sinnamary-Kourou (plage Dégonde). On notera l'ampleur de la surface intertidale de vase molle (slimgmud)

Document 13

(LANDSAT 1976/SPOT 1986)

Superposition multitemporelle des images LANDSAT MSS (1976) et SPOT (1986). Sur le rivage, une fine ligne bleue et les teintes vertes représentent la côte en 1976; en rouge, le rivage en 1986. Ces traitements donnent une quantification précise du recul côtier des vases intertidales (200 m /an en moyenne)

Document 14

Aspect saisissant de l'érosion sur la côte du Marais Sarcelle (1989), à la hauteur du canal 22 des pointes de vase, largement attaquées par les vagues, alternent avec des anses sableuses. Dans un cas comme dans l'autre il y a recul du rivage. L'érosion a mis en danger les polders rizicoles de l'arrière côte: l'anse dans la partie centrale de la photo se trouvait alors à moins de 100 m d'un des canaux latéraux du polder. Heureusement le déplacement d'un banc de vase a mis le secteur à l'abris des vagues.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMASSEDS, 1990. *A multidisciplinary Amazon Shelf Sediment Study*. EOS, vol 71, n° 45, november 6, 1990, pp. 1771: 777. USA.
- AUGUSTINUS P.G.E.F., 1978 - *The changing shoreline of Surinam (South America)*. Thèse Univ. Utrecht. 95, 232 p. Utrecht. Pays-Bas.
- AUGUSTINUS P.G.E.F., HAZELHOFF L. & KROON A., 1989 - *The chenier coast of Suriname.: modern geological development*. Marine Geology, 90 : 262-281. Elsevier Ed. Augustinus P.G.E.F. Ed. Special issue : Amsterdam. Pays-Bas.
- BLASCO F., 1991 - *Les mangroves*. La Recherche 231, avril 1991, vol 22:445 -453
- CHARRON C., LOINTIER M., PROST MT. & RUDANT J.P., 1991 - *Etude multitemporelle du littoral et des estuaires Guyanais utilisant l'image SPOT et LANDSAT* 5ème Colloque International mesures physiques et signature en télédétection Courchevel France janvier 1991. Volume 2 p.643-646.
- COLIN C., 1989 - *Preliminary results of CTD and current measurements off French Guiana*. Report Workshop on "Western Atlantic Equatorial Circulation". Inst. für Mereskunde, Univ. of Kiel, 12-13 october, pp 17-25.
- COLIN C., BORE J.M., CHUCKLA & CORRE D., 1981 - *Résultats de courantométrie (mouillage de subsurface) au point 6°12' N et 51°01'W*. Programme NOE. Doc. ORSTOM/ Cayenne; O.P. IV.
- COLIN C. 1990 - *Western boundary currents in front of French Guiana* - Symposium International PICG 274/ORSTOM sur l'évolution des littoraux des Guyanes et de la zone Caraïbe méridionale pendant le Quaternaire". Volume des résumés, p. 22. Cayenne 9 -14 novembre 1990. Guyane.
- DJUWANSAH M., DELAUNE M. & MARIUS C., 1990 - *Sédimentologie des formations holocènes de la Guyane française*. Volume des Résumés. Symp. Intern. sur l'évolution des côtes des Guyanes et de la zone Caraïbe méridionale pendant le Quaternaire. 52-56. Cayenne 9-14 novembre 1990. Guyane.
- EISMA D. 1988 - *Dispersal of Amazon supplied particulate matter*. Abstracts of the Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System : River and Ocean, AGU Charleston. Wild Dunes. USA
- FROIDEFOND J.M., PROST M.T. & GRIBOULARD R., 1985 - *Etude sur l'évolution morpho-sédimentaire des littoraux argileux sous climat équatorial : l'exemple du littoral guyanais*. Rapport CORDET - IGBA. Université de Bordeaux-I. Talence. 189 pp. Ministère de la Recherche et de la Technologie. Paris.
- FROIDEFOND J.M. & PUJOS M., 1988 a- *Recognition of net deposition and erosion along the French Guiana coast based on comparison of historical maps*. Abstracts of the Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System : River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes. USA
- FROIDEFOND J.M., PUJOS M. & ANDRE X, 1988 b - *Migration of mudbanks and changing shoreline in French Guiana*. Marine Geology, 84, 19, 1988
- LOINTIER M., 1984 - *Dynamique des eaux et de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary*. Rapport EDF. ORSTOM Cayenne.
- LOINTIER M., 1986 - *Hydrodynamique et morphologie de l'estuaire du fleuve Sinnamary ((Guyane française)*. In, Le littoral guyanais, fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise. Sepanrit. Sepanguy : 37-44

- LOINTIER M., 1990- *Evolution de la qualité des eaux et dynamique de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary*. Rapport EDF - ORSTOM. Mai 90. 49 pp. Cayenne.
- LOINTIER M. & PROST M.T., 1988 - Environnement côtier des Guyanes. Rapport intermédiaire. Convention cadre C.R.G.-ORSTOM. Cayenne.
- MANUJIAN S. (1991) *Erosion du littoral de Kourou*. Rapport de mission d'expertise du 13 au 20 février 1991. Mairie de Kourou. Services Techniques. 48 pp. Kourou. Guyane.
- MEADE R.H.; DUNNE T. ; RICHEY J.E.; SANTOS U. de M. & SALATI E., 1985 - *Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River in Brazil*. Science, 288, 488, 1985. USA.
- MULLER-KARGER F.; McCLAIN C.R. & RICHARDSON P.L., 1988 - *The dispersal of the Amazon's water*. Nature, vol 333, n° 6168, :55-59. Macmillan Magazines Ltd. USA
- NITTROUER C. & DeMASTER D., 1987 - *Sedimentary Processes on the Amazon Continental Shelf*. Pergamon Press, OXFORD, 379 pp., 1987. USA.
- PROST M.T., 1990 - *Les côtes des Guyanes*. Doc. ORSTOM. Programme Environnement Côtier. Série Géomorphologie - Sédimentologie. 213 pp. Mai 1990. Cayenne. Guyane.
- PROST M.T., LOINTIER M. & CHARRON C., 1990 - *La zone de Sinnamary : données géomorphologiques, hydrologiques et télédétection*. Guide de l'excursion B du Symposium International sur l'évolution des côtes des Guyanes et de la zone Caraïbe méridionale pendant la Quaternaire. Cayenne 9-14 novembre, 1990 : 12- 36.
- RINE J.M. & GINSBURG R.N., 1985 - *Depositional facies of a mud shoreface in Suriname, South America - a mud analogue to sandy, shallow-marine deposits*. Journal of Sedimentary Petrology, vol 55, n° 5, september 1985 : 633-652. USA
- SALOMON J.N., 1978 - *Contribution à l'étude écologique et géographique des mangroves*. Rev. de Géomorphologie Dynamique XXVIII, 2/3, 1978 : 63-80.
- YAYER, 1937 - *Compte-rendu de la mission pour l'établissement de la carte S.H.O.M. n° 5884 (région de Sinnamary)*. SHOM. Brest.