

**ENVIRONNEMENT COTIER  
DES GUYANES**

*RAPPORT INTERMEDIAIRE*

**ORSTOM**

**B.P. 165  
97321 CAYENNE Cedex**

**Conseil Régional  
de la Guyane**

**Convention avec le Conseil Régional de la Guyane**

***ENVIRONNEMENT COTIER  
DES GUYANES***

**RAPPORT INTERMEDIAIRE**

**M. LOINTIER et M.-T. PROST**

# **SOMMAIRE**

**Introduction**

**I) Télédétection**

**II) Variations de la ligne de rivage en Guyane**

**III) Hydrologie du marais de MANA**

**Maquette O. LAMONGE  
Publié avec l'appui technique du CRESTIG**

## INTRODUCTION

La plaine côtière de la Guyane est actuellement le site d'importantes transformations stimulées par la croissance des centres urbains, par le développement des programmes du CSG et par l'augmentation des activités économiques. Comme l'objectif principal de l'aménagement côtier est celui de concilier la préservation du milieu naturel avec sa mise en valeur, le Conseil Régional de la Guyane a décidé de financer un programme de recherche, mené par l'ORSTOM - Cayenne, concernant l'environnement côtier et son évolution.

Le programme comporte deux parties :

- a) "Variations de la Ligne du Rivage"
- b) "Hydrologie des lagunes et des marais côtiers du littoral guyanais".

Le rapport présenté ici concerne les travaux qui ont été conduits depuis le début des études côtières, en 1986 :

1. Etude générale et spécifique de l'environnement côtier grâce aux mesures et levés de terrain, en hydrologie, géomorphologie et sédimentologie - avec prélèvement d'échantillons - et examen de photographies aériennes et de documents de Télédétection.
2. Recueil, analyse et traitement informatique des données.
3. Préparation de synthèses provisoires (sous la forme de rapports internes ou de documents de diffusion) et d'articles plus élaborés (destinés à la publication scientifique).
4. Contact et échange d'information avec d'autres organismes de recherche, groupes de travail, programmes, projets et institutions au niveau local, régional et international.
5. Au terme du programme, élaboration d'un travail définitif appuyé sur la cartographie géomorphologique détaillée.

## Etat d'avancement des travaux

### *1. Etude de terrain.*

a) Ont été réalisés: le parcours systématique de la zone côtière (avec levés de terrain et survols en basse altitude), l'analyse stéréoscopique des photographies aériennes et prises d'échantillons. Les méthodologies d'étude et de cartographie de la zone côtière ont été testées et mises au point.

b) Trois "zones-clés", jugées significatives des problèmes posés, ont été choisies pour une étude plus détaillée, à savoir: Pointe Isère et Marais Sarcelle, Sinnamary, Cayenne. Les premiers résultats obtenus ont fait l'objet de publications. Le travail dans une quatrième zone (baie de l'Oyapock) débutera prochainement.

c) Une étude hydrologique a été menée sur le site du Marais Sarcelle. Les transformations rapides des marais littoraux, induites par les modifications de la ligne de côte ont conduit à entreprendre une nouvelle série de mesures hydrologiques dans la région de Mana, pour les comparer à la situation décrite par M. ROSSIGNOL, en 1972. On aboutit à un schéma de fonctionnement qualitatif, qui sera comparé par la suite, aux conditions observées il y a quinze ans.

### *2. L'étude de laboratoire*

#### *a) Echantillons*

Les analyses d'échantillons, faites au laboratoire du Centre-ORSTOM, ont porté sur la granulométrie et la morphoscopie des sables du rivage et des cordons sableux de la basse plaine. La détermination du cortège de minéraux lourds de l'Anse de Rémire et de la région de Mana a été faite en collaboration avec l'Université d'Amsterdam (Pays-Bas). Les analyses de sédiments fins (argiles, limons, sables très fins) à faciès marin et fluvio-marin sont en cours. Des datations au radiocarbone sont prévues pour 1989 sur des sédiments fins, des tourbes et des coquillages. L'analyse pollinique, extrêmement utile, est à présent difficilement réalisable en Guyane, pour des raisons techniques. Toutefois il est possible de l'envisager dans le cadre d'une coopération scientifique avec d'autres centres de recherche en Europe.

#### *b) Télédétection*

L'Atelier de Télédétection du Centre-ORSTOM (ATOG), opérationnel depuis janvier 1988, apporte un concours précieux pour l'étude des relations entre la plaine côtière et la mer. D'une part, les images satellitaires permettent une vision homogène de larges étendues du littoral; d'autre part, la répétitivité des prises de vue permet de "suivre" dans le temps et dans l'espace les modifications de ces milieux souvent très difficiles d'accès.

Les résultats concrets attendus sont la cartographie thématique des espaces encore non aménagés et l'acquisition d'éléments quantitatifs.

### 3. Documentation

Les opérations comprennent:

-examen de la bibliographie disponible et gestion des nouvelles références par saisie informatique. Un système de fiches analytiques est en préparation.

-collection photographique thématique (négatifs et diapositives) et documents pour la rétroprojection.

-cartographie géomorphologique appuyée sur les levés de terrain, cartes et sondages géologiques, cartes pédologiques, photo-interprétation et Télédétection.

-préparation de rapports de synthèse provisoires.

### 4. Echange scientifique

S'il est vrai que l'envasement des côtes des Guyanes provoque, à court terme, des modifications considérables de la ligne du rivage, il est aussi vrai qu'à long terme, ces études renvoient aux profondes causes naturelles qui sont en action depuis des millénaires.

Savoir quels sont les facteurs et les processus qui sont (et ont été) à l'origine de ces phénomènes - quand, où, comment et pourquoi - est un projet d'étude qui suppose un indispensable échange interdisciplinaire entre chercheurs travaillant non seulement au plan local mais aussi dans les pays voisins et sur des thèmes et des environnements similaires.

L'échange scientifique existe entre le Centre-ORSTOM et les organismes suivants:

(1) *Au Brésil* : Centro de Geociências (Belém. Pará); Société Brésilienne de Géologie Núcleo Norte. Belém; Pará); Labohidro (São Luis. Maranhão); Labomar (Fortaleza. Ceará); Departamento. de Geociências (João Pessoa. Paraíba); Lagemar (Niterói. Est. do Rio); Departamento de Geociências (São Paulo. SP); ABEQUA (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, São Paulo. SP).

(2) *Au Suriname* : (Service des Sols, Paramaribo). Il convient de souligner que ces échanges sont actuellement perturbés à cause des événements politiques surinamiens.

(3) *Au Venezuela* : (Ecologia IVIC, Caracas)

(4) *En France* : Comité National Français de l'INQUA (Paris); AFEQ (Assoc. Française pour l'Etude du Quaternaire), Paris.

(5) *Aux Etats-Unis* : American Géophysical Union (AGU) et Association Internationale des Sciences Hydrologiques (AISH), section "remote sensing" - ICRSDT.

(6) *Aux Pays-Bas* : (Départ. de Géographie Physique, de l'Université d'Utrecht et Institut des Sciences de la Terre, de l'Univ. d'Amsterdam)

Au plan de programmes internationaux de recherche, une participation active existe avec :

- Les recherches de la *Subcommission des Lignes de Rivage pour les Amériques*, de l'INQUA (Union Internat. pour l'Etude du Quaternaire, 1987-1991), sous la direction du Dr. K. SUGUIO, Université de São Paulo, Brésil. Une importante rencontre sur " Les Changements Globaux en Amérique du Sud: Passé, Présent et Futur"- organisée par la Subcommission et sous les auspices de nombreux organismes de recherche dont l'ORSTOM - aura lieu à São Paulo, en mai 1989.

- *Commission d'Etude du Quaternaire en Amérique du Sud* (INQUA, 1987-1991), sous la direction du Dr. M. IRIONDO (Argentine). Un des groupes de travail concerne "Les changements quaternaires du niveau de la mer" (recherches conduites par le Dr. L. MARTIN, ORSTOM-Brésil). La Commission a organisé un symposium scientifique en Argentine (Paraná), en novembre 1988.

- *Société Latino-Américaine de Géologie*, dont le VII Congrès a eu lieu à Belém (Est. do Pará, Brésil) en novembre 1988.

- *Commission de l'Holocène de l'Amérique du Sud* (INQUA, 1987-1991), sous la direction du Dr. SALGADO LABORIAU (Brasília, Brésil). La première réunion de la commission est prévue en 1989, à Brasília.

- *Projet Intern. de Corrélation Géologique 274* (1988-1992. UNESCO) sous la direction du Dr. O. VAN DE PLASSCHE (Université d'Amsterdam, Pays-Bas). La réunion inaugurale du projet a eu lieu à Amsterdam, en septembre 1988 (M.T. PROST y a représenté le Centre-ORSTOM). Le projet, qui regroupe des spécialistes de 44 pays, se propose d'étudier l'évolution côtière quaternaire, de définir de modèles régionaux et de publier des ouvrages de synthèse qui seront des documents de référence pour la recherche côtière. Les retombées d'un tel projet, au niveau des résultats concrets (scientifiques et appliqués), sont évidentes.

## **I) TELEDETECTION**

L'utilisation des données de télédétection aérospatiale est un domaine qui a reçu une impulsion nouvelle ces deux dernières années, par la mise en orbite avec succès, depuis la base de Kourou, du satellite français SPOT. L'état de l'art en matière de traitement et d'interprétation des images s'est enrichi, depuis une quinzaine d'années, par l'exploitation des multiples informations obtenues avec les satellites LANDSAT, depuis leur lancement. La "banque de données radiométriques" que constitue l'image, ne prend réellement corps, aux yeux des diverses spécialités, qu'après une combinaison judicieuse des canaux et des traitements, dont l'aboutissement est la cartographie spécifique, répondant à un objectif précis. C'est donc un savoir faire que l'évolution des matériels et des logiciels ont rendu possible. Ce processus a permis le rapprochement de "l'homme de terrain" avec la vision satellitaire, ce qui assure une plus-value certaine, en regard des traitements automatiques effectués "à façon".

Pour la Guyane, riche en spécialistes de terrain de toute nature, cet outil présentait un intérêt évident, en regard des difficultés d'exploration de certaines zones peu cartographiées, et pour réaliser les études nécessaires à estimer l'impact de nouveaux aménagements sur l'environnement.

Ce faisceau de constats a donné lieu à une série d'actions, engagées dès 86 par l'ORSTOM, auprès de l'Etat et de la Région Guyane. Ces efforts ont été concrétisés par l'implantation, en janvier 88, d'un système de traitement d'image numérique à Cayenne. Celui-ci remplit les quatre fonctions essentielles d'un tel système: lecture-stockage des données radiométriques, visualisation, traitement numérique et production de documents de travail et de documents élaborés.

### **I) ASPECTS TECHNIQUES DU LABORATOIRE DE TRAITEMENT D'IMAGES.**

1) Description du matériel et caractéristiques techniques (cf annexe-I):

Le matériel est d'origine SEPIMAGE, et possède un large éventail de logiciels spécifiques au traitement des données de télédétection (photo 1).



## 2) Les données disponibles en 1988

Trois scènes Landsat d'octobre 1976 et deux scènes SPOT d'octobre 1986 ont été acquises depuis la mise en œuvre de l'atelier. Il s'agit des scènes suivantes repérées selon la grille de référence (fig 1 et 2):

**LANDSAT-244 056** (région Cayenne-Iracoubo) du 30 Oct 1976 (photo 2)

245 056 (centrée sur estuaire du Maroni) du 31 Oct 1976

245 057 (centrée sur Maripasoula) du 31 Oct 1976

élévation solaire: 50 degrés

azimuth : 120 degrés

qualité : très peu nuageuse et bonne définition

Capteur: Multi-Spectral-Scanner (MSS). Résolution 80 m.

**SPOT-691 340** (région Cayenne-Kourou) du 20 Oct 1986(photo 3)

689 339 (région Sinnamary) du 20 Oct 1986 (photo 4)

Ces deux scènes ont été respectivement acquises par HRV2 et HRV1, en même temps, avec un dépointage du capteur de 26 degrés. L'heure locale de prise de vue est 11 h 16 mn.

Mode XS, canaux 1 2 et 3. Résolution 20 mètres

L'heure de la basse mer, aux îles du Salut, était à 12 h 10 mn.

Qualité: couvert nuageux important sur les zones forestières

## 3) Consultation catalogue

Plusieurs consultations des images existantes ont été demandées au cours de l'année, notamment auprès de l'INPE au Brésil, gérant les demandes concernant LANDSAT TM (Thématique-Mapper, de résolution 40 mètres) sur l'Amérique Latine. Pour toutes les scènes concernant la Guyane, le couvert nuageux est compris entre 80 et 100 %, sauf dans deux cas, où il est de 50%. Cette information est à retenir, mais elle ne justifie pas l'acquisition des Quick-Look.

Pour SPOT, les consultations catalogue sont facilitées par l'accès, par réseau DOMPAC-TRANSPAC, au serveur BRAMS de Toulouse. Cette possibilité nous a permis de suivre l'évolution des scènes acquises pendant la période correspondant à la demande de programmation.

## 4) Demande de programmation SPOT

En 88, un effort particulier a été fait pour acquérir de nouvelles scènes permettant de couvrir l'ensemble du littoral. Une demande de programmation a été effectuée auprès de la société SPOT IMAGE à Toulouse, pour la période Juin-Novembre 88, sur les scènes suivantes:

- 691 340 (Cayenne-Kourou)
- 692 341 (Approuague-Oyapock)
- 687 339 (Estuaire du Maroni)

- 688 339 (Mana)
- 689 339 (Iracoubo)

Principale contrainte demandée: 0 à 10 % de couvert nuageux.

A ce jour, aucune scène, même durant la période sèche (Oct-Nov), n'a pu être réalisée, sans moins de 10% de nuages.

## II) LES ACTIONS SCIENTIFIQUES ENGAGEES

Il s'agit de commencer par un recensement thématique des unités du littoral, mal connu en Guyane. Il était projeté de travailler sur une zone dont les éléments de terrain sont acquis - la zone de Mana -, mais aucune donnée satellite n'est disponible actuellement. Le travail a été réorienté sur une zone, plus proche de Cayenne, la région de Sinnamary. Celle-ci permet de se familiariser avec les possibilités de SPOT en domaine tropical, c'est à dire avec un pourcentage de végétation important. L'objectif est de réaliser la cartographie thématique sur les zones de marais, avec la meilleure adéquation entre les "objets" radiométriques vus par le satellite et leur réalité thématique, lors d'un traitement automatique.

Si cette phase s'avère satisfaisante, on peut l'étendre au littoral dans son ensemble et obtenir une valeur précise des surfaces d'occupation au sol de chacune des unités.

Parmi les autres traitements sur les données satellitaires, il a été possible de cartographier avec précision la position des bancs de vase, et d'en mesurer leur étendue, entre Cayenne et Iracoubo. On obtient une référence, de qualité cartographique, qui servira par la suite à mieux comprendre la dynamique du phénomène d'envasement par l'analyse multitemporelle.

Enfin, la grande révélation des traitements de données SPOT, acquises en visée oblique sur l'océan, est de montrer l'état de surface de la mer, c'est à dire de mettre en évidence les ondes comme la houle par exemple. Cette caractéristique inattendue permet d'obtenir une information jusque-là inaccessible - sauf par radar -, sur le comportement des ondes, devant le littoral Guyanais. Cette possibilité est déjà exploitée dans l'étude des conditions d'envasement et de dévasement, et la recherche des causes responsables de ce phénomène.

## Travaux en cours

### 1) Classification sur les mangroves littorales

Partant des premières tentatives d'identification de la mangrove littorale dans un paysage d'ensemble, riche en forêt secondaire, il est souvent difficile de séparer par un traitement automatiquement la mangrove, du thème précédent. En effet, l'excellente résolution géométrique de SPOT a conduit le concepteur du capteur à faire des choix au détriment de la résolution "radiométrique". On constate que les canaux 1 et 2 sont très semblables dans le thème "végétation" et que la seule combinaison possible ne peut se faire qu'avec le canal 3, dans le proche infrarouge. Les résultats des classifications sont souvent décevants, quant à la discrimination de la mangrove des autres unités végétales. Ce manque de sélection devrait disparaître avec la mise en service d'un capteur "spécial végétation", sur la version SPOT 3.

Néanmoins, la localisation géographique de cette unité permet de l'étudier dans un environnement sélectionné (photo 5), permettant de mieux cerner les réponses radiométriques propres. C'est l'objectif d'une analyse de ces réponses radiométriques, travail préliminaire au traitement thématique sur une zone complète :

L'exemple proposé ici concerne la mangrove littorale proche d'Iracoubo, au sud de l'important banc qui semble, encore actuellement, poursuivre sa croissance.

- Un **transect** nord-sud, nous indique (fig 3), que le signal est très homogène dans les canaux 1 et 2 et plus hétérogène dans le canal 3. C'est donc ce dernier (proche infrarouge) qui apportera l'information nécessaire à la discrimination de différentes unités de mangrove. Les "bas fonds" inondés "répondent" comme un plan d'eau libre, c'est à dire par des valeurs radiométriques plus basses dans le canal infrarouge.

- Après avoir dépouillé le fichier image des autres thèmes et des zones nuageuses, on peut construire les **histogrammes** des données restantes. Ceci permet de juger de la réponse globale du thème "mangrove" (fig 4). En abscisse, il est porté les "comptes radiométriques" - de 0 à 255 - et en ordonnée, le nombre de points. Les deux thèmes se distinguent bien dans les trois canaux, mais les histogrammes n'étant pas disjoints, on peut s'attendre à quelques confusions dans une classification automatique. On vérifie que c'est bien le canal 3 qui apportera le plus d'informations.

- Les **index de Végétation** (I V) et de **Brillance** (I B) sont des calculs simples opérant sur deux canaux. Ils constituent un premier type de traitement, améliorant la lisibilité de l'image. L'index de végétation est calculé par la formule:

$I V = (c3-c2) / (c3+c2)$   
et l'index de brillance par:

$$I B = V \sqrt{(c1)^2 + (c2)^2}$$

c1 étant la valeur radiométrique d'un pixel du canal 1.

Le résultat du calcul (fig 5), montre une meilleure séparation du thème "mangrove" avec I V, mais son histogramme n'est guère plus étalé que dans le canal 3. I B, calculé sur les canaux 1 et 2, n'apporte pas plus que les canaux originaux.

- En vu d'un traitement automatique, il est utile de construire un **histogramme bidimensionnel** entre les canaux 1 et 3 (fig 6), sur l'ensemble de l'image et sur un fichier réduit. On localise la position du thème mangrove (M) et l'on retrouve l'étalement des radiométries de ce thème sur le canal 3, avec une partie "bas fonds" inondés, mise en relief par les deux canaux choisis.

- Après sélection du thème, on réalise un seuillage sur 8 niveaux de gris, sur les données du canal 3 (fig 7). On relève ainsi au moins cinq classes "radiométriques" correspondant à différents stades d'évolution de la mangrove. On distingue également la ligne de bas fonds, orientée est-ouest.

## 2) Surface des bancs de la zone intertidale

La réflectance relativement homogène des vases littorales de la zone intertidale en font un objectif radiométrique facilement identifiable. La position sur l' histogramme bidimensionnel réalisé entre le canal 1 et le 3 montre la position de ce thème (fig 6: SLI). Cet objet sera bien mieux identifié par le canal 1, que par le C3, dans un traitement automatique.

Les conditions de réalisation des images SPOT du 20/10/86 - une heure avant la basse mer -sont tout à fait favorables à la cartographie des bancs de vase (photo 5). Un traitement par "isocontours" (tracé d'une ligne d'égale réflectance), permet la délimitation du banc (fig 8, 9 et 10) dans le canal 1 et d'en connaître la surface exacte. Après plusieurs opérations d'isocontour, et en regard de la très bonne géométrie des images SPOT, on estime que la surface est déterminée à plus ou moins 0,5%.

On obtient ainsi:

-Bancs de Cayenne.....11,5 Km<sup>2</sup>  
-Bancs de Kourou-Sinnamary.....65,9 Km<sup>2</sup>  
-Banc d'Iracoubo.....28,6 Km<sup>2</sup>,

soit un total de 106 Km<sup>2</sup>, pour toute la surface observable avec les données SPOT de 1986.

Cette démarche permet d'obtenir des valeurs précises qui feront référence dans les études à venir. Une contrainte supplémentaire dans la demande de programmation du satellite devra être spécifiée: celle de réaliser l'image pendant les périodes de vives eaux, étant donné que Spot repasse toujours à la même heure locale, 11H 16mn, proche de la basse mer de vives eaux.

Les données de 86 permettent aussi une autre investigation très importante, dans le domaine des comparaisons d'images de dates différentes, renseignant avec précision sur l'évolution de la ligne de rivage.

### 3) Traitement multitemporel LANDSAT/SPOT

L'acquisition des données LANDSAT du 30 octobre 1976, permet d'intéressantes comparaisons sur une période de 10 ans.

Les traitements nécessaires à la superposition des images de nature et de pixels différents sont de type "anamorphose géométrique". Après avoir réduit les deux images à une échelle commune, on utilise trois ou quatre amers communs aux deux fichiers afin d'obtenir la superposition (fig 11 12 et 13). Pour la première, qui représente la zone de Kourou, on peut remarquer la stabilité de l'estuaire de ce fleuve, face à l'envasement qui a fait progresser la ligne de rivage de 2 Km environ. La présence de la pointe rocheuse "les Roches", en rive gauche a probablement un rôle dans la stabilité de l'embouchure. Ce constat est important face au problème de qualité des eaux du milieu estuarien : les études réalisées depuis dix ans sur ce fleuve (ROCHE M.A., 1977) demeurent d'actualité et peuvent servir de référence dans les évaluations sur les risques de pollution.

A l'inverse, l'embouchure du Sinnamary (fig 12), montre une très forte érosion de la ligne de rivage, de valeur sensiblement comparable à la précédente, mais de sens opposé : ce sont environ 2 Km de rivage qui ont disparus en dix ans, fragilisant la rive droite de l'estuaire, qui s'est rompue, à 4 Km de son embouchure, mi-87. L'intrusion saline est donc naturellement plus grande vers l'amont, et il convient de surveiller cette déstabilisation, comme l'a demandé EDF en 88, afin de mieux comprendre ce qui se passera à l'aval de l'ouvrage de Petit-Saut.

Le banc d'Iracoubo (fig 13) présente, comme les environs de Kourou, une progradation, plus forte à l'ouest, variant entre 500 m et 1 Km. De plus petite taille que le banc de Kourou, on obtient immédiatement la valeur de la surface gagnée sur la mer, qui était de 14,0 Km<sup>2</sup>, en 86. Ce banc sera étudié plus en détail puisqu'il constitue une bonne référence dans l'analyse des mécanismes de déplacement. On peut déjà observer sur la comparaison LANDSAT/SPOT, une érosion faible à l'est, et une progradation vers l'ouest. Des mesures de distances précises donneront par la suite les ordre de grandeur des vitesses de déplacement de ces parties en mouvement lent (100 m par an, en première analyse).

La consultation des cartes IGN de 1961 à 1976, montre une progradation importante de la ligne de rivage (3 Km), notamment au nord de la Counamama. Le cours de la crique Yiyi en 1976, presque parallèle à celui de la Counamama à l'aval de dégrad Caïman, traversait une large étendue de mangrove haute avant d'aboutir à la mer. L'image SPOT révèle les traces de ce drainage.

On peut dire qu'actuellement, seules les données satellite offrent une vision synthétique, de faible coût en regard des photos aériennes, pour étudier l'originalité d'un phénomène exclusivement localisé aux côtes des Guyanes, et dont la cause principale est l'énorme transit sédimentaire Amazonien.

#### 4) Visée oblique et état de surface de la mer

Les possibilités de dépointage du capteur radiométrique du satellite SPOT sont utilisées pour réaliser, sous deux angles différents, deux images d'une même zone : la parallaxe obtenue permet de construire un couple stéréoscopique, et par conséquent la restitution du relief. Ce dépointage de plus ou moins 26 degrés par rapport à la verticale peut également être utilisé pour réaliser deux images contiguës, par chacun des deux instruments de bord, de part et d'autre de la verticale de la trace orbitale. C'est ce procédé qui a été utilisé sur la Guyane, en 1986.

L'observation des images obliques sur les zones océaniques, a fait apparaître une conséquence inattendue : la mise en évidence des ondulations de la surface de la mer, comme les ondes internes et les houles (WADWORTH, 1988).

Un traitement d'optimisation locale de densité sur ces images met nettement en évidence la houle de Nordest, dans l'estuaire du Mahury, entre les îlets du Père et de la Mère, ainsi que les phénomènes de diffraction qui accompagnent leur passage près d'un obstacle (photos 6 et 7). Un traitement identique appliqué à l'ensemble de l'image (malheureusement difficile à reproduire en N & B, fig 14), entre Kourou et Iracoubo, montre des "trains de houle" de longueur d'onde voisine du Kilomètre, devant les zones côtières en progradation (banc de Kourou et banc d'Iracoubo). Devant la zone de Sinnamary, en érosion, les longueurs d'ondes sont plus courtes, et même difficiles à évaluer. Nul doute que la qualité, la profondeur des fonds vaseux, ont une importance dans l'origine de ce processus. Ce type d'observation en visée oblique apportera à l'avenir de précieux renseignements dans l'étude des phénomènes océaniques de toutes périodes, auxquels sont soumis les côtes et dont les effets sur la mise en place et le transit des bancs de vase ne peut être négligé.

### III) OPERATIONS DE VALORISATION

Publications faisant usage des moyens de l'Atelier:

- 1) XII Congrès de Géologie de BELEM (BRESIL)  
"Evolution côtière en Guyane Fr. La zone de SINNAMARY."  
M.T. PROST, M.LOINTIER & B. BARTHES
- 2) Rapport PEPS n° 193, dans le cadre de la convention avec le CNES (à paraître).
- 3) Revue du CNES:"La recherche en Guyane" n° 52 (juillet 1988)
- 4) Amazon Chapman Conference (organisé par l'AGU)  
"Coastal sedimentation and local rivers supply in French Guiana"  
LOINTIER M. & M.T. PROST

### VI) OPERATIONS PREVUES EN 1989

Opérations techniques : La mise en place - au centre de Cayenne - d'un système informatique construit autour d'un mini-ordinateur, permet de prévoir la connexion au PERICOLOR en 89, étendant ainsi les possibilités informatiques du système de traitement actuel.

Poursuite d'une "politique" commune avec les Organismes de recherche présents dans le Département, en vue de la constitution d'une collection de scènes satellite sur la région Guyane.

Opérations scientifiques: soutien au programme et traitement de trois scènes LANDSAT d'octobre 1976 pour comparaison (multitemporel) avec les éléments apportés par SPOT en octobre 1986.

Participation au congrès de l'AISH (Association internationale des sciences hydrologiques), section "Remote Sensing", en Mai 1989, à Baltimore.

## ANNEXE I

Description du matériel et caractéristiques techniques.

### - Unité centrale

D'origine SATIMAGE, le PERICOLOR 1500 est un ordinateur munis de processeurs :

- 16 bits programmable
- arithmétique 32 bits flottants
- parallèle 128 bits programmable
- matriciel 32 bits flottants

Il possède 6 mégaoctets de mémoire vive, et un disque dur de 20 mégaoctets. Un lecteur de disquettes 5 pouces permet l'échange d'information avec l'extérieur. Le clavier est munis d'une "boule roulante" (souris), et le moniteur couleur permet la restitution en haute résolution d'une surface de 512 x 512 pixels.

### - Périphériques

Dérouleur de bandes 1600/6250 BPI

Tablette graphique 46 \* 30 cm.

Imprimante N & B.

Imprimante couleur à jet d'encre

Carte d'extension pour couplage avec un autre ordinateur

### - Logiciels

De base, pour Traitement d'image

Spécifique Télédétection

2) Aperçu des possibilités du logiciel "télédétection"

#### - Fonctions de visualisation

curseur 6 x 6

affichage multicanaux

composition colorée

superpositions d'images

opérateur en temps réel sur les quatre opérations

arithmétiques

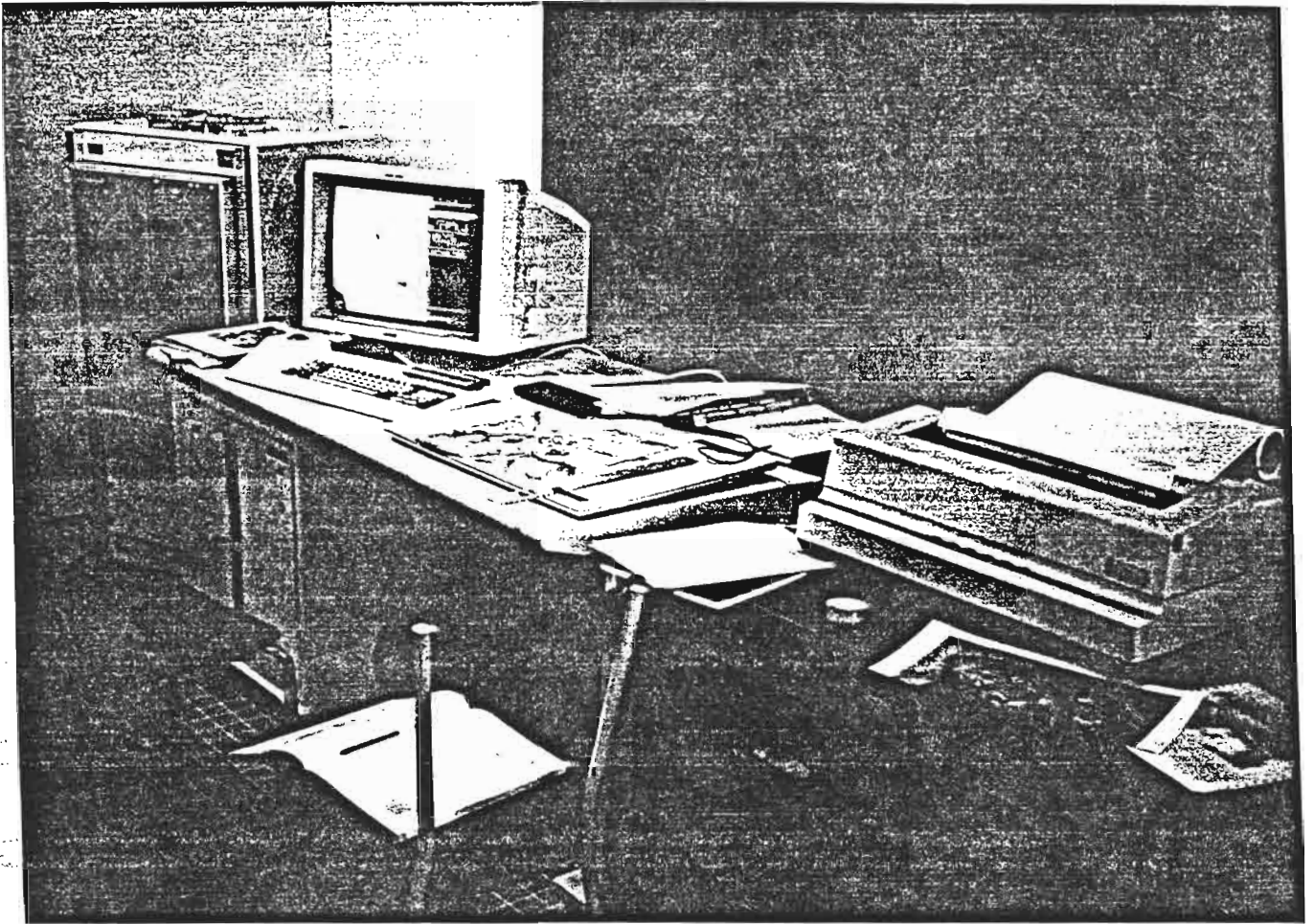
optimisation locale de densité

visualisation d'images 16 bits



## -Traitements

anamorphoses géométriques  
index de végétation et brillance  
fusion d'images et masques  
combinaison linéaire d'images  
conversion RVB en Intensité Teinte et Saturation (ITS)  
corrélation d'images  
analyse en composantes principales  
classification par minimum de distance  
classification par maximum-minimum  
apprentissage sur parcelles test  
classification par découpage de l'histogramme bidimensionnel



**Photo 1** : Atelier de Traitement d'image et ses périphériques.



**Photo 2** : Cliché LANDSAT (244 056) du 30/10/1976. Zone Cayenne-Iracoubo.

SPOT 1 HRV 2 691-340 20 OCT 86



NO5 00 M050 081 HC:108 011 EL:59 001 OP:0081501011 INC10:27 04'L 14H 16MN 50S N18 PROJ:  
LN 15 1 82 SPOT 0-PRODUCT.SATIMAGE-DIST.SPOT IMAGE- ©CNES 1987

**Photo 3:** Reproduction du canal 2 de la scène SPOT du 20/10/86 (691 340), sur la zone de Cayenne.

1



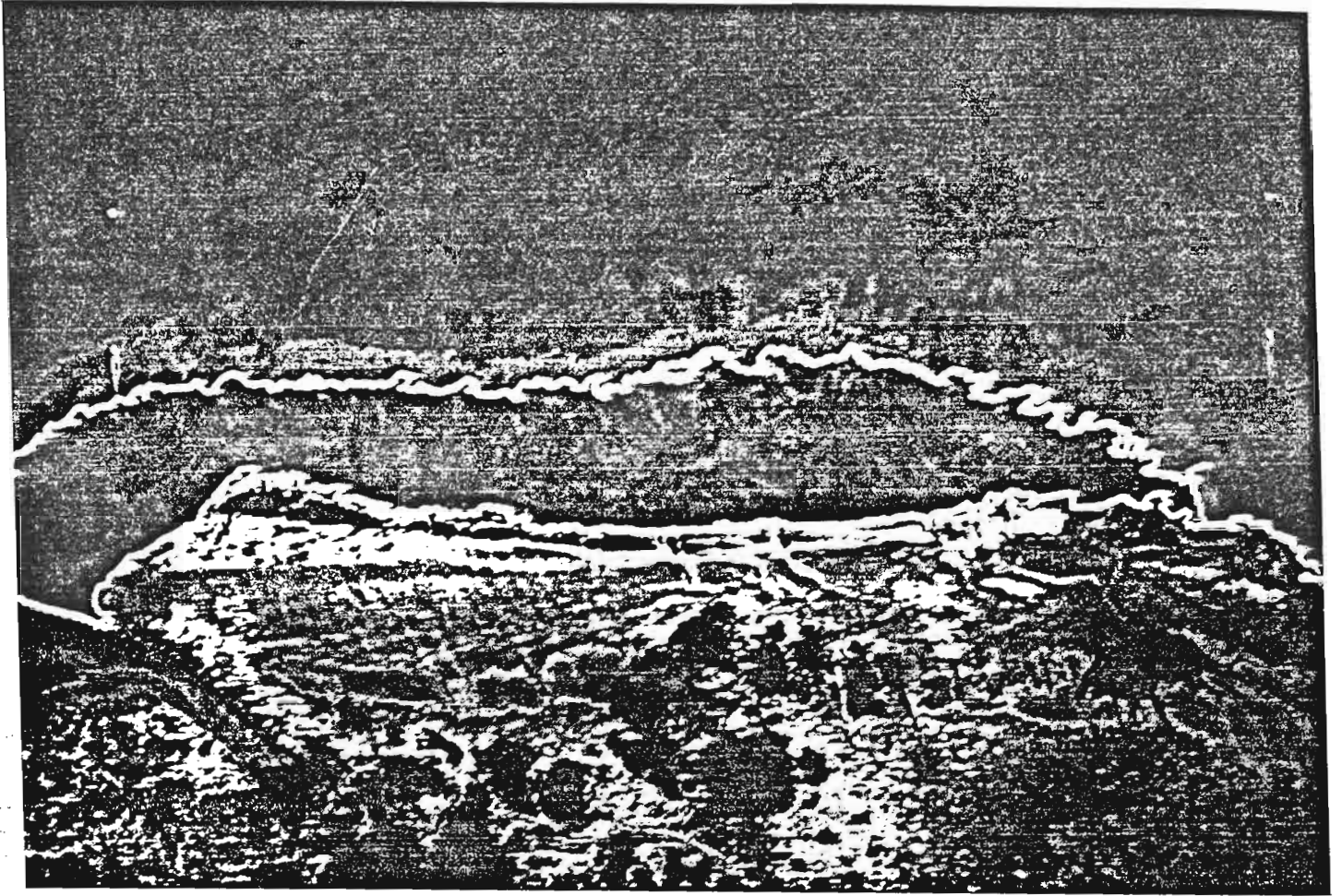
W053-10+ W053-00+ W052-50+ W052-40



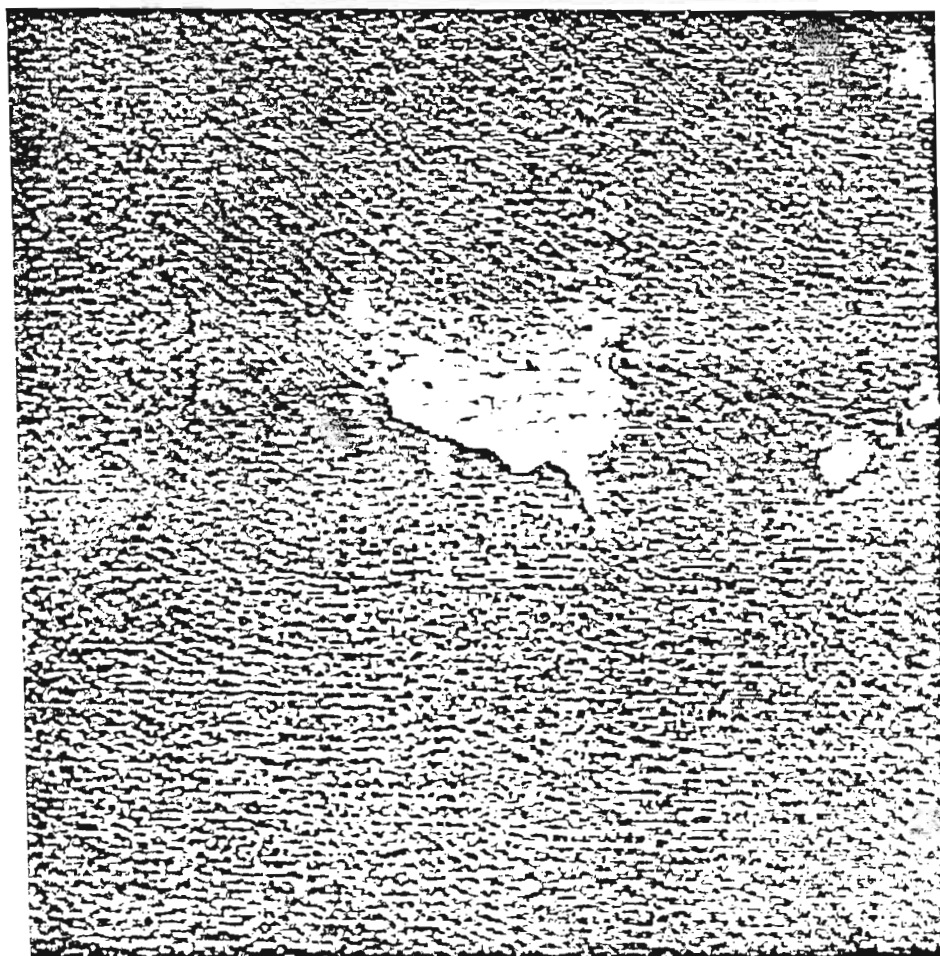
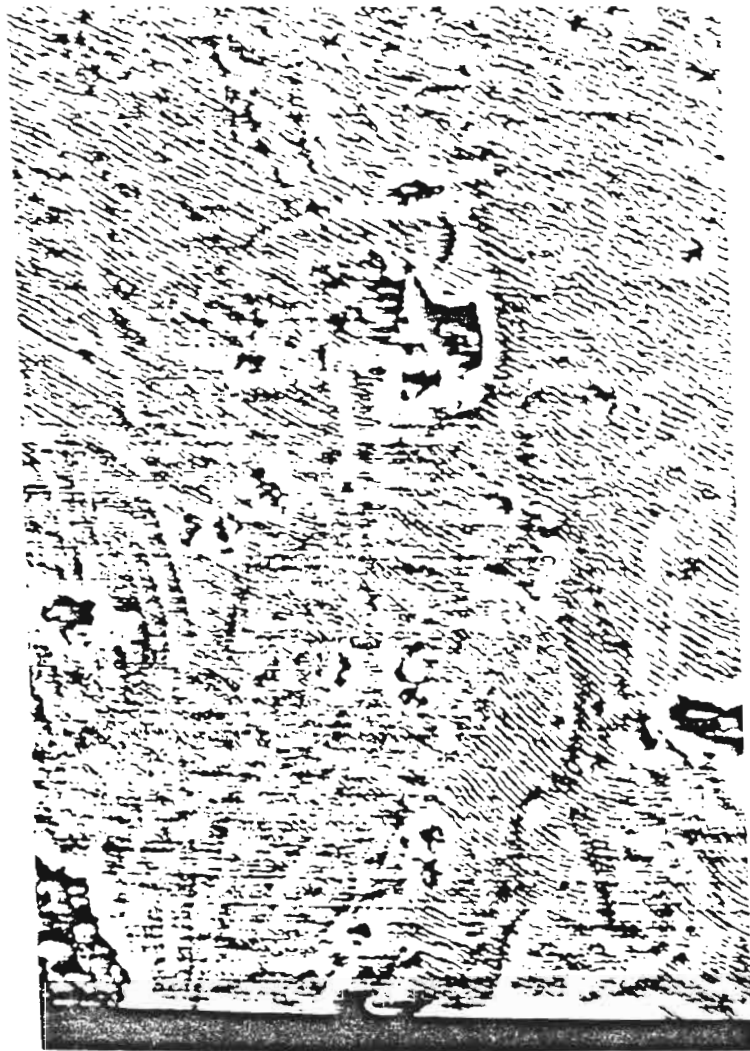
N05°30' / W053°00' AZ:136°20' EL:68°19' DR:000°49'11" INCID:23°01' L 14H 16MN 43S N1B PROJ:  
689/339X LM 034/116 SPOT @-PRODUCT.SATIMAGE-DIST.SPOT IMAGE- @ CNES 1986

**Photo 4** : Reproduction du canal 2 de la scène SPOT du 20/10/86 (689 339), sur la zone de Sinnamary.



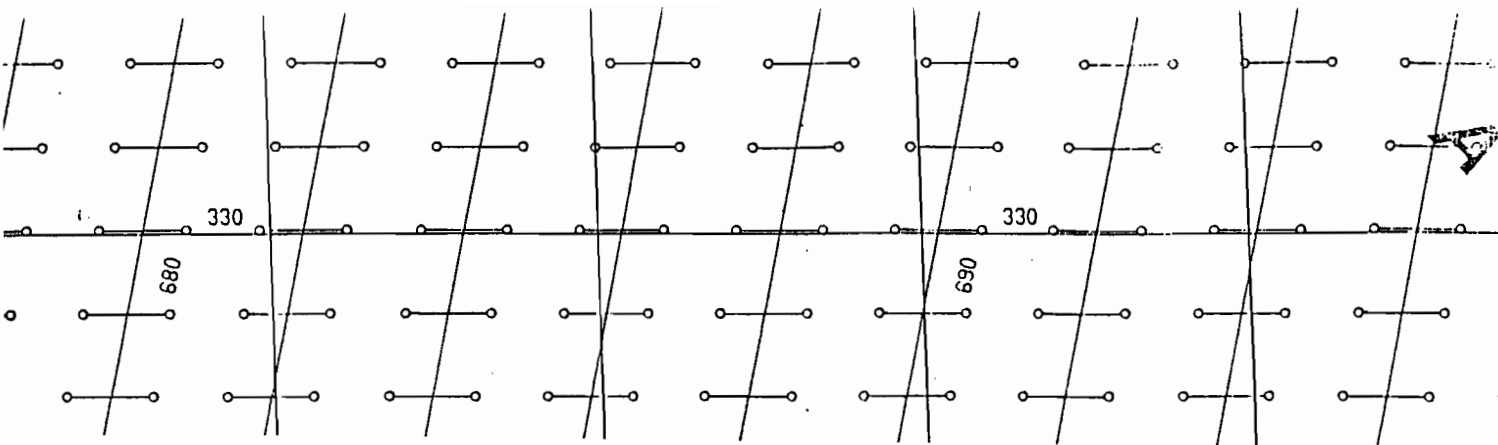


**Photo 5 :** Zone d'Iracoubo. La zone intertidale (estran seulement), a été sélectionnée dans le fichier image.

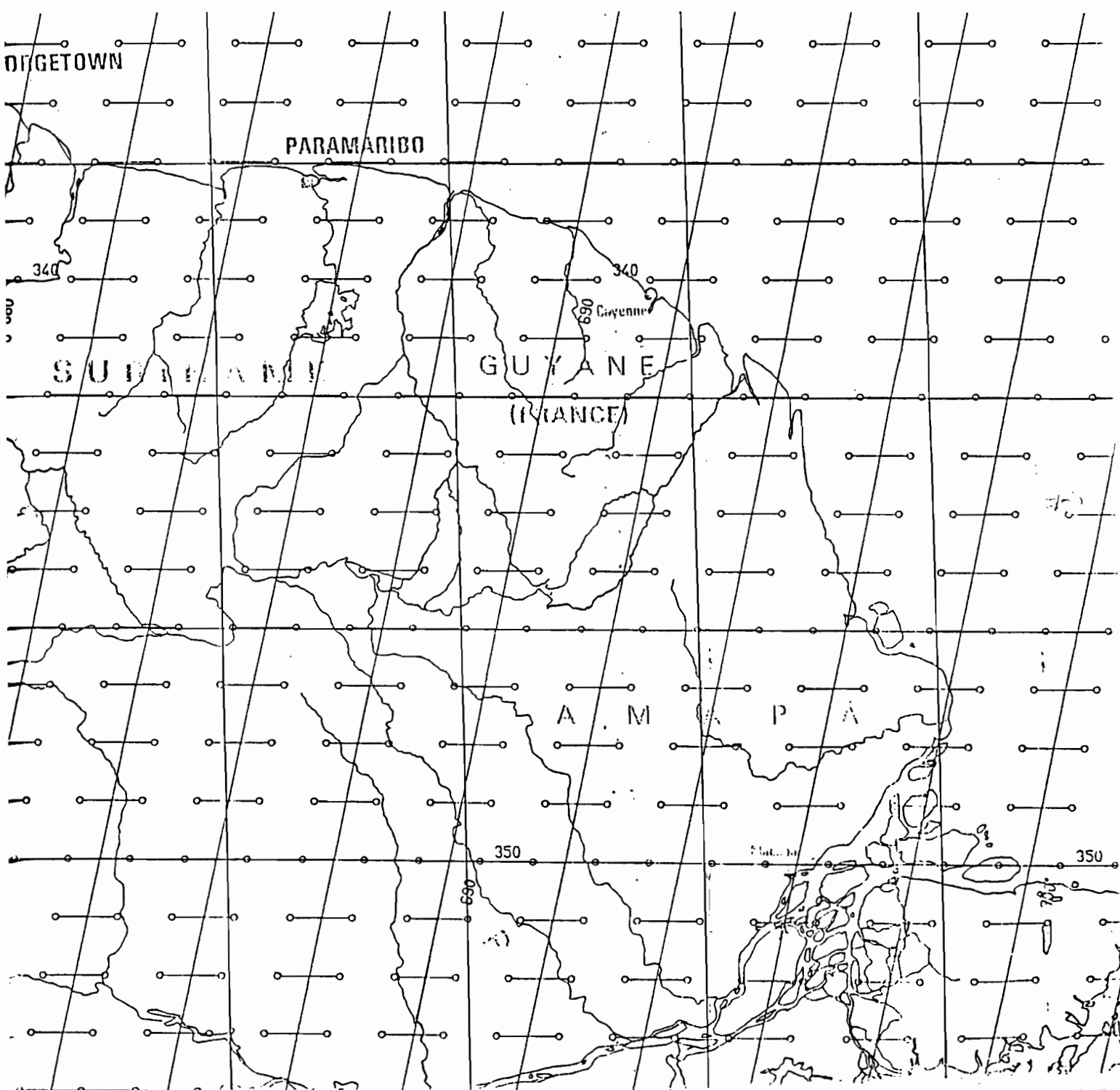


(Copyright CNES 1986)

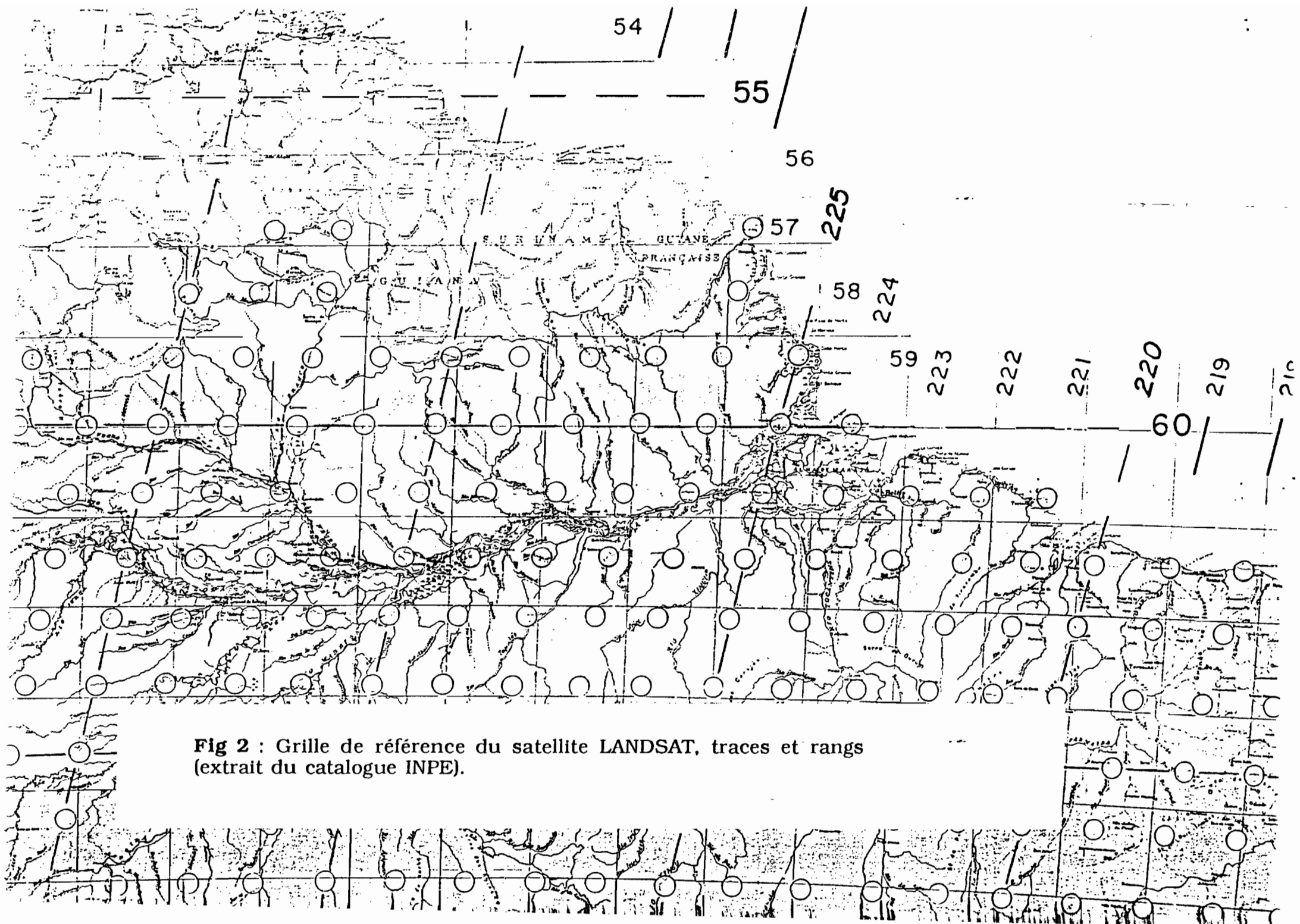
Photos 6 et 7 : Traitement numérique sur l'estuaire du Mahury, avec mise en évidence des houles et de leur diffraction autour des îlets.



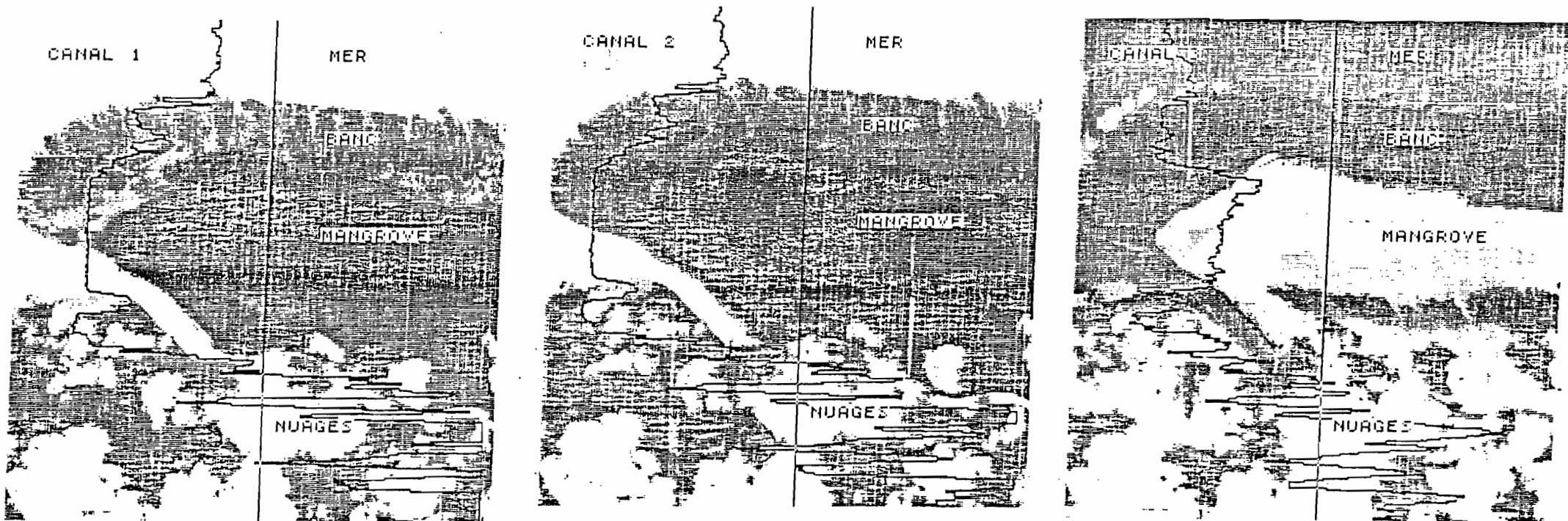
**Fig 1 :** Grille de référence du satellite SPOT (traces et rangs).  
 Les traces correspondent à l'orbitographie du satellite, les rangs étant découpés le long de la trace (extrait de la carte de référence de SPOTIMAGE).



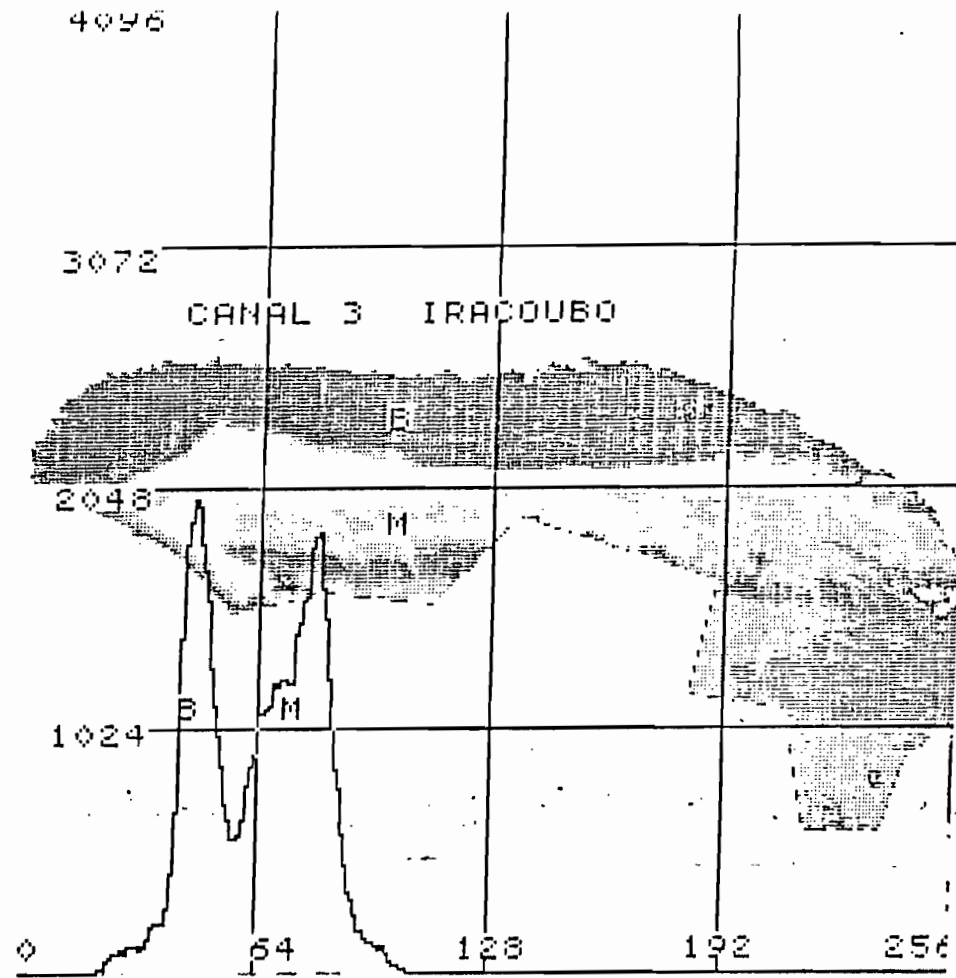
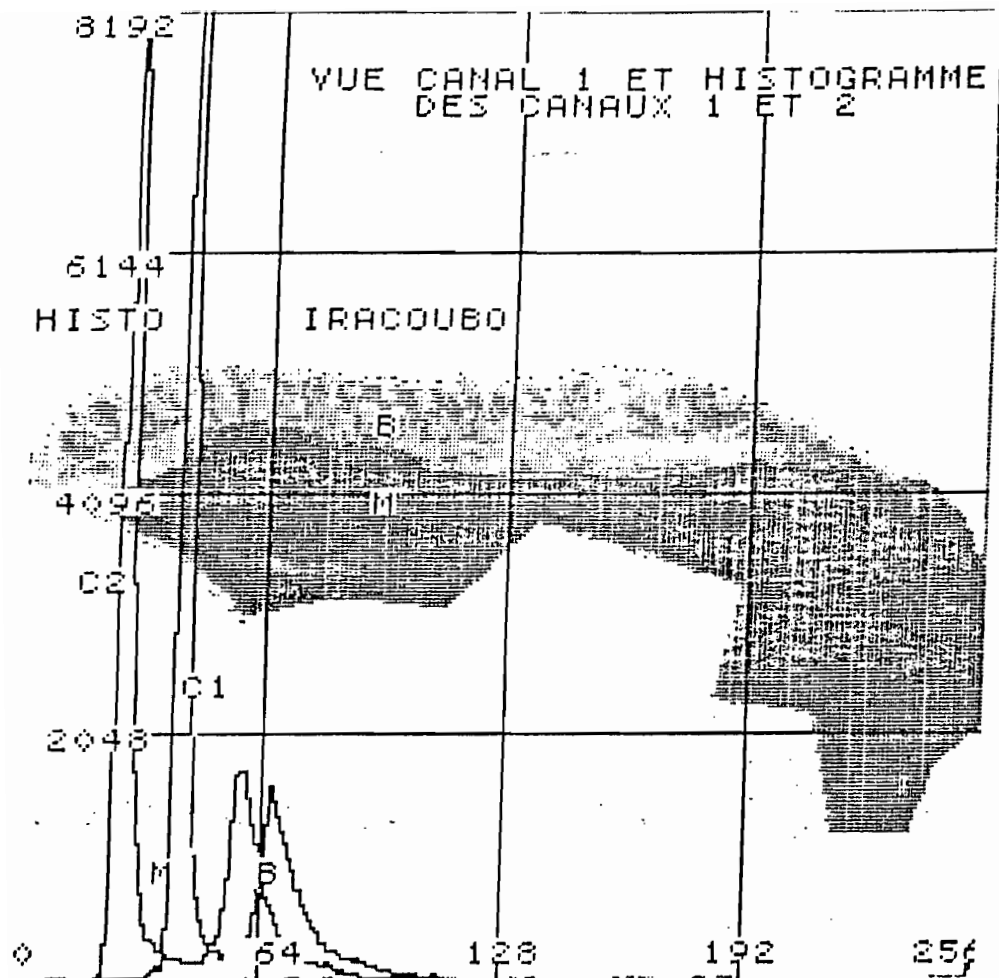




**Fig 2 :** Grille de référence du satellite LANDSAT, traces et rangs  
(extrait du catalogue INPE).

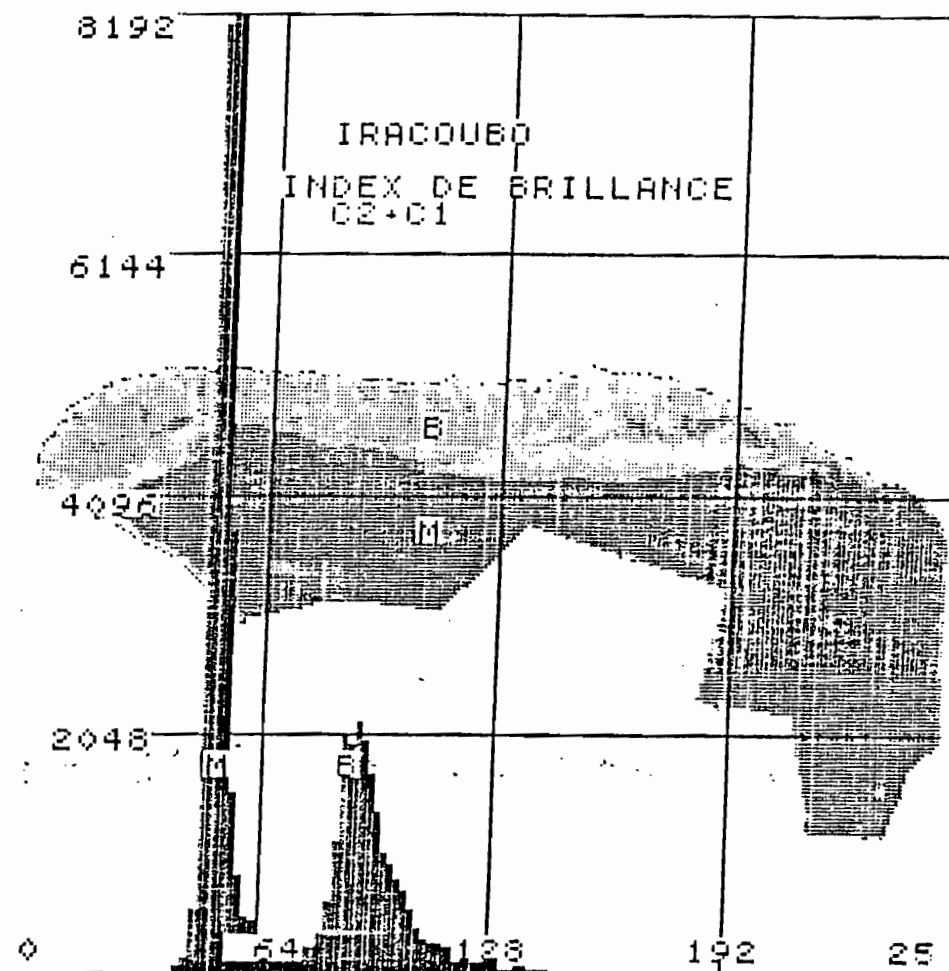
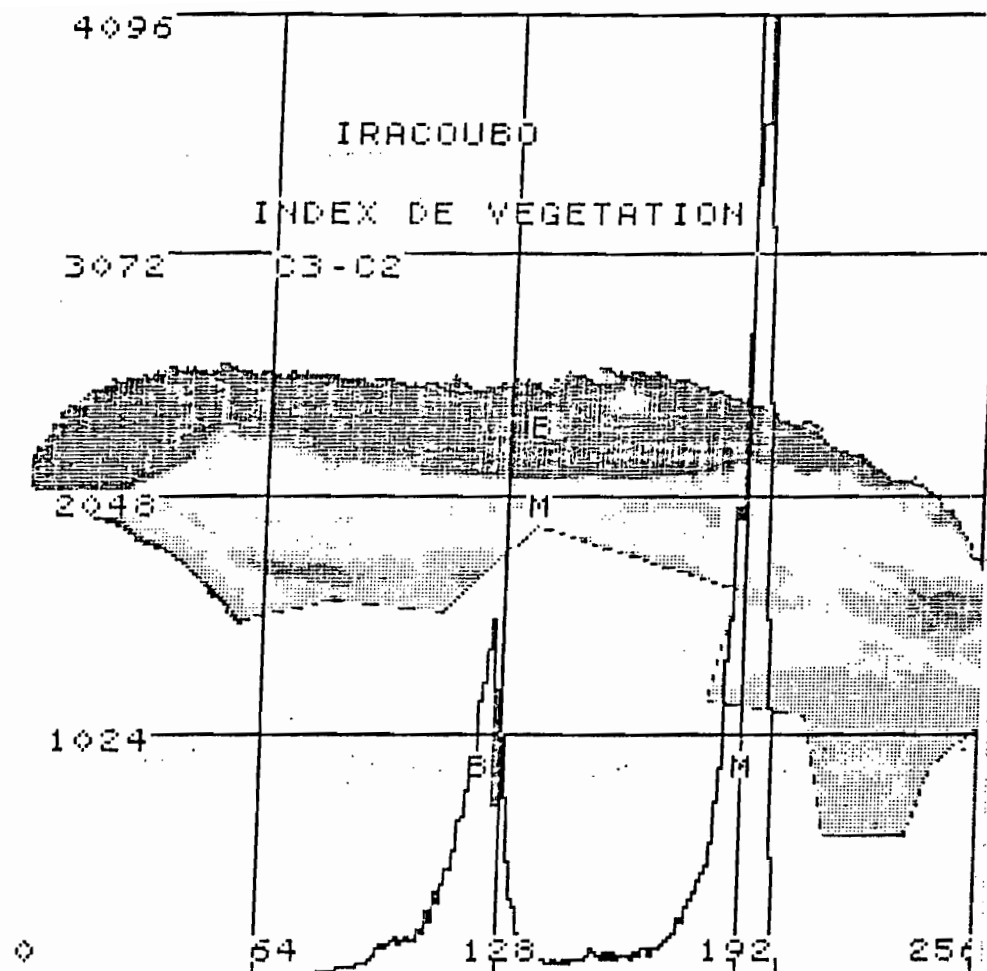


**Fig 3** : Embouchure de l'Iracoubo-Counamama. Profil radiométrique nord-sud dans la zone intertidale de mangrove littorale. On remarque la similitude des canaux 1 et 2 et leur homogénéité. Seul le canal 3 permet de distinguer plusieurs nuances dans la mangrove.

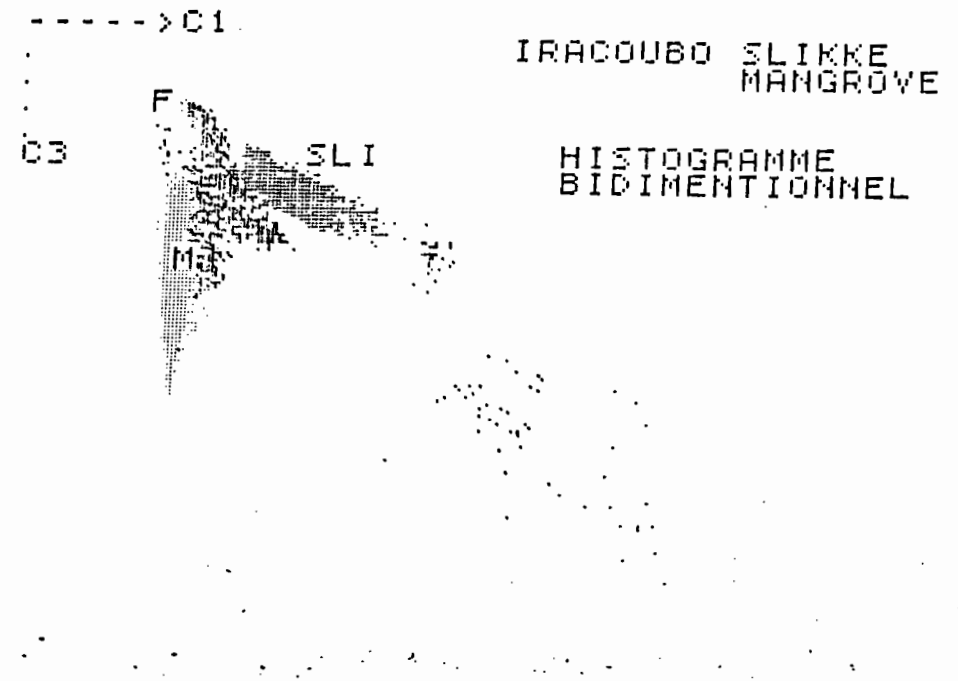
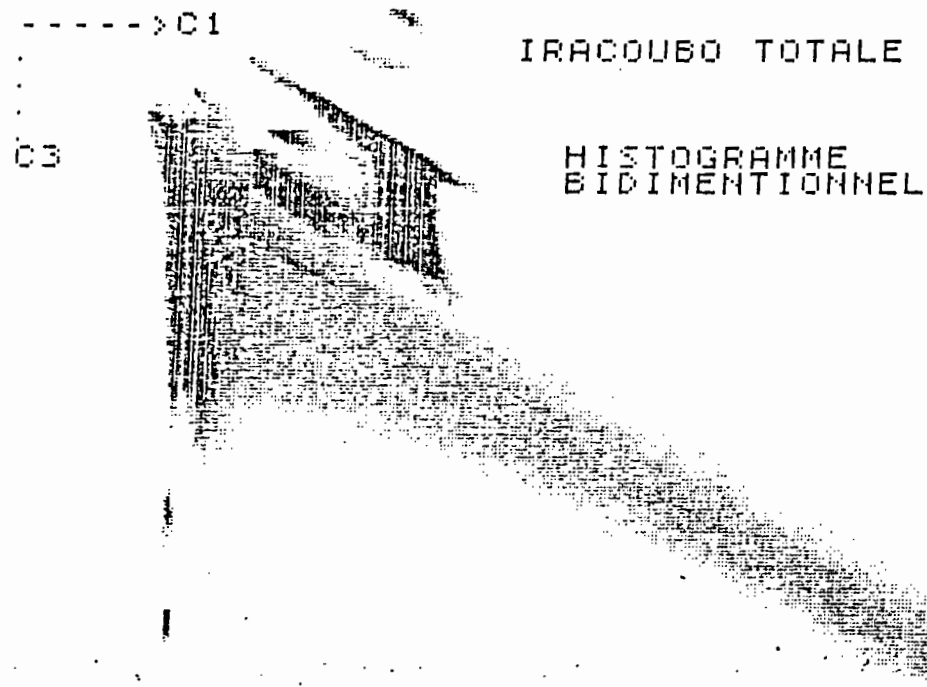


NUMELEC - 1, place de la Gare - 78320 - LA VERRIERE

**Fig 4** : Histogramme des valeurs radiométriques des canaux 1 et 2, puis 3, sur un fichier où l'on a seulement conservé les thèmes "banc" et "mangrove". Ceci permet de juger, sur l'ensemble des points d'un thème, de la position radiométrique de chaque unité. On remarque l'inversion des réponses des canaux 1 et 2 par rapport au canal 3, comme le laissait supposer la coupe de la figure précédente.

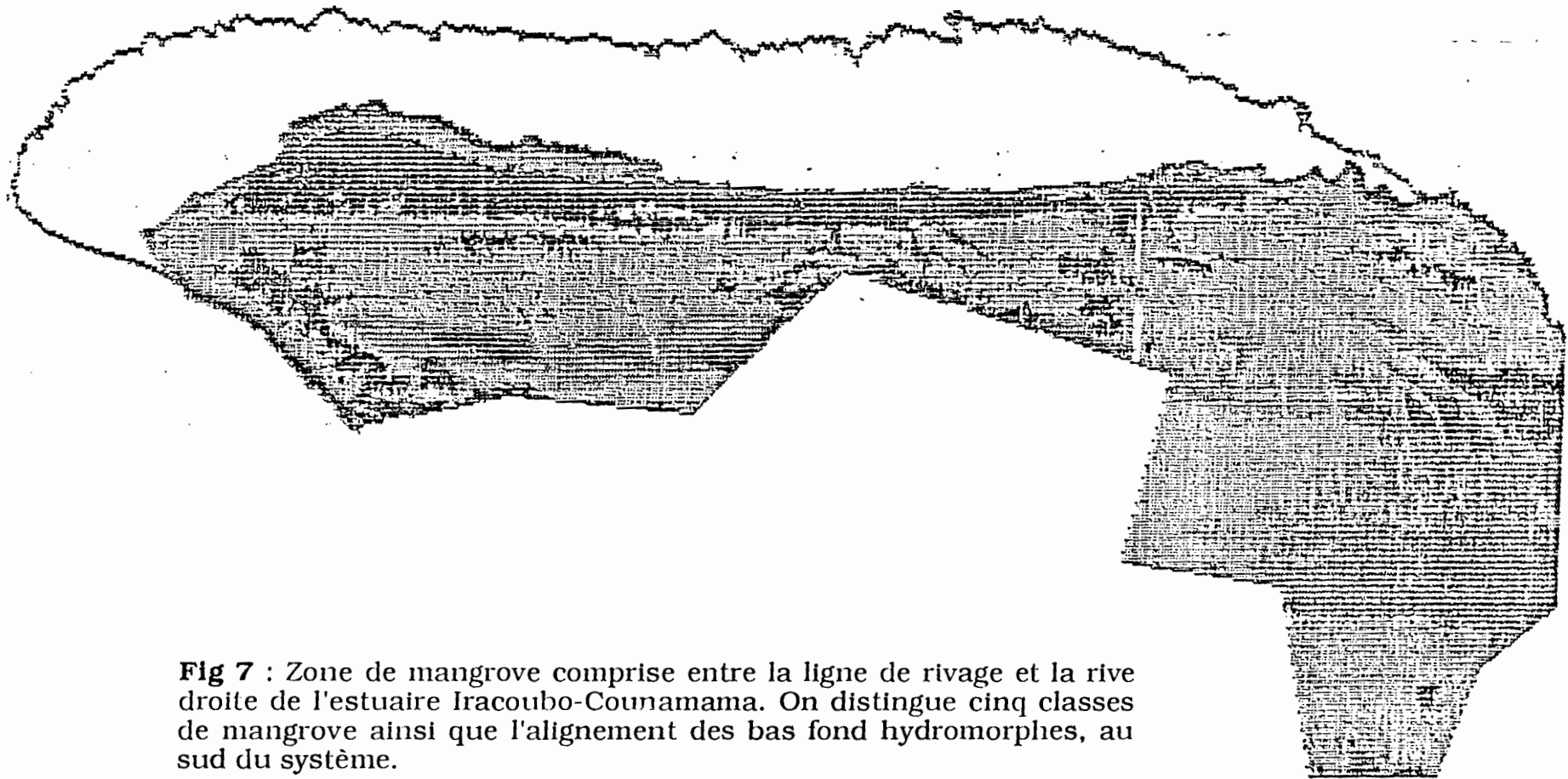


**Fig 5** : Index de végétation et de brillance. Ces calculs classiques sur deux canaux peuvent simplifier la démarche analytique. Ils rassemblent dans le même plan image une information contenue dans les deux canaux choisis. L'index de végétation apporte une meilleure sélectivité entre les thèmes "mangrove" et "banc", leurs histogrammes respectifs étant nettement disjoints.

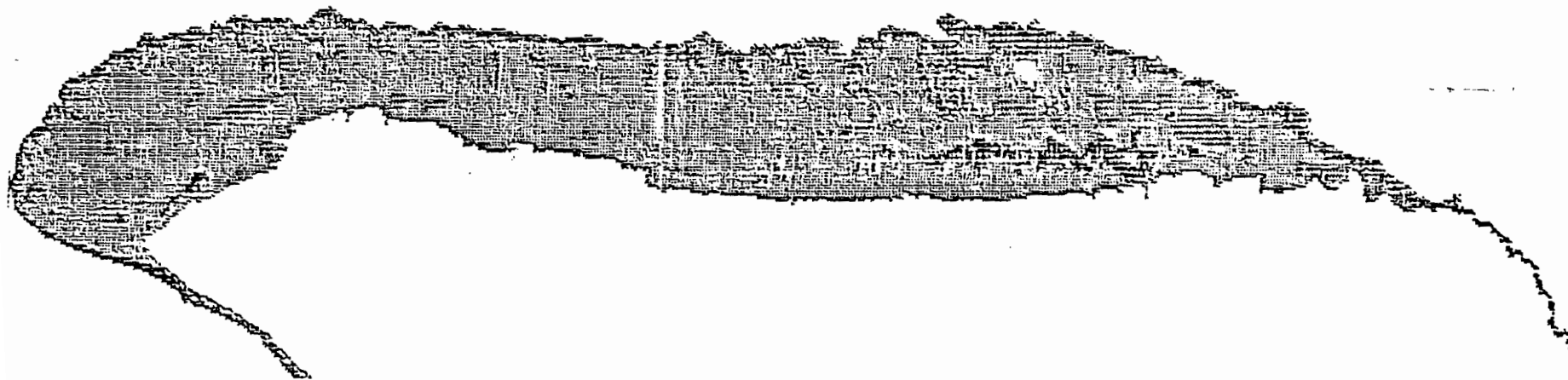


F: BAS FONDS INONDES  
SLI: SLIKKE  
M: MANGROVE

**Fig 6** : Vue de l'histogramme bidimensionnel réalisé sur les canaux 1 et 3. Image totale (à gauche) et fichier réduit (à droite) aux deux thèmes étudiés. On remarquera la position bien distincte de chaque thème, et leur position dans l'histogramme du fichier complet.



**Fig 7 :** Zone de mangrove comprise entre la ligne de rivage et la rive droite de l'estuaire Iracoubo-Counamama. On distingue cinq classes de mangrove ainsi que l'alignement des bas fond hydromorphes, au sud du système.

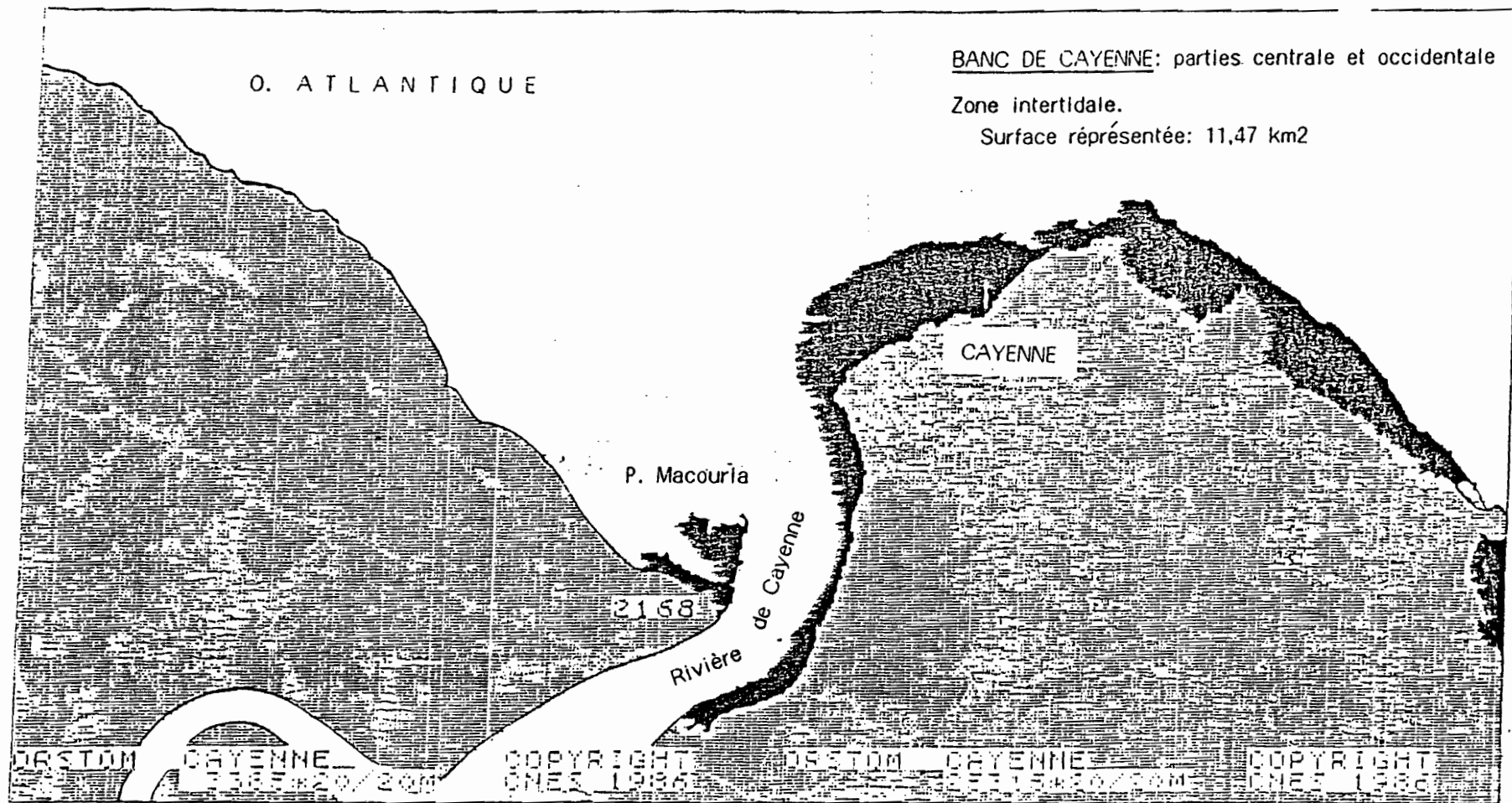


**Fig 8 : Banc d'Iracoubo**

La partie intertidale du banc d'Iracoubo (tidal flat), avec 28,6 km<sup>2</sup>, est constituée par une surface de vase nue très faiblement inclinée vers le large, découpée par des systèmes des chenaux de marée et partiellement colonisée par la jeune mangrove de front de mer.

La progression vers l'ouest/nord-ouest de la partie frontale du banc (provoquée par le transit côtier) est à l'origine de la déviation des cours estuariens de la Counamama et de l'Iracoubo, réunis à présent dans une seule embouchure. La partie arrière du banc a été le siège d'une érosion modérée entre 1976 et 1986 (comparaison des images LANDSAT ET SPOT).





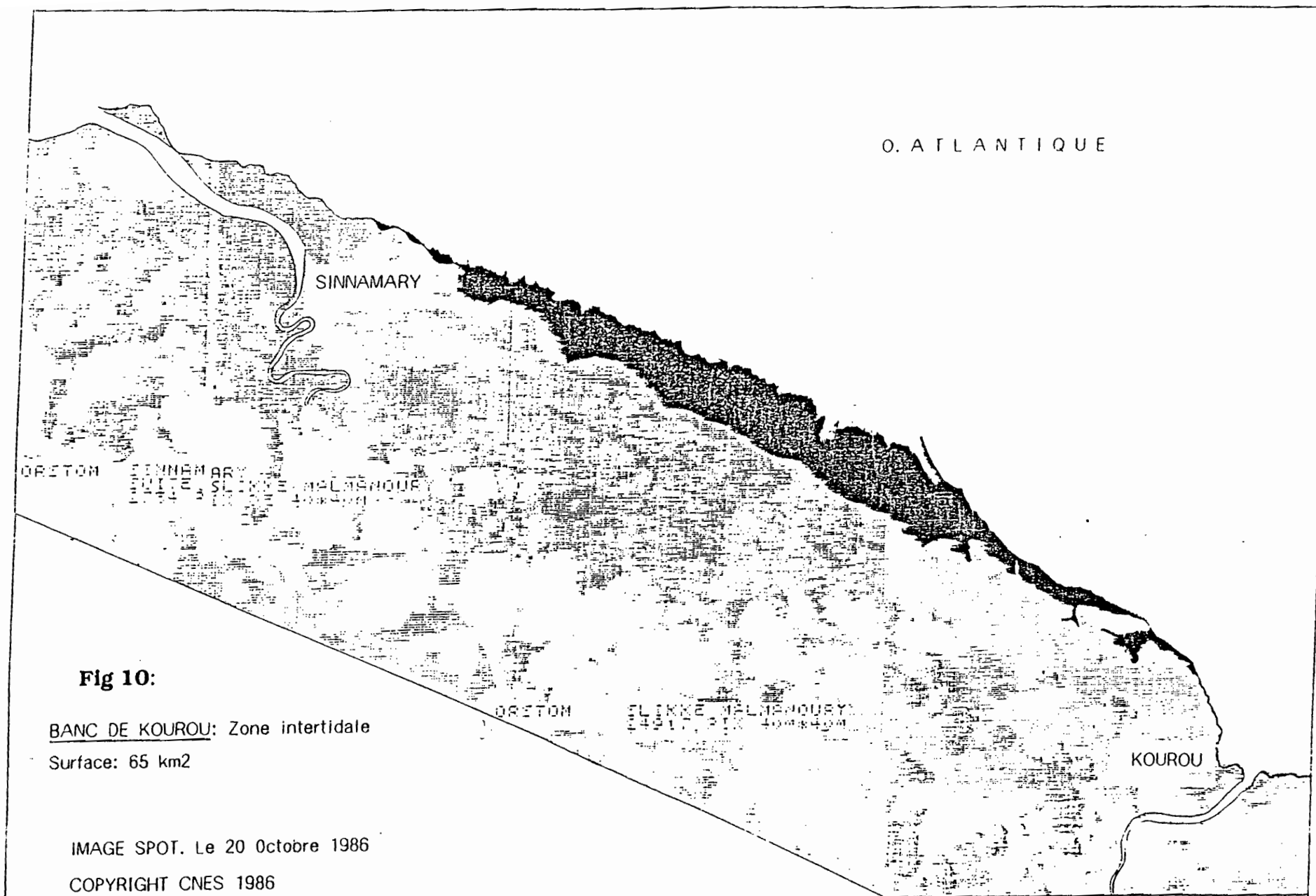
ATELIER DE TELEDETECTION  
CENTRE ORSTOM CAYENNE.



IMAGE SPOT. Le 20 Octobre 1986  
COPYRIGHT CNES 1986

**Fig 9 :** Visualisation des bancs autour de Cayenne, en 1986.

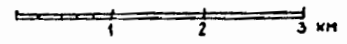




**Fig 10:**

BANC DE KOUROU: Zone intertidale  
 Surface: 65 km<sup>2</sup>

IMAGE SPOT. Le 20 Octobre 1986  
 COPYRIGHT CNES 1986



ATELIER DE TELEDETECTION  
CENTRE ORSTOM. CAYENNE

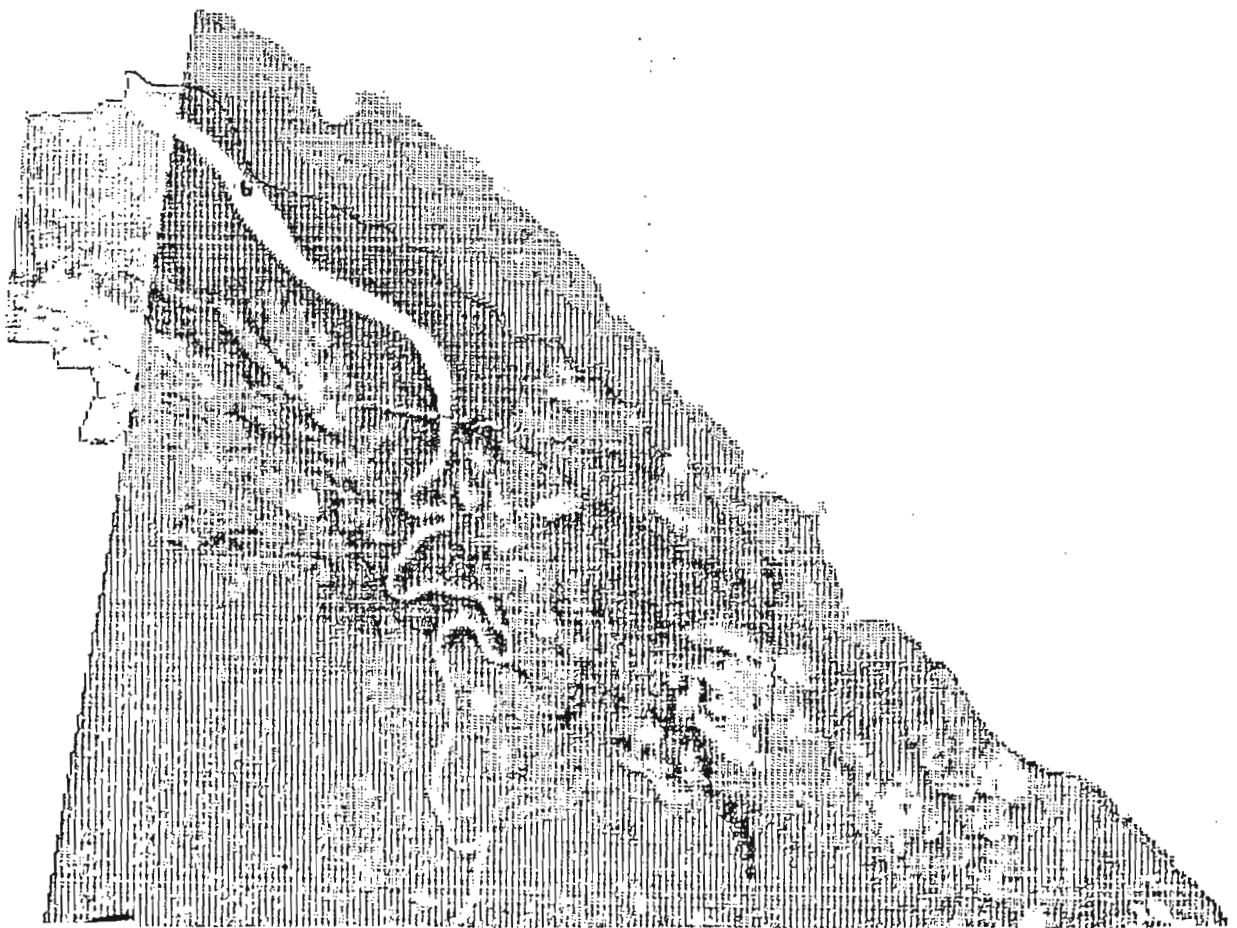
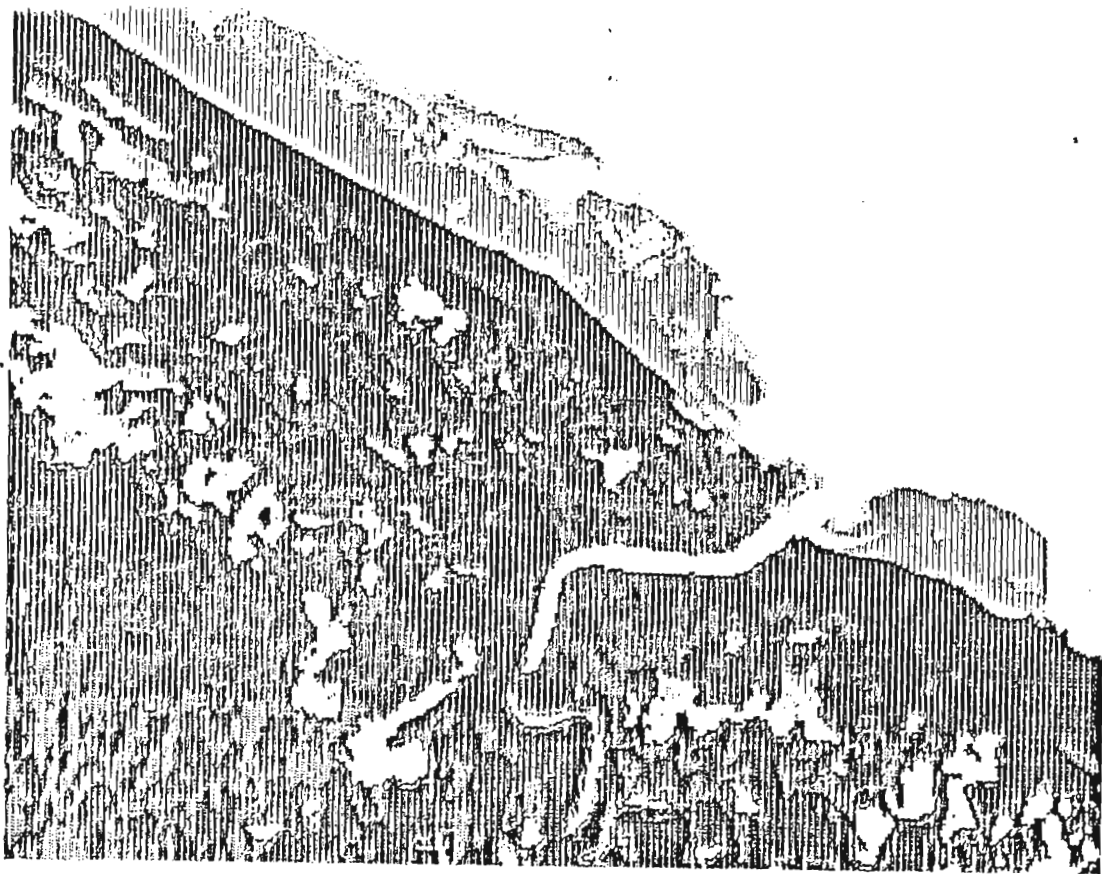
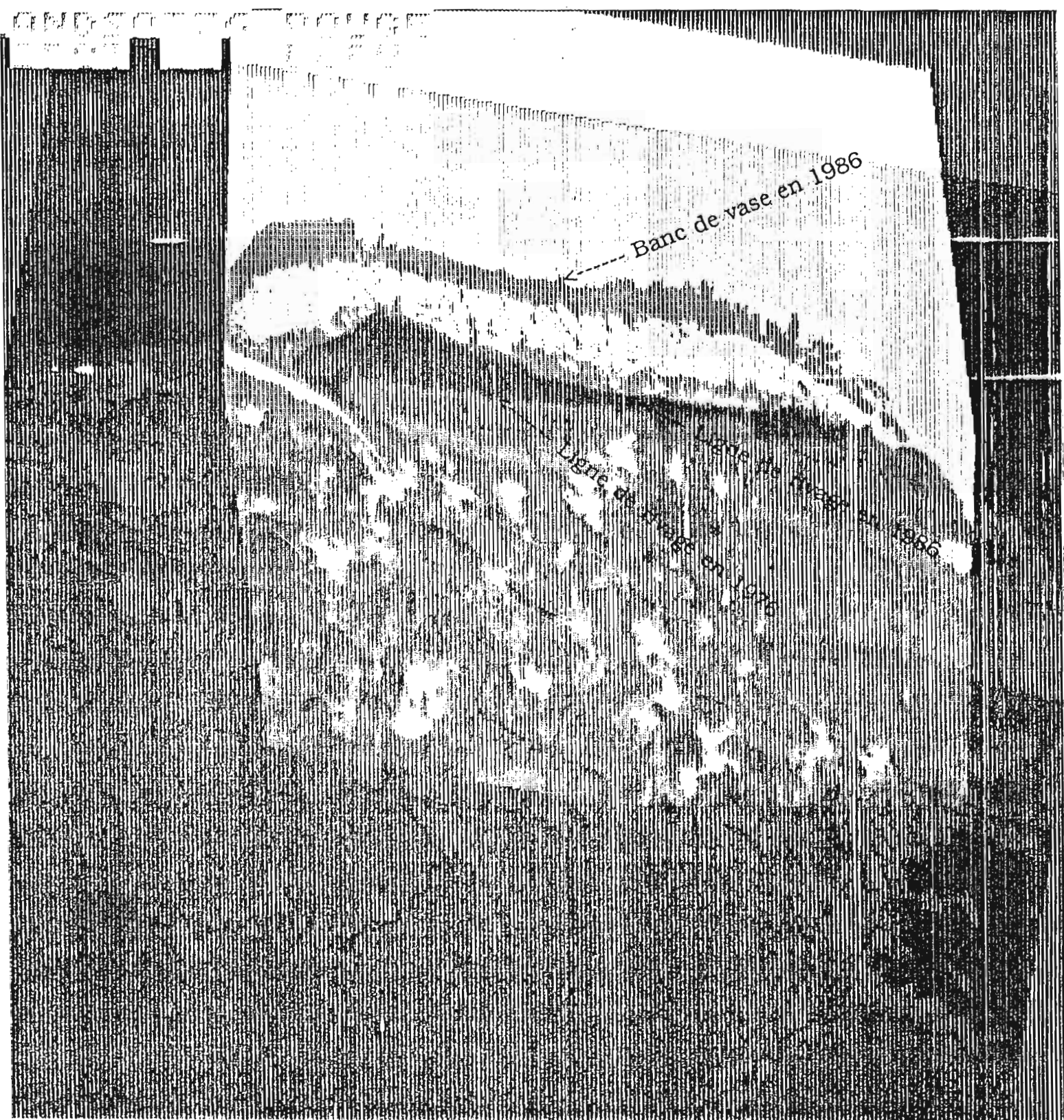


Fig 11 et 12: Deux exemples de transformation de la ligne de rivage, sur le Kourou et le Sinnamary. La superposition d'une image LANDSAT prise en 1976 et d'une image SPOT prise en 1986, montre:

- pour le Kourou, une progradation du rivage depuis 76 de 2 Km vers le large, allongeant d'autant l'estuaire à l'embouchure. Un chenal à marée s'est créé, en rive droite.
- pour le Sinnamary, le phénomène est inverse, la côte a reculée de 2 Km en dix ans, entraînant en 87, la rupture au point (b), et raccourcissant ainsi l'estuaire de 4 Km.

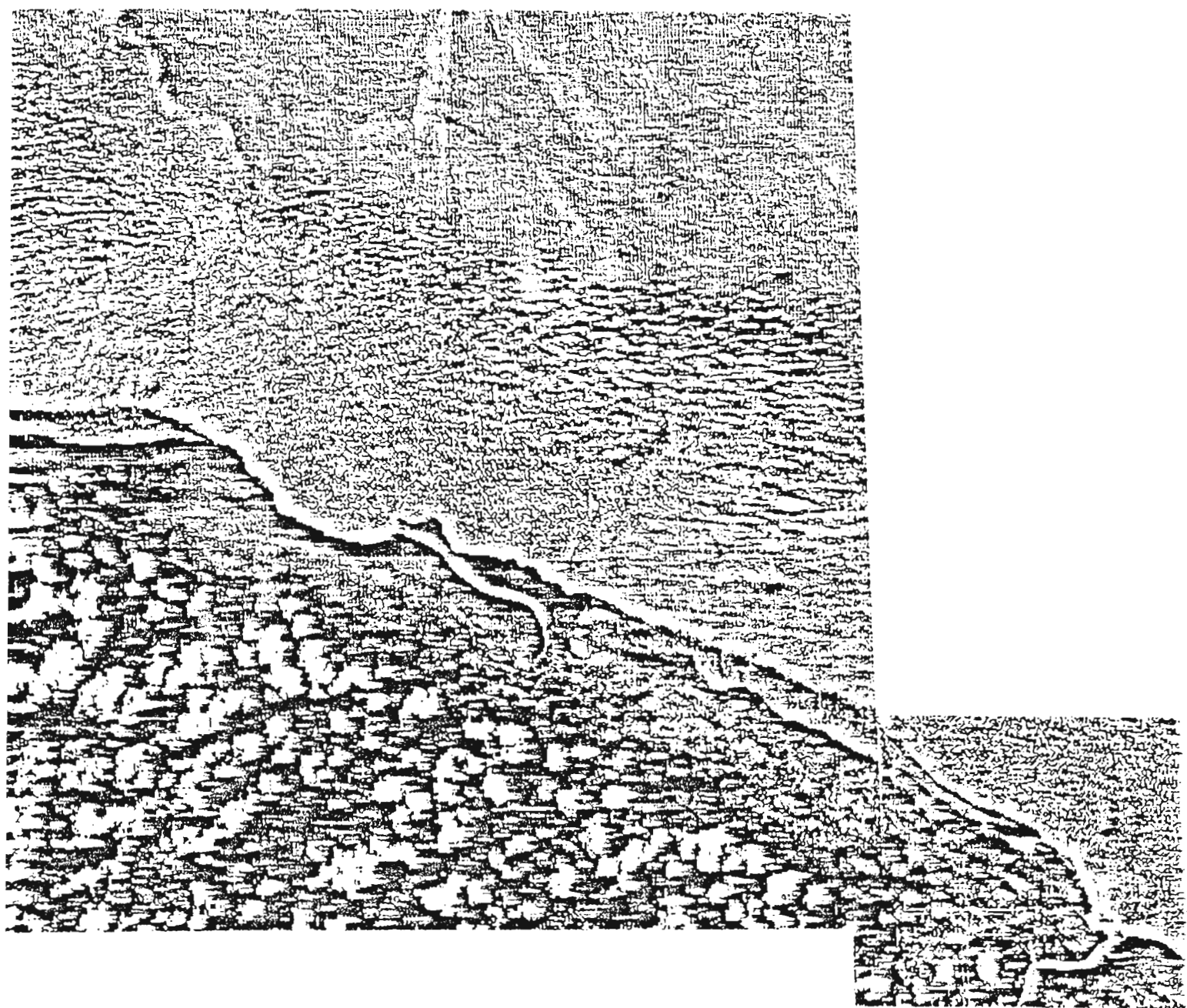


**Fig 13** : Transformations de la ligne de rivage sur la zone d'Iracoubo.

La comparaison des documents cartographiques (1961 et 1976) et des images de Télédétection (LANDSAT, 1976 et SPOT 1986) mettent en relief la progression importante de la ligne du rivage dans ce secteur. Entre 1961 et 1976 la progradation du rivage a été de l'ordre de 3 km, notamment au nord de la Counamama. Le cours de la crique Yiyi en 1976, presque parallèle à celui de la Counamama à l'aval de dégrad Caïman, traversait une large étendue de mangrove haute avant d'aboutir à la mer. L'image SPOT (1988) révèle des traces de ce drainage.

La surface gagnée sur la mer pendant la dernière décennie est de 14,0 km<sup>2</sup>.





**Fig 14:** Différentes formes de houles au large de la zone Kourou-Iracoubou.

On observe des "trains de houle" de longueur d'onde voisine du Kilomètre, devant les zones côtières en progradation (banc de Kourou et banc d'Iracoubou). Devant la zone de Sinnamary, en érosion, les longueurs d'ondes sont plus courtes, et même difficiles à évaluer. Nul doute que la qualité, la profondeur des fonds vaseux, ont une importance dans l'origine de ce processus. Ce type d'observation en visée oblique apportera à l'avenir de précieux renseignements dans l'étude des phénomènes océaniques de toutes périodes.

## **II) L' ENVIRONNEMENT COTIER : ETAT DES ETUDES ET SITUATION DE LA COTE DE LA GUYANE EN 1988**

Le littoral des Guyanes, qui s'étend sur 1600 km entre l'Amazone et l'Orénoque, est un des plus vastes ensembles connus de côtes basses et argileuses ouvertes sur l'Atlantique équatorial. Vu d'avion, le paysage est celui d'immenses marécages bordées par la mangrove de front de mer. Le rivage est caractérisé par des transformations morphologiques très actives et à très court terme, qui se traduisent par les phénomènes d'envasement et de désenvasement des côtes.

Un tel domaine littoral offre un champ d'étude assez complexe et extrêmement intéressant englobant la plaine côtière et la plate-forme continentale. Nombreux ont été les chercheurs (dont ceux de l'ORSTOM) qui, dans différentes disciplines, se sont penchés sur les problèmes posés par leur évolution, notamment à partir de la deuxième moitié des années 70. Grâce à eux, il existe aujourd'hui un important ensemble d'articles et d'ouvrages qui justifie un premier effort d'analyse et de corrélation inter-régionale.

Le présent rapport est une synthèse sur l'état actuel des connaissances. Après une partie générale concernant la morphologie et la sédimentologie des dépôts côtiers actuels et quelques problèmes qui en dérivent, une analyse est faite sur la situation de la ligne du rivage de la Guyane en 1988.

### **I-MORPHOLOGIE ET SEDIMENTOLOGIE DES DEPOTS COTIERS ACTUELS**

Les dépôts côtiers actuels sont constitués par des vases et des sables, les premiers étant largement dominants.

#### **1. LES VASES COTIERES**

De vastes étendues de vases bordent les côtes guyanaises. Les sédiments sont constitués par des argiles et limons, avec un peu de sable très fin, cortège d'origine andine et amazonienne.

La composition des vases a fait l'objet de travaux de PONS (1966) ; LAFOND (1967) ; BELLESORT et MARTIN (1968) ; BOUYSSE et ROUX (1978) ; JEANTET (1982), PUJOS et al.(1986), etc. Le cortège argileux est plutôt homogène, formé par des smectites dominant sur l'illite, de la kaolinite et des chlorites.

Les vases littorales sont très fines (plus de 90% de lutites) avec un peu de sable fin (BOUYSSÉ et al., 1977; KROOK, 1979 ; AUGUSTINUS, 1978 ; JEANTET, 1982). Elles se prolongent jusqu'à environ 25-30 km du rivage et par des fonds de 20-30 m. Ces vases auraient commencé à s'accumuler sur nos côtes dès l'Holocène, il y a environ 8000 ans (PUJOS et ODIN, 1986). Au-delà de la vasière littorale, la sédimentologie de la plate-forme est dominée par les sables.

Des sondages ultra-sonores réalisés par LAFOND (1967) ont révélé, aux abords de Cayenne, l'existence de vases plus compactes au-dessous de la vasière actuelle. Ces vases "fossiles" - signalées également au Suriname - auraient été accumulées pendant un haut niveau marin pléistocène (PUJOS et ODIN, 1986) et seraient, elles aussi, d'origine amazonienne (RINE et GINSBURG, 1985; PUJOS et ODIN, 1986).

La part des fleuves guyanais à la sédimentation côtière est très faible (environ 1%, LOINTIER et PROST, 1988) en comparaison avec celle de l'Amazone, dont l'apport est immense. *Celui-ci décharge actuellement de 110 à 130 millions de tonnes/an de sédiments en suspension, dont 10 à 20% transitent le long de nos côtes* (EISMA, 1988). Une partie de l'apport circule en suspension vers le large (environ 140 millions de m<sup>3</sup>/an); l'autre partie transite sous la forme de *bancs de boue* (environ 110 millions de m<sup>3</sup>/an) (WELLS et COLEMAN, 1977). Ces derniers, dont les dimensions peuvent atteindre jusqu'à 60 km de longueur, *migrent* progressivement vers l'ouest sous l'impulsion des houles et des courants de marée. Les bancs sont séparés les uns des autres par des espaces inter-bancs, de dimensions comparables (ou légèrement inférieures), où la côte recule.

FROIDEFOND (1985) a calculé la vitesse de déplacement des bancs en Guyane pour la période 1979-1984: elle se situe entre 250 et 1250 m/an, *la vitesse moyenne étant de 900 m/an*. Le problème est cependant complexe et mérite d'autres compléments d'information:

- D'une part, il y a des variations saisonnières et inter-annuelles: RINE et GINSBURG (1985) ont montré (au Suriname) que la migration actuelle a lieu notamment entre février et mars, au moment de vents forts, de mer agitée, avec haute concentration de matières en suspension dans les eaux côtières. Pendant les 8 autres mois la migration serait discrète.

- D'autre part, ces variations de vitesse annuelle de migration sont "enregistrées" fidèlement par les structures sédimentaires des bancs. RINE et GINSBURG (1985) soutiennent que ces processus sont anciens, s'exerçant au moins depuis 3500 ans.

- Enfin, la configuration de la côte a une influence sur l'angle d'incidence des vagues dominantes et sur les vitesses de migration des bancs, comme au Guyana (AUGUSTINUS, 1985).

Dimensions et vitesse de migration des bancs sont à la base des calculs de *périodicité* des phénomènes d'envasement et de désenvasement. L'existence d'une longueur d'onde moyenne théorique de 40 km et une vitesse de déplacement de 1,3 km/an, entraîneraient une périodicité d'environ 30 ans sur deux phases d'envasement (Lab. Hydraulique de DELFT, 1962). En Guyane, dans le secteur du Mahury, l'érosion des fonds du large a été observée tous les 18 ans environ, suivie par un engraissement de même durée (LCHF, 1968). Les périodes alternatives d'accumulation des boues et d'érosion côtière peuvent également traduire des variations dans l'apport amazonien (EISMA, 1988; RINE, 1988). Par exemple, la forte augmentation de l'accumulation de vases au Suriname vers 1966 coïncide avec un grand dépôt de sédiments dans la plate-forme amazonienne à la même période (EISMA, 1988).

Les variations à très court terme ont aussi des causes anthropiques: H. O'REILLY STERNBERG (1988) a mesuré l'impact de la déforestation actuelle en Amazonie sur le bassin-versant et a attiré l'attention sur les conséquences (à venir) liées à un ambitieux projet de construction d'environ une centaine de barrages hydroélectriques sur la partie brésilienne du fleuve.

*Le problème de la périodicité des phénomènes est donc complexe* et reste matière de discussion: jusqu'à preuve du contraire, nous pensons que l'espace de 30 ans (entre deux phases d'envasement) ne représente qu'un ordre de grandeur; en tant que tel, il n'est pas surprenant qu'il puisse être compliqué par des variations qui prennent naissance dans le contexte régional ou local. Surtout, il a été observé que certains secteurs (pointe Isère, rive droite de l'embouchure du Sinnamary) subissent un recul continu depuis plus de 30 ans, alors que - pour le même espace de temps - d'autres secteurs sont caractérisés par une importante l'accumulation (par exemple, la région de la pointe Behague et la rive droite de l'estuaire Iracoubo-Counamama).

La seule manière de résoudre cet problème est, à notre avis, **le suivi systématique des bancs de vase en Guyane**, avec estimation *continue* des déplacements, grâce aux contrôles de terrain et les mesures en mer, les survols en basse altitude, et surtout l'analyse des documents de Télédétection.

## 2. LES SABLES

Les sables côtiers ont été moins étudiés que les vases et c'est pourquoi il existe relativement peu de données concernant leur nature, leur composition minéralogique et les structures sédimentaires qui en sont associées.

La basse plaine côtière des Guyanes présente deux types de formations sableuses :

(a) *les sables des plages actuelles* qui s'accumulent le long du rivage sur les rives des embouchures et dans les secteurs en désenvasement. L'exploitation industrielle de ces sables est très réglementée; ces mesures se justifient amplement car leur volume est relativement limité et parce que l'exploitation peut introduire des déséquilibres dans les profils des plages déjà très changeants.

(b) *les sables des cordons situés à l'intérieur de la plaine.* Ceux-ci, étroits, s'allongent parmi les marécages et sont disposés à peu près parallèlement au rivage actuel. Nombreux de ces cordons ont servi soit de support pour les routes, soit de carrières d'extraction des sables.(comme par exemple entre Cayenne et Kourou)

### *Les sables des plages actuelles*

L'exemple choisi pour les illustrer est celui de la presqu'île de Cayenne, un des rares points de la côte où les formations du socle sont largement en contact avec la mer: il en résulte une succession de pointes rocheuses - ou de collines - qui séparent des nombreuses anses sableuses. D'accès facile, celles-ci constituent actuellement une très bonne séquence sédimentologique et morpho-dynamique entre un secteur en désenvasement (à l'ouest du fleuve Mahury) et un autre, envasé (à l'est de la rivière de Cayenne).

Les échantillons qui ont servi de base à l'étude ont été tous prélevés le même jour (mai 1987), sous les mêmes conditions, sur la surface de l'estran (c'est à dire, la partie intertidale) et à l'étale de la marée basse. Les analyses granulométriques et minéralogiques révèlent des sables moyens et grossiers, largement quartzeux, avec un cortège variable de minéraux lourds d'origine locale. Le pourcentage de coquillages est généralement très faible, un peu plus abondant aux abords de quelques pointes rocheuses (cas de Buzaret).

L'examen morphoscopique (ainsi que les paramètres granulométriques calculés à partir des courbes semi-logarithmiques) montrent que (a) en général, le transport vers l'ouest le long des rivages s'accompagne d'un meilleur triage du sédiment; (b) les sédiments sont mieux triés sur le sommet des cordons de la haute plage, à cause de l'action sélective du vent



(déflation). Il convient de souligner que l'expression "*cordon dunaire*" (utilisé par certains auteurs) *ne se justifie pas* : le vent n'a qu'une action limitée. L'essentiel des formes résulte de l'action de la mer.

La méthode morphoscopique appliquée aux sables (CAILLEUX et TRICART, 1959) consiste à classer chaque grain observé dans une catégorie bien définie, tenant compte de leur forme et de leur état de surface.

En ce qui concerne *la forme*, le classement est fait par degré d'usure croissant. Dans le cas qui nous concerne, la majorité des grains sont sub-anguleux (avec début d'usure par l'eau) ou ont des coins arrondis (usure plus forte), caractéristiques d'un milieu fluviatile. En affectant à chaque catégorie un coefficient (TRICART, 1965), il a été possible de calculer un indice global de façonnement et de comparer ainsi les sables des différentes plages.

En ce qui concerne leur *état de surface*, il a été observé (a) un premier stock important de grains (anguleux) à éclat naturel, ce qui prouve la proximité des sources sableuses; (b) un second stock, moins important mais significatif, formé par des grains émoussés luisants, témoins d'un remaniement des sables par la mer; (c) les grains mats, éoliens, sont peu nombreux; (d) enfin, la grande majorité des grains émoussés sont ocres, couverts par une très fine patine; leur surface est bosselée, avec des petits creux tapissés par des dépôts brun-rougeâtres, caractéristiques de sables provenant de l'altération du socle et/ou de formations pédologiques. L'observation de 21 grains de sables de la Comté par microscope électronique à balayage (JOUANNEAU et PUJOS, 1986) a d'ailleurs révélé la diversité des paléoenvironnements côtiers (d'abord marin et très ancien; ensuite continental avec pédogénèse ; enfin fluviatile, comme actuellement).

La comparaison des minéraux lourds des sables transportés par les fleuves actuels avec ceux des sables reliques de la plate-forme continentale apporte d'autres données. (PUJOS et BOUYSSSE, 1988) Trois associations ont été identifiées, à savoir :

- (1) celle du Maroni (staurotide/grenat dominants);
- (2) celle du Mahury (épidote, hornblende, amphibole et magnétite)
- (3) celle de l'Oyapock (amphibole dominant).

Les auteurs, concluant que l'apport sableux est d'origine exclusivement local, rejettent l'interprétation de chercheurs néerlandais (AUGUSTINUS, 1978 ; KROOK, 1979) pour qui une partie de sables fins du littoral guyanais est d'origine amazonienne.

La part des sables fluviatiles actuels à la sédimentation côtière (qui se traduit le long du rivage par la formation des plages dans les espaces inter-bancs et sur la rive gauche de quelques embouchures) semble très modeste en comparaison avec l'ampleur des accumulations sableuses (anciennes) de la plate-forme continentale. Certes, l'apport sableux du passé est sans commune mesure avec celui d'aujourd'hui. Minimiser le rôle de ce dernier serait cependant une faute grave d'analyse: d'une part, il est hors de doute que les sables ont une part assez significative dans l'évolution des côtes actuelles (AUGUSTINUS, 1978) ; d'autre part, il est aussi admis que cette action s'exerce depuis les temps holocènes, comme le témoignent les cordons sableux intérieurs, vestiges d'anciens rivages.

### **Les sables des cordons intérieurs**

Grâce à des études pédologiques et à la comparaison des résultats obtenus au Suriname, TURENNE (1978) a identifié deux générations de cordons sableux en Guyane: ils se disposent parallèlement à la côte actuelle et séparent des secteurs déprimés occupés par des marais et marécages côtiers d'eau saumâtre à douce. Les cordons sont décrits comme situés entre 2 et 4 m au-dessus du niveau de la mer, ayant de 70 à 200 m de largeur, une ou deux crêtes et formés par des sables quartzeux moyens à grossiers avec une usure marine.

D'autres critères de typologie ont été essayés (PROST, 1986) tenant compte du site géomorphologique (cordons éloignés ou proches de la mer) et du degré de pédogenèse des formations (podzols des cordons "anciens" et sols peu développés des cordons "récents). Toutefois, des recherches postérieures (PROST, 1988) ont montré que leur disposition et caractéristiques sont bien plus complexes.

Le problème de leur identification et classification a été à nouveau examiné à Cayenne, Sinnamary, Marais Sarcelle et Pointe Isère. Il apparaît que:

- Les cordons intérieurs sont des "cheniers" (PROST, 1986), formés sous des conditions géomorphologiques et sédimentologiques spécifiques d'évolution côtière.

Le terme peut surprendre: il convient de rappeler qu'il est d'origine française et qu'il a été utilisé pour la première fois en Louisiana (USA), où les cordons étaient couverts par une forêt de chênes (RUSSEL et HOWE, 1935 ; PRICE, 1955). A présent il fait partie intégrante de la terminologie mondiale

(AUGUSTINUS, 1978 ; OTVOS et PRICE, 1979 ; KROOK, 1979 ; RINE et GINSBURG, 1985 ; REINECH et SINGH, 1986 ; READING, 1986; PROST, 1986, 1988 ; etc).

• **Un chenier est une plage qui devient isolée du rivage par un surface intertidale de boue** (AUGUSTINUS, à paraître). Leur genèse suppose:

- (a) une progression du rivage par accumulation des vases
- (b) une interruption de celle-ci avec formation du chenier
- (c) nouvelle progression de sédiments fins, etc.

Cette définition est sédimentologique (la base du chenier sableux reposant sur des vases), morphologique (formation d'une plage) et dynamique (alternance accumulation/érosion). Il faut au moins deux cheniers, séparant deux phases de sédimentation fine, pour former une plaine à cheniers.

• Or, dans le cas de la Guyane, la dynamique actuelle du rivage est celle d'une plaine à cheniers:

- d'une part, l'immense apport amazonien est à l'origine du transport des vases au large et - sous la forme de bancs de boue - le long des rivages.

- d'autre part, dans les espaces inter-bancs (autres que ceux largement occupés par la mangrove) il y a accumulation des sables et/ou leur érosion.

- ces conditions alternent dans l'espace et dans le temps.

• L'étude des conditions actuelles du rivage (PROST, 1986 ; 1987 ; 1988 ; à paraître) indique que la formation de la plupart des cheniers en Guyane progresse *dans les zones en désenvasement* par transit littoral des sables (exemples très clairs dans la presqu'île de Cayenne, sur la côte du Marais Sarcelle, 1988). Toutefois, l'action des vagues qui "poussent" vers la côte les sables littoraux a été également observée (Pointe Isère, 1984).

• La plaine des Guyanes est une "*open ocean chenier plain*" dans la typologie internationale (REINECK et SINGH, 1986). Son évolution est liée à des conditions dynamiques du rivage (progradation et recul) qui s'exercent depuis l'Holocène (BRINKMANN et PONS, 1968; AUGUSTINUS, 1978; RINE et GINSBURG, 1985; PROST, 1986, 1988).

## II -BANCS DE BOUE ET ESPACES INTERBANCS EN GUYANE EN 1988

Actuellement il existe six bancs de boue (mudbanks) en Guyane, de dimensions variables, séparés par des espaces interbancs.

### La côte à l'Est de Cayenne

En 1979 **deux bancs** se trouvaient à l'est de Cayenne: le premier, celui de la pointe Behague-Approuague, était le plus vaste; le second, plus réduit, se situait entre la pointe Acoupa (embouchure de la rivière de Kaw) et la rive droite du fleuve Mahury. Ils étaient séparés par un court secteur inter-banc.

Entre 1984 et 1988 peu de changements ont été observés pendant les survols de la pointe Behague: celle-ci semble relativement "stable", avec de larges vasières bordant le rivage colonisé par la mangrove; vers l'intérieur s'étendent d'immenses marécages. Par contre, près de l'Approuague, il y a un grand banc de boue dont la partie intertidale en marée de vive-eau atteint près de 3 km de largeur. Ce banc se déplace lentement vers l'ouest.

Le rivage entre la pointe Acoupa et le Mahury a subi des modifications morphologiques considérables entre 1979 et 1986. En 1979, il avait une forte accumulation de vase de part et d'autre de l'embouchure de la rivière de Kaw ainsi qu'à la pointe Jaguar (rive droite du Mahury). Entre 1980/82, par contre, le banc s'est déplacé vers l'ouest (et a envahi une partie des rivages de Cayenne). Actuellement c'est l'érosion et le recul du rivage qui prédominent: les palétuviers sont déracinés par les vagues et une multitude de troncs d'Avicennia jonchent le rivage.

Entre 1982 et 1988 **le banc de Cayenne** a progressé vers l'ouest. En octobre 1986 son étendue intertidale en marée basse de vive eau était de 15 km<sup>2</sup>; les côtes étaient envasées.(scène SPOT), mais des signes d'érosion de la vase étaient déjà nets sur le terrain (partie orientale de la presqu'île).

Actuellement, la partie principale du banc s'étend entre la colline du Montabo et la rivière de Cayenne: les anses de l'Hôpital, Nadau et Chaton restent complètement envasées et colonisées par la mangrove. Par contre, le désenvasement est en cours à l'est: les plages de Zéphyr, de Montjoly, une grande partie de l'Anse de Rémire, ainsi que les plages du Rorota et du Mahury, sont réalimentées en sable. L'étude granulométrique, morphoscopique et minéralogique de ces sables (PROST, à paraître) révèle leur origine fluviale et locale. Ainsi, dans une zone en désenvasement, la mer est capable de modifier profondément la morphologie côtière: dès que l'apport sableux est suffisant, les vagues et les courants transportent et remanient les sables et reconstituent les plages. Le processus est très net dans la partie orientale de l'Anse de Rémire où il y a eu, en quelques mois, recul partiel du rivage et engraissement de la plage.

On notera que:

(a) Envasement et désenvasement sont des processus naturels; la coupe de la mangrove côtière opérée en 1988 - qui a

le mérite de dégager agréablement l'horizon et de diminuer les nuisances pour les riverains - *ne fait pas partir la vase*. **Il est largement démontré que le volume des bancs est considérable et que l'évolution de la vase littorale - qui s'étend jusqu'à 25/30 km du rivage - est ancienne et liée à des sources extérieures à la Guyane.**

(b) Il est aussi vrai qu'à l'échelle locale des variations s'introduisent dans le système majeur accrétion/érosion (fluctuations saisonnières de l'apport sédimentaire, des actions hydrodynamiques; configuration de la côte, etc). Par exemple, la vitesse d'accumulation (et d'érosion) des vases est différente dans les rentrants de la côte et sur les rivages rectilignes ouverts à la mer.

Confondre (a) et (b), c'est confondre des échelles différentes d'observation des phénomènes (régionale et locale), ce qui amène à une fausse analyse des processus côtiers.

### **La côte à l'ouest de Cayenne**

Quatre bancs de boue s'étendent à l'ouest de Cayenne (Kourou, Iracoubo, Organabo et Mana) séparés par des espaces inter-bancs.

**Entre les rivières de Cayenne et le fleuve Kourou** la côte, très plate et bordée largement par la mangrove, est en recul. Le rivage est échancré, avec alternance de pointes et de petites anses, morphologie caractéristique des secteurs en érosion.

Le recul du rivage au voisinage de la pointe Macouria (rive droite de la rivière de Cayenne) est assez net; une carrière sableuse (à présent désaffectée) se trouve toute proche du front d'érosion. Plus à l'ouest, aux environs de la crique Macouria le rivage - qui en 1979 était complètement envasé - est à présent en recul: un marécage sub-côtier est en contact avec la mer. Ces modifications rapides bouleversent l'arrière-mangrove; assez dégradée dans tout le secteur, elle dépérit rapidement aux alentours de Tonate et en face de la savane Matiti.

En contraste, la côte de **Kourou** abrite un des plus vastes bancs de boue de la Guyane: en octobre 1986 sa surface intertidale en marée basse de vive eau était de 65,9 km<sup>2</sup> (scène SPOT). Le déplacement des vases vers l'ouest a été suivi pendant les 4 dernières années: actuellement le front arrière du banc est à Kourou (immédiatement à l'ouest de la zone de "loisirs côtiers") et le front avant près de Sinnamary (battures de Malmanoury). Les plages de Kourou sont désenvasées. L'érosion a changé le tracé de la côte et a détruit une allée sportive construite récemment dans l'espace de loisirs.

L'étendue intertidale maximale du banc de Kourou se trouve dans sa partie centro-orientale; en marée basse, le rebord océanique est très irrégulier et échancré, découpé par un réseau complexe de vastes langues de vase, elles-mêmes séparées par de larges chenaux de marée.

Au-delà du front avant du banc de Kourou la côte de Sinnamary subit une forte érosion. A l'est de l'embouchure du Sinnamary (secteur de la route n° 8, - dite de l'Anse - et de la plage Dégonde), les marais côtiers sont à présent en contact direct avec les eaux marines, à cause de la disparition presque complète de la mangrove de front de mer. La vase nue, exposée en marée basse, est parsemée ici et là par des troncs morts et/ou par de bosquets résiduels d'*Avicennia*.

Le fort recul du rivage dans ce secteur n'est pas seulement actuel. D'une part, la mer a détruit jadis la presque totalité de la route de l'Anse qui reliait Sinnamary à Kourou par la côte. D'autre part, une datation au 14C des vases de l'estran de la plage Dégonde (faite à la demande de l'IGBA, Univ. de Bordeaux). a révélé un âge de 3500 ans, ce qui prouve l'existence d'une érosion considérable de cette partie de la côte.

L'hydrodynamique côtière joue également un rôle primordial dans l'évolution de certains estuaires, comme celui du Sinnamary, dont l'histoire est retracée grâce à des documents historiques et à des recherches hydrologiques. Il est acquis qu'en 1763 l'embouchure du fleuve se trouvait à plusieurs km à l'amont de sa position actuelle (YAYER, 1937), au niveau de l'actuel canal Philippon; un banc de sable barrait légèrement la sortie du fleuve en mer et orientait le chenal vers le nord-ouest. Un document datant de 1879 montre que l'embouchure occupait la même place, mais que la barre sableuse avait disparu. YAYER a constaté que l'embouchure s'était allongée de 6 km vers le nord-ouest dans l'espace de 58 ans (1879-1937). LOINTIER M.(1985) a comparé le tracé du fleuve en 1936 et en 1976; l'estuaire a progressé d'environ 6,5 km, dans une direction sub-parallèle à la ligne du rivage. La vitesse moyenne de progression - si elle est considérée comme continue et homogène - serait de près de 170 m/an. Dans la réalité, la progression est variable, plus rapide ou plus lente, selon les conditions de l'environnement.

Simultanément à la déviation de l'estuaire (LANDSAT 1976/SPOT 1986), des changements morphologiques saisissants se sont opérés sur la partie maritime de la rive droite du Sinnamary, modifications suivies systématiquement entre 1986 et 1988 (levés de terrain, survols en basse altitude, télédétection). La largeur du rivage séparant le fleuve de la mer a diminué de façon spectaculaire, passant de quelques centaines à quelques dizaines de mètres au courant de la période considérée; simultanément il y a eu dépérissement et mort de la mangrove de front de mer. Ce rétrécissement accéléré a abouti à l'ouverture d'une large brèche (qui continue à s'agrandir) et par laquelle la houle pénètre maintenant dans l'estuaire et attaque la mangrove sur la rive gauche. L'île qui s'est formée à l'embouchure est, elle aussi, en érosion. Cette "ouverture forcée" de l'estuaire - qui reste très dynamique - modifie les précédents paramètres hydrologiques, sédimentologiques et morphologiques.

Exception faite de ce secteur, la rive gauche est plus stable et c'est sur celle-ci qu'apparaissent plus nettement des vestiges d'anciens rivages: d'une part, le traitement numérique d'images SPOT révèle 4 classes de mangrove qui traduisent vraisemblablement des phases de colonisation des vases; d'autre part, l'existence d'une plage ouverte à la mer il y a environ 50 ans (la plage Brigandin, qui se trouve aujourd'hui piégée derrière plusieurs centaines de mètres de mangrove) a été vérifiée au moyen de levés de terrain, analyses d'échantillons, enquêtes sur place, documentation cartographique, survols en basse altitude, examen de photographies aériennes et utilisation de vues SPOT.

***Le banc d'Iracoubo***, avec 28,6 km<sup>2</sup> de surface intertidale (image SPOT, octobre 1986), est très localisé, s'étendant notamment sur la rive droite de l'estuaire commun Counamama-Iracoubo. La partie du banc exposée en marée basse de vive-eau a environ 3 km de largeur (mars 1988). Des larges flèches sableuses, disposées à peu près parallèlement au rivage actuel et découpées par des chenaux de marée, caractérisent sa morphologie.

Des modifications importantes se sont produites sur cette côte où l'accumulation a été prédominante dans les derniers 40 ans. Le fleuve Iracoubo et la rivière de Counamama avaient alors des embouchures indépendantes; le transit côtier, provoquant leur déviation, les a réunis dans un seul estuaire. La comparaison des cartes (1961 et 1976) ainsi que les images LANDSAT (1976) et SPOT (1986) mettent en relief la progradation importante du rivage. La surface gagnée sur la mer dans les derniers 10 ans est exactement de 14,0 km<sup>2</sup>. On observe sur les images satellitaires l'érosion très localisée dans la partie arrière du banc et l'ampleur de l'accumulation dans sa partie frontale.

***Entre Iracoubo et Organabo***, le rivage est en érosion et a un aspect en "dents de scie", avec alternance de pointes et de petites anses découpées dans la mangrove. L'étendue de celle-ci a diminué dans les derniers 12 ans et les cordons sableux, couverts par la forêt, se trouvent à présent assez proches du rivage. Vers l'intérieur, ils font place aux savanes et aux collines du socle.

***Le banc d'Organabo***, encore important en 1984 (PROST, 1985) a considérablement diminué depuis; il se trouve à présent entre Anton et l'embouchure de l'Organabo. La vase, exhaussée sur le front de mer, est colonisée par la jeune mangrove; vers l'intérieur des terres, celle-ci est remplacée par la mangrove adulte.

Un rivage rectiligne avec des belles plages sableuses commence immédiatement à l'ouest de l'embouchure de l'Organabo. L'érosion et le recul du rivage sont très nets à ***l'embouchure de l'Iracompapy***, où des palmiers-bâches meurent sur la plage. Les marais situés à l'ouest sont pratiquement en



contact direct avec la mer, séparés de celle-ci uniquement par un étroit cordon sableux.

L'action des vagues sur le rivage s'exerce de deux façons :

(a) Le jet de rive attaque les cordons moyennement élevés et rejette des sables sur leurs revers. Cela se traduit par la formation d'éventails sableux ("*washover fans*", facilement repérables en vue aérienne) qui progressent vers l'intérieur des terres et ensevelissent les formations fines adjacentes.

(b) Les vagues surmontent et dépassent les cordons surbaissés: il y a pénétration de l'eau de mer dans l'orée des marais et parfois rupture du cordon.

Les deux actions sont érosives et ont le maximum de leur énergie pendant les marées de vive eau et au moment de vents forts.

A l'approche du marais Sarcelle (à l'est de l'embouchure d'un de ses émissaires, le "*goulet*"), la côte est bordée par une plage; en mars 1985 celle-ci était étroite et envasée; deux ans après, la même plage était le siège d'une forte érosion, avec retrait du rivage, amoncellement de troncs de palétuviers sur l'estran et accumulation de dépôts organiques bruns sur la basse plage.

L'érosion de cette zone, où il y a actuellement une importante expansion de la riziculture, justifie amplement un suivi très systématique et détaillé des modifications du rivage par survol aérien et levés de terrain.

**Le banc de Mana** (le "dernier" avant le Maroni) s'étend actuellement de l'embouchure du "*goulet*" (marais Sarcelle) au voisinage d'un l'ancien village galibi à la Pointe Isère.

Nombreux ont été (et sont) les travaux que le Centre-ORSTOM a consacré (et consacre) à cette zone. Par exemple, LOINTIER (1986) a étudié l'évolution actuelle du marais Sarcelle et PROST (1986) a attiré l'attention sur les processus côtiers - représentés alors par l'envasement important de la côte du Marais Sarcelle et par l'érosion de la Pointe Isère - et sur leur rôle dans l'évolution des rivages. Depuis lors, les vases ont progressé vers l'ouest et l'étendue du banc de Mana a beaucoup diminué. Simultanément, des plages sableuses se reconstituent. On n'y retrouve plus (ou très peu) de colonisation massive des vases par la mangrove. Bien au contraire, celle-ci dépérit et meurt à l'embouchure des criques (*goulet* et *Amarante*). L'aspect grisâtre et lugubre donné par des centaines de troncs blanchis qui émergent de la vase explique leur appellation de "cimetières de mangrove" ("*Avicennia churchyards*").



La pointe Isère est un des plus beaux exemples de la dynamique côtière des Guyanes.

(a) En premier lieu, par sa formation et son évolution liées, elles aussi, au transit côtier et aux changements du rivage. Des cartes géographiques anciennes (Pays-Bas) montrent l'évolution de l'estuaire de la Mana et la progression de la pointe Isère (AUGUSTINUS, 1978). En 1731/1737, la pointe Isère n'apparaît pas sur la "Carte générale de la province du Suriname" (A. de LAVAUX; J.C. de LACROIX. Musée d'Etat d'Amsterdam). En 1785, la Mana se trouvait à l'est de sa position actuelle et débouchait à l'emplacement du Marais Sarcelle. En 1865 le cours d'eau apparaît légèrement dévié vers l'ouest; la formation de la pointe Isère a ainsi débuté. Sa progression régulière vers l'ouest peut être suivie grâce à des documents datant de 1865, 1930 et 1948.

A partir de 1950, les premières missions de photographie aérienne en Guyane apportent un nouvel outil de travail, très performant, vite indispensable. Grâce à la photo-interprétation, une nouvelle échelle d'observation des phénomènes s'établit et les modifications sont bien documentées. Elles font apparaître que, d'une part, la pointe a subi un recul vraiment spectaculaire au cours des derniers 30 ans; d'autre part, l'érosion semble s'accélérer avec le temps. Actuellement la partie la plus étroite de la pointe - qui sépare la Mana de la mer - n'a que quelques dizaines de mètres de largeur. Des analogies s'établissent avec la situation actuelle de l'embouchure du Sinnamary. Autrement dit, ces parties de la côte, caractérisées surtout par la prédominance de l'érosion, posent à nouveau le problème de la périodicité généralement admise pour les "phases" d'envasement et de désenvasement (15 ans d'accumulation x 15 ans d'érosion) d'un "cycle" complet de 30 ans.

(b) En second lieu, la pointe Isère illustre parfaitement les deux types de côtes d'érosion définies au Surinam (AUGUSTINUS, 1978) et identifiées ailleurs en Guyane. Dans le secteur de l'ancien village galibi, il y a eu formation, dans les derniers 4 ans, d'une plage sableuse rectiligne (de type "straight-coast"): en novembre 1984 une barre sableuse était en formation devant un rivage alors couvert par les vases; les vagues "poussaient" les sables vers celui-ci à chaque marée haute. Trois ans plus tard, une plage sableuse s'étendait au long du rivage.

Le profil de la plage a été modifié ensuite, avec formation d'une falaise sableuse d'environ 1,5 m. Il a été observé que pendant les marées hautes de vive eau et notamment en période de vents forts et de mer agitée (entre janvier et mars), les vagues atteignent la haute plage et la crête du cordon sableux; les sables sont pris par le jet de rive et lancés sur le sommet et sur le revers du cordon.

Ainsi se forment les *éventails* sableux du revers des cordons (observés également à l'ouest de l'Iracompapy), qui progressent vers l'intérieur des terres. *Cette morphologie indique un premier stade d'érosion des rivages sableux.* Le processus se poursuivant, le cordon recule, diminue de hauteur et migre vers l'intérieur. La protection - très relative - qu'il offrait au rivage diminue rapidement. Les vases (qui étaient recouvertes par les sables de la plage) commencent à affleurer sur l'estran et gagnent vite de l'importance.

Dans l'étape finale, le cordon sableux, très bas, n'offre plus d'obstacle valable aux vagues de marées hautes qui peuvent alors les surmonter et atteindre soit des marais intérieurs (comme à l'ouest de l'Iracompapy) soit une lagune (comme à la pointe Isère). Il y a formation d'une côte très échancrée, avec des pointes fines (devant lesquelles affleure la vase) séparées par des anses sableuses ("*happen-coast*") *morphologie caractéristique d'une forte érosion côtière.*

## CONCLUSIONS

**Quelles conclusions pouvons-nous dégager à partir de l'analyse précédente?**

**1. En ce qui concerne la dynamique côtière entre 1984 et 1988:**

- Les six bancs de vase présents sur la côte en 1984 (FROIDEFOND, PROST et GRIBOULARD, 1985) ont migré vers l'ouest et se sont modifiés. Quelques-uns ont des surfaces intertidales très imposantes (Approuague, Kourou) ou appréciables (Iracoubo). Dans d'autres cas, elles se sont réduites (Cayenne, Mana, Organabo) ou ont presque disparues (pointe Acoupa/Mahury). Quant au secteur de la pointe Behague, il apparaît comme assez "stable".

- Les espaces inter-bancs sont, le siège, à la fois :

- (a) d'un engraissement des plages, comme dans la partie orientale de la presqu'île de Cayenne.

- (b) d'une importante érosion. Elle concerne tant les côtes vaseuses à mangrove (à l'est du Mahury, entre Cayenne et Kourou, sur la côte de Sinnamary), comme les côtes sableuses (l'ouest de l'Iracompapy et pointe Isère). Certains types de côtes (rectiligne ou échancrée) et de formations (éventails sableux de revers des cordons) renseignent sur les étapes d'érosion côtière. *Le suivi de ces formes et dépôts est nécessaire pour le diagnostic des secteurs à risque.*

- S'il est vrai que la mangrove progresse assez vite sur la partie intertidale du banc de vase, il est aussi vrai qu'elle n'empêche nullement l'érosion des côtes. Leur rôle "fixateur" des boues - évoqué à excès - est relatif, et elle subit, comme les autres secteurs de la côte, l'impact de l'envasement et du désenvasement (l'exemple le plus frappant étant celui des "cimetières de mangrove" de la côte occidentale). Il convient aussi de rappeler concrètement que *la coupe de la mangrove ne fait pas partir la vase*, le volume des bancs et l'étendue de la vasière littorale étant considérables !

La typologie et l'évolution de la mangrove font l'objet d'observations au moyen des levés de terrain et des survols aériens. Mais c'est le traitement numérique d'images SPOT, qui rend possible l'observation sur l'ensemble de ces formations (souvent d'accès difficile), leur classification (comportant des sous-classes et leurs combinaisons) et permet une approche concernant les phases de colonisation des vases. Ces observations, bien sûr, sont également utilisables dans d'autres domaines (botanique, pédologie, écologie, etc)

- Le problème de la périodicité du système d'accrétion / érosion est posé par les zones de Sinnamary et de la Pointe Isère, où s'observent des conditions érosives dont la durée

dépasse celle généralement admise pour les phases d'envasement et de désenvasement. L'étude (multidisciplinaire et inter-régional) des variations dans la charge en suspension de l'Amazonie devient de plus en plus nécessaire, ce qui suppose une collaboration accrue avec les collègues brésiliens (notamment en ce qui concerne la côte de l'Amapá).

- Les phénomènes migrent le long de la côte vers l'ouest/nord-ouest.

- L'arrière-côte est intimement liée à cette évolution: le développement des marais, par exemple, en dépendent.

## **2. En ce qui concerne l'approche du problème:**

- Le suivi **régulier** des variations **à très court terme** de la ligne du rivage (*mois et saisons*) nous paraît essentiel. Les levés de terrain et les survols en basse altitude (avec prises des photos-témoins) sont des moyens indispensables pour suivre de près ces modifications, notamment dans les secteurs à risque (migration des bancs de boue et envasement du rivage; érosion accélérée de la côte; pénétration de l'eau de mer dans des marais côtiers; ruptures des cordons sableux, etc). Nous proposons, pour 1989, le minimum d'un vol par trimestre sur toute la côte qui constitueront les "vérités sols" pour les traitements par télédétection.

- Actuellement il y a une importante lacune au niveau des *données d'océanographie physique*, à commencer par des cartes bathymétriques détaillées et actuelles. Or, on ne peut pas concevoir l'étude des variations de la ligne de rivage sans disposer des paramètres océanographiques (et climatiques) qui sont à l'origine des processus côtiers (vents, vagues, courants, etc.). Les études faites au Suriname (Lab. Hydr. DELFT, 1962; rapport NEDECO, 1968) sont des très bons exemples d'études intégrées. Les observations et les mesures en mer - dans le cadre d'un *programme océanographique* prévu par l'ORSTOM - sont impératives.

- Les opérations précédentes conduisent, **à moyen terme** (*années*), à l'identification des *périodes importantes* des modifications côtières, ce qui est un premier pas vers l'appréciation de leur périodicité. A ce sujet, la comparaison de documents cartographiques ainsi que la photo-interprétation, ont été très utiles pour mesurer l'ampleur des variations dans les trois dernières décennies. Pour les dernières années on dispose (a) des mesures de la vitesse de déplacement des bancs de vase en Guyane (période 1976-1984; FROIDEFOND); (b) des données nouvelles obtenues par l'ORSTOM au moyen d'un *contrôle continu* (1984-1988: levés de terrain, survols de la côte, télédétection).

Sans aucun doute, la **télé-détection** est l'outil de première importance. Disposer d'images satellitaires prises à intervalles réguliers, avec haute résolution, c'est l'assurance d'un suivi homogène, performant et quantitatif des modifications des côtes. Le coût de l'opération (acquisition des scènes) est largement rentabilisé par le traitement d'images (ORSTOM-Cayenne), par la sécurité des observations et des mesures et par la réalisation d'une cartographie thématique du milieu côtier.

Le travail interdisciplinaire devrait ici prendre de l'ampleur, tant au niveau d'échanges locaux (avec d'autres organismes, comme la DDE) qu'international (notamment avec les chercheurs travaillant sur le système de dispersion amazonien).

• A **plus long terme** l'étude de l'environnement côtier suppose :

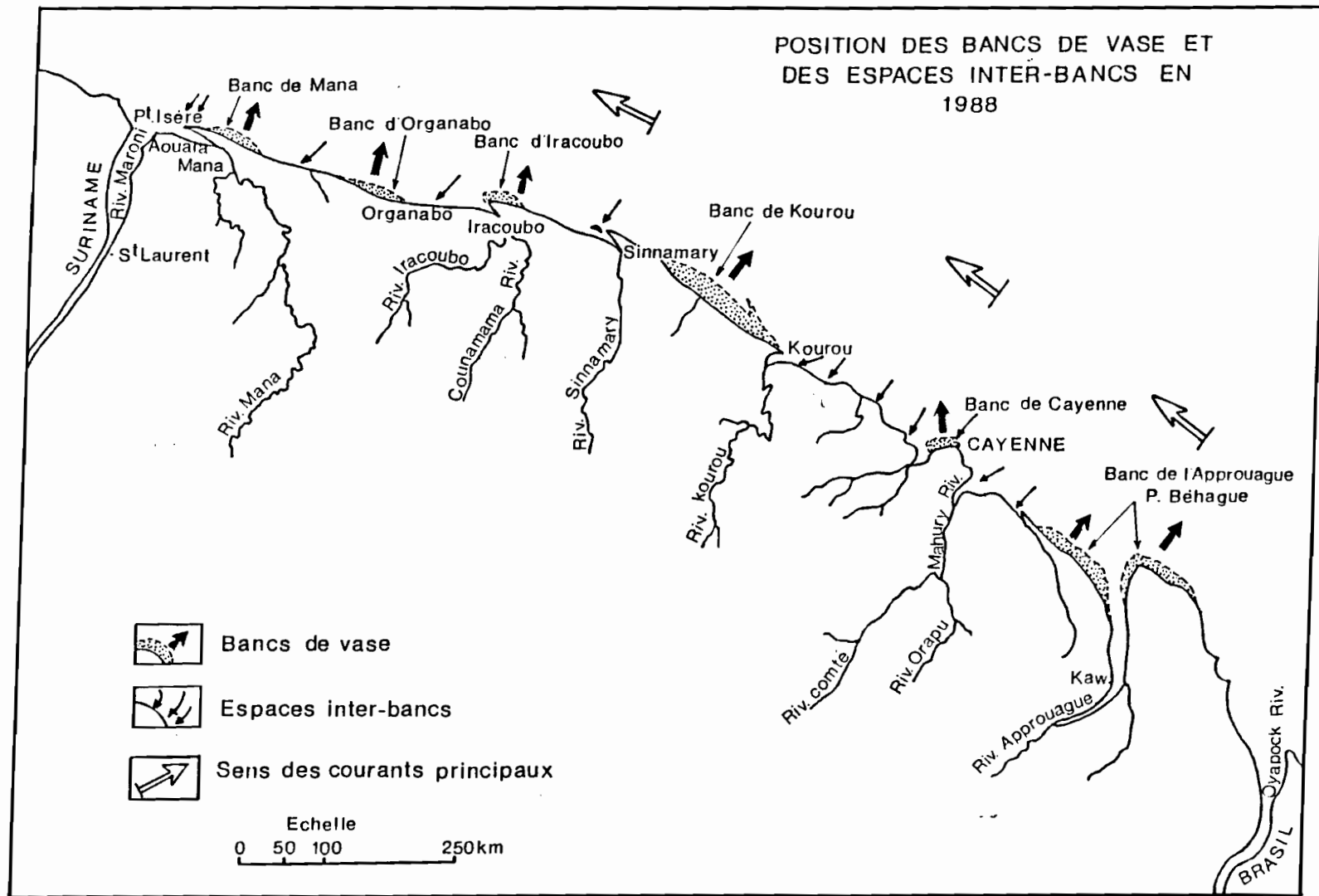
- en premier lieu, l'analyse de documents historiques d'archives qui, combinés aux recherches de terrain, mettent en relief les modifications majeures de l'environnement côtier comme, par exemple, la déviation des estuaires (travaux de YAYER, AUGUSTINUS, LOINTIER). La bonne collaboration qui existe entre le Centre-ORSTOM et les Archives Départementales sera ici très utile.

- en second lieu, l'analyse à l'échelle de l'Holocène (10.000 dernières années) qui est essentiellement celle de l'histoire de la basse plaine côtière. Ces études de géomorphologie côtière s'inscrivent dans le cadre de projets internationaux de recherche (Commissions et subcommissions de l'INQUA; PIGC 274) et d'une thèse de doctorat (PROST) à l'Université d'Utrecht.

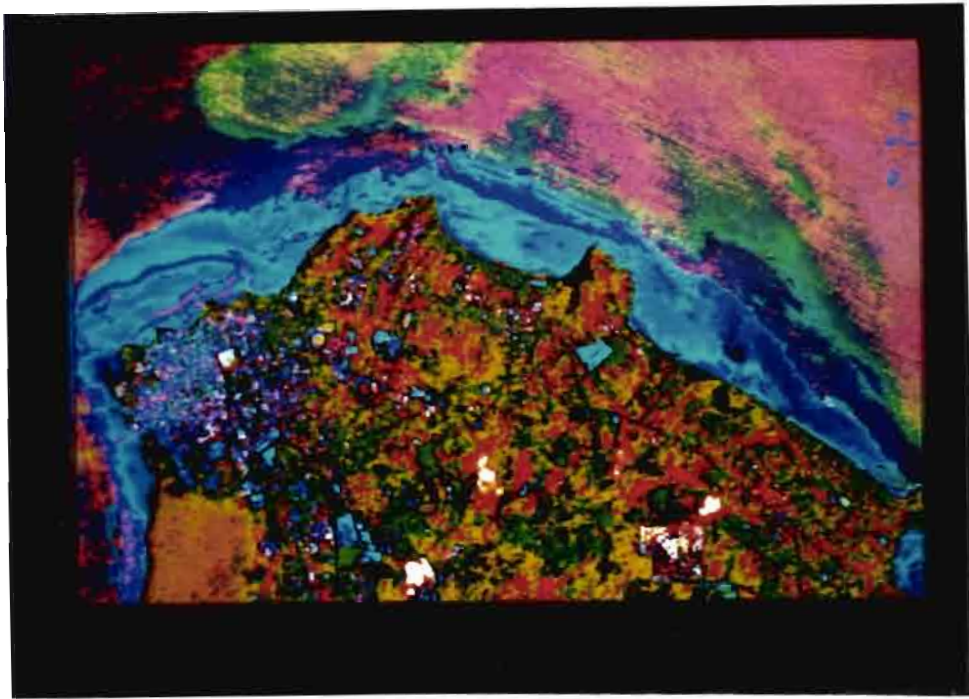
- l'étude de la sédimentologie de la plate-forme continentale qui apporte des données sur les **paléoenvironnements** côtiers et des variations du niveau marin. On dispose actuellement d'un bon niveau de connaissances grâce aux travaux de BOUYASSE, JEANTET, PUJOS et ODIN, etc.

- enfin, l'étude des déformations tectoniques quaternaires au niveau régional (qui interfèrent à long terme dans les modifications des rivages guyanais) reste à faire. L'échange scientifique avec le BRGM est de tout intérêt.

Dans le cadre du programme qui nous concerne, il est évident que ce sont les variations à court et à moyen terme qui seront traitées. Toutefois, il convient d'avoir à l'esprit que d'autres facteurs (par exemple, les variations globales ou régionales du niveau de la mer) ont joué à d'autres échelles de temps et d'espace dans l'évolution côtière. La connaissance des **causes actuelles et des causes passées** n'est pas uniquement un élément du discours scientifique, mais une condition d'objectivité dans l'analyse.



**Fig 1 : Position des bancs de vase et des espaces inter-bancs en 1988.**



**Fig 2:** Banc de Cayenne. Octobre 1986

La zone intertidale du banc, avec une surface totale de 15 km<sup>2</sup> en octobre 1986, occupe la plus grande partie du rivage.

Entre 1986 et 1988 le banc s'est déplacé vers l'ouest, sans pour autant atteindre la côte de la pointe Macouria. A présent le banc se situe notamment entre la colline de Montabo et la rivière de Cayenne.



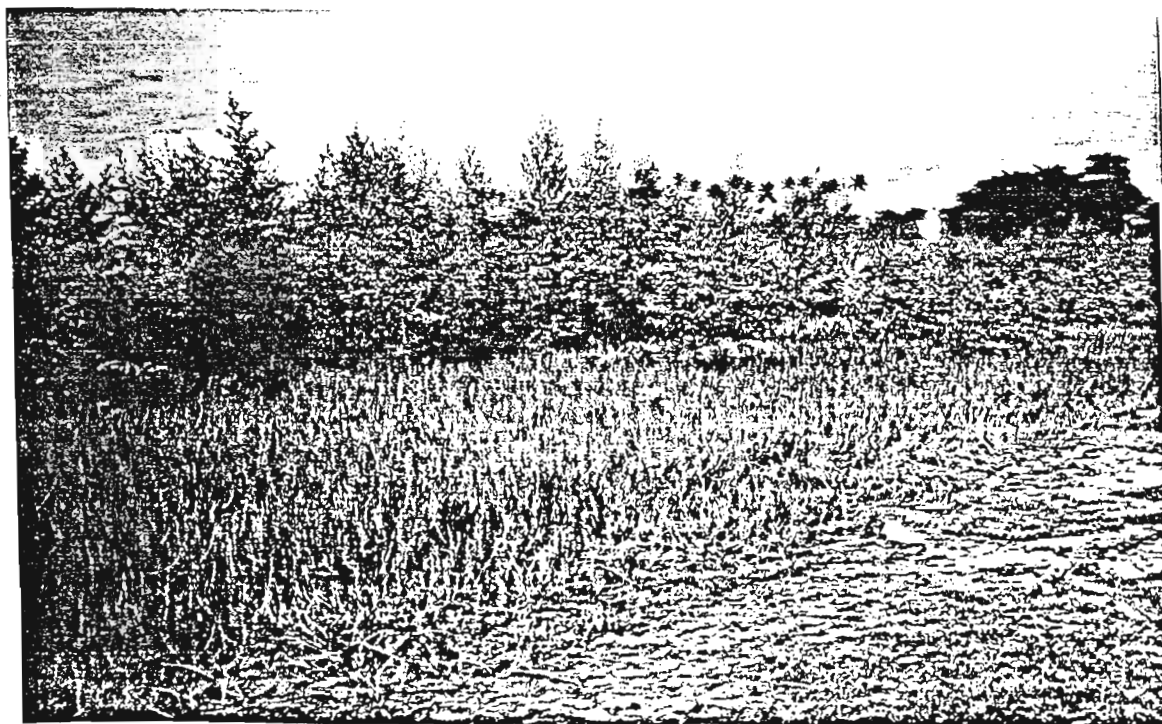


**Fig 3:** Pointe Buzaret (Cayenne). Mars 1987  
L'envasement de la pointe Buzaret est considérable, avec progression du rivage. Actuellement la mangrove a totalement colonisé cette partie du banc.



**Fig 4 :** Plage de l'Anse Nadau (années 70)

Une belle plage sableuse existait à l'anse Nadau (Cayenne) à la deuxième moitié des années 70. En 1980, par contre, le même secteur était envahi par la vase.



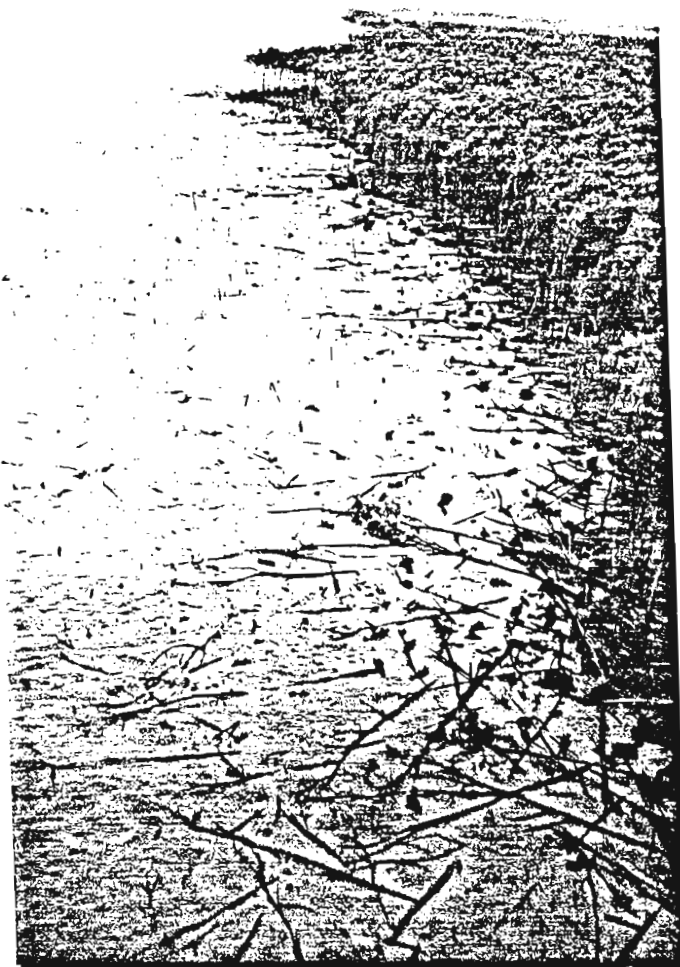
**Fig 5 :** L'anse Nadau en 1987.

L'aspect du rivage a totalement changé en 10 ans: à l'emplacement de l'ancienne plage se dresse à présent un véritable mur végétal, formé par les palétuviers qui ont colonisé le banc de vase.



**Fig 6** : Erosion d'un estran vaseux (partie occidentale de l'anse de Remire en juin 1983).

Les vases massives, attaquées par les vagues à partir de la ligne moyenne des basses mers, forment une surface irrégulière de largeur variable, entaillée par des chenaux. Le micromodelé de surface est riche en formes de détail: sillons et cuvettes alternent avec des crêtes et des bosses. Des blocs se détachent de la vase au contact de la plage sableuse; ils sont à l'origine d'un petit talus comparable à une microfalaise. L'ensemble de ces formes est caractéristique de l'érosion de l'estran vaseux.



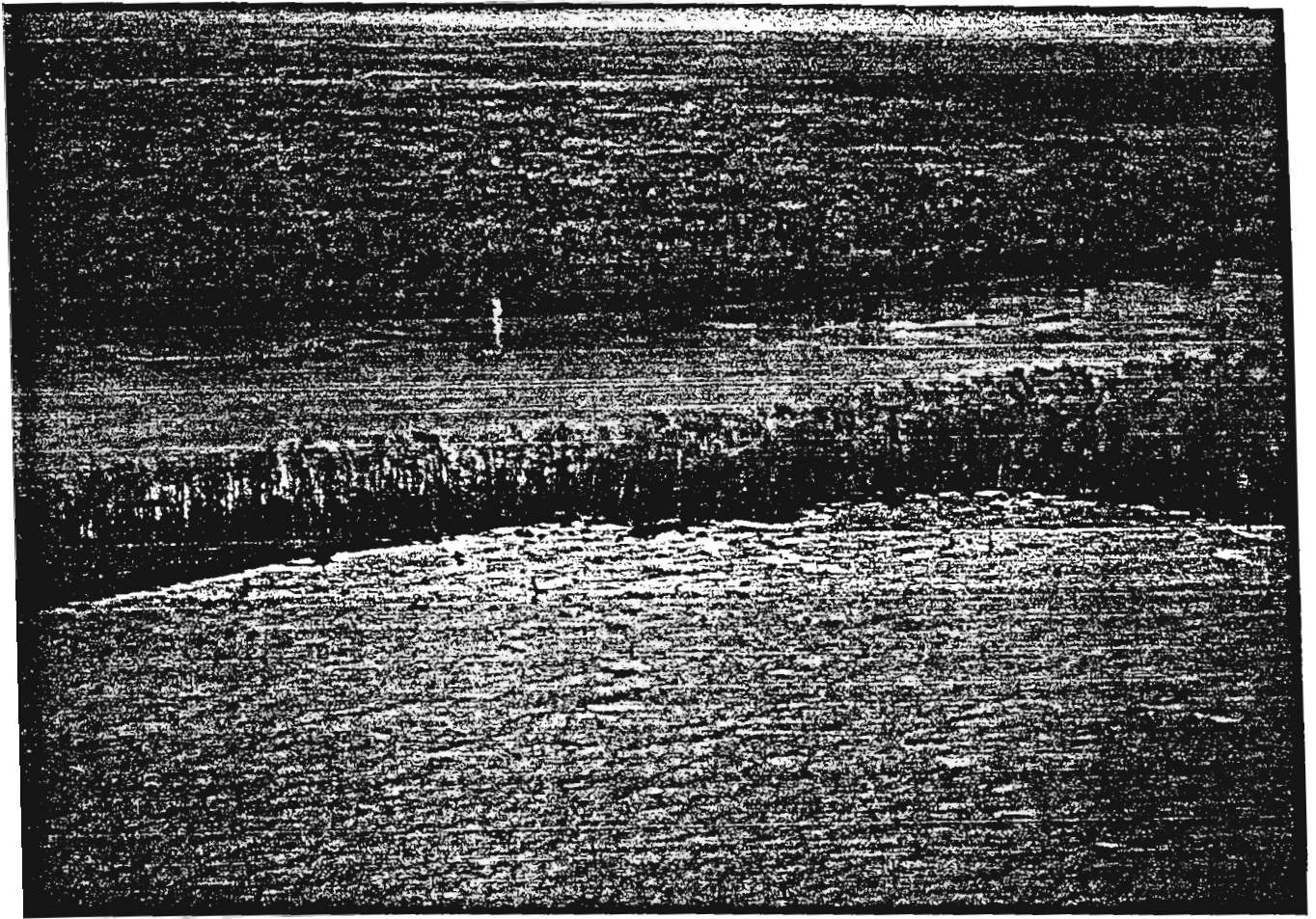
**Fig 7.** Côte entre l'embouchure de la crique Macouria et Kourou.  
Janvier 1987.

Aspect saisissant du recul de la côte avec d'innombrables palétuviers arrachés par les vagues et jonchant le rivage. C'est tout le front de la forêt qui recule. Il devient évident que la présence de la mangrove de front de mer n'empêche nullement l'érosion de la côte.



**Fig 8.** Avec 65,9 km<sup>2</sup> de surface intertidale (scène SPOT, octobre 1986) le banc de Kourou est un des plus vastes de la côte guyanaise: actuellement son front arrière se trouve à l'ouest de la plage des Roches (Kourou) alors que le front avant se situe près de Sinnamary (battures de Malmanoury). Partiellement colonisé par la mangrove, le banc présente en marée basse un rebord océanique irrégulier et échancré. Un réseau complexe de grandes langues de vase - elles-mêmes séparées par de larges chenaux de marée - caractérise la morphologie de la partie centrale du banc.





**Fig 9 :** Embouchure du Sinnamary (janvier 1988)

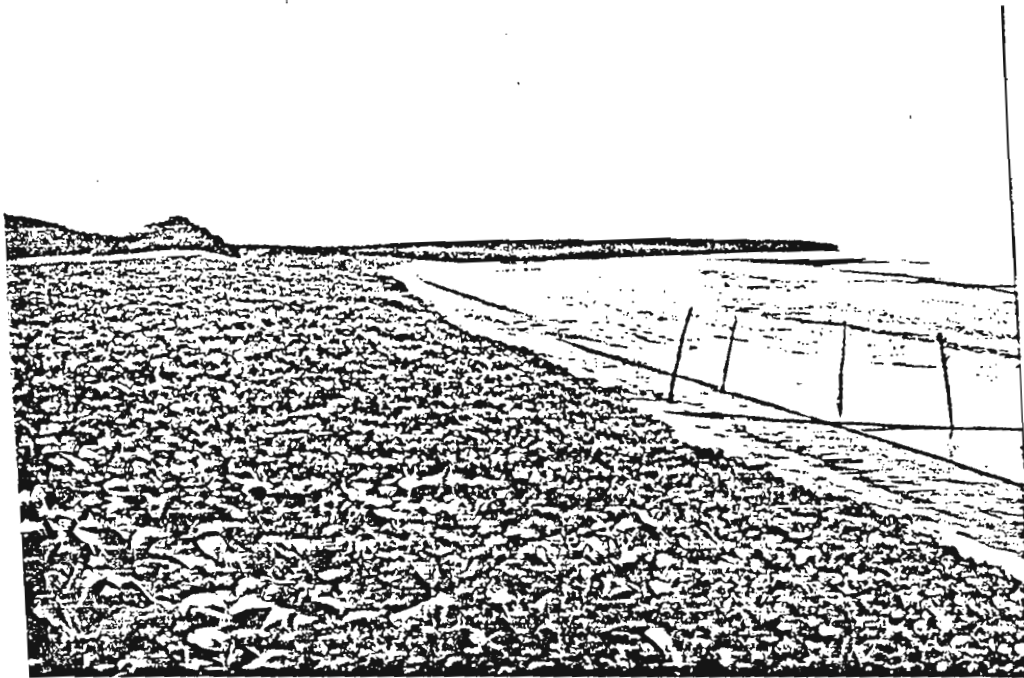
L'estuaire du Sinnamary - entre le front avant du banc de Kourou et le front arrière du banc d'Organabo - est à présent le siège d'une forte érosion. La largeur du rivage séparant le fleuve de la mer a diminué de façon spectaculaire entre 1986 et 1988: en janvier 1988 elle ne dépassait pas 25 m.



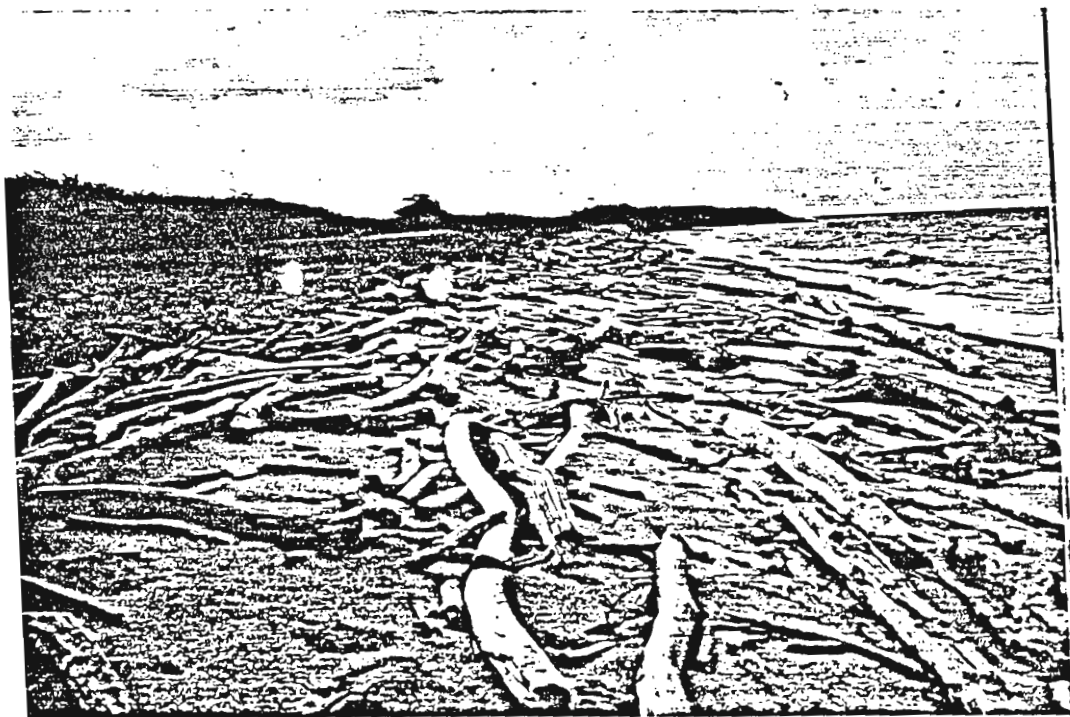
**Fig 10 :** Embouchure du Sinnamary (avril 1988)

Le rétrécissement accéléré du rivage (rive droite du Sinnamary) a abouti à l'ouverture d'une large brèche (qui continue de s'agrandir) par laquelle la houle pénètre maintenant dans l'estuaire. Une île s'est formée à l'embouchure. Ces transformations spectaculaires témoignent de l'ampleur des modifications morphologiques à très court terme.





**Fig 11** : Envasement de la côte du Marais Sarcelle (plage située à l'est de l'embouchure du goulet). Mars 1985.  
L'estran sableux, très étroit, est envahi par la vase fluide. La haute plage, séparée de l'estran par une microfalaise, est recouverte par une végétation rampante. On notera, en arrière-plan, le banc de vase colonisé par des jeunes palétuviers.

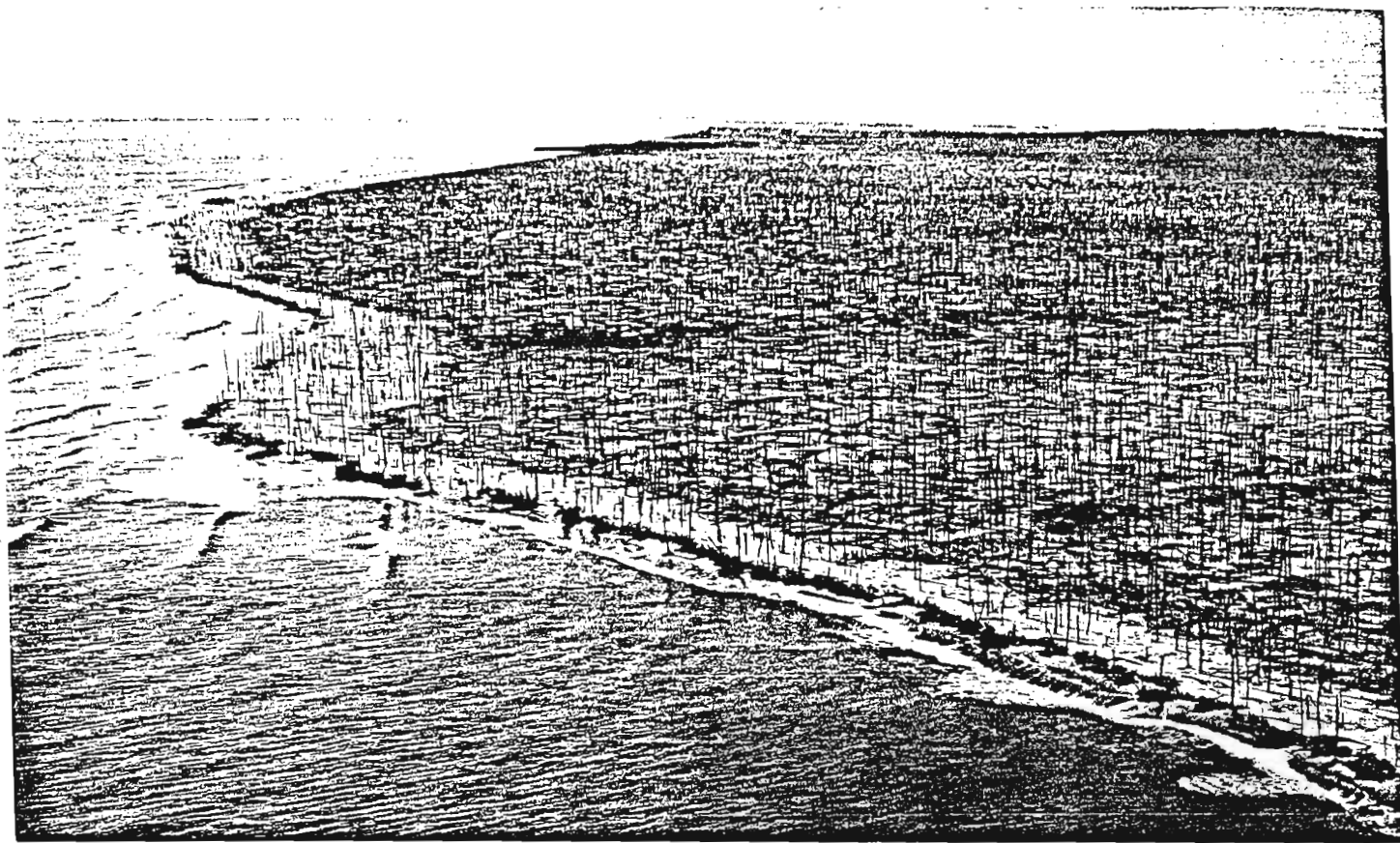


**Fig 12** : Erosion de la côte du Marais Sarcelle (même emplacement que la photo précédente). Janvier 1987.  
On notera l'élargissement de la plage sableuse, la modification de son profil, l'accumulation des troncs de palétuviers sur l'estran et le recul du banc de vase en arrière-plan.

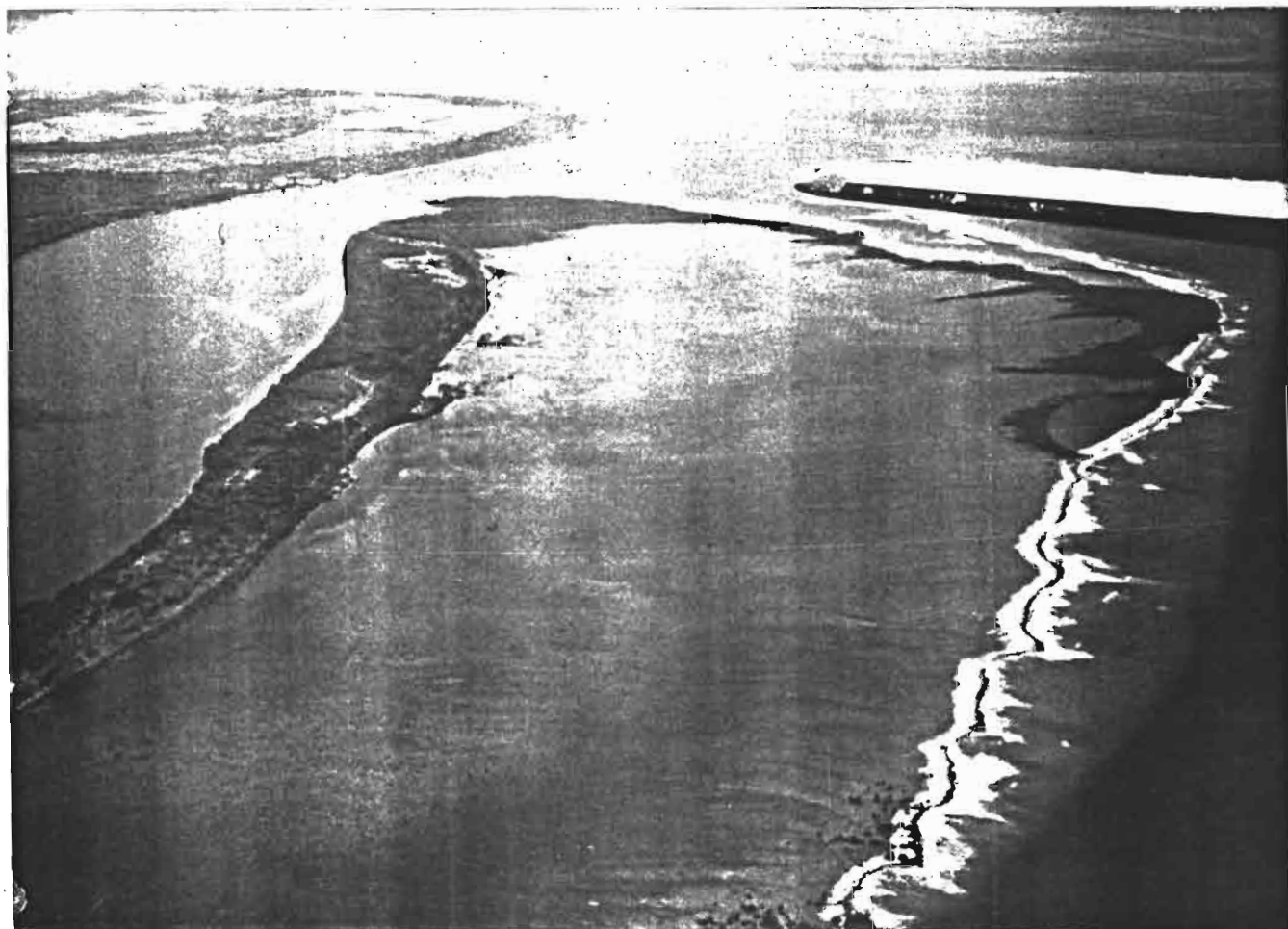


**Fig 13** : Côte du Marais Sarcelle en 1970 (photo P.G.F. AUGUSTINUS. Univ. Utrecht. Pays-Bas)

Le rivage est caractérisé par deux types de côtes d'érosion: d'une part, une côte basse et rectiligne, avec des nappes sableuses (washover fans) qui progressent vers l'intérieur, recouvrant les sédiments fins sous-jacents; d'autre part, une côte échancrée, formée par l'alternance de pointes (où affleurent les vases) et par de petites anses.



**Fig 14 :** Pointe Isère, 1970 (photo P.G.F. AUGUSTINUS. Univ. d'Utrecht. Pays-Bas)  
Saisissant aspect de la mangrove morte dans toute l'étendue de la partie occidentale de la pointe Isère. On notera, sur la ligne du rivage, l'amoncellement des troncs des palétuviers et le début de la formation d'une côte échancrée.

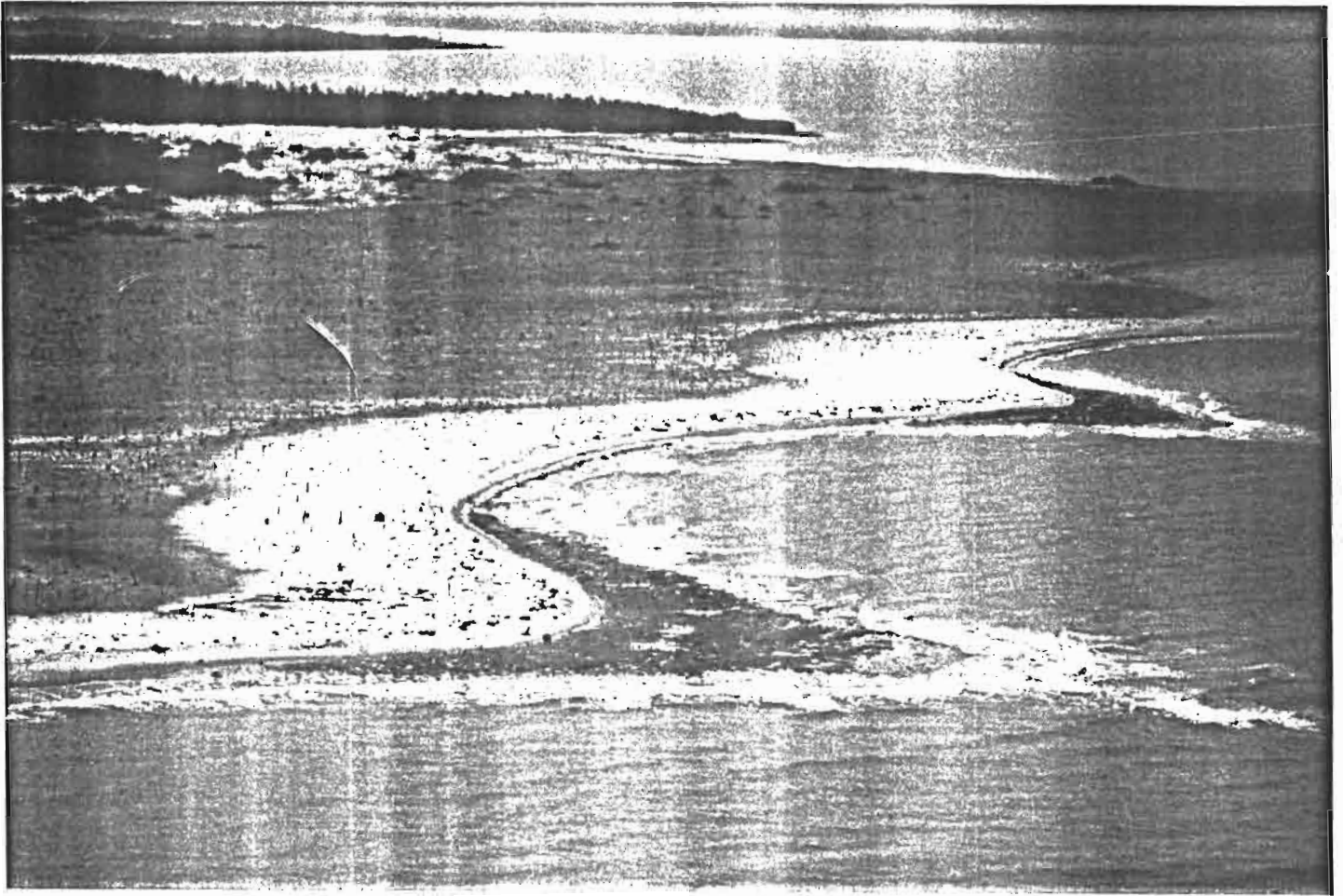


**Fig 15** : Pointe Isère, 1976 (photo ( photo M. CONDAMIN )

Une large lagune occupe la plus grande partie de extrémité de la pointe Isère. Elle est séparée de la mer par un bas cordon sableux (en dents de scie) qui se prolonge vers l'ouest sous la forme d'une flèche littorale. Le déferlement des vagues à l'extérieur du cordon contraste avec les eaux calmes de la lagune.

On notera, entre la lagune et la Mana, un ancien cordon sableux couvert par une forêt basse et clairsemée. Celle-ci fait place, sur la rive droite du cours d'eau, à la mangrove ripicole. En arrière-plan se détachent la pointe Galibi, l'estuaire commun Mana-Maroni et les côtes du Suriname.





**Fig 16** : Pointe Isère, 1988.

Le très important recul de la côte de la pointe Isère depuis 35 ans est prouvé par la comparaison des multiples documents (cartes géographiques, photographies aériennes, travaux de terrain, images satellitaires). Actuellement la ligne du rivage a une morphologie typique d'une côte d'érosion ("happen-coast", au Surinam) caractérisée par une succession de pointes (où affleurent les vases sous-jacentes) qui séparent des petites anses sableuses. A l'arrière-plan, on notera que la lagune - très vaste en 1976 - est partiellement asséchée.

### **III) HYDROLOGIE DU MARAIS DE MANA**

## I LE CADRE PHYSIQUE

### REGIME CLIMATIQUE

La GUYANE française, située dans la zone équatoriale de l'hémisphère nord (latitude 2 à 5°) se trouve sous l'influence de la circulation atmosphérique de direction générale Est-Ouest. Le territoire est donc alternativement, selon l'époque de l'année, sous le flux des alizés de Nord-Est et de Sud-Est. Le lieu de rencontre de ces deux alizés, (zone intertropicale de convergence) remonte du Sud vers le Nord d'avril à juillet et redescend en décembre - janvier vers l'hémisphère Sud, provoquant durant ces périodes de fréquentes et fortes averses. On y observe deux saisons des pluies dont la plus ébondante est située au mois de mai, comme en témoigne l'observation des écoulements des fleuves.

La température moyenne est de 26°C et demeure assez constante dans l'année avec des variations journalières de la température de l'air comprises entre 22 et 32°C.

L'humidité moyenne sur la côte est de 85%, la moyenne des maxima et minima se situant vers 70%. Au cours de l'année, c'est au mois d'octobre que l'on enregistre l'humidité la plus basse. Cette période correspond à la "saison sèche" et également aux étiages les plus marqués de l'année pour l'ensemble des cours d'eau.

La nébulosité est d'une valeur moyenne (5,1 octas) proche de celle observée dans les îles des Antilles (MARTINIQUE 4,4 octas) ; l'ensoleillement est donc important et ses effets sur les nappes d'eau libre des marais côtiers vont entraîner une forte évaporation et une élévation de la température des plans d'eaux de faible profondeur (jusqu'à 35-37°).

La région de MANA - St LAURENT présente une originalité certaine par ces conditions climatiques plus contrastées. En effet c'est le seul secteur, sur toute la côte guyanaise où les valeurs de l'évaporation sont les plus fortes, de l'ordre de 900 mm/an (valeur moyenne pour la GUYANE 300 à 400 mm/an).

A l'ensoleillement moyen de 2100 h/an (soit 5,8 h par jour) s'ajoute un régime stable de vents d'Est à NE dont la vitesse moyenne annuelle est de 2,5 m/s. Ainsi, sans vents très forts et encore moins sans tornades violentes connues dans les Caraïbes, cette zone a une régularité des vents remarquable. Ces conditions sont importantes pour comprendre l'évolution saisonnière et annuelle que peuvent subir ces milieux côtiers.

Facteur important, la pluviométrie dans la région de MANA est beaucoup plus faible que dans les autres régions côtières. La moyenne interannuelle est de 1900 mm. Le maximum mensuel se rencontre en mai et les



deux minima annuels en mars, puis en octobre pour le plus accentué. La répartition spatiale des pluies est homogène durant ces deux périodes à forte pluviométrie.

Un autre système, à tendance plus orageuse leur succède entraînant une répartition spatiale beaucoup plus hétérogène pendant les saisons "sèches".

Le climat de la région de MANA apparaît donc comme original, non seulement pour l'ensemble du littoral guyanais, mais aussi pour une région équatoriale. Il s'approcherait des conditions climatiques décrites par MARIUS, et al. (1985) pour le GABON. Dès lors, nous verrons l'évolution particulière des paysages à l'intérieur du marais sous ce type de climat.

#### LES EAUX DE GUYANE

Les analyses d'eau montrent une composition chimique identique pour les grands fleuves qui sillonnent le pays. Les concentrations ioniques sont toujours assez stables. Le sodium et le chlore représentent 70% de la teneur ionique globale qui a une moyenne de 10 mg/l. Les autres ions ( $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $SO_4^-$ ,  $NO_3^-$ ) ne dépassent pas 1 mg/l de concentration.

D'une façon générale, et tout le long de l'année, ces valeurs sont constantes.

La silice dissoute est une quantité relativement constante avec une teneur moyenne de 10 mg/l.

On voit donc que les eaux sont faiblement minéralisées. De même la charge en suspension est extrêmement faible et ne dépasse pas 10 mg/l.

Des mesures réalisées sur le fleuve SINNAMARY (6500 km<sup>2</sup> de bassin versant et 260 m<sup>3</sup>/s de module annuel) montrent qu'il est charrié 123.000 tonnes par an de sédiments, (FRITSCH 1984) qui, s'ils étaient entièrement répartis sur la surface de l'estuaire formeraient un dépôt de 1 à 2 cm d'épaisseur.

Le pH des eaux des fleuves mesuré in situ, sur le MARONI, la MANA, le SINNAMARY et l'APPROUAGUE est en moyenne de 6 unités pH. (Annuaire Hydrologique de GUYANE). Ces eaux sont donc acides et leur rencontre dans les estuaires et au voisinage des côtes avec les eaux marines constitue un milieu tamponné (L.R. LAFOND, 1967).

Les vitesses sont faibles (inférieures à 1 m/s en moyenne) les pentes des plans d'eau également (0,03 m/km) ayant pour conséquence la formation de nombreux méandres.

L'influence essentielle de ces apports fluviaux est de diluer les eaux marines surtout en saison des pluies abaissant ainsi dans de fortes proportions la salinité et repoussant même dans certaines conditions météorologiques les eaux de mer au large.

Ces phénomènes d'échelle kilométrique et s'étendant sur l'ensemble de la côte vont rentrer en résonance ou non avec l'évolution des plans d'eau sub-côtiers. Dans la région de MANA, nous l'avons vu, la pluviométrie est "faible" et l'évaporation forte, il faut donc ajouter un nouvel élément au contexte sub-littoral, qui sera le remplissage de ces zones, par le jeu des marées océaniques, avec des eaux marines en saison sèche, et saumâtres en saison des pluies.

#### L'ENVIRONNEMENT OCEANIQUE

Fréquentées par un courant marin allant d'Ouest en Est, les côtes sont soumises en même temps à l'action des vagues de direction moyenne Nord-Est, d'amplitude 0,4 à 1,4 m. (DEMERA coastal inv. 1962) et à l'action mécanique de la marée dont l'amplitude moyenne est de 2 mètres. La marée est de type semi-diurne et conserve ses propriétés tout le long du littoral.

Non loin de l'embouchure des petits émissaires du marais de MANA les mesures chimiques en mer montrent, par rapport à la composition des eaux de mer moyennes (SVERDRUP et al.) les caractères suivants :

- Un pH au-dessus de 7 unités
- Un rapport  $\text{Na} + \text{K} / \text{Ca} + \text{Mg}$  oscillant, pour les mesures réparties sur sept mois, autour de 5,6 à 6,6. Ceci montre qu'en première approche, les eaux marines conservent leur propriétés et sont diluées par des eaux douces provenant, comme nous l'avons vu, des apports fluviaux.
- La dilution est maximale en juin, c'est-à-dire pendant la saison des pluies et les teneurs en NaCl peuvent descendre à 60% des valeurs nominales. Par contre en septembre et jusqu'en novembre on constate une légère sursalure (105% par rapport aux analyses de référence (fig. 1). Ce phénomène est beaucoup moins important que la dilution et certainement dû à l'évaporation des eaux marines sous une faible tranche d'eau, à proximité de la côte, pendant la saison sèche.

#### LES GRANDS TRAITES MORPHOLOGIQUES DU MARAIS DE MANA

Une coupe schématique (fig. 2) orientée Sud-Nord, nous permet de distinguer les unités suivantes :

- un cordon sableux, dit "ancien" constitué de sables fins, jaunâtres, couvert par la forêt mixte dense
- un marais d'eau douce, domaine d'une végétation palustre constituée par des Typhacées, graminées, fougères et arbrisseaux. Le sol

est composé d'argiles marines dessalées. C'est cet espace qui a été choisi pour l'implantation de l'activité rizicole.

- le cordon littoral "récent" à sables grossiers. Cette unité constitue une séparation entre la prairie marécageuse d'eau douce et l'étang littoral ou marais saumâtre.

- un marais saumâtre, de faible profondeur et partiellement envahi par la mangrove sur ses limites Nord, (5 à 30 cm d'eau). La végétation est essentiellement composée de lentilles d'eau, d'algues (Ruppiacée en saison des pluies) et de palétuviers.

- cordon littoral actuel, à sables grossiers traversé par les petits émissaires du marais et recouvert de jeunes Avicennia.

- haute et basse slikke composée de vase meuble reprise sans cesse par les courants, et les phénomènes d'accrétion et de sédimentation. Cet ensemble est recouvert d'une faible tranche d'eau de mer aux pleines-mer (20 à 50 cm) et s'étend au large jusqu'à deux kilomètres du cordon actuel.

Il existe une séquence morphologique bien-marquée, qui se définit autour des accumulations sableuses formant les cordons dits "anciens", "récents" et "actuels", séparant des accumulations de sédiments fins qui correspondent aux deux zones marécageuses.

## II HYDROLOGIE DU MARAIS DE MANA

### CARACTERISTIQUES :

Le marais de MANA ou Savane Sarcelle est un vaste ensemble de 5600 hectares dont 1000 Hectares ont été mis en culture de riz irrigué (cf. carte 1).

Le marais s'étend sur 20 km dans la direction Est-Ouest et 4 km dans le sens Nord-Sud.

Ses limites naturelles sont constituées par la rive droite du fleuve MANA au Sud, et par le cordon sableux "actuel" marquant la ligne de rivage, au Nord. Depuis 1972, la construction d'un canal, désormais inclus dans la rizière et devenu trait d'union entre la route et la partie marécageuse, en arrière du cordon littoral, a perturbé l'ensemble continu que formaient ces marais sub-littoraux.

Les limites, imposées par l'action anthropique, sont, à l'Ouest, le canal (nommé SODALG) dont la partie Nord est en communication avec la mer et, au Sud du marais lui-même, le canal de drainage de la rizière.

Au coeur du marais, place est laissée à plusieurs surfaces d'eau libre, chacune se prolongeant sous les palétuviers. Le plan d'eau majeur et central a une superficie de 450 hectares. On y trouve en saison des pluies la végétation aquatique à lentille d'eau et algues, et des filots isolés d'Avicennia et de graminées (Sesuvium). La profondeur moyenne mesurée était de 20 à 25 cm en juillet 85

## LES ARTERES

On distinguera deux dispositifs distincts assurant l'entrée et la sortie des eaux sous l'effet de l'onde de marée. De là, nous définirons, par la suite, les deux types de milieu qui y sont afférents.

- Le premier dispositif alimente en eaux marines des zones recouvertes de mangroves : ce sont les chenaux de marée du Goulet et d'Amarante qui permettent, à presque toutes les marées, l'intrusion d'eau d'origine océanique et la vidange de ces mêmes eaux. Pour chaque chenal, Goulet et Amarante, et à proximité de l'exutoire, correspond une zone de palétuviers morts (respectivement 35 et 70 hectares de superficie).

Le fonctionnement de ces deux chenaux est identique, seul diffère la surface de leur "bassin versant" terme temporaire dans un cycle de marée. L'un et l'autre possèdent un bras latéral en rive gauche qui assure la vidange de zones de mangroves qui ne semblent pas touchées par les eaux marines. A Amarante, ce petit chenal remonte jusqu'au coeur même du marais. En fin de jusant on a d'ailleurs noté une différence de couleur des eaux qui indiquait que leur provenance était différente des eaux du bras principal.

Ce petit affluent nommée crique Emilie assure la vidange du plan d'eau principal du marais à la basse mer, sillonnant la mangrove située en arrière du cordon littoral actuel. A cette fonction, s'ajoute celle de chenal à marée qui assure l'inondation par les eaux marines des zones de mangrove, essentiellement pendant les périodes de vives-eaux. Les prospections ont montré que ces eaux marines n'atteignent pas le plan d'eau saumâtre du marais principal, dans les conditions de nos observations, c'est-à-dire en saison des pluies pendant laquelle la "fonction vidange" est effective.

A ceci il faut ajouter que la nature des sections de ces chenaux à marée est toujours proche d'un profil en U.

- Le second dispositif, qui se résume à une "artère", prend naissance dans le fleuve MANA, au droit de la ville, c'est-à-dire à une vingtaine de kilomètres de l'embouchure du fleuve. Il s'agit d'une petite crique nommée Condillac qui serpente dans la mangrove située au-delà de la berge droite du fleuve. Elle rejoint, par l'intermédiaire d'un seuil topographique situé à mi-parcours, un des bras du chenal à marée d'Amarante.

L'eau pénétrant dans cette artère est celle du fleuve MANA. A cet endroit l'onde de la marée se fait encore fortement sentir ce qui favorise une intrusion d'eau de fleuve vers l'intérieur du marais, particulièrement en période de vives eaux. Cette crique apparaît donc comme un chenal à marée, mais cet aspect est simplement mécanique, puisque les eaux sont très peu salées. Par ailleurs, la morphologie est différente : Une section de cette crique ne montre plus le profil en U rencontré dans les autres chenaux, mais un profil plus adouci rencontré dans les rivières.

Il existe ainsi deux dispositifs favorisant les sorties et peut-être les entrées d'eau dans le marais saumâtre, dispositifs qui sont le reflet de

deux milieux différents. Le premier que l'on pourrait qualifier de purement "marin" à proximité des émissaires et qui évolue sous l'action de la marée et offrant une "perméabilité" océanique. L'autre, que l'on qualifie de marais saumâtre et qui évolue sous l'action d'eaux plus douces (celles de la MANA) et surtout en fonction du régime pluviométrique.

#### HYDROMETRIE

La compréhension de certains phénomènes originaux, comme la décadence de la mangrove proche des émissaires ou bien l'aspect de tanne herbacé ou sec observé dans le marais saumâtre, nécessite une connaissance détaillée des mécanismes hydrologiques : cycle de la marée aux émissaires, débits, volumes oscillants, et nivellements... dans la vase.

##### . Flot et jusant à un exutoire : Amarante

La superposition des mesures de hauteurs d'eau sur les enregistrements des vitesses faites à partir d'un moulinet à génératrice permettent de saisir les mouvements des masses d'eau (fig. 3). Dès l'arrivée du flot le courant s'annule en 5 minutes environ et les vitesses de fond deviennent irrégulières. Les durées de flot sont de l'ordre de trois à quatre heures par marée. Les vitesses de surface sont de l'ordre de 1,2 m/s en vives eaux et de 0,5 M/s en mortes-eaux. Pour certaines parties de la section, les valeurs identiques ont été mesurées au fond et à mi-profondeur. Les durées de jusant sont comprises en général entre 8 et 9 heures, parfois 10 heures en mortes-eaux. (fig. 3)

Les vitesses de jusant sont inférieures à celles du flot (0,5 à 0,6 m/s au fond, 1 m/s en surface, en vives-eaux) et surtout beaucoup plus constantes. La figure 3, par les conditions pratiques de mesure, montre les vitesses moyennes de jusant et les vitesses de fond au flot.

On observe la régularité de la vidange des chenaux et des surfaces inondées sous la mangrove, après une mise en mouvement de la masse d'eau qui dure environ 1h30 (fig. 3).

##### . Cycle de débits oscillants. Débits moyens en l'absence de pluie

A l'exutoire principal, un jaugeage en continu, par verticales indépendantes permet une évaluation précise des débits. Un exemple saisi en période de vives eaux (fig. 4) montre que les "pointes" de débit peuvent atteindre 60 m<sup>3</sup>/s à Amarante, alors qu'au jusant le débit ne dépasse pas 15 m<sup>3</sup>/s.

En mortes eaux, la cote d'étale de pleine mer remonte de 20, à 30 cm le plan d'eau de l'exutoire et les débits de flots sont très faibles.

En jusant, le débit moyen mesuré à Amarante oscille entre 4,5 et 0,8 m<sup>3</sup>/s pendant un cycle de vives et mortes-eaux.

Au vu des mesures réalisées aussi sur la crique Emilie, au Goulet, et à Condillac, on voit le rôle primordial dans le fonctionnement actuel que prend la crique Amarante dont le débit moyen est de 6,0 m<sup>3</sup>/s en jusant pendant

les périodes de vives eaux alors qu'il n'est que de 2 m<sup>3</sup>/s au Goulet, et atteint 1 m<sup>3</sup>/s en moyenne à la crique Emilie et à Condillac.

Au cours de ces mesures, il a été noté des modifications assez importantes après chaque marée du profil de la section de jaugeage. Des dépôts et des reprises de bancs de sable ou de vase d'une épaisseur de 10 à 20 cm ont été observés. Ce milieu est donc dynamique et en remaniement permanent par la mer.

#### . Volumes oscillants à Amarante

Les courbes de débits oscillants fournissent par planimétrie les volumes entrants et sortants. En vives-eaux, on constate que le volume de flot entrant dans le marais est deux fois plus important que le volume de jusant. Par exemple, sur le cycle de la figure 3 la seconde marée introduit 400.000 m<sup>3</sup> pendant le flot et il est évacué 190.000 m<sup>3</sup> pendant le jusant.

Il y a donc "stockage" d'eau océanique pendant les vives eaux. Par contre, en mortes-eaux le phénomène s'inverse mais les volumes évacués sont à peine supérieurs à ceux introduits par le flot (60.000 m<sup>3</sup> pour un jusant et 50.000 m<sup>3</sup> pour un flot à Amarante). Quel est alors le processus de circulation de ces eaux-marines ?

Le phénomène d'introduction d'eau océanique par débordement sous la mangrove du marais se produit pendant 7 Jours en pleine lune et 5 jours en moyenne en nouvelle lune, correspondant aux vives eaux. A titre d'hypothèse, si l'on répartit le volume retenu pendant une forte marée, sur une surface obtenue en inscrivant dans une enveloppe toutes les "têtes" des chenaux de marée on obtient une lame d'eau de 10 cm de hauteur.

C'est ce qui a été mesuré lors des prospections dans cette zone du marais, que nous avons déjà qualifié de "marine". Par ailleurs, la permanence d'une importante quantité d'eau dans les chenaux, pendant une basse mer de vive eau, montre que ces émissaires ne permettent pas l'évacuation totale par gravité vers la mer du volume introduit par le flot. Les circulations d'eau sous la mangrove sont aussi considérablement ralenties par l'importante surface couverte par les pneumatophores des Avicennia.

Une part de ces eaux océaniques est ainsi absorbée par la mangrove pendant quelques jours, auquel s'ajoutera un processus d'évaporation, probablement assez faible sous ce couvert végétal important et absent de ventilation naturelle coupée par la mangrove de front de mer. Les eaux excédentaires vont ensuite regagner la mer pendant la période de mortes-eaux (14 à 15 Jours pour Amarante).

Il n'y a donc pas - dans le système observé en 1985 - d'intrusion d'eau océanique dans l'ensemble du marais saumâtre, la mangrove du domaine "marin" ralentissant les circulations naturelles.

. Mesures des hauteurs d'eau. Leur utilisation dans la détermination des altitudes des bancs de vase.

L'enregistrement des hauteurs d'eau avec le système électronique CHLOE à sonde piézo-résistive fournit une précision du demi-centimètre.

L'enregistrement, pendant plusieurs mois, des cotes du niveau des eaux, aux deux émissaires du marais a permis de réaliser une mesure relative des altitudes des plans d'eau et leur calage absolu, par rapport au zéro marin.

En dépouillant les informations de hauteur d'eau au pas de temps journalier et sur une longue période on peut séparer la composante appartenant à la marée océanique, de l'écoulement naturel des eaux du marais vers la mer (fig. 5). L'étale de pleine mer, qui dure environ trente minutes permet un "nivellement" des échelles à marée disposées aux deux émissaires distants de trois kilomètres.

On détermine ainsi, qu'en fin de jusant, les plans d'eau du Goulet et d'Amarante qui présentent les mêmes oscillations dans le temps, sont à des altitudes différentes. Le plan d'eau du Goulet se trouve 50 cm plus haut que celui d'Amarante. Les bancs de vase situés sur la haute slikke des émissaires sont à la même cote que ces plans d'eau, on peut donc ainsi montrer que l'envasement de cette zone maritime s'effectue avec d'importantes différences altimétriques, le long du littoral. En admettant que la pente soit constante entre ces deux bancs, celle-ci a une valeur de 0,17 m par kilomètre dans une direction parallèle à la ligne de rivage.

Une superposition des cotes d'étale de pleine mer enregistrées, avec celle prédites par le service Hydrographique pour les côtes de GUYANE conduit au rattachement des niveaux mesurés au "zéro marin" (fig. 6).

La précision des superpositions est de  $\pm$  deux centimètres, ce qui nous a semblé amplement suffisant pour ce type d'étude.

On détermine ainsi que le plan d'eau de l'exutoire Amarante se situe autour du niveau marin moyen. Il en va de même pour les bancs de vase déposés devant les exutoires. La cote du banc Amarante - pendant la période de mesure - était autour de 1,90 m au-dessus du zéro marin et celle du banc du Goulet autour de 2,40 m.

Le nivellement du cordon sableux actuel et son rattachement à l'échelle à marée d'Amarante montre que son altitude maximale au-dessus du zéro marin est à 3,80 m. La vasière où se trouvent les palétuviers morts en arrière du cordon actuel, est à la cote 2,80 m. (fig. 6)

Nous constatons ainsi une différence altimétrique importante entre les bancs de vase de la haute slikke, au droit des deux émissaires du marais. Par ailleurs, l'altitude des vasières du marais et celle du sommet du cordon sableux "actuel" met en relief la "sensibilité" de ces milieux paraliques face aux variations relatives, même d'ordre centimétriques, au niveau de la mer (cote maximale en vives eaux : 3,40 m).

Il semble hors de doute que le grand ensemble formé par le marais Sarcelle, dans sa partie située au Nord de la rizière est de formation très récente. Les photographies aériennes de 1950 et 1955 mettent en relief un espace amphibie situé entre les cordons sableux "sub-actuels" et "récents" et le cordon "actuel" de la ligne de rivage.



Nous venons de voir que l'Hydrologie du marais est complexe devant les rythmes marins qui entretiennent une dynamique importante. Mais quelle est la part de la pluviométrie dans "la vie intérieure" du marais saumâtre ?

Un pluviomètre , placé en arrière de la mangrove de front de mer, permet d'enregistrer la pluviométrie journalière. Celle-ci, comparée à la cote du plan d'eau d'un émissaire (après filtrage de la composante de la marée océanique) explique des variations du plan d'eau (fig. 7) observées notamment les 13 et 21 avril 85 et les 4-7 mai, par exemple. Dans le premier cas, on reconnaît, après une forte pluie, une crue du bassin-versant de l'émissaire, d'autant que la première crue se produit en mortes-eaux. Dans le second cas, en mai, la réponse du plan d'eau est uniquement due à l'impulsion océanique qui "masque" l'effet d'une pluie de 30 mm qui se produit pendant la même période.

En analysant ce type de document on s'aperçoit que les crues observables sont déclenchées par des averses supérieures à 30 mm (en 24 heures) en vives eaux de nouvelle lune, et 45-50 mm pour les vives eaux de pleine lune.

Par ailleurs, nous avons vu que le pouvoir "hydraulique d'évacuation" de l'émissaire principal était de l'ordre de 200 000 m<sup>3</sup> en 10 heures.

L'étude de la crue du 13 avril apporte des renseignements sur la dynamique des circulations : en regard de la surface du bassin-versant, le volume d'eau correspondant aurait pu être évacué en une demi-journée. La crue ayant une durée de presque 3 Jours on peut penser qu'elle est soutenue par un apport extérieur aux limites définies. Il est donc probable que dans ce cas, on assiste à une vidange soutenue, d'une-part, par le petit émissaire du marais (Emilie), mais aussi par une circulation latérale des eaux du marais saumâtre vers le domaine des chenaux à marée, ce phénomène - étudié à dessein en mortes eaux - est moins sensible en vives eaux puisque - nous l'avons vu - il y a stockage d'eau marine dans la partie "bassin-versant" des émissaires c'est pourquoi, la crue apparaît, dans ce cas, pour des pluies plus fortes.

De même, la petite crique Condillac pourrait assurer le rôle de collecteur d'eau lorsque les circulations latérales-se manifestent, mais son rôle est mineur, du fait de la lenteur des circulations sous la mangrove, et de sa petite dimension.

Pour des averses supérieures à un seuil que l'on peut situer vers 40-50 mm, la limite entre les deux domaines saumâtres et marin devient perméable dans le sens marais-mer. Ces éléments appuient l'observation de terrain qui montraient par l'aspect des vases, et la végétation l'existence de deux domaines très différents et pérennes. Les mesures hydrométriques permettent de préciser les relations hydrauliques entre ces deux zones dont le contact est une limite "impermeable" sauf dans le cas de fortes averses (supérieures à 50 mm) pour lesquelles il y a un transit des eaux vers les chenaux à marée, puis vers la mer.

Dans ces conditions, on peut donc se demander d'où provient la salure des eaux du marais saumâtre ?

. Les analyses chimiques des eaux de la cuvette saumâtre font apparaître des concentrations chlorurées sodiques de 5 g/l en moyenne pendant la saison des pluies. Avec l'évaporation, la température de ces eaux étant voisines de 32°C, on assiste à une augmentation de cette valeur pendant la saison sèche, des conditions de sursalure (35 g/l de NaCl) s'étant même présentées en novembre 85 dans certaines petites mares. Toute l'évolution du marais saumâtre va donc être conditionnée par la répartition temporelle des pluies de saison sèche. Dans un cas extrême et ceci a été observé en 1969 et 1982, il peut y avoir assèchement complet et apparition du Tanne sec.

L'origine saumâtre d'un tel système ne peut être comprise - dans les conditions observées en 1985 - qu'en évoquant la présence de sel contenu dans les argiles marines du sol. Le lessivage de ces sels par les eaux pluviales est lent et dominé, de surcroît, par un effet de seuil lié aux pluies au-dessous duquel le marais saumâtre demeure presque endoréique.

Les conditions pluviométriques d'une saison sèche peuvent conduire le marais saumâtre à évoluer temporairement vers le tanne sec. Il a été observé (82) dans ce cas une pellicule de sel mélangée aux argiles de surface avec présence de fentes de dessiccation. On peut donc se demander, dans ces conditions particulièrement extrêmes, si, les eaux océaniques légèrement sursalées de surcroît pendant cette période, peuvent alimenter ce domaine pendant les quelques jours d'un cycle de vives eaux. Toutefois, cet apport de sel marin ne se produirait qu'une fois lors de l'assèchement, dont la récurrence semble pluriannuelle. Bien que rapide, ce phénomène conduirait à une intrusion importante de sel, ayant des conséquences écologiques intenses.

### III DISCUSSION

L'analyse hydrologique conduit à distinguer deux milieux du marais saumâtre déjà évoqués par BLANCANEUX (81), l'un à invasion marine périodique et l'autre dominante saumâtre (fig. 8).

- Le premier, "marin", est localisé, et son extension géographiquement réduite. Il coïncide, grosso modo, avec les cours sub-littoraux des criques (Amarante, Goulet). Il a une perméabilité océanique très forte, parcouru régulièrement par les marées. Sur les photos aériennes il se traduit par un chevelu de chenaux de marée à profil en U et par les taches de palétuviers morts à décadents.

Pendant les périodes de jusant son fonctionnement se rapproche du "bassin-versant"; pendant le flot, de courte durée, il y a en revanche débordement des eaux marines dans tout le secteur, avec un stockage provisoire des eaux.

Ce système expliquerait peut-être la décadence et la mort rapide des grands palétuviers adultes situés à la proximité de l'exutoire, en arrière du cordon sableux actuel.

M. BOYE (62) y voit l'effet résultant d'une dessalure du sol. Nous pensons que la proximité océanique, contrairement à ce que l'on attend, irait dans le même sens. En effet, la courte durée du flot (3-4 heures), et surtout la dimension importante à cet endroit des deux chenaux de marée ne permet pas d'assurer une stabilité chimique et mécanique que l'on rencontre plus en amont. En flot, les vitesses sont élevées et provoqueraient un lessivage périodique de la vase. Il y aurait en quelque sorte "asphixie mécanique" par la marée.

- Le deuxième milieu, est "sub-littoral saumâtre", avec des eaux moyennement salées et riches en acides humiques. Ce milieu, spatialement le plus étendu est représenté par la grande cuvette centrale du marais.

Au contraire du milieu "marin", ici, la circulation des eaux est pratiquement nulle ; la vidange, assurée par les émissaires de faible importance, est très lente.

De même, la petite crique se jetant dans le fleuve MANA n'a que de faibles possibilités d'évacuation et d'apports qui, par ailleurs, sont des eaux de fleuves soustraites de l'influence du coin salé oscillant dans l'estuaire. (LOINTIER M. 84)

La limite entre les deux domaines est tranchée : il n'y a pas d'intrusion d'eau marine dans les cuvettes saumâtres.

Cette limite n'est plus imperméable, par contre, au moment des averses supérieures à 30-50 mm : les débordement du marais saumâtre viennent alimenter le chevelu de chenaux qui assurerait un écoulement lent des eaux vers la mer. Donc, à ce moment-là - et seulement dans ces conditions - une connexion s'établit à sens unique, l'alimentation par débordement s'établissant de la cuvette vers le chevelu des chenaux de marée, c'est-à-dire, du domaine "saumâtre" vers le domaine "marin". Cette première constatation est importante et contraire au fonctionnement qu'il serait logique d'attendre de la mer vers le marais.

Dans ces circonstances, comment expliquer la sursalure du marais sub-littoral?... Nous sommes convaincus que ce phénomène est lié aux sols, formés par des argiles marines salées. Or, ces sols ont évolué, eux-mêmes, en fonction des phases d'envasement et de dévasement que, depuis un passé récent, semblent être le fait fondamental de la dynamique côtière. Nous touchons ici, le problème des causes actuelles et des causes récentes de l'évolution de ces milieux. En effet, le marais sub-littoral saumâtre actuel a un fonctionnement qui, certes, est original, mais qui se produit dans un milieu dont l'évolution superpose des processus actuels et récents : il s'agit donc, sous beaucoup d'aspects, d'un milieu intergrade, de contact - ou de passage - où des interactions se produisent. En ce qui concerne la dynamique actuelle, par exemple, il s'agit d'un milieu où les conditions "marines" s'atténuent et où les conditions "continentales" s'affirment, par le jeu des apports d'eaux pluviales et des eaux de ruissellement provenant du marais d'eau douce.

C'est justement dans ce milieu que pendant les années où la saison sèche s'accroît, qu'il se forme de véritables tannes vifs, bien nets sur les photos aériennes. Des travaux de terrain ont permis de constater, dans de telles occasions, l'existence d'une vaste surface d'argile craquelée, la cuvette centrale du marais étant complètement asséchée. Le marais de MANA a donc une dynamique actuelle, à l'opposé des marais situés en rive gauche du fleuve MANA.

Cette dernière observation permet d'aller un peu plus loin dans la discussion sur les causes actuelles et récentes dans l'évolution de ces milieux. Le marais de la rive gauche de la MANA, dans lequel s'est installé en partie une rizière, se trouve en arrière d'un cordon sableux qui supporte la piste MANA - les Hattes. Les dépôts sédimentaires, datés de la phase MARA sont déssalés. Ils ont évolué en sols avec pyrites et présentent au moins une importante couche de "pégasse". La situation géomorphologique de ce marais, ainsi que l'évolution de ces sols, prouvent l'ancienneté de cette formation : une ancienne lagune, peu à peu colmatée devenant un milieu confiné, et qui a évolué en arrière d'un cordon sableux. Dans quelle mesure le marais sub-littoral saumâtre actuel n'est-il pas l'expression d'une étape de l'évolution du marais d'eau douce de la rive gauche de la MANA ? La question reste posée. Elle s'appuie sur la comparaison de photos aériennes récentes qui mettent en évidence une dynamique très active. Par exemple, le cordon "actuel de la ligne de rivage a fait parti, en son temps, d'un système amphibie, rejetant la ligne de rivage deux kilomètres plus au Nord. D'autres documents montrent d'anciens chenaux de marée, et même au niveau du cordon dit "récent", une morphologie en "crochon" du cordon sableux qui rappelle celle des émissaires actuels. D'autre part, - et si nous acceptons l'hypothèse précédente - le cordon "actuel" (à l'exemple de la pointe Isère à l'embouchure de la MANA) a isolé de la mer, par sa croissance l'ancienne slikke. Devenue une lagune, ce milieu a été progressivement colmaté. Le processus aurait donc été rapide. Les différences d'altitude entre bancs, la "sensibilité" au niveau marin et l'analyse des sondages réalisés par le B.R.G.M. semblent soutenir cette thèse. Toutefois, faute d'études plus fines dans ce secteur toute hypothèse de dynamique sera entourée de réserves, compte tenu que l'évolution de ces zones est liée à celle des estuaires de la MANA et d'un fleuve plus important, le MARONI.

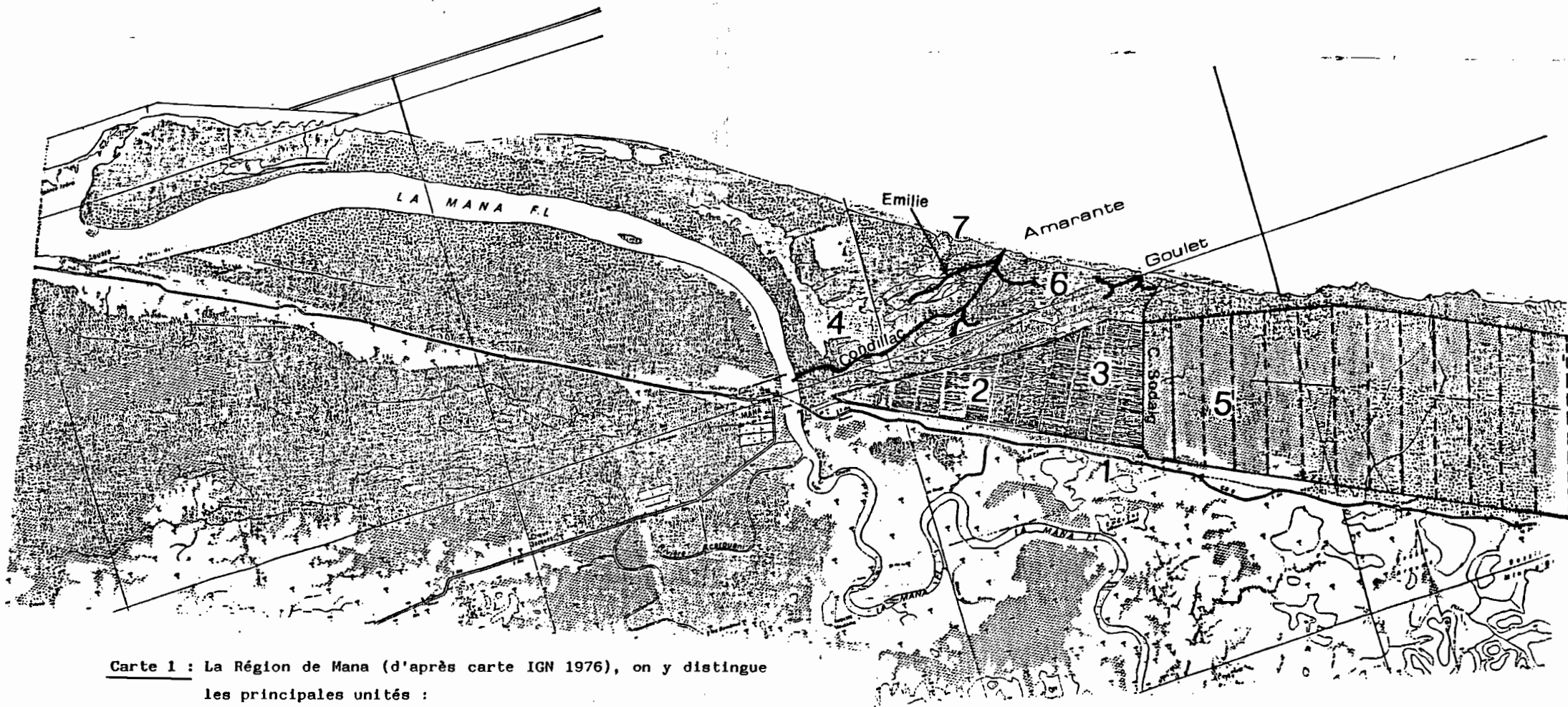
Ce qui est certain, c'est que les variations climatiques saisonnières ont un effet sur la durée et la force des vents, et donc sur l'amplitude des vagues, et cela entraîne une modification de l'effet océanique sur le marais. Bien que le sommet du cordon sableux "actuel" se situe à quarante centimètres au-dessus du niveau des pleines mer de vives-eaux il ne constitue pas un obstacle permanent aux vagues qui le submergent de temps à autre. Certes, les conséquences ne sont pas réellement importantes au sens des apports dans le marais, mais par contre certaines parties plus basses du cordon peuvent ainsi s'altérer et favoriser la création de zones de ruptures potentielles. Au contraire, pendant des cycles "calmes" il devrait y avoir un phénomène de consolidation du cordon actuel par sédimentation et développement d'une végétation importante assurant une meilleure cohésion du cordon,

Au total, le milieu sub-côtier apparaît comme très dynamique, soit actuellement, soit dans le passé récent. Si le milieu "marin" apparaît comme relativement instable, subissant les contre-coups de l'envasement côtier actuel, rien ne prouve qu'une fois le banc de vase ayant migré vers l'Ouest, que l'évolution de ce milieu, ainsi que des plages et cordons du secteur, ne soit pas modifiée ; en fait, il est certain que cette migration entrainera des modifications à l'exemple d'autres secteurs côtiers. Dans les circonstances actuelles, telles quelles se présentent aujourd'hui, le marais sub-littoral saumâtre apparaît comme un peu plus "stable" que le milieu "marin". Cette "stabilité" est pourtant très relative et ce milieu est en réalité fragile et sensible. Il suffit de modifications légères des paramètres hydroclimatiques, de l'amplitude des marées, pour que le marais saumâtre bascule soit vers le tanne vif soit, au contraire, vers l'étendue d'eau libre. A contrario, le marais d'eau douce, lui, apparaît comme le plus "stable", colonisé entièrement par la végétation. Au total, soit dans le domaine hydrologique comme morphologique, nous passons des processus clairement exprimés et visibles, à d'autre, où les milieux évoluent surtout en équilibre écologique avec développement des sols et les apports exclusifs d'eau douce.

Reste à examiner la part de la dynamique marine dans l'évolution de la côte, soit le problème des variations de la ligne du rivage qui conditionne elle-même, l'évolution des marais.

Nous avons vu que les unités de ce milieu, tout comme le cordon sableux, sont séparées par des différences altimétriques de l'ordre du décimètre. Une variation lente de l'amplitude de la marée - sans changement de cote du niveau marin moyen - aurait pour conséquence d'accentuer ou de diminuer les effets océaniques dans le marais. AUGUSTINUS (1978) fait état des composantes basse fréquence de la marée pour expliquer de telles variations dans les hauteurs des marées. Or, parmi les vingt sept composantes luni-solaires explicatives du mécanisme de la marée, ROUCH J. (1948) et GOUGENHEIM A. (1954) montrent qu'il en existe trois de longue période qui entraînent des variations d'amplitude sur des cycles semi-annuels et annuels (182 et 365 jours) et pluriannuels (18,6 années). Ce dernier cycle affecte l'amplitude d'une variation de  $\pm 4\%$  ce qui, pour les côtes de GUYANE engendrerait une oscillation de  $\pm 10$  cm environ.

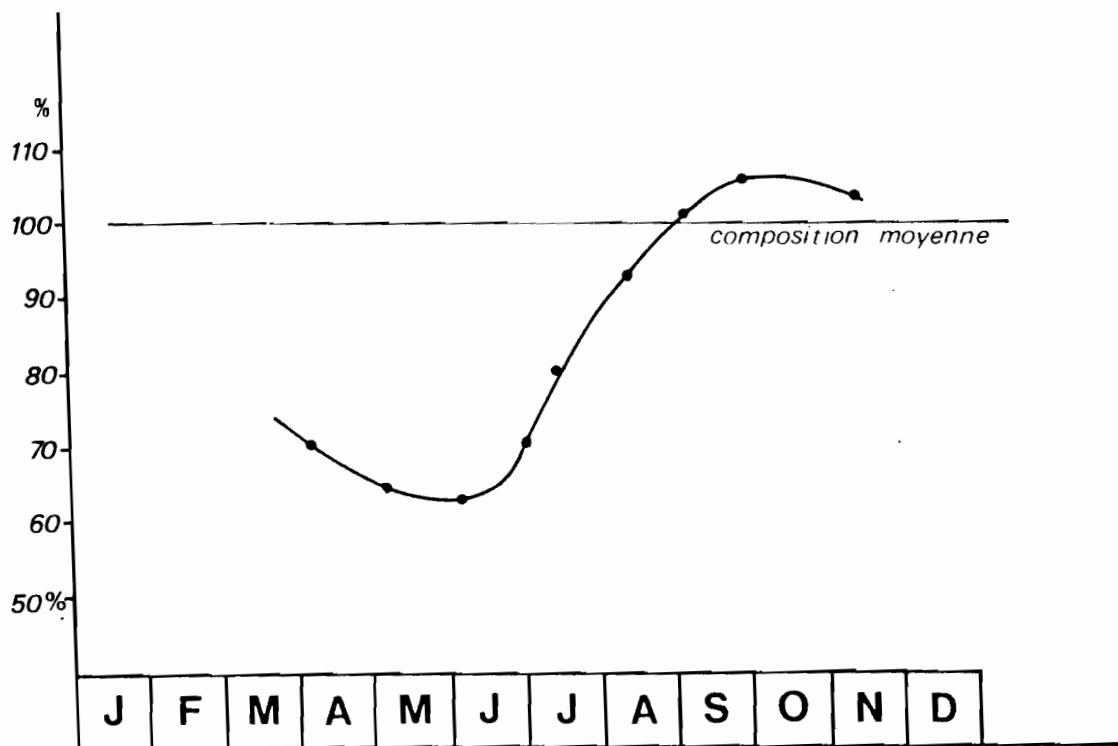
Dans ces conditions, ce sont les limites des domaines "marin" et saumâtre qui s'en trouveraient déplacées, tout comme la valeur des seuils hydropluviométriques qui conditionnent la "réponse" du milieu. On devrait assister alors à l'extension d'une unité au détriment de l'autre, avec des répercussions probables sur le fonctionnement du marais d'eau douce.



**Carte 1** : La Région de Mana (d'après carte IGN 1976), on y distingue les principales unités :

- 1- le cordon sableux dit "ancien" supportant la route CD 8
- 2- la rizière implantée dans la savane Sarcelle.
- 3- le cordon sableux "récent"
- 4- le marais saumâtre au Nord de la rizière
- 5- le marais d'eau douce à l'Est transformé en rizière
- 6- la mangrove de front de mer
- 7- plage et cordon actuel

Echelle  
0 1 2 3 km



**Fig. 1** : Evolution du pourcentage de chlorure de sodium des eaux de mer recueillies à marée haute sur la haute slikke, devant le marais de Mana, par rapport à une composition moyenne d'une eau océanique.



S

N

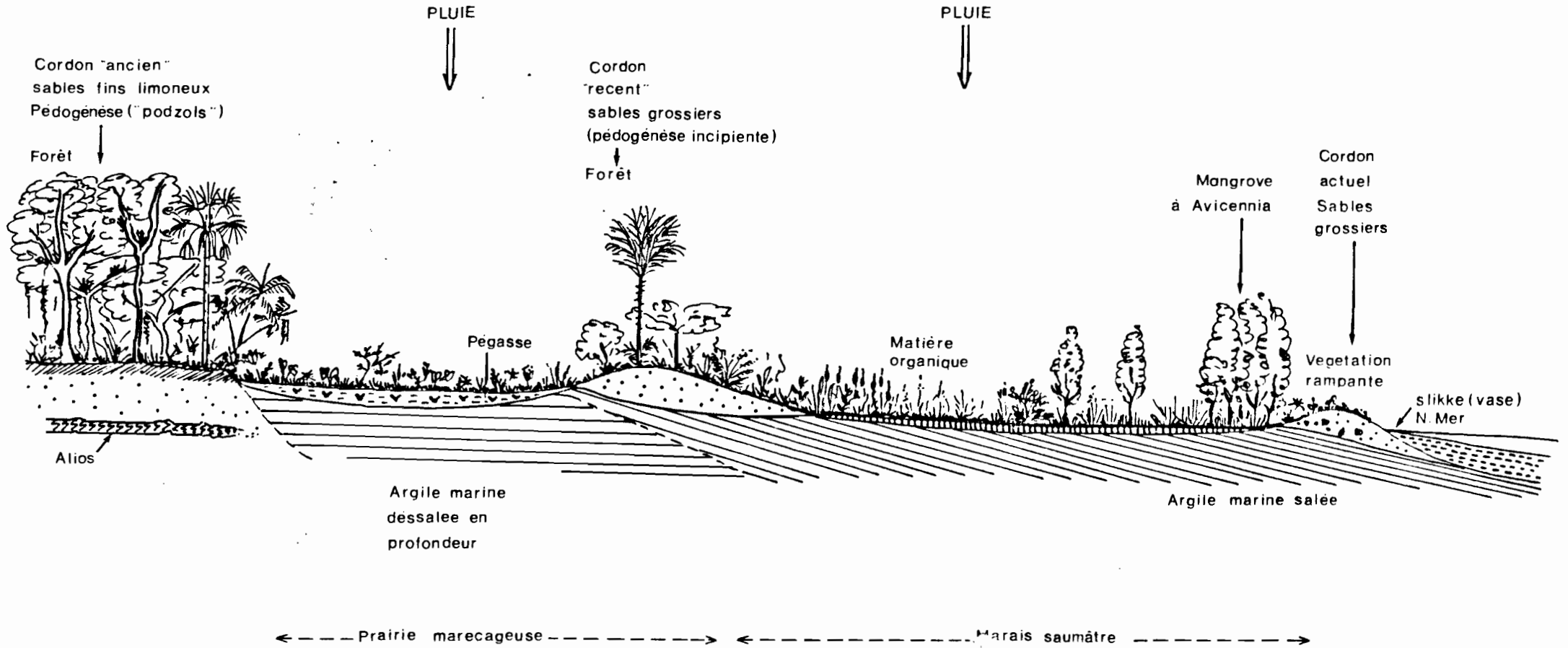
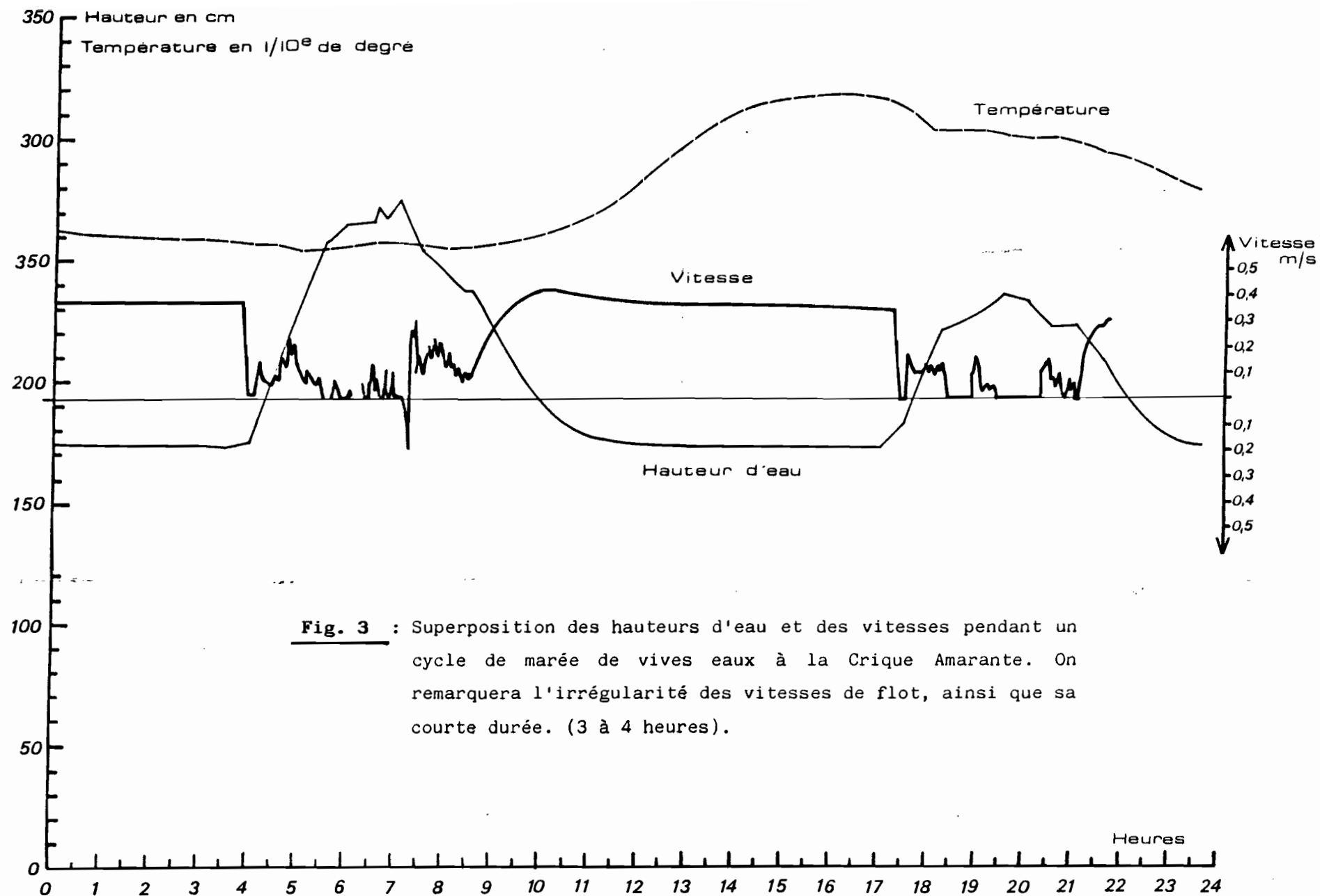
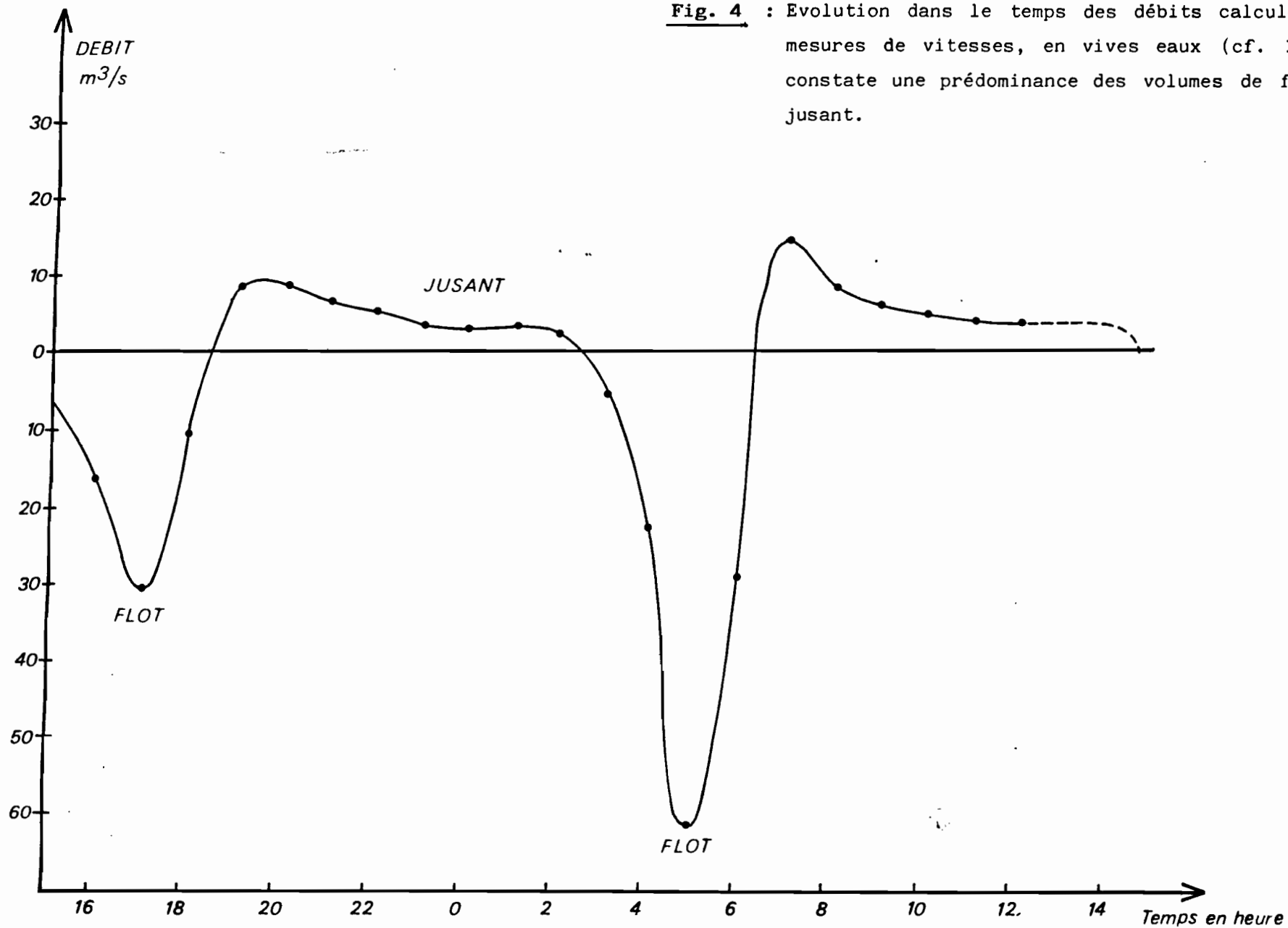


Fig.2: Coupe schematique sud-nord du marais

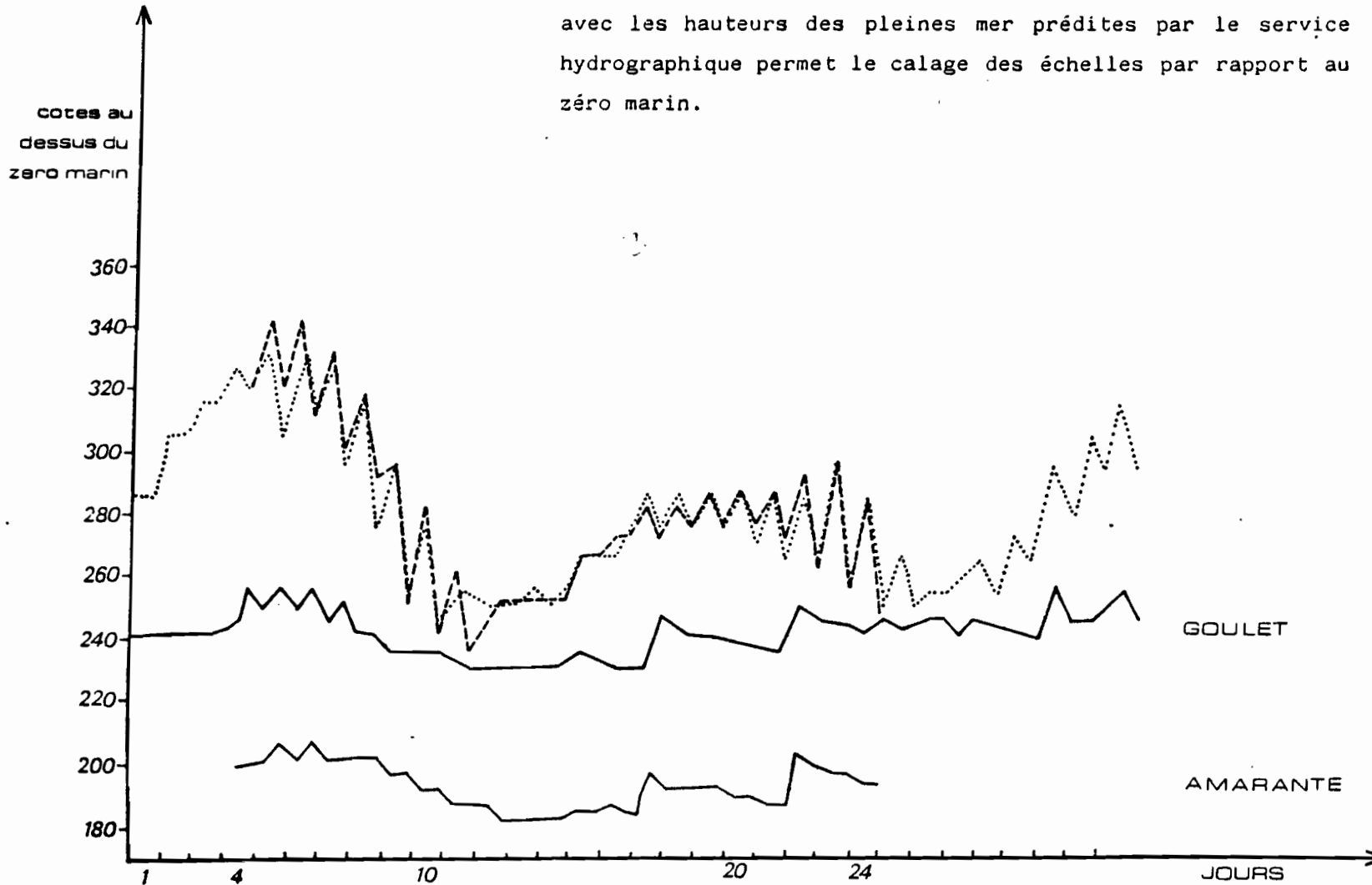


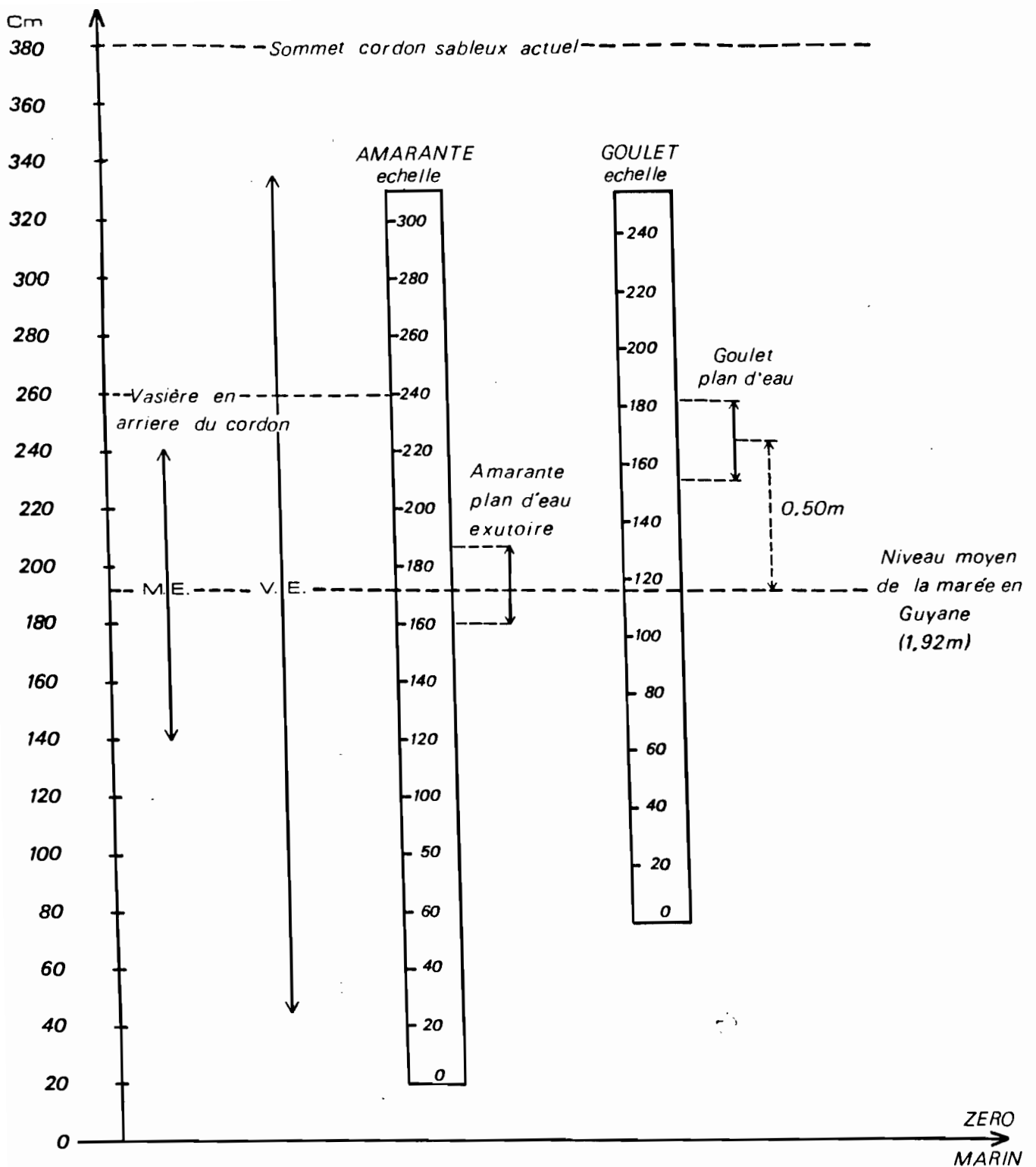
**Fig. 3** : Superposition des hauteurs d'eau et des vitesses pendant un cycle de marée de vives eaux à la Crique Amarante. On remarquera l'irrégularité des vitesses de flot, ainsi que sa courte durée. (3 à 4 heures).

**Fig. 4** : Evolution dans le temps des débits calculés à partir des mesures de vitesses, en vives eaux (cf. 108 et 110). On constate une prédominance des volumes de flot sur ceux du jusant.



**Fig. 5** : Hauteurs d'eau journalières à l'étale de pleine mer et en fin de jusant au droit des deux émissaires. La superposition des cotes d'étale de pleine mer permet de déterminer l'altitude des échelles entre elles. La même superposition avec les hauteurs des pleines mer prédites par le service hydrographique permet le calage des échelles par rapport au zéro marin.





**Fig. 6** : Résultat du calage par rapport au zéro marin. On détermine ainsi que l'exutoire de la crique Amarante se trouve à la cote du niveau moyen de la marée. De même, pour le Goulet qui se trouve 0,50 m au dessus de ce niveau. Ce "nivellement indirect" permet donc de constater que les bancs de vase de la haute slikke ont des altitudes différentes, de l'ordre de 0,50 m sur les 3 Km de distance qui les séparent.

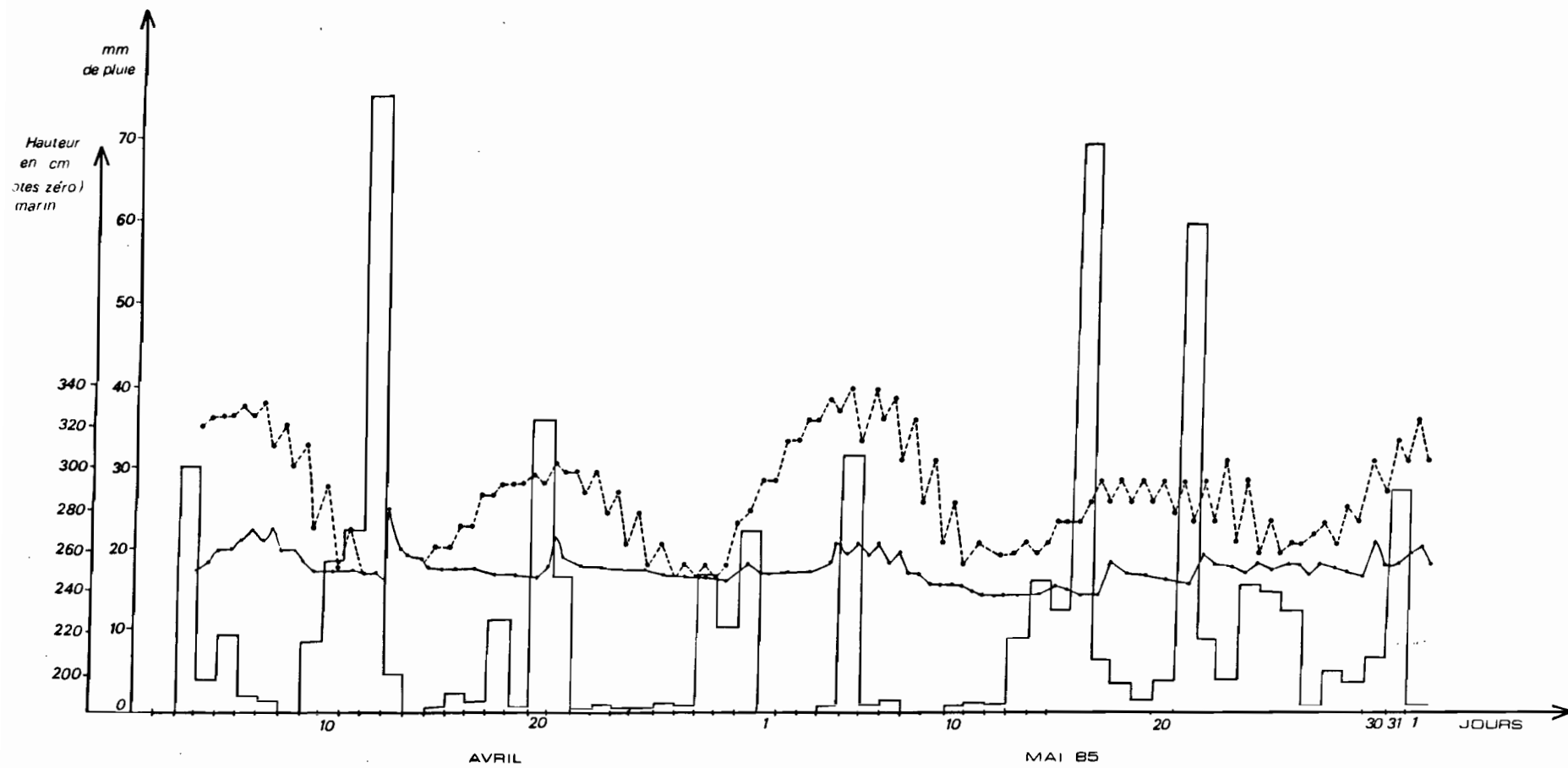


Fig. 7 : Cotes des étales de pleine mer et de fin de jusant au Goulet, superposées au données pluviométriques journalières. On y distingue deux réponses du "bassin versant" :

- phénomène de crue après une forte pluie (13, 21 avril)
- oscillation du plan d'eau suite à la vidange des zones inondées en vives eaux (4, 5, 6, 7 mai)



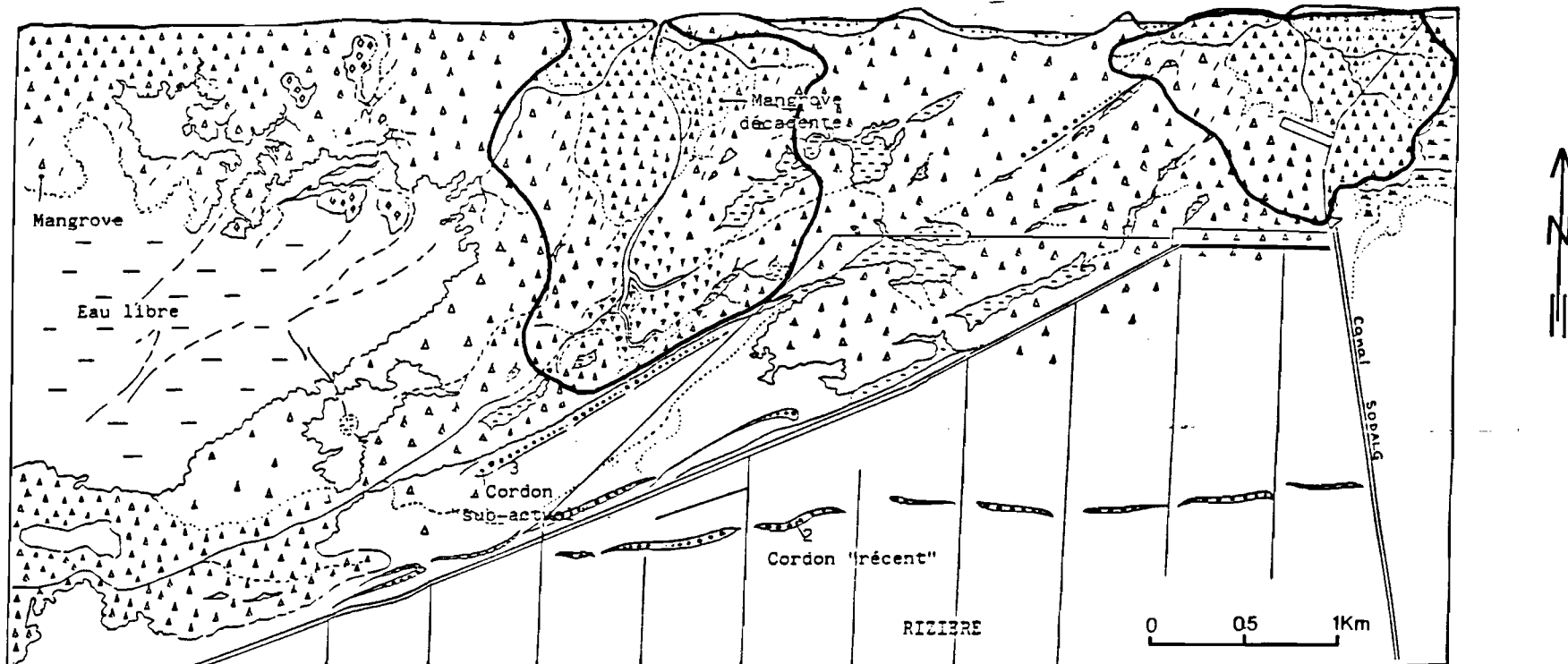
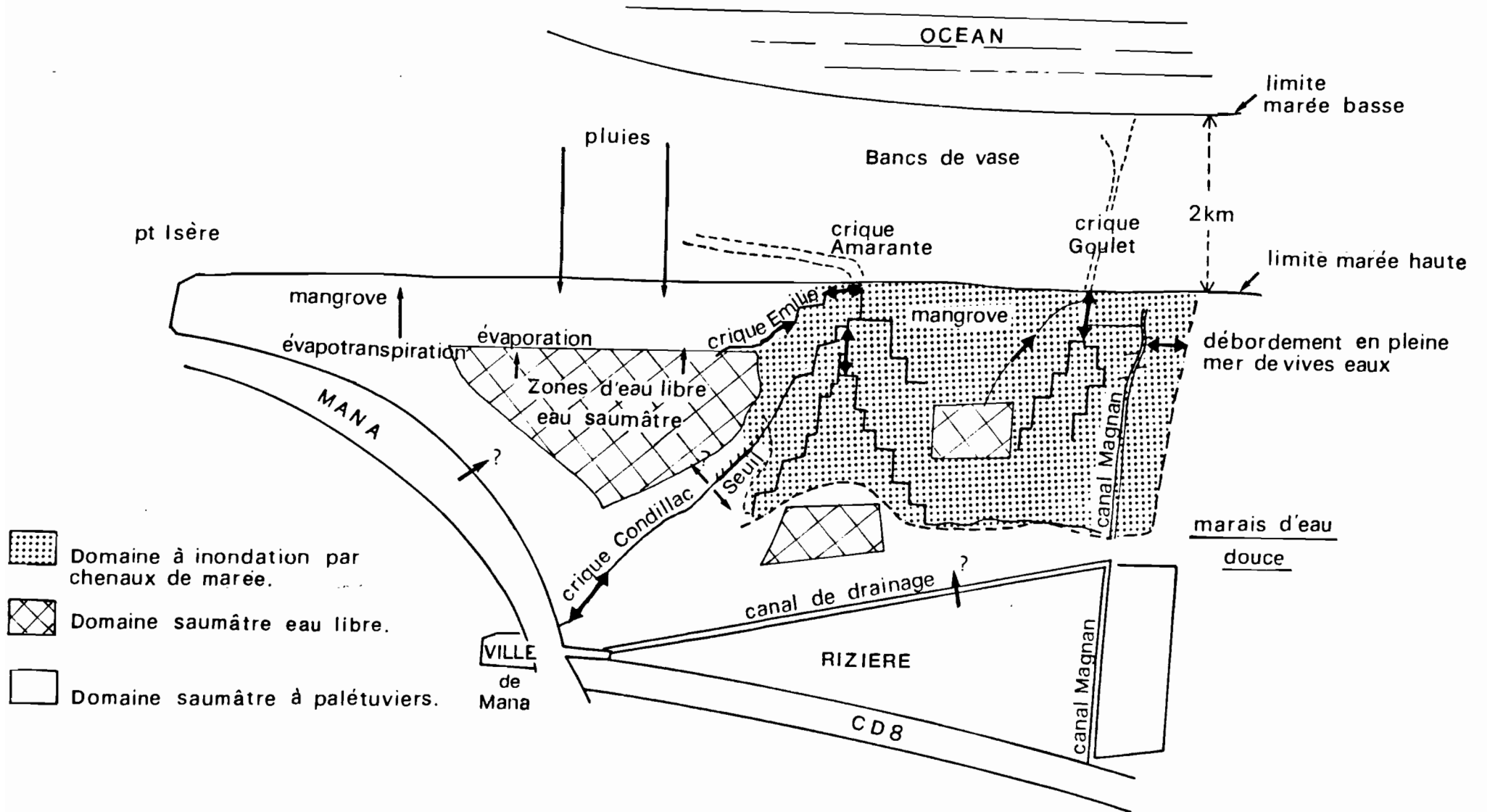


Fig. 8 : Limites séparant les zones "marines" et "saumâtre" autour des criques Goulet et Amarante.



Esquisse d'un fonctionnement qualitatif du marais de Mana en saison des pluies

FIGURE 9

## REFERENCES

- Augustinus, P.G.E.F., 1978.** The changing shoreline of Surinam (South America). Thesis. Uitgaven "Natuurwetenschappelijke Studiekring voor Suriname en de Nederlandse Antillen". Utrecht, 95, 232 p.
- Augustinus, P.G.E.F., 1986.** The geomorphological development of the coast of Guyana between the Corentyne River and the Essequibo River. V. Gardiner (Ed), Internat. Geomorphology 1986. Part I. Wiley, London, .1281-1292.
- Augustinus, P.G.F.E., à paraître.** Cheniers and chenier plains.
- Blancaneaux, Ph., 1981.** Essai sur le milieu naturel de la Guyane Française. ORSTOM. Paris, 126 p.
- Bellesort, B. & Martin, J.M. 1968** - Etude préliminaire sur la sédimentation dans l'estuaire du Mahury. L.C.H.F. 10 p.
- Bouysse, Ph., Kudrass, H.R. & Le Lann, F., 1977.** Reconnaissance sédimentaire du plateau continental de la Guyane française (mission Guyamer, 1976). Bull. BRGM, IV, 2.
- Bouysse, Ph. & Roux J.D. 1978.** Remarque sur la circulation d'eaux turbides d'origine amazonienne le long de la côte des Guyanes. CR Acad. Sc Paris, t. 287, 11, série D, 203-206
- Boye, M. 1962.** Les palétuviers du littoral de la Guyane. Les Cahiers d'Outre-Mer, 15 (59), 271-290, 2 fig., 3 tabl., 8 pl.
- Boye, M. 1963.** La géologie des plaines basses entre Organabo et le Maroni (Guyane Française). Thèse 3ème cycle. Géologie. Paris. Sorbonne.
- Boye, M., & Cruys, H. 1961.** New data of the coastal sedimentary formations in French Guiana. Proceedings of the 5th Interguiana Geol. Conf. Geological Survey Depart., Georgetown. 145-168.
- Brinkmann R. & Pons C.J. 1968.** A pedogeomorphological classification and map of the Holocene sediments in the coastal plain of the three Guianas. Wageningen, Soil Survey Institute. 40 p.
- Cailleux, A. & Tricart, J. 1959** - Initiation à l'étude des sables et des galets. C.D.U. Paris. 376 p.
- Choubert, B., 1956.** Carte géologique au 1/100.000. Feuille Cayenne et notice explicative. Paris. Ministère de l'Industrie. 23 p.

- Choubert, B., 1961.** Carte géologique au 1/100.000. Feuille de Mana, Saint Laurent du Maroni, et notice explicative. Paris. Imprimerie Nationale.
- Cruys, H., 1959.** Note sur la géologie de la partie occidentale de la région côtière (Guyane Française). Proceedings of the IV Conf. Geol. des Guyanes. Cayenne. Imprimerie Nat. Paris. 79-85.
- Eisma D., 1988.** Dispersal of Amazon Supplied particulate matter. Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System: River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes.
- Fritsch, J.M. 1984.** Les transports solides. Etude d'impact de l'aménagement du barrage de Petit Saut. Rapport. Centre ORSTOM. Cayenne.
- Froidefond, J.M., Prost, M.T. & Gribouard R., 1985.** Etude sur l'évolution morpho-sédimentaire des littoraux argileux sous climat équatorial: l'exemple du littoral guyanais. Rapport Cordet- IGBA. Ministère de la Recherche et de la Technologie. Paris. Université de Bordeaux-I. Talence. 189 p.
- Gougenheim, A. 1954.** Cours pratique des marées. Service Hydrographique de la Marine, 200 p.
- Guyane. 1979.** Atlas des départements français d'Outre-Mer. Tome IV. ORSTOM - CNRS
- Guyane. 1984-1985.** Annuaire Hydrologique. ORSTOM. Cayenne.
- Jeantet, D. 1982.** Processus sédimentaires et évolution du plateau guyanais au cours du Quaternaire Terminal. Thèse 3ème cycle. Département de Géologie et Océanographie. IGBA. Université de Bordeaux-I. Talence.
- Jouanneau, J.M. & Pujos, M. 1987.** Suspended matter and bottom deposits in the Mahury estuarine system (French Guiana): environmental consequences. Netherlands Journal of Sea Research 21(3): 191-202.
- Jouanneau, J.M. & Pujos, M. 1988.** Similarities and differences in the nature and composition of estuarine sediments of French Guiana: the impact of the Amazon. Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System: River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes.
- Lafond, L.R., 1967.** Etudes littorales et estuariennes en zone intertropicale humide. Thèse ès-Sciences. 3 tomes. Paris.

- L.C.H.F., 1965.** Etude sédimentologique en Guyane. Rapport sur le Mahury. ORSTOM. Cayenne.
- L.C.H.F.-C.N.R.S. 1967.** Mission d'étude à Kourou. Rapport général. CNRS.
- L.H. Delft. 1962.** Demerara Coastal Investigation. Report on siltation of Demerara bar channel and coastal erosion in British Guyana. Delft Hydraulics Lab., The Netherlands, 240 p.
- Levêque, A. 1962.** Mémoire explicatif de la carte de sols des Terres Basses de la Guyane Française. Mém. ORSTOM 3, 88 pp, 2 cartes 1/100.000.
- Lointier, M. 1984.** Dynamique des eaux et de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary (Guyane Fr.) ORSTOM. Cayenne.
- Lointier, M., 1986.** Hydrodynamique et morphologie de l'estuaire du fleuve Sinnamary (Guyane Française). Le littoral guyanais: fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise. Sepanrit. Sepanguy. 37-44.
- Lointier M. 1988.** SPOT, les promesses d'un autre regard. Journal du CNES, 52: 14-15
- Lointier, M. & Prost, M.T., 1986.** Morphology and hydrology of an equatorial coastal swamp: example of the Sarcelle Swamp in French Guiana. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, vol.4. 59-77. J. Rabassa Ed. A.A. Balkema Publ. Rotterdam.
- Lointier, M. & Prost, M.T., 1988.** Coastal sedimentation and local rivers supply in French Guiana: comparisons with the Amazon. Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System: River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes.
- Krook, L., 1979.** Sediment Petrographical Studies in Northern Suriname. Academic Proefschrift. Vrije Universiteit. Amsterdam. 154 pp.
- Marius, C. 1985.** Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Thèse Doct. ès-Sciences. Nat. Coll. Trav. et Doc. ORSTOM
- Milliman, J.D. 1988.** Amazon River Sediment Discharge to the Sea: variations with Time and Space. Chapman Conference on the fate particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System: River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes.
- Otvos Jr., E.G. & Price W.A. 1979.** Problems of chenier genesis and terminology - an overview. Marine Geology, 31: 251-263

- Pons, L.J. 1966.** Geogenese en pedogenese in de jong-Holocene kustvlakte van de drie Guyanas. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 83: 153-172
- Prost, M.T. 1985.** Quelques problèmes relatifs à l'évolution côtière en Guyane. In, Etude de l'évolution morpho-sédimentaire des littoraux argileux sous climat équatorial: l'exemple du littoral guyanais. Rapport Cordet: 1-62. Ministère de la Recherche et de la Technologie. Paris. Université de Bordeaux-I IGBA. 189 pp.
- Prost, M.T., 1986.** Morphologie et dynamique côtières dans la région de Mana. In: Le littoral guyanais: fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise. Sepanrit. Sepanguy. 31-36.
- Prost, M.T., 1986.** Aspects of the morpho-sedimentary evolution of French Guiana's coastline. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, vol. 4, 191-218. J. Rabassa Ed. A.A. Balkema Publ. Rotterdam.
- Prost, M.T., 1988.** Shoreline changes in French Guiana. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, vol 5. J. Rabassa Ed. A.A. Balkema Publ. Rotterdam.
- Prost, M.T., à paraître.** Beaches and cheniers in French Guiana ( accepté par A.A. Balkema Ed. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, vol. 6)
- Prost, M.T., à paraître.** Coastal dynamics and chenier sands in French Guiana (accepté par Elsevier Ed. Special issue of Marine Geology)
- Prost, M.T. & Lointier, M. 1987.** Sedimentology and stratigraphy of the Holocene formations of the French Guiana's coastal plain. ABEQUA. Publ. avulsa 2: 55-83. São Paulo. Brésil.
- Price, W.A. 1955.** Environment and formation of the chenier plain. Quaternaria, 2: 75-86
- Pujos, M., Odin, G.S., Renie, O. & Bouysse, Ph. 1984.** Paléogéographie du Quaternaire Terminal de la Guyane Française d'après les sédiments continentaux. 10e Réunion Annuelle des Sciences de la Terre. Bordeaux. Soc. Géol. France, Ed., 465.
- Pujos, M., Odin, G.S., & Pons, J.C. 1985.** Processus sédimentaires et évolution du plateau continental de la Guyane Française au cours du Quaternaire Récent. CR. de fin d'étude. Action Cordet. Dep. de Geol. et Océanogr. IGBA. Université de Bordeaux-I. Talence.



- Pujos, M. & Odin, G.S., 1986.** La sédimentation au Quaternaire Terminal sur la plate-forme continentale de la Guyane Française. *Oceanologica Acta*, vol. 9, 4, 363-382.
- Pujos, M. & Bouysse, 1988.** Heavy minerals and Late Quaternary paleoenvironments of the French Guiana continental shelf. Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System: River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes.
- Sourdat M. & Delaune M., 1970.** Contribution à l'étude des sédiments meubles grossiers du littoral guyanais. *Cah. ORSTOM, série Pédologie*, vol. VIII, 1, 81-97.
- Reading H.G. 1986.** *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Scient. Publ. Inc. London. 615 p.
- Reineck H.E. & Singh J.B. 1986.** *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag New York 551 p.
- Rine, J.M., 1988.** Influence of the Amazon River on deposition of the Holocene coastal plain of Suriname, South America. Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System: River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes.
- Rine, J.M. and Ginsburg, R.N., 1985.** Depositional facies of the mudshoreface in Suriname, South America - a mud analogue to sandy, shallow-marine deposits. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 55, 5: 633-652.
- Roche, M.A., 1977.** L'estuaire du Kourou en Guyane Française: possibilités d'alimentation en eau d'une usine de pâte de bois et risques de pollution par rejets industriels dans l'estuaire. Rapport. ORSTOM. 80 pp.
- Rodier J. 1966.** *Analyse chimique et physico-chimique de l'eau*. Dunod
- Rossignol, M. 1972.** Etude d'un marais de Guyane: le Marais Sarcelle. *Mult. ORSTOM*. Cayenne. 39 p.
- Rouch, J. 1954.** *Traité d'océanographie physique. Les mouvements de la mer*. Payot. Paris.
- Tricart J. 1965.** *Principes et méthodes de la géomorphologie*. Masson Ed. Paris. 496 p.
- Turenne, J.F., 1978.** Sédimentologie des plaines côtières (Guyane Française). In: *Atlas de la Guyane*, CNRS. ORSTOM. Pl. 6.

- Sternberg, H. O'R. 1988.** Particulates and sedimentological components in the river portion of the Amazon Dispersal System. Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System: River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes.
- Sverdrup H.U., Johnson, M.W. & Fleming, H. 1942.** The oceans. Prentice Hall, INC. New-York.
- Wadworth A. & Petit M. 1987.** SPOT, un satellite pour l'océanographie? CNES. SPOT 1, utilisation des images, bilan, résultats.
- Wells J.T. & Coleman J.M. 1977.** Nearshore suspended sediment variations, central Surinam coast. Marine Geology, V. 24: M47-M54
- Wells, J.T. & Coleman, J.M. 1978.** Longshore transport of mud by waves: northeastern coast of South America. Geol. en Mijnb. The Netherlands. 57: 353-359
- Yayer. 1937.** Compte-rendu de la mission pour l'établissement de la carte S.H.O.M. n° 5884 (région de Sinnamary).