

L'HYDRODYNAMISME DES FLEUVES AUTOUR DE L'ILE DE CAYENNE SEUILLAGE ET CLASSIFICATION D'IMAGES

C. CHARRON, M. LOINTIER

Centre ORSTOM de Cayenne, BP 165, 97323 CAYENNE CEDEX

La quasi totalité des particules en suspension, transportées par les courants, le long des côtes de Guyane proviennent du système de dispersion amazonien. Les fleuves Guyanais contribuent pour moins de 1% dans la sédimentation le long du littoral (Lointier M.,1988). Cependant les modifications des embouchures de rivières, engendrées par l'envasement et le désenvasement, conditionnent la morphologie des estuaires qui sont, suivant la géologie de la région, déviés et sujets à de rapides transformations.

Les rivières sont les principaux vecteurs du transport de matériaux provenant de l'érosion terrestre vers l'océan. Les estuaires sont les lieux privilégiés d'échanges entre les eaux continentales et marines, ils conditionnent le devenir des particules en suspension.

L'imagerie satellitaire est la seule à apporter une vision globale du phénomène, d'apprécier la répartition des charges en suspension aux embouchures des rivières, et de suivre leur devenir compte tenu du processus de déplacement des bancs de vase.

I-Présentation

1) Situation

Les estuaires peuvent se répartir en trois catégories. Celles, comme le Maroni, où le débit empêche des modifications importantes, celles des rivières de Kourou et de Cayenne, où les avancées rocheuses forment une protection aux transformations, et celles, de la Mana, de Sinnamary, d'Organabo ou de Kaw, totalement déviées vers le Nord Ouest .

L'île de Cayenne est une avancée du socle vers la mer, ceinturée par deux fleuves : la rivière de Cayenne et le Mahury.

La rive droite de la rivière de Cayenne et la rive gauche du Mahury sont relativement stables, la morphologie des estuaires se trouve peu modifiée.

En revanche le comportement des masses d'eaux fluviale varie suivant la dynamique littorale.

2) Données hydrologiques

L'apport des fleuves guyanais est très faible dans le processus d'envasement et de désenvasement des côtes. Les bassins versants respectifs de la rivière de Cayenne et du Mahury sont de 720 km² et de 3770 km² (surface à l'embouchure). Le tableau suivant résume quelques caractéristiques hydrologiques, des deux fleuves, estimées à partir des données de base du réseau Hydrométrique.

	Débit moyen annuel	Volume écoulé	Matières En Suspension
Cayenne	42 m ³ /s	1,32 10 ⁹ m ³ /an	20 10 ³ t/an
Mahury	200 m ³ /s	6,31 10 ⁹ m ³ /an	80 10 ³ t/an

A titre d'exemple on peut effectuer le calcul suivant : La surface des bancs de vase échoués autour de l'île de Cayenne représentait 11,5km² en 1986 (Lointier M., Prost M.T., 1988). Pour une épaisseur moyenne de sédiments de 1,5 mètres on obtient un volume de l'ordre de 17 10⁶ m³. Le volume estimé des apports de Matière En Suspension rejeté par an, par les deux rivières ne représente que 0,6% de ce volume. Ils ne peuvent donc pas être à l'origine de la totalité de la sédimentation côtière, et leur part relative est très faible.

II- Données télédéteçtées

En océanographie la "couleur" de l'océan met en évidence l'importance des matières en suspension dans l'eau de mer. Le rayonnement électromagnétique visible permet d'obtenir des informations sur une tranche d'eau grâce à la plus grande pénétration de ces ondes dans ce milieu.

La cartographie de structure d'isoconcentration de matière en suspension va permettre de visualiser la distribution des particules à la sortie des panaches.

Les données Spot

Les données utilisées sont essentiellement des images provenant du satellite français Spot.

Ce premier satellite Spot 1, lancé en Février 1986, fournit des scènes qui couvrent une surface de 3600 km² environs, avec une résolution de 10 mètres en mode panchromatique et 20 mètres en mode multispectral. Les détecteurs (3000 par canal en mode multibande) placés dans le satellite mesurent le rayonnement réfléchi par la surface de la terre. A chaque détecteur correspond un point élémentaire ou pixel qui va composer l'image.

Les scènes disponibles pour cette étude datent d'Octobre 1986. Ce sont des images prises en mode multispectral avec un niveau de correction "1B". Les rectifications effectuées consistent à corriger les défauts liés à l'instrumentation, les effets de rotation et de courbure de la terre, les effets de panoramique et les variations d'attitudes du satellite.

Les canaux XS1, XS2, XS3, de Spot couvrent des domaines spectraux respectivement de 0,5 à 0,59 micron, de 0,61 à 0,69 micron et de 0,79 à 0,90 micron.

Les deux premières bandes spectrales XS1 et XS2 étant très corrélées, on va chercher à diversifier la représentation de l'information par la création de néo-canaux.

Dans un premier temps il va être réalisé un masque de la partie terrestre. Ce masque prend en compte le banc de vase échoué autour de l'île de Cayenne. On élimine ainsi des données qui ne rentrent pas dans le cadre de l'étude.

III- Méthodologie

A partir des images ainsi préparées, 5 canaux sont générées. Les deux premiers résultent du calcul des deux premières composantes principales à partir des données brutes de Spot. Les trois autres canaux sont obtenus par la méthode de conversion en Intensité, Teinte, Saturation (I.T.S.) des données d'origine. Une couleur peut se définir par des couleurs dites primaires : le Bleu le Vert et le Rouge (R.V.B.). Elle peut être également décrite par trois éléments : sa teinte, sa saturation ou degré de coloration et son intensité ou luminosité. Les paramètres I.T.S. se calculent à partir des 3 composantes R.V.B.. Une image trichrome (R V B)¹, exemple Spot, peut donc être définie également suivant les 3 critères I.T.S.. Ce système de transformation équivaut à recombinaison des informations contenues dans les différentes bandes spectrales.

A partir de ces bandes spectrales on calcule la matrice de corrélation des canaux utilisés (*figure 1*). Ce calcul guide le choix des canaux à utiliser lors de l'étude. Spot, conçu pour des études terrestres, permet cependant d'obtenir des informations dans le domaine de l'océanographie. La pénétration des ondes électromagnétiques dans l'eau étant fonction de leur longueur d'onde.

Le passage des données en I.T.S. change la représentation des données. Cependant, comme on a pu le constater, l'histogramme de l'image du canal Saturation² est le mieux distribué. Les données sont étalées sur la quasi totalité de l'échelle radiométriques entre 16 et 204 (*figure 2*).

Cette bonne dispersion, sur le domaine marin, des données est utilisée afin de servir d'image de référence pour une classification. La partition de l'image en différentes régions sera réalisée par un seuillage automatique par rapport à l'histogramme du canal saturation. Cette méthode est employée car il n'existe pas de mesure hydrochimique à la date de la prise de vue. L'histogramme est divisé en zones radiométriques

1-Image trichrome : mis en place d'une combinaison trivariable chacun des 3 en attribuant une des 3 couleurs fondamentales (R,V,B) à chacun des 3 canaux.

2-Le canal Saturation s'exprime comme étant le rapport entre les extrêmes de chaque canaux R.V.B. : $S = 255 (D - F) / (D + F)$ où D représente la valeur la plus grande des 3 composantes R.V.B. et F la valeur la plus faible de ces 3 composantes.

équidistante. Le nombre de classes choisies est fixé à 12. Ce nombre correspond au maximum de partitions que l'on peut faire avec le logiciel utilisé (*figure 2*).

Cette segmentation du canal saturation en différentes classes va servir d'image référence pour effectuer une classification par histogramme bidimensionnel. Les canaux 1 et 3 de Spot sont les plus décorrélés, leur histogramme bidimensionnel permet de repérer la totalité des classes sans qu'il n'y est de confusion importante.

On obtient différentes plages d'isoriométries sur l'image classée (*figure 3*)

IV-Résultats et commentaires

Des études sur l'évolution de la qualité des eaux, utilisant des données Landsat M.S.S. ont permis de tester une relation entre la radiométrie et la turbidité (LOINTIER M., 1988). L'acquisition simultanée de données satellitaires et de mesures de qualité des eaux sur le Kourou avait permis d'effectuer un étalonnage de l'image en cinq groupes de turbidité, entre 10 et 10000 mg/l. Le calcul de la seconde composante principale à partir des quatre canaux Landsat M.S.S. donne une corrélation satisfaisante avec la turbidité. La relation établie entre les valeurs radiométriques et la qualité des eaux est :

$$\text{Log}(\text{turb}) = 0,0495 * \text{Rad} - 4,6709 \quad r = 0,99.$$

Où Rad représente la valeur du pixel dans la seconde composante, calculée par la combinaison linéaire suivante :

$$\text{Rad}_i = S(i) + K(i,1)*Q_4 + K(i,2)*Q_5 + K(i,3)*Q_6 + K(i,4)*Q_7$$

avec Rad_i, valeur du pixel dans la deuxième composante (i=2)

$$S(i) = 103,187$$

$$K(i,1) = 0,7896 \quad K(i,2) = 0,7244 \quad K(i,3) = -0,1787 \quad K(i,4) = -0,5776$$

Q_{4...7} valeur radiométrique de chaque canal MSS 4,5,6,7.

Ce type de relation s'accorde avec celle relevée dans la littérature du type Rad=f(logT) (RICHIE J.C. et Al, 1987), (GIRARD M.C. & GIRARD C.M., 1989), (LE GOUIC M., 1986).

Ne disposant pas de mesures hydrochimiques pour effectuer de calage, on établit une courbe théorique en se référant à quelques ordres de grandeurs de turbidité (*figure 4a*). On obtient ainsi une représentation schématique de l'évolution des particules en suspension en fonction de la radiométrie du rapport de deux canaux. Ici il s'agit du rapport entre les canaux XS1/XS3 de Spot. La courbe établie (*figure 4a*) n'est qu'une représentation théorique de la répartition des concentrations les plus fortes vers les moins élevées.

La distributions des concentrations entre la sortie de l'estuaire et la pleine mer montre une augmentation rapide puis une diminution progressive de la radiométrie, qui traduit bien le phénomène d'accumulation de la vase aux embouchures (*figure 4b*). Les fortes teneurs en matière en suspension observé à l'embouchures s'explique par la remise en suspension de vases déposées par les marées successives et les courants, d'où son importance dans l'embouchure de la rivière de Cayenne ou le débit plus faible s'oppose moins à l'influence marine.

Ces zones issues de la classification donnent une représentation de la qualité des eaux. Les informations ainsi recueillies permettent d'apprécier la distribution spatiale et les concentrations des particules en suspension.

Entre les deux Rivières, celle du Mahury et celle de la rivière de Cayenne, les concentrations sont différentes et l'on peut observer la circulation des eaux du Mahury, sur l'image classée, le long du littoral entre la route des plages et la ville de Cayenne (*figure 3*).

Le débit de la rivière de Cayenne est nettement inférieur à celui du Mahury. Cependant l'image laisse apparaître un développement plus important du panache pour la rivière de Cayenne. Le calcul de la superficie des panaches à partir de la scène Spot, donne une étendue de 90 km² pour celui de la rivière de Cayenne et de 30 km² pour la rivière du Mahury. L'image a été acquise à marée basse. La majeure partie des suspensions du panache sont des remises en suspension de la vase. Le débit plus faible de la rivière de Cayenne permet à la mer de jouer un rôle plus important au niveau de l'estuaire, en remobilisant les vases et en ayant une action plus importante sur la dispersion de ces dernières à marée basse. Ce type d'action de la marée sur la taille du panache a déjà été observé lors de l'étude de la Mobile Bay (Alabama) (DINNEL S.C. et Al 1990).

IV-Conclusion

Les images Spot ont permis de montrer un gradient de turbidité pour les deux estuaires. Par des méthodes de segmentation rapides et simples, il est possible de délimiter des zones d'isoradiométrie que l'on peut relier à l'existence de concentration en matières en suspension et également de visualiser la relation étroite qui existe entre les plages isoradiométriques et les courants de surface. On décrit ainsi la morphologie des panaches beaucoup plus large et étalé pour celui de la rivière de Cayenne. La différence s'explique par l'action prépondérante de la marée qui joue un rôle important dans la configuration du panache par la remobilisation des sédiments.

L'effet de la marée joue sur la taille du panache et par conséquent sur la quantité de vase remise en suspension. Le calage de mesures hydrochimiques de se doter d'une estimation de la quantité de matière mise en jeu. En revanche les panaches ne sont que peu déviés par les courants. Une comparaison visuelle avec une photo de Landsat 1976, qui montre le flux sortant du Mahury totalement dévié vers le Nord Ouest, suggère l'importance de la dynamique du littoral.

Bibliographie

Dinnel S.C., Schroeder William W., Wiseman Jr William J., 1990. Estuarine-Shelf exchange Using Landsat images of discharge Plumes.

Girard M.C. et Girard C.M., 1989. Télédétection appliquée, zones tempérées et intertropicales, pp260.

Le Gouic M., 1987. Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. (SPOT 1 Utilisation des images, Bilan et Résultat).

Lointier M., 1988. Traitement de données satellitaires pour la connaissance de l'environnement en milieu tropical : Application en Guyane.

Lointier M., Prost M.T., 1988. Environnement côtier des Guyanes, Rapport intermédiaire, ORSTOM, 70pp.

Richie J.C., Copper C.M., Yongqing J., 1987. Using Landsat MSS data to estimate suspended sediments in Moon Kake, Mississippi. Remote Sensing of environnement 23: 65-81

Tableaux

Canaux	XS1	XS2	XS3	Saturation	1ère ACP	Ecart Type
XS1	1	0,94	0,82	-0,77	0,96	9,33
XS2		1	0,92	-0,91	0,99	14,50
XS3			1	-0,96	0,90	11,47
Saturation				1	-0,88	29,95
1ère ACP					1	30,05

Figure 1

Matrice de corrélation

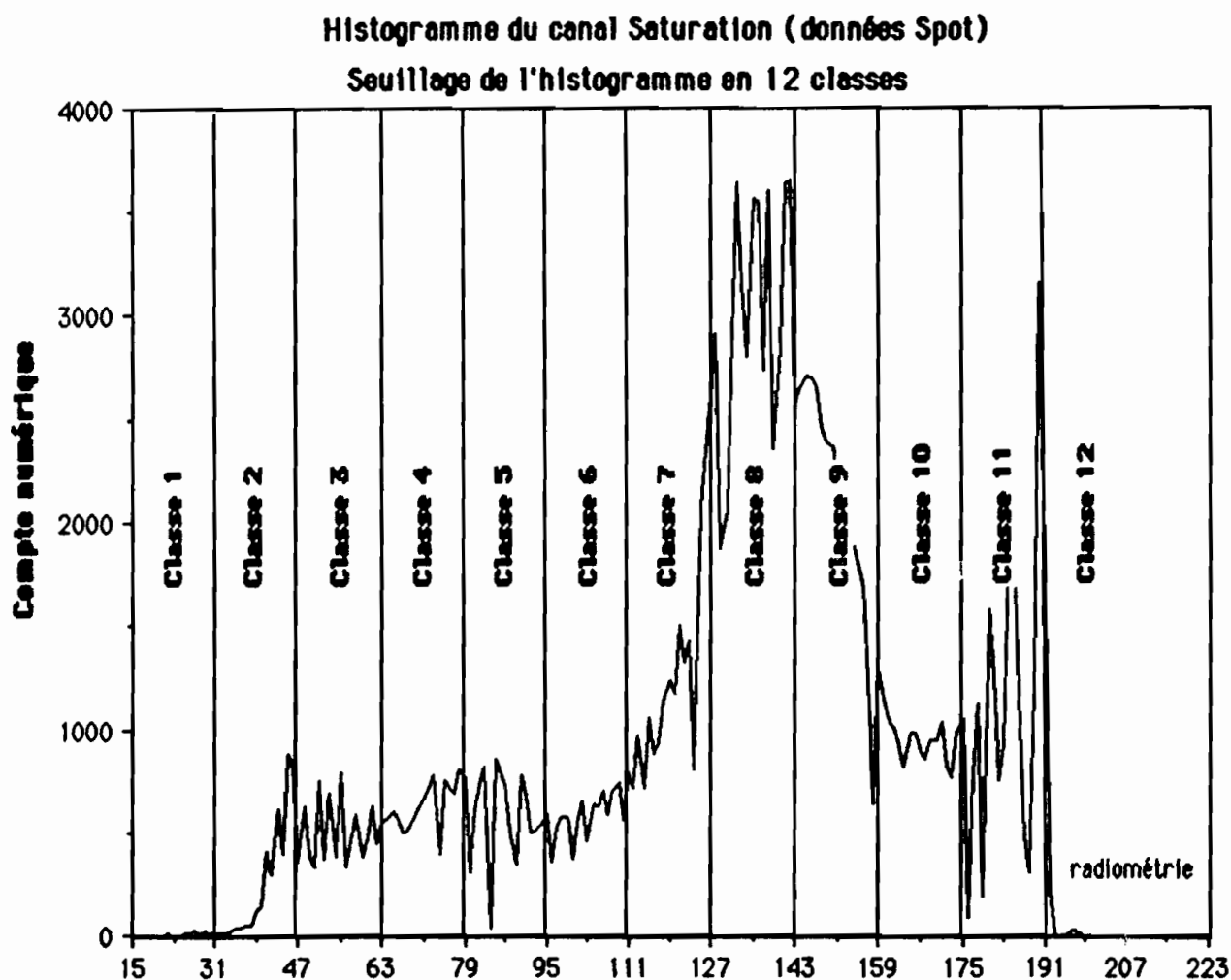


Figure 2

repérage des classes sur
l'histogramme du canal Saturation



figure 3

Qualité des eaux autour de l'île de Cayenne
les teintes claires représentent les eaux les moins chargées

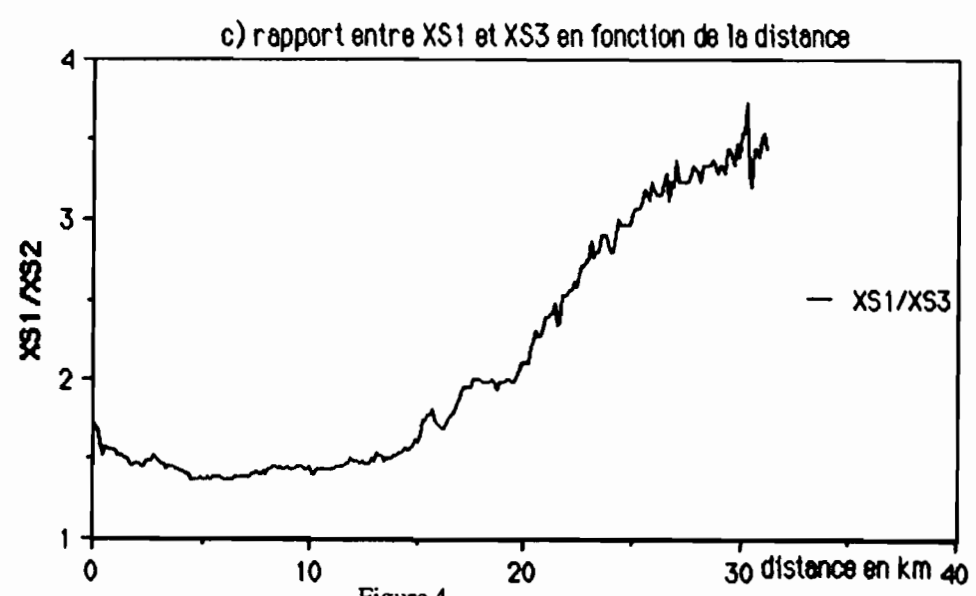
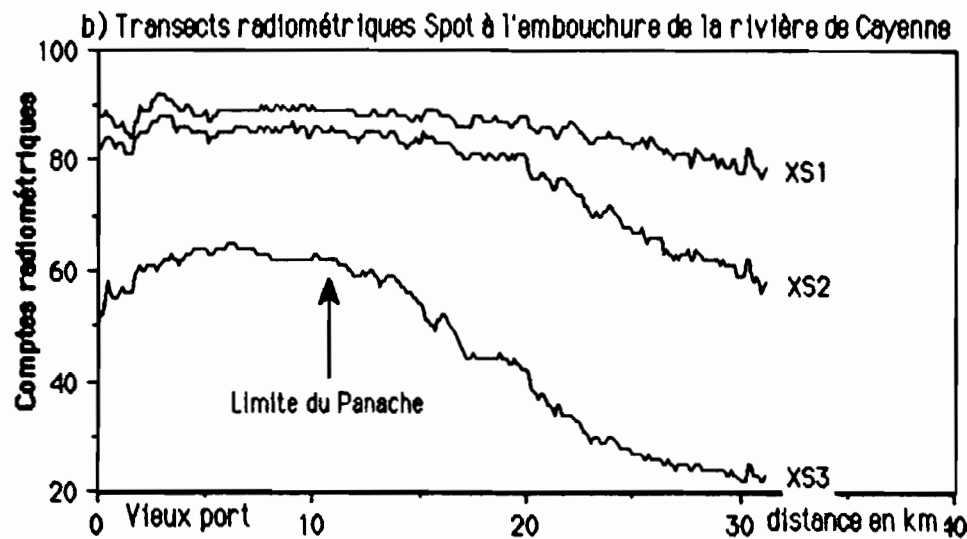
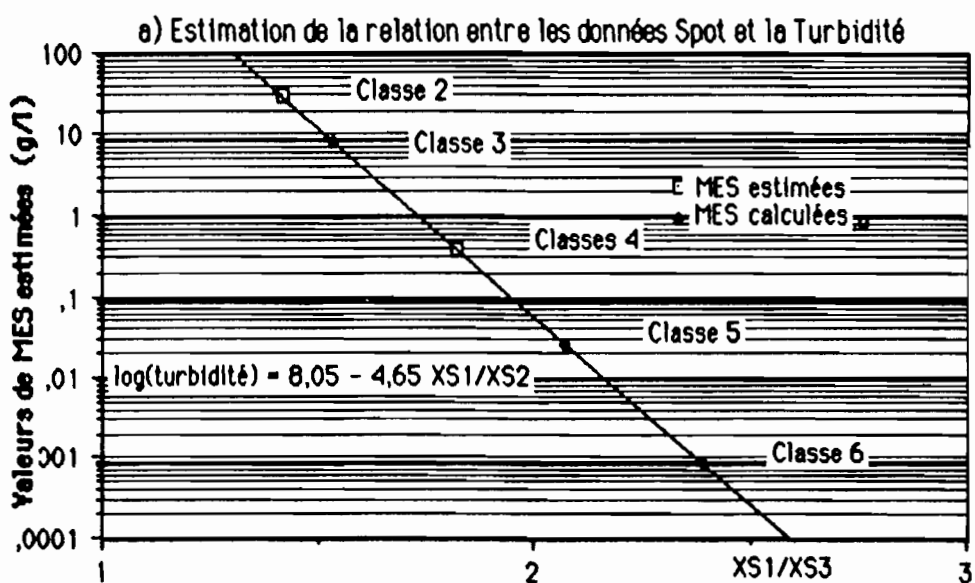


Figure 4

- a) Relation entre la turbidité et la radiométrie du rapport XS1/XS3 de Spot
- b) Transects radiométriques (données Spot) dans l'axe de l'embouchure de la rivière de Cayenne.
- c) Variation du rapport des canaux XS1/XS3

ORSTOM

BP 165
97323 Cayenne cedex



INSTITUUT VOOR
AARDWETENSCHAPPEN
(Dr Orson VAN DE
PLASSCHE)
Université d'Amsterdam

**Symposium international sur l'évolution des Littoraux
des Guyanes et de la zone caraïbe méridionale
pendant le Quaternaire**

(9-14 novembre 1990)

Guide de l'excursion A

(Presqu' le de Cayenne)

ITINERAIRE DE L'EXCURSION A : ILE DE CAYENNE

