

CONTRIBUTION DU SAR DE ERS1 À L'ANALYSE HYDROLOGIQUE EN MILIEU TROPICAL HUMIDE : RÉSULTATS DU PROGRAMME PPF12 EN GUYANE

M. LOINTIER¹, J.P. RUDANT²

RÉSUMÉ

Un projet d'étude soutenu par l'ESA et mené conjointement entre le BRGM, l'université P. et M. Curie et l'Orstom, s'est concrétisé par la première couverture totale du département de la Guyane par le radar imageur du satellite européen ERS1. Acquisées en grande partie pendant la saison des pluies de l'année 1992, les données ont été analysées par rapport à leur contribution originale en hydrologie. Deux aspects ont été abordés :

- une analyse d'un document constitué par une mosaïque de 18 images, apportant une vision globale des bassins versants et permettant leur description morphologique à petite échelle ;
- une approche de détail, sur des petits bassins versants côtiers (100 km²), pour lesquels les données hydrologiques sont disponibles depuis 1990.

Nous décrivons dans ce papier les éléments morphologiques et structuraux que l'on peut détecter sur le document de synthèse qui couvre une surface de plus de 140 000 km², avec une résolution au sol légèrement dégradée par rapport aux données brutes (100 m). L'acquisition sur la retenue de barrage de Brokopondo au Surinam, voisin de la Guyane, donne l'occasion d'envisager quelques aspects opérationnels dans la cartographie et le suivi d'un grand réservoir artificiel, en milieu tropical.

¹Orstom, Maison de la télédétection, 500 rue J.F. Breton, 34093 Montpellier, France.
Tél : (33) 67 61 75 12 ; fax : (33) 67 41 18 06 *email* : lointier orstom@teledetection.fr.

²UPMC lab. de Géologie et Géomorphologie structurale et télédétection, boîte 129, T26, E1,
4 place Jussieu, 75252 Paris 05, France.

tél : (33) 1 44 27 50 87 ; fax : (33) 1 44 27 50 85 *email* : jpr@osiris.lgs.jussieu.fr.

L'analyse de détail (pixel de 12,5 mètres, résolution 30 mètres) sur les petits bassins côtiers, permet d'identifier quelles cibles peuvent être reconnues en tant que types d'occupation du sol, dans une optique thématique, et de comparer trois modes d'acquisition combinant deux angles d'incidence (23° et 35°), et deux fréquences différentes, avec la bande « C » de ERS1 et la bande « L » obtenue récemment avec JERS1.

Enfin, en saison des pluies, une approche dynamique du comportement hydrologique des savanes et des marais côtiers a pu être faite avec trois documents ERS1, acquis dans le même mode, à 3 semaines d'intervalle. On propose une *carte fonctionnelle* de ces zones selon des critères de circulation et de stockage de l'eau.

INTRODUCTION

Les données du satellite européen ERS1, fonctionnant en bande C (5,3 GHz), ont été obtenues dans le cadre d'un projet pilote de l'ESA (ppF-12 de l'Agence Spatiale Européenne) *environnement littoral et fluvial Guyanais*. Celui-ci a permis un travail d'analyse morphologique sur les bassins versants ainsi qu'une spatialisation des phénomènes hydrologiques pendant la saison des pluies, sur des sites déjà prospectés.

Deux échelles d'analyse ont été choisies pour ce travail :

- une petite échelle qui permettra de décrire certains traits morphologiques des bassins versants (RUDANT *et al.*, 1994) ;
- une grande échelle, focalisée sur la plaine côtière, dans une zone à petits bassins versants (100 km²), soumis à des contraintes d'aménagement.

Les données radar ont été exploitées, soit sous leur forme d'origine, soit après moyennage et filtrage par la méthode du maximum à posteriori (Ggmap - LOPES *et al.*, 1993 ; NEZRY *et al.*, 1993).

Un aspect original vient s'ajouter à cette analyse, par l'obtention récente des données radar en bande « L » (1,3 Ghz) sur la zone d'étude, grâce au satellite japonais JERS1.

ZONE D'ÉTUDE

Le département de la Guyane (90 000 km²) appartient au plateau des Guyanes (figure 1), de superficie égale à 467 000 km². La surface totale drainée par les bassins versants du département représente 28 % de cette entité géographique, sachant que deux fleuves, le Maroni et l'Oyapok sont frontaliers, respectivement avec le Surinam et le Brésil (figure 2). L'ensemble des rivières et des fleuves coulent vers l'Atlantique, marquant ainsi leur individualité par rapport au bassin Amazonien, géographiquement voisin.



Figure 1 :
Amérique Latine.

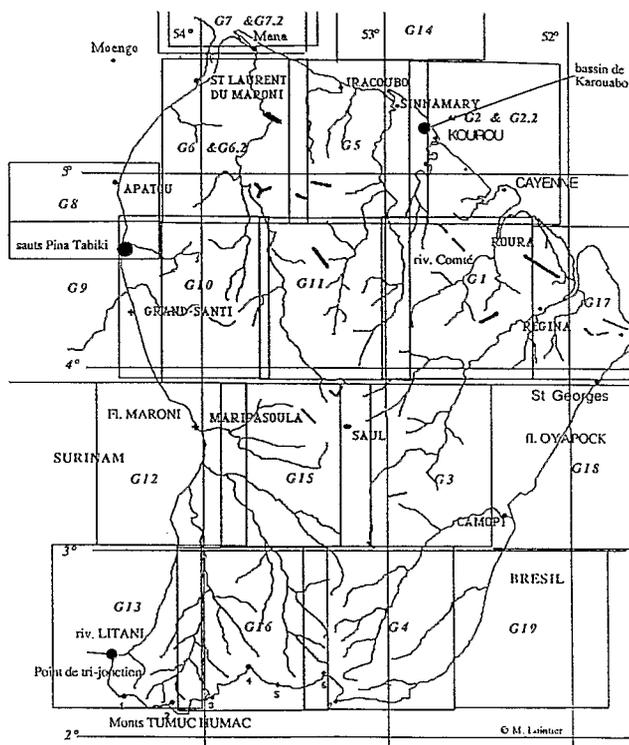


Figure 2 :
Données ERSI (avril à décembre 1992) et principales zones étudiées.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

DONNÉES HYDROLOGIQUES (POUR L'ÉTUDE LOCALE)

Les deux bassins versants de la Karouabo (de 83,3 km² à la station et qui se jette en mer) et la Passoura (de 109 km² et qui se jette dans l'estuaire du Kourou) ont été équipés de limnigraphes en 1990. Un pluviographe électronique a été installé la même année, afin de compléter les observations de la station météorologique du Centre Spatial Guyanais (CSG). Cet appareil a été installé sur la ligne de partage des eaux des deux bassins, dont l'altitude est à vingt mètres au dessus du niveau de la mer. Trois années de mesures (LOINTIER, 1992, 1994) permettent de faire une synthèse des régimes et de disposer ainsi d'une série de hauteurs d'eau et de débits au pas de temps journalier sur ces deux bassins, tout comme des données pluviométriques couvrant les périodes d'acquisition.

DONNÉES SATELLITALES

Les données du SAR (synthetic aperture radar) de ERS1 ont été acquises en 1992, entre avril et décembre (figure 2).

POUR L'INTERPRÉTATION GLOBALE

Une mosaïque a été réalisée sur l'ensemble du département de la Guyane par le laboratoire de l'École Nationale Supérieure des Télécommunications. Composée de 18 images (ROSAZ *et al.*, 1994), dégradée à 100 mètres de résolution (pixel de 40 mètres), celle-ci a été utilisée pour une analyse à l'échelle globale. Toutes les données radar sur la partie continentale (données PRI), ont été acquises sur 5 orbites, et homogénéisées pour l'assemblage (RUDANT *et al.*, 1994). Le traitement a consisté en des corrections géométriques (translation et rotation), et des corrections radiométriques, uniquement sur la partie continentale, visant à annuler les effets de la variation de l'angle d'incidence entre le bord *est* (19°) et le bord *ouest* (26°), à l'intérieur d'une même trace.

POUR L'INTERPRÉTATION LOCALE (TABLEAU 1)

- une première série de données ERS1 est en mode RTM (roll tilt mode), acquise le 9 avril 1992 (à 02:15 mn TU, soit 23:15 mn locales), sous un angle de 35°, sur la région de Sinnamary-Kourou, selon une orbite ascendante ;
- les autres données sont en mode standard (PRI), sous un angle d'incidence moyen de 23°, en polarisation VV. Les orbites sont descendantes, les acquisitions ayant eu lieu à 14:15 TU, les 17 avril, 3 mai et 22 mai 1992. La résolution spatiale de ces données est de 30 mètres (pixel de 12,5 mètres).

Pour des raisons orbitales lors des acquisitions, l'éclairage des cibles à terre par l'émetteur radar est opposé dans le mode RTM à celui du mode PRI. Dans le cas de légers reliefs détectés, il en résulte des effets d'ombre inversés ;

- les données du satellite JERS1 en bande « L », polarisation HH, angle de 35°, acquises le 13 février 1993 à 14:00 TU, en orbite descendante, visée à droite.

Tableau 1

Données radar disponibles sur la zone Karouabo et Passoura

Satellite	Date	Résolution	Bande/polarisation	Incidence
ERS1(RTM)	09 avril 1992	30 m (pixel = 12,5 m)	C (5,3 GHz) - VV	35°
ERS1 (PRI)	17 avril 1992 (G5.2)	id.	id.	23°
ERS1 (PRI)	03 mai 1992 (G2)	id.	id.	23°
ERS1 (PRI)	22 mai 1992 (G5)	id.	id.	23°
JERS1	13 février 1993	id.	L(1,3 GHz) - HH	35°

CALIBRATION ET MESURES SUR LES DONNÉES DU MODE PRI

Le fichier de données brutes (codé sur 2 octets) du 3 mai 92 a été calibré selon les informations fournies par LAUR (1992). Le résultat a été comparé aux données originales, afin de juger de l'opportunité de cette correction par rapport aux objectifs de l'étude.

Pour effectuer cette comparaison nous avons réalisé un transect de l'océan à la forêt, sur les principaux thèmes présents dans la plaine côtière. À partir des mesures de rétrodiffusion effectués sur des microfenêtres de 100 pixels, on constate que les données calibrées présentent peu de différences par rapport aux données brutes. Les écarts maximum sont de 15 % sur le fichier image nommé G2, qui a servi pour la calibration. La comparaison avec les données du 22 mai montre que les variations multitemporelles sont plus importantes (surtout sur les thèmes *savane*) que les différences produites par la calibration. Nous avons donc choisi de travailler sur les données non calibrées.

TRAITEMENTS

Tous les traitements de calibration et de filtrage Ggmap ont été réalisés au Centre Commun de Recherches de la CEE à Ispra en Italie (laboratoire du professeur Sieber). Les autres traitements ont été effectués avec les logiciels Planète et Géoimage.

UTILISATION DE DONNÉES OPTIQUES POUR LA SPATIALISATION DES RÉALITÉS DE TERRAIN

En l'absence de piste, la plupart des prospections ont été faites en canot et à pied dans les savanes et les marais avec une progression lente et difficile. Chaque relevé a été localisé par GPS (global positioning system) avec une

précision de l'ordre de 50 mètres. Un fond de carte thématique a été établi en s'appuyant sur la carte IGN au 1 : 25 000 et sur les résultats de traitements de données optiques (Spot, Landsat) de 1986 et 1988, où nous avons retenu sept thèmes d'occupation du sol.

Ce type de synthèse des données de terrain s'est révélé indispensable pour identifier les différentes cibles détectées par le radar.

RÉSULTATS, DISCUSSION

À L'ÉCHELLE GLOBALE (MOSAÏQUE, FIGURE 3)

La distinction entre la plaine littorale, sur laquelle nous reviendrons, et le socle précambrien recouvert de forêt est nettement visible : avec un type d'occupation du sol essentiellement composé de marais, de savanes et d'îlots de forêt secondaire, la plaine littorale oppose des rétrodiffusions très contrastées, à l'inverse de la forêt où la radiométrie est essentiellement modulée par le relief et le réseau hydrographique. Le fait que les pentes soient assez faibles, et le couvert forestier dense et homogène, y compris sur les reliefs, autorise l'observation directe de la géomorphologie dans des conditions satisfaisantes. Les flancs des collines orientés vers le satellite apparaissent en clair, et les côtés opposés en sombre (RUDANT, 1994).

Ce mécanisme *d'éclairement* par l'antenne est propice à la détection des criques et rivières qui présentent une orientation nord-sud, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction de l'émission. Dans ces conditions, des criques d'une vingtaine de mètres de large sont détectables sur la mosaïque. Par contre, l'orientation est-ouest des affluents (rive droite de la Mana par exemple) les fait presque disparaître.

Les fonds de vallée, dont la rétrodiffusion est un peu plus élevée que celle de la forêt, marquent parfaitement les lits majeurs des rivières, lorsqu'ils existent comme sur la rivière Comté, en amont du village de Cacao. Ces zones ont une texture très lisse et correspondent généralement aux zones d'inondation sous forêt, lors des fortes crues de la saison des pluies.

Au delà d'une largeur de 50 mètres, les rivières apparaissent comme un fin liséré noir, traduisant la réflexion totale sur le plan d'eau. La présence des rapides (sauts) sur les grands fleuves se traduit par une forte rétrodiffusion, due aux nombreux blocs de rochers et aux fortes turbulences qui augmentent la rugosité de surface. Certains grands sauts montrent leur complexité d'organisation, par la bonne détection des divers bras anastomosés de la rivière (saut Pina-Tabiki, sur le fleuve Maroni).

LA GUYANE A TRAVERS LES NUAGES
Mosaïque d'images ERS1

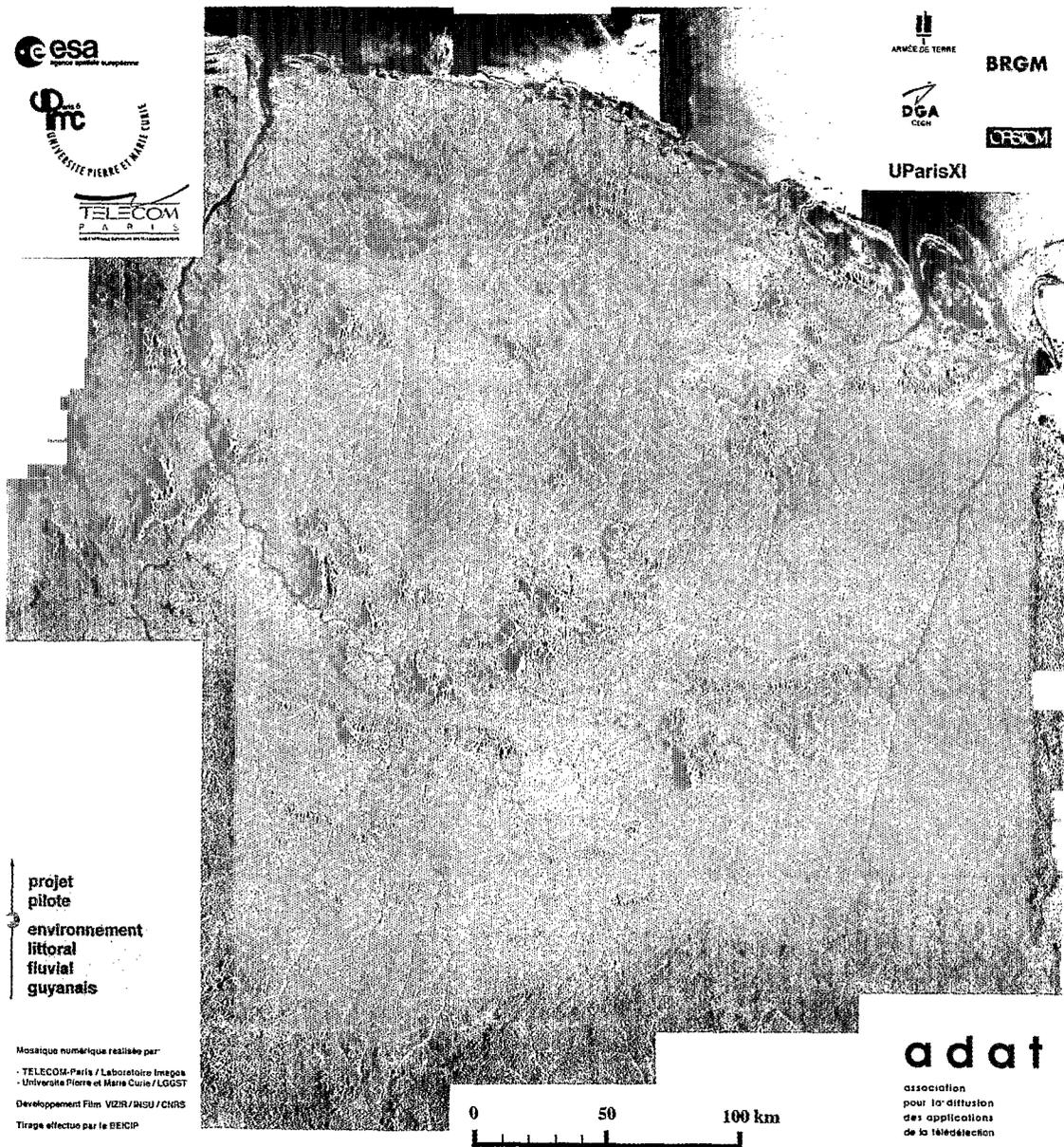


Figure 3 :

La mosaïque radar a été réalisée sur l'ensemble de la Guyane, par le laboratoire de l'École Supérieure des Télécommunications. Composée de 18 images (RUDANT, 1994), dégradée à 100 mètres de résolution (pixel de 40 mètres), celle-ci a été utilisée pour une analyse à l'échelle globale. Toutes les données sur la partie continentale (données PRI) ont été acquises sur 5 orbites, et homogénéisées pour l'assemblage.

L'image permet aussi la cartographie de nombreuses zones de cisaillement et de fractures, alors que celles-ci ne sont connues que le long des fleuves. On notera le remarquable contrôle structural du fleuve Oyapok, par une faille de plus de 200 km. Au sud-ouest, dans les monts Tumuc Humac, près du point de trijonction (Brésil-Surinam-Guyane), l'imagerie radar permet de déceler une organisation du réseau hydrométrique originale, mal représentée sur les cartes : la haute vallée du Litani est perpendiculaire sur 50 km, au système d'organisation global, d'orientation nord-sud, dans une zone où l'on observe un faisceau croisé de fracturation.

Enfin, la structure du relief en *demi-orange* (BOYÉ, 1978), est bien visible, surtout lorsqu'il y a contraste entre les diamètres des mailles d'altération du socle : au niveau d'Apatou sur le Maroni, il est possible d'identifier les boutonnières de granite Caraïbe dans les schistes de la série Orapu.

À l'ouest, au Surinam, le lac de retenue (en noir) du barrage de Brokopondo montre la dendritisation importante des berges dans ce type de relief, en contraste assez fort avec son environnement, qui permet de mesurer automatiquement les caractéristiques géométriques (périmètre, surface) par traitement numérique. Cette observation globale par imagerie radar d'une retenue de barrage a été programmée sur le site du barrage de Petit-Saut, pendant sa phase remplissage, entre janvier et juillet 1994.

Ces quelques exemples tirés de l'analyse de la mosaïque, dont la résolution spatiale est dégradée (pixel de 40 mètres au lieu de 12,5 mètres sur les données brutes), montre que ce type de document paraît adapté à la description morphologique des bassins versants sous forêt, de surface supérieure à 500 km². Dans ces conditions, le tracé des limites du bassin et de ses caractéristiques morphologiques est possible à une échelle du 1 : 200 000. L'information sur le relief contenue dans l'imagerie radar permet de situer la ligne de partage des eaux avec une bonne sécurité, de déterminer l'extension du lit majeur lorsqu'il existe, et de suivre l'évolution du réseau par rapport aux dimensions des mailles d'altération, de 100 de diamètre pour les plus petites, à 500 mètres pour les plus grandes.

À GRANDE ÉCHELLE

Les données traitées sont dans leur format de base (pixel de 12,5 mètres) ou moyennées (pixel de 25 mètres) afin d'adoucir le chatoiement (speckle).

LE LAC DE RETENUE DU BARRAGE DE BROKOPONDO AU SURINAM (FIGURE 4)

On obtient ici une bonne cartographie d'un plan d'eau artificiel, dont on peut mesurer la surface, le périmètre et cartographier les nombreuses îlots dont probablement ceux qui possèdent encore des troncs émergents (gris foncé) et ceux qui sont exondés (gris clair). Le filtrage Ggmap (à droite) permettra une

classification classique, par seuillage des données, et la localisation automatique des îlots de 200 mètres de diamètre au minimum. On notera une légère perte d'information sur la détection de ces petits îlots, par rapport à la donnée non filtrée. L'échelle raisonnable de travail sera le 1 : 50 000.

Ce type de document montre qu'il est possible de suivre l'évolution d'une surface en eau, soit en mode d'exploitation normale de la retenue pendant l'année (avec une dizaine de documents par an), soit lors de la mise en eau d'une retenue nouvelle (barrage de Petit-Saut).

LES SAUTS (FIGURE 5)

Situés à 130 kilomètres de l'embouchure, le saut Pina-Tabiki est un bon exemple d'obstacle à la navigation sur ce fleuve tropical. Le moyennage (3*3) de la figure de gauche est destiné à adoucir le chatoiement, ces mêmes données ont été filtrées (à droite) afin d'apprécier le gain dans la détection des anastomoses du saut. Les zones blanches en saturation permettent de localiser les nombreuses roches nues qui affleurent dans le fleuve. Le filtrage Ggmap restitue avec plus de sécurité, la continuité des *filets* d'eau. On distingue également mieux, dans la partie sud du document les hauts fonds rocheux situés dans le lit du fleuve.

ANALYSE MULTITEMPORELLE DES DONNÉES DE ERS1

Pour le thématicien, certains aspects contraignants rencontrés dans le traitement et l'interprétation des données radar par rapport aux données optiques, est largement compensé par la possibilité d'obtenir un nombre important d'images de la même zone. Deux usages peuvent en être faits :

- amélioration de la qualité du document thématique, d'un facteur qui croît avec la racine carrée du nombre d'images de départ ;
- étude de phénomènes dynamiques à des pas de temps plurihebdomadaires.

C'est ce dernier aspect que nous avons testé sur trois acquisitions ERS1, au cours de la saison des pluies de 1992, sur la zone du bassin de la Karouabo.

CONDITIONS HYDRO-PLUVIOMÉTRIQUES PENDANT LES ACQUISITIONS

On dispose de trois images acquises les 17 avril, 3 mai et 22 mai 1992, dans les mêmes configurations de système satellite. L'année pluviométrique 92 a été déficitaire avec une période retour estimée à 15 ans (LOINTIER, 1994).

La pluviométrie journalière cumulée sur les 15 jours précédant ces dates montre un seul événement notoire de 40 mm, trois jours avant l'image du 17 avril. Dans les deux autres cas, la pluviométrie cumulée ne dépasse pas les 10 mm dans les cinq jours précédents.

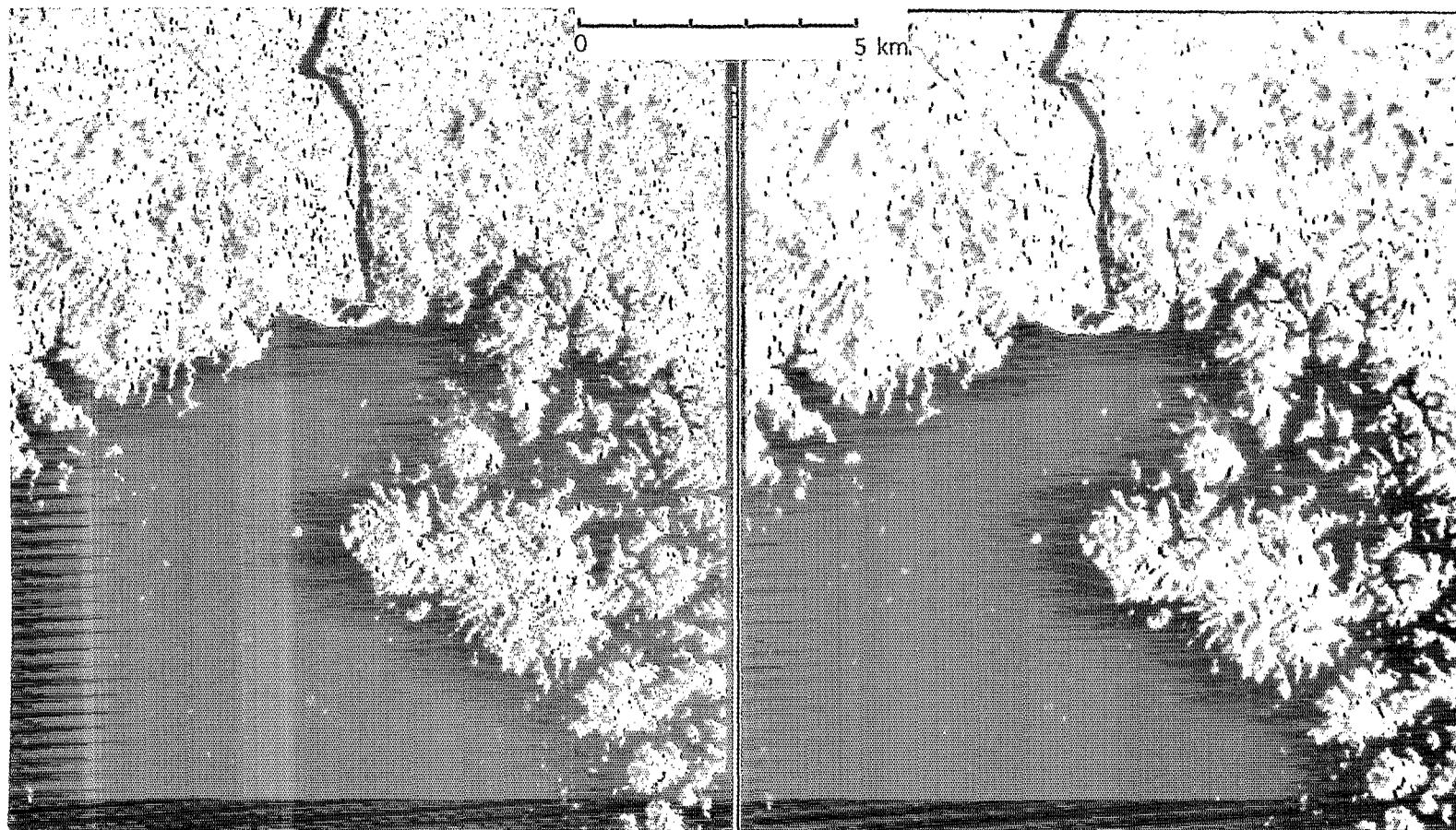


Figure 4 :

*Barrage de Brokopondo au Surinam – ERS1 du 10 juin 1992 – (données PRI, moyennées 3*3 à gauche, puis filtrées Ggmap à droite). On obtient ici une bonne cartographie d'un plan d'eau artificiel, dont on peut mesurer la surface, le périmètre et cartographier les nombreux îlots encore présents dont probablement ceux qui possèdent encore des troncs émergents (gris foncé).*

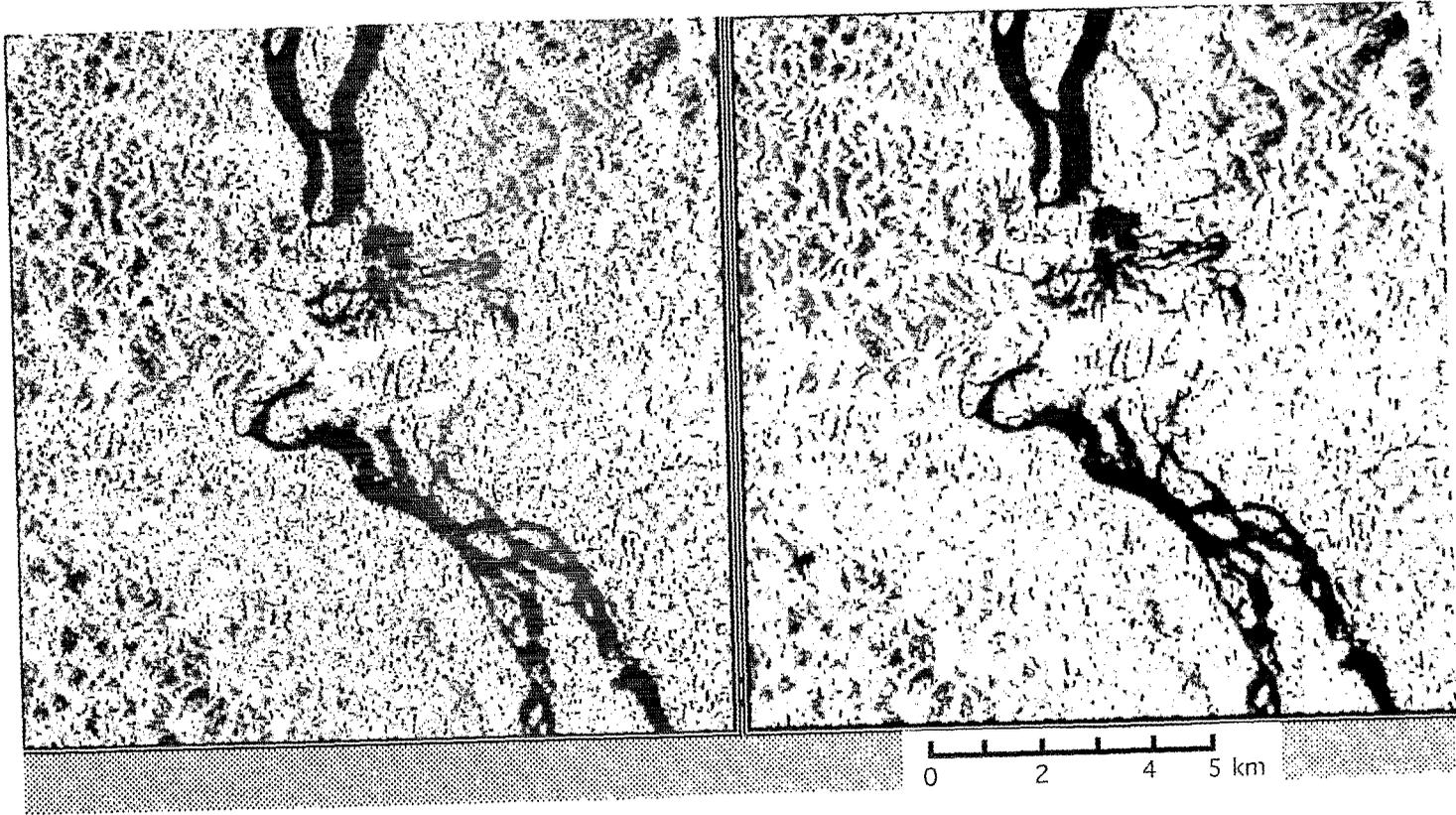


Figure 5 :
Le Saut Pina-Tabiki sur le fleuve Maroni – ERS1 du 10 juin 1992 – (données PRI moyennées 3*3 à gauche, puis filtrées Gmap à droite). Situé à 130 km de l'embouchure, ce saut est un bon exemple d'obstacle à la navigation sur ce grand fleuve tropical. Les parties les plus claires, au centre du saut, indiquent la présence d'éléments à forte rugosité : ce sont les nombreux blocs de rochers qui « perdent » le lit principal dans de multiples sinuosités sous forêt.

Les débits moyens journaliers ont été respectivement de 12,0, 5,37 et 4,65 m³/s, aux trois dates d'acquisition (figure 6).

Malgré la proximité de l'océan (3 km), et des phénomènes de marnage de 2,5 mètres en moyenne, dans un milieu très plat, aucun signal océanique (variation de hauteur d'eau et salinité) n'a été observé à la station de mesure. Quels sont donc les mécanismes hydrodynamiques qui pourraient expliquer ce phénomène ? Peut-on identifier et localiser en aval, des zones de stockage, assurant un éventuel effet *tampon* ?

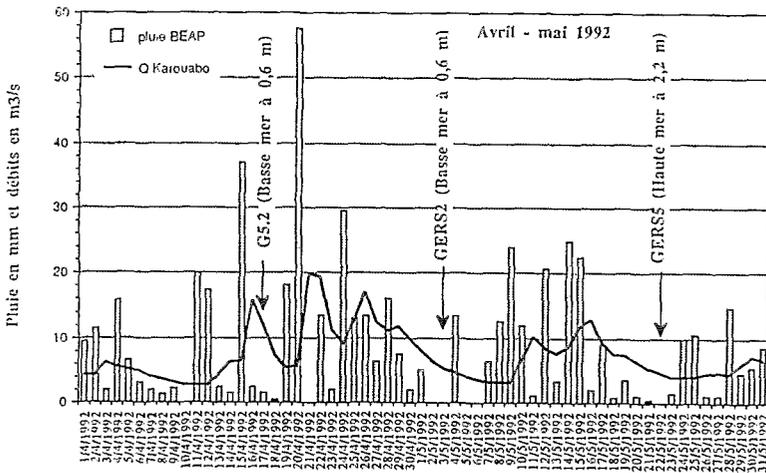


Figure 6 :

Conditions hydrologiques lors des acquisitions ERS1 (pluie et débits sur le bassin de la Karouabo).

PROFILS

Afin d'isoler les variations de signal entre les trois dates, plusieurs profils sur les données brutes ont été réalisés en tenant compte des principaux types d'occupation du sol. Le calcul de l'énergie relative rétrodiffusée a été effectué en référence à une zone de texture homogène. Notre choix s'est porté sur une zone en forêt primaire qui présente ces caractéristiques. Pour expliquer les variations de signal dans ces écosystèmes de savanes et de marais, il faut revenir sur les deux principaux phénomènes physiques responsables de la diffusion de l'onde : la rugosité de surface qui sera interprétée ici par rapport à la végétation, et la conductivité électrique des sols qui dépend de leur humidité.

En pleine saison des pluies, il existe une transformation de la végétation. Les savanes (GRANVILLE DE, 1978) comportent en général une couverture à joncs (*Eleocharis mutata*), denses, vert-sombre, ces plantes atteignant entre 0,60 et 1,50 mètre de hauteur. Sont aussi associés à ce milieu : *Jussieua leptocarpa* (petits buissons à inflorescences jaunes), *Jacquemontia violacea* (qui grimpe sur les tiges des joncs), *Hydrocotyle umbellata* et des touffes d'*Achrosticum aureum* (fougère des marais). Dans les marais saumâtres, il y a *Nymphoea ampla*, *Azola caroliniana*, *Lemna minor*, le passage aux marais d'eau douce est souvent marqué par l'apparition de *Chrysobalanus icaco* (prunier savane), *Eleocharis interstincta*, *Montrichardia arborescens* (moucou-moucou, aninga). Dans les espaces d'eau libre apparaissent alors *Leersia hexandra*, *Eicchornia crassipes* (jacinthe d'eau) et *Salvinia auriculata* (lentille d'eau).

Le second facteur conditionnant ces transformations est lié la pluviométrie : par les variations d'humidité des sols qu'elle entraîne, les savanes montreront des valeurs d'autant plus élevées, que le sol sera humide.

Ne pouvant séparer en toute rigueur les contributions du couple végétation/humidité, nous raisonnerons en termes de *changement*.

CARTE DE SYNTHÈSE FONCTIONNELLE

En s'appuyant sur les données du transect, une composition colorée des trois fichiers ERS1 et la connaissance du terrain, nous avons essayé de spatialiser ces informations de saison des pluies, en fonction du rôle que chaque milieu peut jouer vis-à-vis du stockage de l'eau et de sa circulation (figure 7).

Les premiers sont constitués de marais assurant un stockage permanent (n°1), ou temporaire (n°2, 3). Les zones codées 1 sont des plans d'eaux, sans végétation. Les zones codées 2, qui appartiennent au système de plans d'eau, se distinguent par de faibles changements. Ces zones seront classées à inondation temporaire, à l'échelle mensuelle.

La zone n°3, circonscrite à l'aval de la crique Karouabo, s'individualise le 17 avril, à la suite de la crue survenue deux jours auparavant. Cette observation est importante car elle confirme la présence de possibilités de stockage de l'eau, en aval, sur une période de quelques jours seulement. Il semble réaliste dans ce cas, d'évoquer un phénomène d'amortissement par ces milieux, soit des crues, avant qu'elles n'arrivent en mer, soit des remontées salines biquotidiennes. On explique ainsi l'absence des remontées salines à la station de jaugeage, mais aussi certaines anomalies hydrauliques observées pendant les crues.

Enfin, le milieu n°4, qui contient les zones précédentes, est caractérisé par les multiples cheniers, recouverts de végétation. Ceux-ci font obstacle aux écoulements, mais laissent également circuler l'eau à des endroits où ils sont affaiblis. C'est une zone de transition, à double fonction de circulation et de stockage.

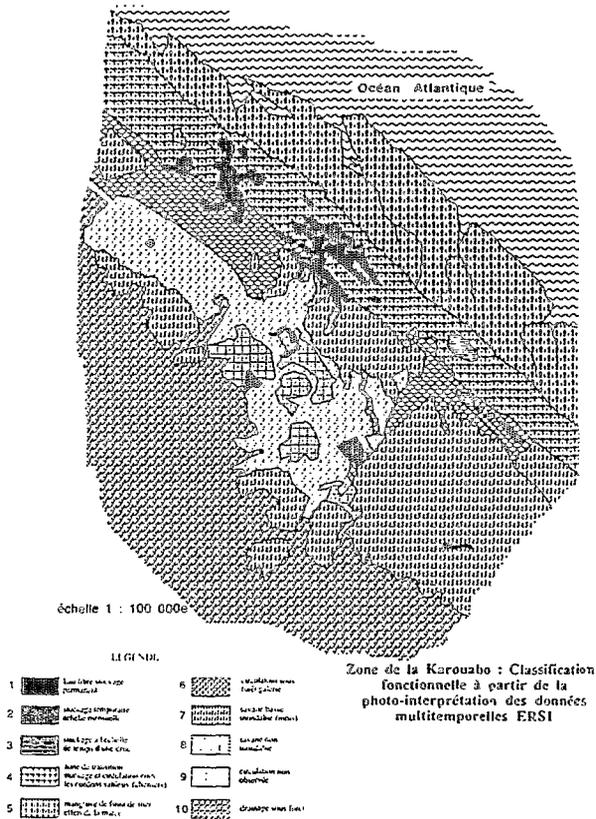


Figure 7 :

Zone de la Karouabo : classification fonctionnelle à partir de la photo-interprétation des données multitemporelles ERSI.

La seconde catégorie est celle des zones de circulation (n° 5 à 10) :

- la zone de mangrove de front de mer (n°5), où les effets de marée sont importants, et où les criques deviennent des chenaux de marée ;
- la zone n° 6 s'identifie par des signaux élevés, sans variations aux trois dates. C'est la forêt galerie sous laquelle circulent les eaux de crique (Malmanoury, Karouabo).

L'analyse multitemporelle met nettement en évidence deux types de savane, l'un dont la rétrodiffusion est très élevée et constante aux trois dates (n°8), l'autre dont la rétrodiffusion est plus basse le 22 mai, après les pluies (n°7). On peut faire l'hypothèse d'une circulation absente ou trop rapide pour être observée pour le milieu 8, et une transformation plus lente du milieu n°7 à l'échelle de la saison des pluies (échelle de temps mensuelle).

La zone mixte de savane et de forêt (n°9) et la zone de forêt dense sur socle (n°10) ne présentent aucune différence de rétrodiffusion aux trois dates. En termes de dynamique de circulation de l'eau sur le sol, il n'est pas possible d'obtenir une information pertinente, puisque le domaine d'investigation des micro-ondes en bande « C » ne concerne que le toit de la végétation.

Les micro-ondes actives de plus grande longueur d'onde, comme en bande « L », pourraient apporter des informations nouvelles, par leur plus grand pouvoir d'investigation.

ANALYSE QUALITATIVE SELON DES CRITÈRES THÉMATIQUES : PREMIÈRES COMPARAISONS ERS1, JERS1.

Acquises le 13 février 1993, c'est-à-dire un an après les données ERS1, les données radar de JERS1 en bande « L » sont représentatives d'un épisode climatique sec. La pluviométrie des 15 jours précédents est faible, avec seulement une pluie de 10 mm deux jours avant l'acquisition. Le débit moyen journalier à la station de la Karouabo est alors de 1,42 m³/s.

Nous allons passer en revue les réponses de chaque système d'acquisition par rapport aux thèmes que nous avons cherché à identifier, ainsi que les réponses originales propres :

- relief : la zone de faibles reliefs ($\Delta h = 40\text{m}$), sur la ligne de crête du bassin de la Karouabo, est vue dans les trois configurations. Le mode RTM semble néanmoins être plus sensible, en mettant en évidence des ondulations sous couvert forestier au centre des bassins ($\Delta h = 20\text{m}$). Probablement que l'on tire parti ici de la polarisation VV et du fort angle d'incidence du mode RTM ;
- structures linéaires naturelles (cheniers) : peu visibles dans les modes ERS1, c'est avec JERS1 que ces structures apparaissent le mieux. C'est sans doute l'avantage tiré de la fréquence plus basse de la bande « L » ;
- zones anthropisées : les structures linéaires telles que pistes, routes, lignes électriques qui nécessitent des déboisements en forêt de l'ordre de 50 mètres de large sont parfaitement détectées, dans les trois configurations. Le contraste étant plus faible en milieu de savane, on note une meilleure détection avec JERS1. Les pistes forestières de 20 mètres de large ne sont pas détectées ;
- eau libre : bonne détection des plans d'eau dans les trois configurations ;
- systèmes inondés en permanence avec végétation : le mode PRI et JERS1 apportent des informations très pertinentes avec de nombreuses nuances. Le mode RTM montre une confusion avec le thème savane ;
- savanes : expliquant la confusion précédente, la discrimination des zones non boisées est très pertinente en mode RTM. Les deux autres modes par contre, montrent de nombreuses nuances, détectant trois types de

savanes en mode PRI et JERS1, mais au point de perdre les limites de ces espaces non boisés. Ces deux modes sont donc en parfaite complémentarité ;

- mangrove : de texture homogène dans les deux modes ERS1, c'est avec JERS1 que l'on observe des contrastes marqués. Passant ici aux espaces boisés de densité moyenne, le système JERS1 semble apporter de nouvelles informations ;
- végétation arbustive de la plaine côtière : la forêt galerie de la Karouabo, les îlots de forêt secondaire et les marais à palmier bâche sont identifiables dans le mode PRI, mais c'est le mode de JERS1 qui présente de forts réflecteurs (notamment sur la partie aval de la Karouabo), en contraste avec le milieu environnant. Cette forte rétrodiffusion, localisée à la forêt galerie n'a pas encore reçu d'interprétation satisfaisante, faute d'observation de terrain à cet endroit ;
- forêt primaire : sur la zone étudiée, la forêt apparaît comme un espace de texture homogène dans les trois modes.

CONCLUSION

L'analyse d'un document radar issu d'un assemblage de 18 images, à la résolution de 100 mètres, permet de décrire les grands traits morphologiques des bassins versants de Guyane. Essentiellement recouverts de forêt primaire, ces bassins ont un chevelu hydrographique qu'il est possible de cartographier jusqu'à la ligne de partage des eaux, comme à l'extrême sud du département.

Le principe même d'acquisition par une source émettrice donne des informations très pertinentes sur les principaux reliefs, mais aussi sur la taille des mailles d'altération du socle.

L'acquisition sur la retenue de barrage de Brokopondo au Surinam, est un exemple qui donne l'occasion d'envisager quelques aspects opérationnels dans la cartographie et le suivi d'un grand réservoir artificiel, en milieu tropical. Des programmations d'acquisitions ont été faites pour le suivi de la mise en eau du barrage de Petit-Saut, entre janvier et juillet 1994.

Bien qu'encore difficile à interpréter totalement au sens physique, le signal radar en pleine résolution permet d'identifier les principales réponses des écosystèmes de savanes et de marais selon des critères originaux dépendant de la nature du couvert végétal et de l'humidité des sols. La possibilité d'étudier les réponses en saison des pluies, à deux angles d'incidence différents (23° et 35°) et à deux fréquences différentes (bande « C » et « L ») devrait permettre de spatialiser des paramètres plus pertinents pour la modélisation hydrologique.

L'approche multitemporelle, sans contrainte nuageuse, favorise l'étude de la dynamique de circulation des eaux en milieu côtier, hormis les parties couvertes de forêt dense. La possibilité d'observer ces écosystèmes durant la saison des

pluies, nous a conduit à proposer une cartographie fonctionnelle selon des critères dynamiques, d'inondation, de circulation, et de durée de stockage, annuelle, mensuelle ou hebdomadaire. Il apparaît dans cette analyse qu'il nous manque encore une connaissance phénologique sur les cycles saisonniers des végétaux de savane et de marais. Cette approche nous a néanmoins permis de cerner les zones d'intérêt et de mieux programmer les objectifs des investigations *in situ*, pour tirer le meilleur parti des possibilités de l'imagerie radar, qui nous renvoie, c'est important, à la pratique du terrain et de la mesure.

BIBLIOGRAPHE

- BOYÉ M., 1978. Atlas des DOM - La Guyane, Planche 5. Ceget/Cnrs-Orstom. n° ISBN 2-222-02501-X.
- CHOUBERT B., 1978. Atlas des DOM - La Guyane, Planche 4. Ceget/Cnrs-Orstom. n° ISBN 2-222-02501-X.
- EISMA D., 1988. Dispersal of Amazon supplied particulate matter. Abstracts of the Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System : River and Ocean. AGU. Charleston. Wild Dunes, USA.
- GRANVILLE DE J.J., 1978. Atlas des DOM - La Guyane, Planche 12. Ceget/CNRS-Orstom. n° ISBN 2-222-02501-X.
- LAUR H., 1992. ERS-1 SAR calibration ; derivation of backscattering coefficients in ERS-1-SAR-PRI product, ESA Esrin.
- LOINTIER M., 1994. Étude hydrologique des bassins de la Karouabo et de la Passoura -lot 3- : rapport d'étude Orstom/Cnes, Cayenne, 86 p.
- LOINTIER M., RUDANT J.P., SABATIER D., PROST M.T., 1993. Contribution of ERS1 Sar data to hydrologic approach in tropical area : example in French Guiana. Second ERS1 Symposium. Hamburg. ESA Éd.
- LOINTIER M., 1992. Étude hydrologique des bassins de la Karouabo et de la Passoura -lot 2- : rapport d'étude Orstom/Cnes, Cayenne, 100 p.
- LOPES A., NEZRY E., TOUZI R., LAUR H., 1993. Structure detection and statistical adaptative speckle filtering in SAR images. *Intern. Journ. of Remote Sensing*, vol. 14, 9, 1735-1758, June 1993.
- MULLER-KARGER F., McCLAIN C.R., RICHARDSON P.L., 1988. The dispersion of the Amazon's Water, *Nature*, vol 333, n° 6168 : 55-59 may 1988. USA.
- NEZRY E., LOPES A., DUCROS-GAMBART D., 1993. Supervised radiometric and textural segmentation of SAR images. Proceedings of IGARSS 93, Tokyo (Japan), 18-21 August 1993, IEEE 93CH3294-6, vol.3, 1426-1428.

- PROST M.T., CHARRON C., 1992. L'érosion côtière en Guyane. In « Coastal Protection : International Experiences and Porspect ». Special Issue of the cahiers nantais. Éd. A. Miossec. Univ. de Nantes. France
- ROSAZ J.M., MAITRE H., RUDANT J.P., 1994. Mosaicking ERS1 images : difficulties, solutions and results on French Guiana Proceeding of the second ERS1 symposium. Hamburg. ESA Éd. 1221-1226.
- RUDANT J.P., 1994. Earth Observation Quarterly, *revue de l'ESA* n°44.
- RUDANT, J.P., BALTZER F., LCL CZERWINSKI G., DEROIN J.P., LOINTIER M., MAITRE H., PENICAND C., PROST M.T., SABATIER D., 1994. Possibilités cartographiques offertes par ERS1 en contexte tropical humide (Projet pp-F12). Exemples en Guyane. Workshop ERS1 ESA, Tolède, juin 94. (à paraître).