

CARTOGRAPHIE GÉNÉRALE ET THÉMATIQUE EN CONTEXTE TROPICAL HUMIDE A PARTIR DES IMAGES ERS1: EXEMPLES EN GUYANE FRANÇAISE.

Rudant J.P (1), Baltzer F (2), Deroin J.P (3), Fromard F (4), Hoff M (5), Lointier M (6), Maître H (7), Marinelli L.(8), Mouglin E (9), Pénicand C.(10), Prost T.(11)

- 1 - Université Pierre et Marie Curie, LGGST, Boite 129, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05
Tél : 33 (1) 44 27 50 87, Fax : 33 (1) 44 27 50 85, Email : jpr@osiris.lgs.jussieu.fr
- 2 - Université Paris XI, Laboratoire de Pétrologie Sédimentaire, Bât.504, 91000 Orsay
- 3 - BRGM, Direction de la Recherche, 45060 Orléans
- 4- ICIIV, 13 av. du Colonel Roche, 31000 Toulouse
- 5 - ORSTOM et UPMC, Laboratoire de Botanique Tropicale, 12 rue Cuvier 75005 Paris
- 6 - ORSTOM, Laboratoire d'Hydrologie, 911, av. Agropolis, BP 5045, 34032 Montpellier
- 7 - Télécom-Paris, Laboratoire Image, 43 rue Barrault, 75014 Paris
- 8- Société Géomage, Les Espaces de Sophia, Sophia Antipolis
- 9 - CESBIO, 9, av. du Colonel-Roche, 31000 Toulouse
- 10 - DGA / CEGN, 16 bis, av. Prieur de la Côte-d'Or, 94114 Arcueil
- 11 - Musée Goeldi, Département Écologie, CP 399 Bélem, 66040 Parà, Brésil

Résumé

L'exploitation des images ERS1 en Guyane Française a donné lieu à des développements dans les domaines de la cartographie (générale et thématique). Dans le domaine de la cartographie générale, ont été réalisées une mosaïque regroupant 18 scènes et des spatio-cartes géocodées au 1/100000 sur les régions de Cayenne et Kourou à partir de séquences multitemporelles. Dans celui de la cartographie thématique, nous avons pu montrer l'intérêt des images ERS1 pour les disciplines suivantes: dynamique littorale, hydrologie, géologie-géomorphologie, topographie et écologie forestière.

Une couverture de spatiocartes ERS1 au 1 / 200000 est actuellement en cours de réalisation sur l'ensemble du territoire (voir l'article de Tonon et al. dans ce volume)

Nous avons pu l'utiliser pour effectuer la présentation d'un "évènement nouveau" en insérant dans la mosaïque l'image JERS1 de la retenue du barrage de Petit Saut acquise en mars 1994.

1- INTRODUCTION

Nous présentons ci dessous une synthèse des résultats que nous avons pu obtenir dans le domaine cartographique sur la Guyane Française, grâce aux images ERS1. Les possibilités offertes par la synergie ERS1-JERS1 sont également mentionnées. Le texte qui suit emprunte beaucoup aux articles cités en référence où l'on pourra trouver de nombreuses illustrations complémentaires.

Une présentation du contexte géographique du site d'étude (climat tropical humide) en rapport avec l'utilisation des images ERS1 et JERS1 pour les applications thématiques traitées peuvent être trouvées dans plusieurs des publications citées en bibliographie. (Balt 93, Dero 93, Loin 92, Ruda 94 et 95).

2- CARTOGRAPHIE GÉNÉRALE (Voir Ruda 94, Workshop ESA de Tolède)

2-1 Réalisation d'une mosaïque de 18 scènes

Une mosaïque regroupant 18 images RSO-ERS1 (Rosaz et al.1993) a été établie à partir d'une couverture totale du territoire obtenue entre avril et décembre 1992. Le traitement a consisté en des corrections géométriques

(translation et rotation) et radiométriques visant à annuler sur la forêt les effets de la variation d'incidence (19° à 26°) à l'intérieur d'une trace. Le coefficient de rétrodiffusion variant plus rapidement avec l'incidence en mer que sur la forêt, des discontinuités radiométriques persistent donc entre traces sur l'océan, au nord de la scène. Des contrastes de radiométrie sont également visibles à terre entre images acquises à des dates différentes; ces contrastes correspondent alors aux évolutions naturelles des milieux rétrodiffusants au cours du temps.

2-2 Iconocartes au 1/100 000 sur les régions de Cayenne et de Kourou

La combinaison d'images acquises à des dates différentes sur une même zone permet de réduire la part aléatoire du signal due au chatoiment (*speckle*), sans pour autant augmenter la taille du pixel. Mise à profit sur les régions de Cayenne et de Kourou (Pénicand et al.), cette technique nous a permis d'établir des iconocartes au 1/100 000 en superposant 3 images. La **figure 1** permet une comparaison entre la carte IGN actuelle au 100000 et la spatiocarte ERS1.

2-3 En cours actuellement (Hors projet Piole): réalisation de spatiocartes au 1 / 200000 sur l'ensemble du territoire, par spatio-triangulation d'un grand nombre de scènes.(voir l'article de Tonon et al., ce volume).

Destinée à faciliter leur usage, une notice explicative accompagnera ces spatiocartes. Elle comprendra une introduction décrivant les spécificités de l'imagerie radar en contexte tropical humide et des éléments d'interprétation sur des sites test.

2-4 Conclusion relative aux échelles de restitution des documents sur support papier:

- Les échelles pratiques de restitution dépendent des traitements subis par les images:
- le 1 / 200000 pour une scène PRI seule, sans traitement géométrique;
 - le 1 / 300000 pour une mosaïque obtenue à partir d'une seule couverture, avec rééchantillonnage et rotation
 - le 1 / 200000 pour une spatiocarte obtenue à partir de deux couvertures, avec rééchantillonnage et rotation
 - le 1 / 150000 ou le 1 / 100000 pour une spatiocarte

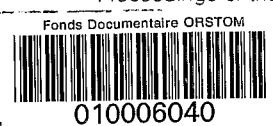
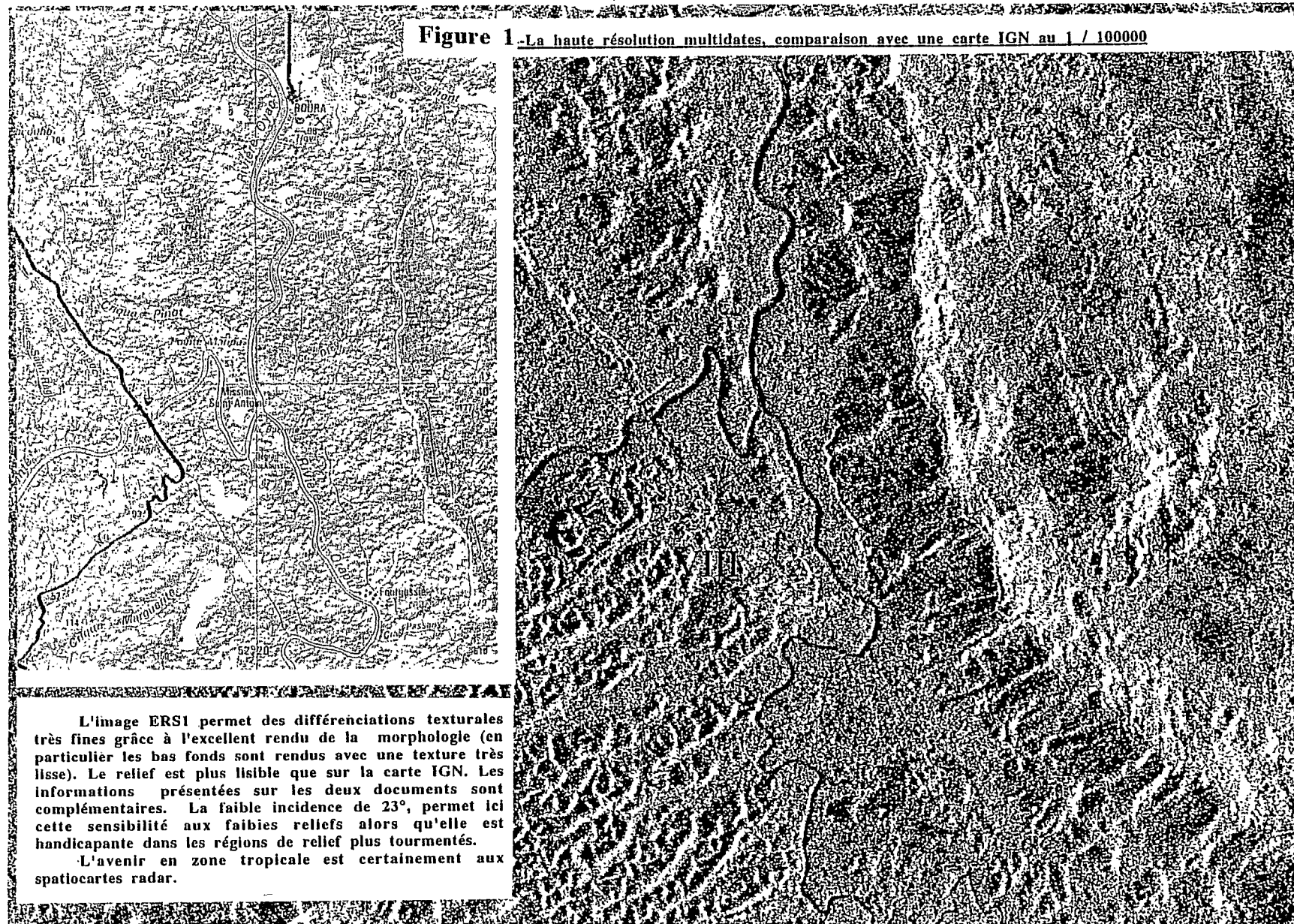


Figure 1. La haute résolution multidates, comparaison avec une carte IGN au 1 / 100000



L'image ERSI permet des différenciations texturales très fines grâce à l'excellent rendu de la morphologie (en particulier les bas fonds sont rendus avec une texture très lisse). Le relief est plus lisible que sur la carte IGN. Les informations présentées sur les deux documents sont complémentaires. La faible incidence de 23°, permet ici cette sensibilité aux faibles reliefs alors qu'elle est handicapante dans les régions de relief plus tourmentés.

L'avenir en zone tropicale est certainement aux spatocartes radar.

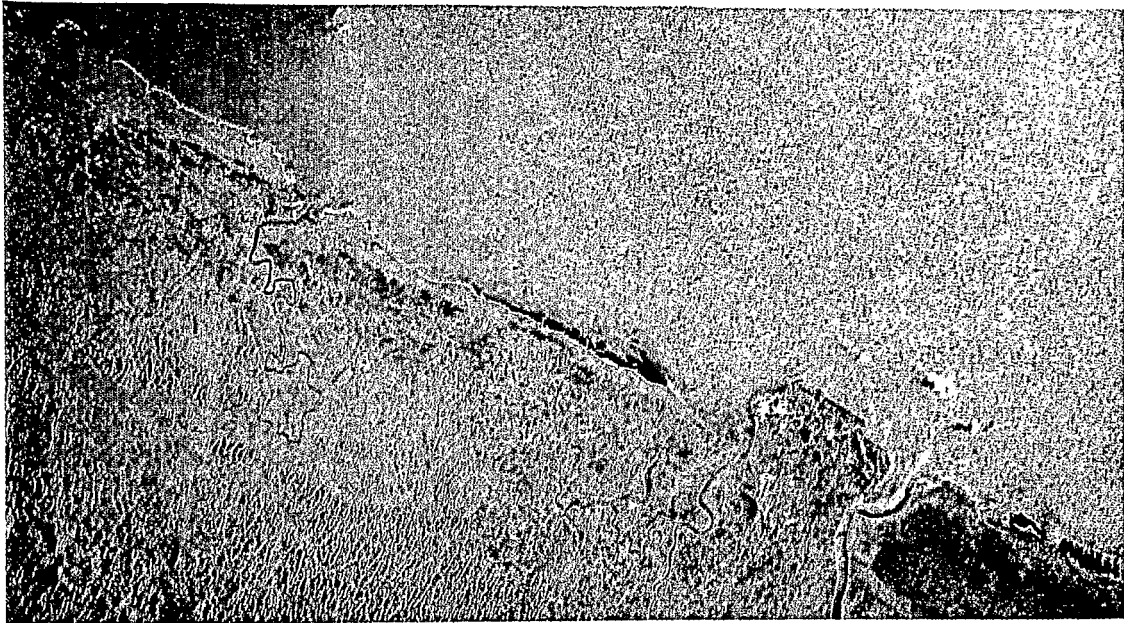


Fig 2 -Evolutions côtières: mise en évidence des aires de sédimentation et de l'érosion par composition multidates: Une simple composition colorée des images des 3 mai 1992 (en haut en bleu) et 14 novembre 1993 (au milieu en rouge) prises toutes deux à marée basse met en évidence une évolution significative du trait de côte à l'Est et à l'Ouest de Kourou, extension vers l'Ouest et vers le large du banc de Tonate (en noir) et érosion d'une bande littorale de mangroves dégradées (trait de côte très clair sur les images)

obtenue à partir de 3 couvertures, avec rééchantillonnage et rotation:

- le 1 / 50000 est accessible lorsqu'on superpose plus de 6 scènes de la même zone

3 CARTOGRAPHIE THÉMATIQUE (Voir aussi Ruda95)

3-1 Dynamique littorale

L'apport des images concerne principalement:

-Le suivi des aires de sédimentation récentes (vase molle et lisse) à marée basse (fig1)

Les aires correspondantes apparaissent en noir sur les deux types d'images utilisées (ERS1, JERS1) car la rugosité des surfaces considérées est extrêmement faible.

Dans le cas de ERS1, les rétrodiffusions de l'océan et de la plaine littorale sont en général nettement plus élevées que celle de la vase lisse et une segmentation des zones correspondantes est possible sur un simple critère radiométrique. Dans certains cas exceptionnels, par mer calme, la différenciation vase-océan devient plus difficile à l'extrémité de la trace (incidence 26°).

-Les limites bathymétriques vues par ERS1

La répétition des acquisitions permet d'obtenir les limites bathymétriques vase lisse-océan correspondant aux différents niveaux de marée existant les jours d'acquisition (Ruda 94). L'instabilité des bancs de vase limite la généralité des conclusions lorsque les dates de prise de vue sont trop distantes. L'apport de ce type de relevé serait encore plus intéressant si une scène avait pu être acquise à chaque passage du satellite; la variabilité des niveaux de marée aurait alors permis une étude continue de l'évolution des bancs et l'estimation plus précise de certains paramètres quantitatifs associés à la sédimentation (volumes de sédiments déposés, pente des bancs ..).

Deux images acquises à marée basse à 18 mois d'intervalle montrent des évolutions significatives; érosion au voisinage de Kourou et accrétion vaseuse au voisinage de Tonate (Ruda 95). (Fig 2)

Détection du trait de côte sur les images ERS1

Les techniques de segmentation markovienne hiérarchique permettent de relever automatiquement la limite existant entre palétuviers adultes et arbres tombés au sol (Dese 95). La précision du tracé est suffisante pour envisager de pouvoir suivre quantitativement le phénomène d'érosion qui affecte la mangrove sur certains secteurs. Le trait détecté est peu sensible au niveau de la marée car il s'agit d'une bande d'arbres morts couchés au sol qui se trouve à la limite d'un rideau d'arbres verticaux.

-La spatialisation de l'évolution géochimique de la sédimentation littorale (Balt 93)

Les images ERS1 peuvent être utilisées pour spatialiser les aires de développement homogène de végétation dans les zones de vasières intertidales et subtidales ainsi que dans les marais saumâtres d'arrière mangrove. Des mesures in situ (Ph, Salinité, teneur en eau, Potentiel Redox) sur les sédiments sont effectuées entre la surface et 2 m de profondeur grâce à des carottages effectués sur des transects perpendiculaires à la côte. Ces mesures permettent de corréler les types de végétation rencontrés et les propriétés physico-chimiques des sédiments sous jacents.

3-2 Hydrologie:

Elaboration de diagrammes fonctionnels de petits bassins versants côtiers (ERS1)

L'exemple traité concerne la zone de la crique Karouabo (à 20 km à l'ouest de la ville de Kourou).

Les images ERS1 acquises en mai et juin 1992, c'est à dire en plein coeur de la saison des pluies, présentent un intérêt exceptionnel car elles constituent les premières données images spatiales de haute résolution exploitables en une telle saison.

Une synthèse diachronique de trois scènes ERS1 acquises à trois semaines d'intervalle grâce aux chevauchement d'orbites parallèles a permis une spatialisation des informations, relativement au rôle que chaque milieu peut jouer vis à vis du stockage de l'eau et de sa circulation (Loin 93, 94).

3-3 Géomorphologie quantitative et géologie

L'excellente perception des reliefs sur les images ERS1 de la Guyane résulte de plusieurs facteurs :

- la faible incidence moyenne du faisceau (23° au centre de la scène) est supérieure aux pentes que l'on rencontre couramment sur les reliefs de la région, ce qui évite les rabattements,

- l'existence d'un couvert forestier dense et très homogène, rend en première approximation le coefficient de rétrodiffusion indépendant de l'incidence locale,

- la longueur d'onde utilisée pour ERS1 est faible (6 cm) et la pénétration des ondes dans les feuillages limitée à quelques mètres; l'image restituée est alors celle du toit de la canopée

Radaclinométrie, radargrammétrie (Tono 93)

La technique de radarclinométrie, qui se fonde sur l'analyse des variations radiométriques en fonction de l'incidence locale (donc de la pente et de l'azimut des flancs de relief considérés) fournit, appliquée sur les données ERS1 en Guyane, des estimations de dénivelées avec une précision de l'ordre de 10 %.

La technique radargrammétrie met à profit les différences d'angles de visée pour les zones de recouvrement obtenues à partir d'orbites adjacentes et déduit les altitudes des parallaxes observées. Des tests effectués grâce à cette technique montrent que le couvert forestier n'est pas un obstacle à son application pour un couple d'images ERS1 correspondant à une zone de recouvrement orbital.

Des tests sont actuellement en cours pour évaluer les possibilités offertes par des couples mixtes ERS1-JERS1. La différence de longueur d'onde ne devrait pas être un obstacle majeur à l'application de la méthode car en zone de relief couvert de forêt dense, les images sont principalement modulées par la morphologie.

Les tests prévus par la technique interférométrique, quant à eux, n'ont pu être effectués car les répétitions d'orbites disponibles présentaient des distances inter-traces trop importantes pour donner des conditions expérimentales satisfaisantes.

Repérage des zones basses le long des fleuves

Les zones basses du lit majeur des fleuves et de leurs principaux affluents sont caractérisées sur les images ERS1 par une texture fine due au fait que le couvert forestier présente, (dès que l'on s'écarte quelque peu du cours d'eau proprement dit), un état homogène d'épaisseur très lentement variable. Cette texture lisse en l'absence de signature géomorphologique permet au photointerprète d'isoler aisément le lit majeur

La partie isolée correspond soit à des forêts marécageuses, constamment inondées, soit à des forêts sur flat, inondées seulement en saison humide. Globalement, il s'agit d'aires de dispersion des crues. (Hoff 96) fournit une cartographie des forêts inondables entre le barrage de Petit saut et Saut Bérard en aval. Cette capacité de l'imagerie micro-ondes à permettre la cartographie des zones de bas fonds représentent une qualité originale dans des contextes climatiques où l'imagerie optique est souvent inopérante.

Cartographie morphostructurale

L'aptitude de l'imagerie ERS1 à restituer, malgré les distorsions géométriques, une information géomorphologique extrêmement détaillée permet dans de nombreux cas de différencier les lithologies sur des critères texturaux. La comparaison entre des extraits d'images et la carte géologique correspondante est en général significative à cet égard. (Voir Dero 93, Ruda 95) Les divers faciès d'érosion rencontrés dans la région dépendent de la lithologie des formations sous jacentes et induisent des signatures radar spécifiques.

4- SYNERGIE ERS1-JERS1

La synergie ERS1 - JERS1 est particulièrement nette lorsqu'on s'intéresse aux formations de la plaine littorale. Les longueurs d'onde en bande C et L ont en effet des comportements nettement différents pour les paysages de savanes et marais rencontrés. Il s'ensuit qu'une simple composition colorée restitue une information directement corrélable aux formations végétales présentes sur le terrain. La figure 3 met en parallèle la carte de végétation établie sur la région de Kourou à l'aide de moyens traditionnels (analyse de photographies aériennes et campagne de réalité terrain) avec une combinaison trichrome obtenue à partir de deux images ERS1 et d'une image JERS1.

Cette synergie s'exprime également d'une manière particulièrement spectaculaire lorsque l'on fusionne une image récente JERS1 de la retenue du barrage de Petit Saut avec la mosaïque disponible sur l'ensemble de la Guyane. (Fig 4) L'image JERS1 de mars 1994, acquise 3 mois après le début de la mise en eau du barrage de Petit Saut, a subi deux transformations géométriques: la première destinée à assurer la coïncidence des points les plus bas par transformation polynomiale, la seconde par corrélation (technique radargrammétrique) de manière à mettre les reliefs en correspondance.

5 CONCLUSION

Dans le contexte tropical humide de la Guyane Française, l'imagerie radar ERS1 a montré dans les domaines thématiques envisagés dans cette note, dynamique littorale, hydrologie, géomorphologie, ainsi que dans le domaine de la cartographie opérationnelle une aptitude générale à répondre aux questions posées par l'utilisateur d'images de télédétection. L'échelle de travail est bien entendu limitée par la résolution des images mais nous avons vu sur les exemples traités que la disponibilité de séquences multitemporelles permettait d'améliorer l'échelle usuelle du 200000 pour se rapprocher du 100000 voire du 50000 si le nombre de scènes superposables est supérieur à 6.

L'importance des possibilités offertes fait que le nombre des utilisateurs actuels et / ou potentiels est élevé: citons

: Armée de Terre, BRGM, CNRS (en particulier le programme Environnement), EDF, Office du Tourisme, Ministère de l'Environnement, ORSTOM, Groupement de laboratoires ECOLAB, SYLVOLAB, Sociétés de service en cartographie et de développement logiciel, Universités.

Références:

Les Proceedings évoqués pour les Symposiums de Cannes et Hamburg ainsi que pour le Workshop SAREX sont des éditions ESA;

Proceedings Symposium ERS1 Cannes, France Nov 1992, ESA SP 354 (Ci après "Cannes")

Proceedings Symposium ERS1 Hamburg, Allemagne, Oct 1993, ESA SP 361 (Ci après "Hamburg")

Final Results Workshop SAREX 92, Paris, Déc 1993, ESA WPP 76 (Ci après "Paris")

Proceedings Workshop ESA Tolède, Juin 1994, ESA-SP365, (Ci après "Tolède").

(Balt 93) Baltzer F., Plaziat JC., Prost MT., Rudant JP., Dechambre M. (1993) Use of SAREX, ERS and Erasmé data for a comparison between geochemical measurements on interstitial waters and vegetation distribution in equatorial littoral swamp sediments: an example from Marais Leblond, French Guiana. Workshop "Paris" pp 215 - 222.

(Dero 93) Deroin JP., Braux C., Cautru JP., Rudant JP., Toux L. (1993) ERS1 SAR: an aid for geological mapping and mineral exploration in rain forest areas. Symp. "Hamburg" pp 897-902.

(Desc 96) Descombes X., Moctezuma M., Maître H., Rudant J.P., Coastline detection by a Markovian segmentation on SAR images, Signal Processing

(Disa 95) Disalvo Magali, Comparaison des images ERS1 et JERS1 sur le plan géométrique et radiométrique, Rapport de fin d'études d'ingénieur IGN, Stage à l'Université Pierre et Marie Curie, Juin 1995

(Hoff 96) Hoff M., Rudant J.P., Apport des images radar à l'étude des berges des fleuves tropicaux: cas du Sinnamary lors de la mise en eau du barrage de Petit Saut (Guyane Française), CRAS, soumis

(Loïn 93) Lointier M., Rudant JP., Sabatier D., Prost MT., Nezry E., Degrandi G., Conway J., Sieber AJ. (1993) Contribution of ERS1 SAR data to hydrologic approach in tropical area: example in French Guyana. Symposium "Hamburg" pp 1267-1272.

(Loïn 94) Lointier M., Rudant J.P., (1994) - Contribution du SAR de ERS1 à l'analyse hydrologique en milieu tropical humide: résultats du programme ppF12 en Guyane. Journées Hydrologiques de l'Orstom. Montpellier. Orstom éd, sous presse.

(Pinc 95) Pincioli M., Caractérisation fractale du réseau hydrographique en imagerie radar ERS1, projet de fin d'études, Laboratoire Images, Télécom Paris, Juin 95

(Ruda 94) Rudant J.P., Baltzer F., Deroin J.P., Lointier M., Maître H., Penicand C., Prost M.T., Sabatier D (1994). Possibilités cartographiques offertes par ERS1 en contexte tropical humide, Exemples en Guyane Française, Apports spécifiques des séquences multitemporelles. Workshop "Tolède", pp 371- 376.

(Ruda 95) Rudant J.P., Baltzer F., Deroin J.P., Lointier M., Maître H., Mougin E., Pénicand C., Prost M.T., Apport des images satellitaires ERS1 et JERS1 dans le domaine de la cartographie générale et thématique en contexte tropical humide. Exemples en Guyane française et régions littorales, Journées de cartographie

radar, Cannes Nov 94, Cahiers de la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection, sous presse
(Ruda 95) Rudant J.P., Baltzer F., Hoff M., Lointier M., Maitre H., Bilan des Informations quantitatives et semi-quantitatives extraites de l'analyse des images ROS satellitaires ERS1 ET JERS1 et utilisées pour la cartographie thématique en contexte tropical humide., Colloque Télédétection micro-onde, extraction de paramètres bio et géophysiques, Toulouse 10-13 octobre 1995, sous presse

(Tono 93) Tonon M., Rudant J.P., Sabatier D., Nezry E., Degrandi G., Sieber A. (1993) Relief Estimation in Tropical context (French Guiana) with SAR-ERS1 imagery. Symposium "Hamburg" pp 1261-1268.

Remerciements: Ce projet a eu le support des organismes participants, du CNES et du Ministère de l'Environnement.

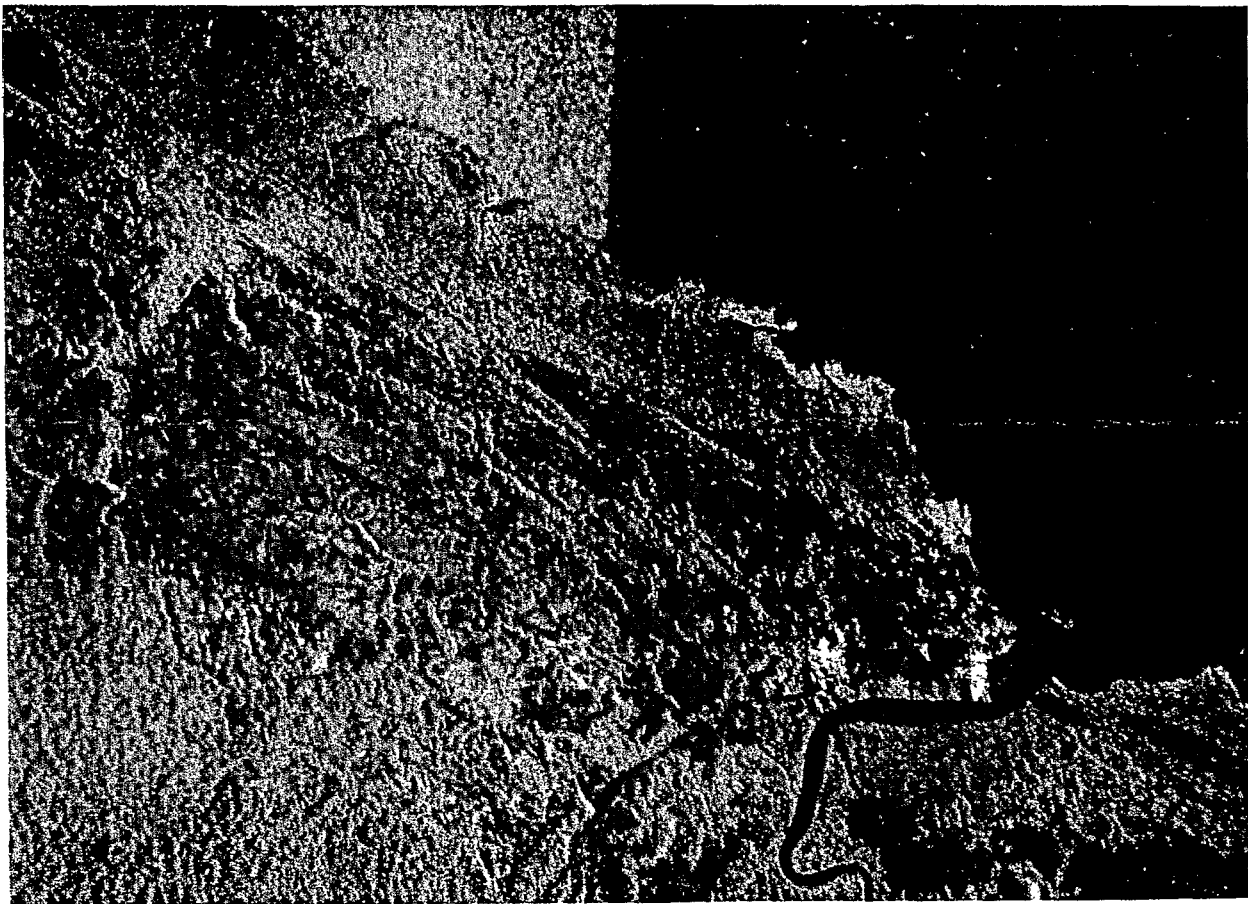
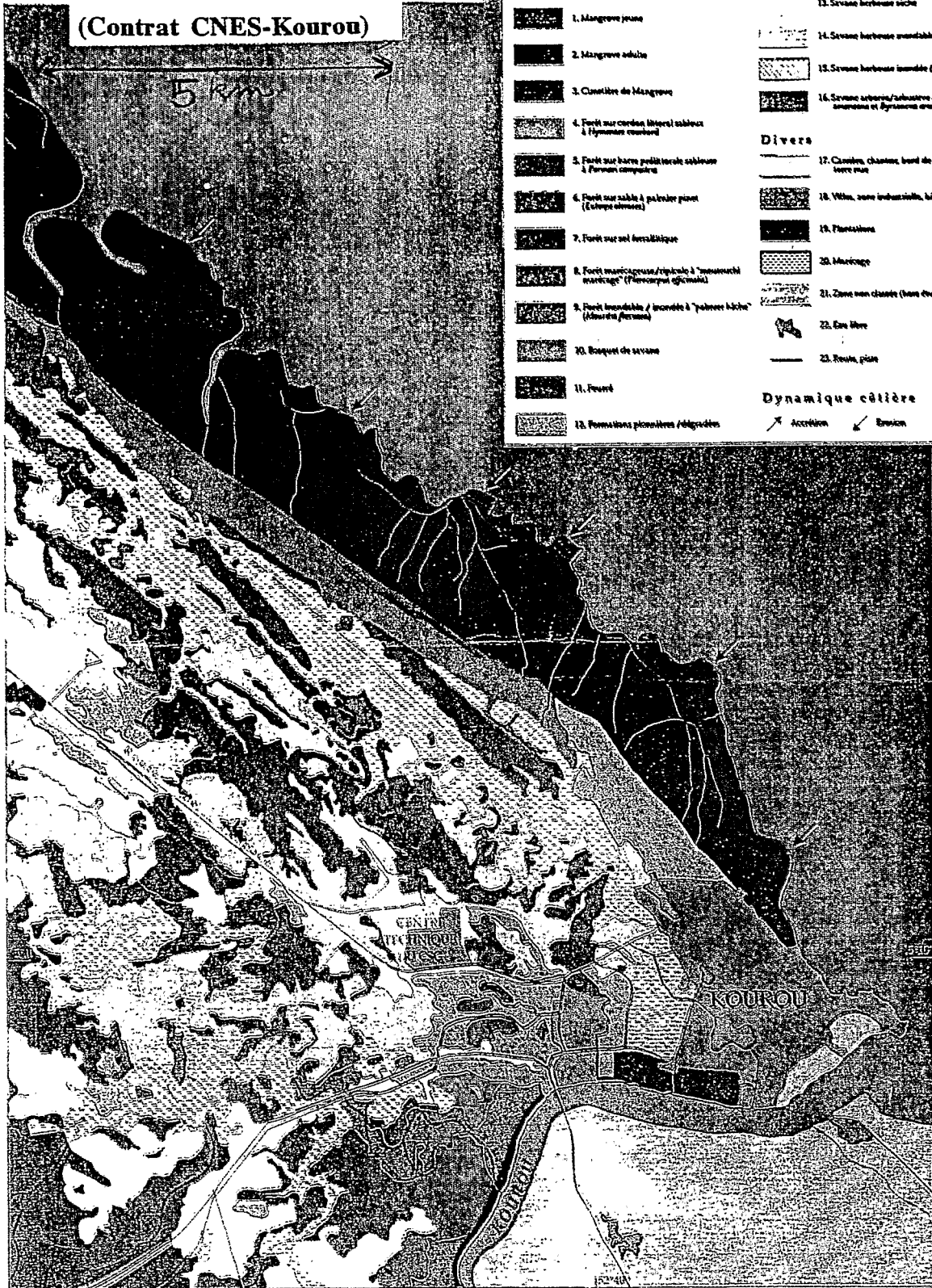


Fig 3a- Fusion ERS1-JERS1 dans la région de Kourou confrontation avec la carte de végétation au 1 / 50000 établie sur le site par F. Fromard et H. Puig (Contrat CNES-Kourou)

Les compositions trichromes sur Kourou et Sinnamary ont été obtenues en composant 2 images ERS1 du printemps 1992 (bleu-vert) avec une image JERS1 de février 1993 (rouge).

Carte de la végétation - Kourou
 Carte de végétation établie par l'ICIV
 (Contrat CNES-Kourou)



© LET/ICIV - CNRS. UPS. 1995

Réalisation technique : M. Aizuru

Fig 3 b- Comparaison d'une fusion ERS-JERS (Voir Fig 4b) avec cette carte de végétation établie par l'ICIV sur la région de Kourou. La synergie ERS1 - JERS1 est particulièrement nette lorsqu'on s'intéresse aux formations de la plaine littorale. Les longueurs d'onde en bande C et L ont en effet des comportements nettement différents pour les paysages de savanes et marais rencontrés. Il s'ensuit qu'une simple composition colorée restitue une information directement corrélable aux formations végétales présentes sur le terrain. Nous mettons ici en parallèle la carte de végétation établie à l'aide de moyens traditionnels (analyse de photographies aériennes et campagne de réalité terrain) avec une combinaison trichrome obtenue à partir de deux images ERS1 et d'une image JERS1.

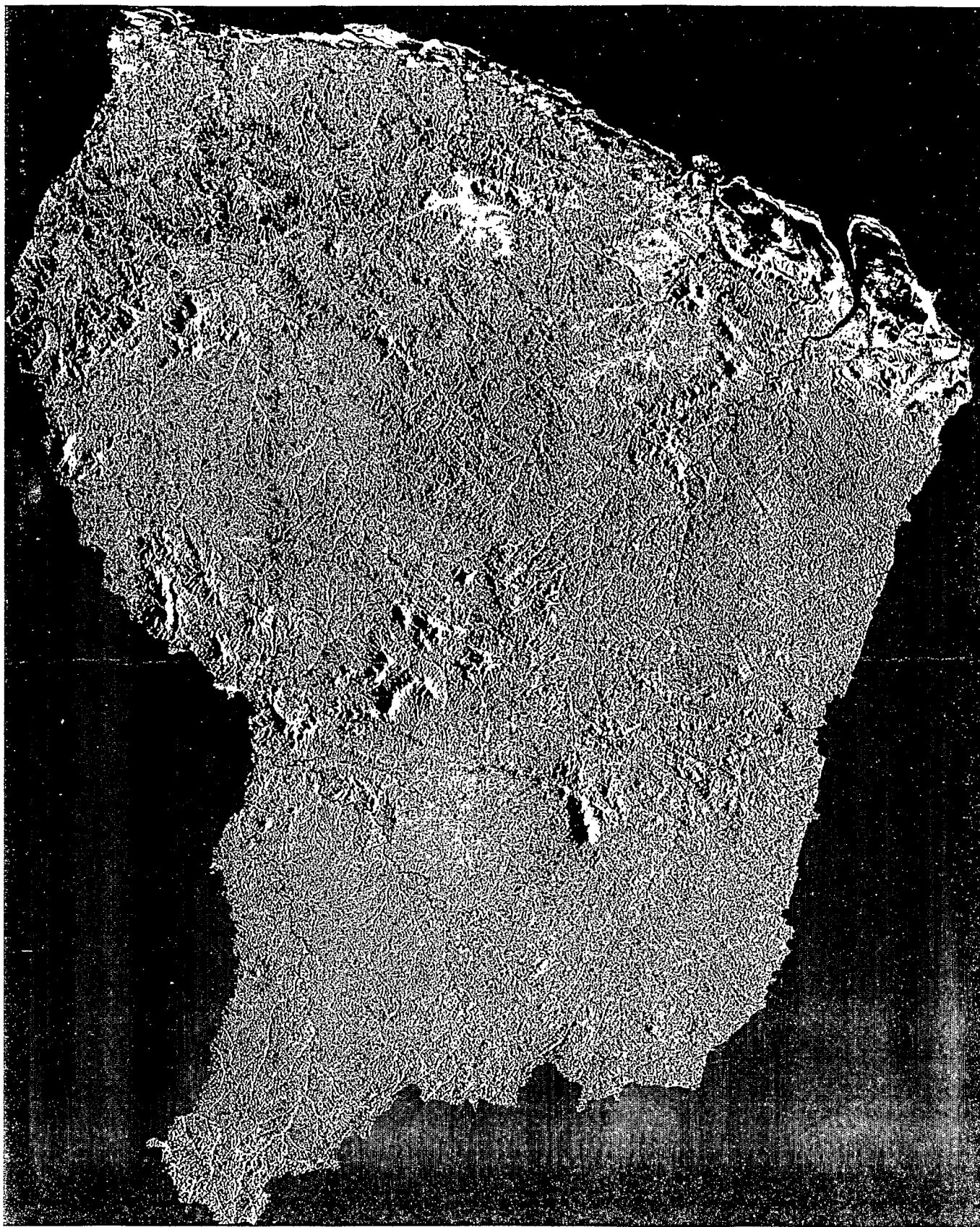


Fig 4 -Image ERSI avec le barrage de Petit Saut vu par JERSI : Incrustation de la retenue du barrage de Petit Saut vue par JERSI (mars 1994) dans l'image ERSI (antérieure à la mise en eau). La radiométrie plus claire de la surface inondée sous couvert est probablement due à des rétrodiffusions importantes sur les dièdres existants à l'angle des troncs et de l'eau libre. La densité atténuée de la végétation permet à l'onde radar (en bande L) une pénétration accrue du couvert forestier. Cette perception n'est néanmoins possible qu'à condition que l'eau atteigne un niveau suffisant au sein des arbres. Il est en effet que la surface apparente n'est pas la surface réelle : le barrage est dans l'axe de l'image (en haut à 2 cm du trait de côté).