

P3

**PROPOSITION D'UNE METHODE DE SEGMENTATION D'IMAGES SPOT :  
APPLICATION A L'IDENTIFICATION DE CONTOURS MORPHOLOGIQUES EN  
MILIEUX D'ATOLLS**

**A METHOD FOR SPOT IMAGES SEGMENTATION : APPLICATION TO THE  
IDENTIFICATION OF MORPHOLOGIC CONTOURS IN ATOLL ENVIRONMENTS**

L. LOUBERSAC (1), B. WIBAUX (1), F. CHENON (2), H. VARET (2)

(1) IFREMER, Station Polynésienne de Télédétection, BP 601  
Papeete, Tahiti, POLYNESIE FRANCAISE.

(2) Service de la Mer et de l'Aquaculture, Station  
Polynésienne de Télédétection, BP 601 Papeete, Tahiti,  
POLYNESIE FRANCAISE.

**RESUME**

La conquête progressive des lagons d'atolls de l'archipel des Tuamotu-Gambier (Polynésie française) par l'activité lucrative que représente la perliculture (perle noire), devenue la première exportation du Territoire, a obligé le Service de la Mer et de l'Aquaculture du Territoire de Polynésie française à se doter d'un outil informatique de gestion de cette activité. A cette fin, ce service a demandé à la Station Polynésienne de Télédétection d'élaborer des méthodes automatiques permettant de fournir des fonds topographiques numériques des 33 îles et atolls nacriers. Ces fonds sont réduits à 3 contours significatifs projetés en MTU, utiles au repérage et au positionnement et utilisables à des échelles du 1/50 000, voire du 1/25 000. Ces trois contours sont les suivants :

- le contour des terres émergées,
- le contour de la végétation des motu,
- le contour des pinacles coralliens.

Considérant le manque de cartographie précise et actualisée de ces îles et sachant combien la mise à



19 FEB. 1996

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire 321

N° : 43066

Cote : A

disposition de la photographie aérienne de ces milieux est difficile et coûteuse il a été décidé d'utiliser la donnée numérique de haute résolution fournie par le satellite SPOT. On trouve ci-après la proposition d'une méthode permettant d'établir, de façon similaire et répétitive pour les 33 îles et atolls concernés, les contours précités en mode image, de les représenter dans un plan de projection standard, le MTU utilisé en Polynésie française, puis de les vectoriser de sorte à ce qu'ils constituent la base cartographique d'un système d'information géographique utilisable pour la gestion des ressources marines (Chenon et al., 1990).

#### ABSTRACT

In order to elaborate geographic information systems to the management of marine activities in atoll and high island lagoons in French Polynesia, and given the lack of accurate and up-to-date cartography of the concerned coastal environments at 1/50 000 or even 1/25 000 scales, we have decided to use the SPOT satellite digital data so as to obtain three morphological contours which are useful for location :

- the emerged land contour,
- the "motu" vegetation contour,
- the coral pinnacle contour.

We propose a method of segmentation of SPOT images of polynesian type based on transformation into Intensity, Hue Saturation after a radiometrical calibration has been carried out.

On each neo-channel, tresholds determined through ground surveys in different atolls and islands enable to draw automatically masks corresponding to the 3 sets : emerged lands, vegetation and shallows.

The contours of these masks are then automatically extracted and put into projection in accordance with UTM before being used in the cartographical basis of the geographic information system for the management of marine resources which presently concerns 33 polynesian islands (Chenon and al., 1990).

#### INTRODUCTION

En Polynésie française, l'Archipel des Tuamotou Gambier, constitué de 84 îles, des atolls pour la plupart, répartis sur plus de 1 700km d'Est en Ouest est caractérisé par un manque d'information géographique très important. La carte topographique n'a été réalisée que pour 8 îles, 7 cas ont été traités par l'IGN en 1967 (Tikehau, Rangiroa, Kaukura, Fakarawa, Raraka, Makemo et Anaa). Dernièrement, le Service

Territorial de l'Aménagement et de l'Urbanisme a édité outre deux mosaïques de photographies aériennes au 1/20 000 (Ahe et Mataiva) une carte topographique de l'atoll de Ahe au 1/25 000. Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine effectue des levés depuis plusieurs années toutefois, ceux ci sont longs et difficiles et la production de la carte marine des atolls qui nécessite le contrôle et la validation de nombreux paramètres (Fourgassié, 1990) ne s'effectue que très lentement.

Les impératifs économiques actuels (1990) liés au développement de la perliculture nécessitent que des actions rapides soient entreprises notamment dans le cadre des besoins vis à vis de la mise à disposition de plans et schémas de gestion des lagons d'atolls et d'outils de gestion du domaine public maritime. Les bases géographiques de ces outils ou schémas n'existant que sous forme analogique pour un nombre très restreint d'atolls concernés par le développement de la perliculture il a été décidé d'utiliser la donnée satellite et d'en tirer après mise en conformité géométrique les éléments constitutifs d'une base de données cartographiques utilisable comme support aux schémas et plans évoqués ci-dessus ou comme support de Systèmes d'Information géographique. On trouvera ci-après une méthode de traitement numérique d'images spatiales (SPOT) permettant la constitution de cette base et l'on trouvera plus loin dans l'ouvrage un article relatif à l'utilisation pratique d'une telle base dans le cadre du développement d'un système d'information géographique (Chenon et al., 1990).

#### **PROPOSITION D'UNE METHODE**

Les données d'origine sont des données SPOT XS de niveau 1b (exemple planche P3A : l'atoll de Takapoto) archivées dans la banque de données de la Station Polynésienne de Télédétection.

Les données sont d'abord calibrées, (transformation en réflectance (Ben Moussa et al., 1989, Auzel, 1989).

Le fichier image calibré est alors utilisé pour la délimitation des 3 contours évoqués précédemment :

- Limite des terres émergées,
- Limite de la végétation,
- Contour des têtes de corail (karena).

Pour l'identification des terres émergées, le seuillage simple du canal XS3 généralement utilisé s'avère imprécis, notamment en milieu d'atoll. En effet, sur les faibles fonds (0-1 m) constitués de sables coralliens ou de corail détritique à très forte luminance, la réponse spectrale sur XS3 demeure très élevée. Il y a donc confusion entre la population des pixels émergés de même nature (sables de plage) et la population des pixels faiblement immergés.

(Berthod, Bretaudeau et Proy, 1987) ont montré, (le cas traité étant celui de l'estuaire de la Charente), l'intérêt du passage dans l'espace IST (Intensité, Saturation, Teinte) pour isoler sur le néocanal teinte le domaine aquatique dans le cas d'eaux turbides.

On rappelle que le passage RVB-IST s'effectue de la façon suivante (Tenenbaum cf. Pratt, 1978).

$$\begin{aligned} \text{Intensité : } I &= R + V + B \\ \text{Saturation : } S &= 1 - 3\min(r, v, b) \end{aligned}$$

$$\text{avec : } r = R/I, v = V/I, b = B/I$$

$$\text{Teinte : } T = \text{Cos}^{-1} \left[ \frac{2r - g - b}{6((r-1/3)^2 + (g-1/3)^2 + (b-1/3)^2)^{1/2}} \right]$$

avec

- si  $\max(r, v, b) = v$ ; teinte = T
- si  $\max(r, v, b) = b$ ; teinte = 2-T
- si  $\max(r, v, b) = r$  et  $\min(r, v, b) = b$ ; teinte = T
- si  $\max(r, v, b) = r$  et  $\min(r, v, b) = v$ ; teinte = 2-T

Nous avons utilisé cette transformation. En effet, les pixels correspondant aux îlots végétalisés (motu) et à leurs zones adjacentes (pixels de transition en très faible nombre entre la végétation et les sables de plage) se discriminent nettement dans l'espace Teinte de la forte population des pixels correspondant aux zones de mer ouverte, aux zones peu profondes du lagon et aux sables de plage, (cf. planche P3B).

Le canal saturation, (cf. planche P3C), apporte pour sa part une information complémentaire. En effet, les zones de sables ou de dalle coralliens à très forte réflectance dans les trois canaux d'origine, ont leur teinte très diluée de lumière blanche et sont donc caractérisés par une faible saturation. Les mêmes substrats immergés sous peu d'eau présentent une augmentation sensible de la saturation.

La définition des seuils à retenir sur les canaux teinte et saturation a été réalisée à la faveur de campagnes de terrain conduites sur les atolls de Takapoto aux Tuamotu et de Tetiaroa dans l'archipel de la Société. Ces contrôles ont tenu compte, à la fois des conditions qui étaient celles des dates de campagnes et de celles qui accompagnaient la date de prise de vue ; notamment pour ce qui concerne la détermination du contact terre-mer en fonction des conditions de marée et de vent. Ces contrôles ont conduit à définir, sur les données calibrées, deux seuils sur la teinte et la saturation identiques pour Takapoto et pour Tetiaroa. Il a été considéré que les mêmes seuils pourraient, compte tenu de l'homogénéité des faciès présents sur les 82 atolls de Polynésie française, être adoptés pour la suite des travaux. Un test de contrôle a été réalisé sur l'atoll de Nukutupipi (Tuamotu) et s'est avéré concluant (Salvat et al., 1990).

En conséquence, deux opérations logiques simples : seuillage passe bande sur la teinte et seuillage passe bas sur la saturation permettent de définir deux masques (graphique), (cf. planche P3D), dont l'union correspond au masque des terres émergées. Le contour de ce masque (contour intérieur) est alors extrait.

Pour ce qui concerne la végétation proprement dite, il faut noter que sur les motu d'un atoll on passe très généralement brutalement des zones non végétalisées (sables et faciès détritiques émergés) à une végétation arbustive dense et relativement élevée (10m à 20m) constituée de cocotiers, de grands arbres, d'arbustes et de plantes herbacées. Ce passage brusque, sans transition ou presque, (tout du moins à l'échelle du pixel SPOT) est utilisé depuis toujours au positionnement depuis le lagon ou la mer ouverte par exemple par l'intermédiaire de mesures angulaires entre les différents flancs des bouquets végétalisés des îlots. Le calcul d'un indice de végétation normalisé sur la population des pixels de la zone émergée définie précédemment est effectué. L'histogramme correspondant dénote l'existence de deux familles homogènes et facilement séparables par recherche du compte digital correspondant au minimum de points entre les deux sous-populations. L'ensemble des points définis par le seuillage passe haut de ce seuil correspond aux zones végétalisées, (cf. planche P3E), dont le contour est alors extrait conformément à ce qui précède.

Enfin, pour ce qui concerne la définition du contour des têtes de corail ou "karena" qui parsèment les lagons d'atolls et dont la localisation est très importante tant pour le repérage, la navigation au sein des lagons ou parce que ces édifices construits correspondent aux zones de fixation et de développement de vie sous marine (coraux, gastéropodes, bivalves, poissons etc...) nous avons adopté une méthode basée sur le seuillage automatique de l'intensité, (cf. planche P3F). En effet, un seuillage simple du canal XS2 (pénétration de l'ordre de 5m) et du canal XS1 (pénétration de l'ordre d'une vingtaine de mètres) a pour désavantage dans les deux cas d'être directement dépendant des modifications du coefficient d'atténuation diffuse de lagon à lagon. Faute de mesures et de modélisation physique pour l'ensemble des 33 îles et atolls considérés, des corrections effectuées conformément à des méthodes que nous avons développées (Loubersac et al., 1990) sont actuellement très difficiles à mettre en oeuvre car elles nécessitent un minimum de contrôle de terrain et notamment l'obtention de points de calage de bathymétrie connus.

Le seuillage du néocanal intensité, qui s'apparente à un canal panchromatique, intègre, en partie, les variations citées précédemment. Le seuillage passe haut défini après analyse des dérivées seconde et tierce (dérivée seconde positive, dérivée tierce nulle) de la fonction histogramme de l'intensité dans la zone correspondant au pied du pic principal (pixels de la famille "mer ouverte"), a été comparé dans trois cas pour lesquels nous disposions de mesures bathymétriques : Takapoto, Tetiaroa et Nukutipipi. Le contour

du masque obtenu correspond sensiblement dans les trois cas à la limite bathymétrique des -10m.

Une validation a été menée en prenant pour site test l'atoll de Ahe grâce à l'interprétation de photos aériennes panchromatiques correspondantes (Service de l'Aménagement du Territoire 1985) sur lesquelles les têtes de corail sont identifiées. Le contour du masque défini par le seuillage évoqué ci-dessus détermine le contour des zones de visibilité du fond dans le canal intensité et par voie de conséquence le contour des "karena" ou pinacles. Sur un sous ensemble du lagon de Ahe défini par les coordonnées (14°25S - 146°20W, 14°30S - 146°15W) on détecte par la méthode 60 "karena" (toutes tailles confondues) alors que l'interprétation des photos aériennes permet d'en détecter 63. Les trois "karena" non détectées par la méthode appliquée à la donnée SPOT sont en fait de très petite taille (diamètre de l'ordre de 5m) soit d'une surface de 20m<sup>2</sup> environ, ce qui peut expliquer qu'elles n'offrent pas de signature significative dans un pixel de 400m<sup>2</sup>. On notera qu'étant de très petite taille les "karena" non détectées par la méthode n'ont que peut d'intérêt pour l'application à la perliculture.

Aux trois contours obtenus en mode image, auxquels on a rajouté sur la planche P3G le contour obtenu après seuillage simple du canal XS2 (contour des très petits fonds), on affecte une rectification géométrique, passage du niveau 1A à un niveau 2A, grâce à l'utilisation du logiciel SYRIAC développé par le SHOM et implanté sur les moyens de la SPT (Dubois, 1990). Enfin, des points de calage, pixels reconnus sur le terrain et géographiquement positionnés en absolu par levés astronomiques ou GPS (collectif, 1990), permettent d'établir la grille géographique de l'ensemble. On comparera le résultat obtenu (planche P3G) à la carte marine disponible pour l'atoll de Takapoto (planche P3H).

### CONCLUSIONS PERSPECTIVES

Nous avons présenté ci-avant une méthode de segmentation basée sur une transformation des images de départ, après calibration, dans l'espace intensité saturation teinte et sur des seuillages dont les valeurs de seuil ont été validées par des contrôles de terrain.

Outre l'utilisation de ces méthodes de façon répétitive pour 33 îles et atolls à l'amont du projet de mise en forme d'un Système d'Information Géographique de gestion de la perliculture (Chenon et al., 1990), citons le fait que ces traitements sont à la base de la fabrication des produits utiles au repérage et aux enquêtes de terrain dans les lagons d'atolls (dossiers de préparation des campagnes hydrographiques du SHOM, dossiers d'enquête du Service de la Mer et de l'Aquaculture). D'autre part, la segmentation répétitive d'images d'atolls en quatre zones essentielles :

- mer ouverte,
- zones des petits fonds,
- zones émergées végétalisées,
- zones émergées non végétalisées,

est utile à l'optimisation du contraste des images globales de ces îles, ces trois ensembles ayant des comportements radiométriques très différents ; à la fabrication de pseudo-vraie couleurs sur ce type de milieu et au calcul de surfaces, de périmètres ou de valeurs caractéristiques, telles que surface des terres émergées, longueur du trait de côte, surface des petits fonds, nombre de karena etc...

## REFERENCES

**AUZEL P.L.** 1989. Calibration et corrections atmosphériques des images du satellite SPOT. Applications aux études multitudes. *Rapport de Mastère spécialité OCEAN*. IFREMER/ECAM. Août 1989, 76 p.

**BEN MOUSSA H., M. VIOLLIER, T. BELSHER,** 1989. Télédétection des algues macrophytes de l'archipel de Molène (France), radiométrie de terrain et application aux données du satellite SPOT. *Int. J. Remote Sensing*, 1989, vol. 10, n°1, pp. 53-69.

**BERTHOD M., F. BRETAUDEAU, C. PROY,** 1987. Extraction automatique d'informations structurelles à partir des données SPOT : premiers résultats. *Cognitiva 87, Machines, Réseaux intelligents*. Paris la Villette pp. 224 - 248.

**COLLECTIF** 1990. Télédétection et levés cartographiques en milieu d'atolls. *Document de synthèse IFREMER/SHOM/TERRITOIRE de Polynésie Française*. 6p.

**CHENON F., H. VARET, L. LOUBERSAC, S. GRAND, A. HAUTI.** SIGMA POE RAVA, Système d'Information Géographique du Service de la Mer et de l'Aquaculture. Un outil de gestion du domaine public maritime pour la perliculture. *Actes du Colloque "PIX'ILES 90" Nouméa - Tahiti, 19-24 nov. 1990.*

**DUBOIS M.,** 1990. SYRIAC, Système de Rectification d'Images Adapté à la Cartographie : logiciel de rectification d'images SPOT au niveau 2. *Note Technique EPSHOM n° 233.*

**FOURGASSIE A.** 1990. La spatiocarte marine, une solution pour la cartographie des atolls polynésiens. *Actes du Colloque "PIX'ILES 90" Nouméa - Tahiti, 19-24 nov. 1990.*

**LOUBERSAC L., P.Y. BURBAN, O. LEMAIRE, F. CHENON, H. VARET,** 1989. Nature des fonds et bathymétrie du lagon de l'atoll d'Aitutaki (Iles Cook) d'après des données SPOT-1. *Photo Interprétation 89-5 et 6 fasc. 4 pp. 29-40.*

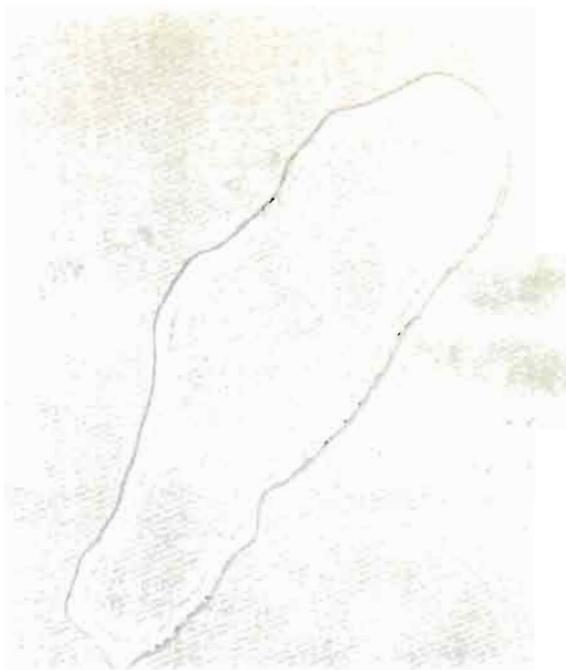
**PRATT W.K.**, 1978. Digital Image Processing. Willey Interscience. 750 p.

**SALVAT B., F. SALVAT, L. LOUBERSAC**, 1990. Télédétection SPOT et géomorphologie de l'atoll de Nukutupipi (Tuamotu). Rapport SPT 90/07R, EPHE 1990 RA 36. 22 pp. 10 figures.

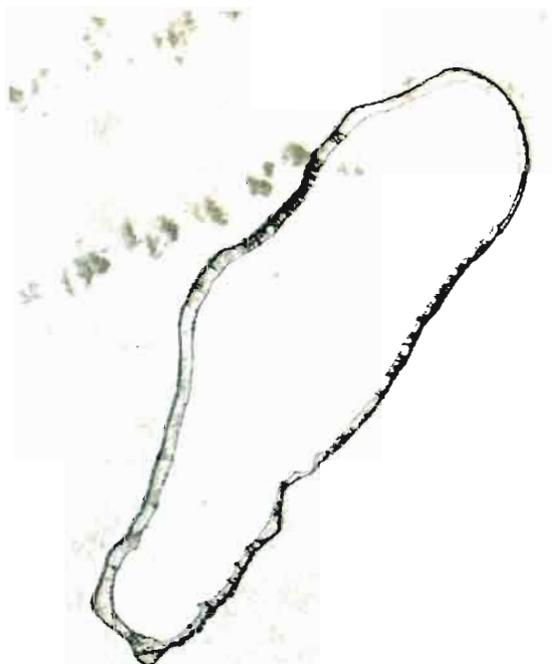
**Service de l'Aménagement du Territoire**, 1985. Atoll de Ahe. Mosaïque UTM de photographies aériennes, échelle 1/25 000. Ministère de l'Équipement, de l'Aménagement de l'énergie et des Mines, Tahiti, Polynésie française.



P3A : Atoll de Takapoto (Tuamotu) image SPOT XS 1B c CNES 1986/dist. SPOT IMAGE.



P3B : Atoll de Takapoto (Tuamotu) image teinte.



PC3 : Atoll de Takapoto (Tuamotu) image saturation.



P3D : Définition de deux masques issus du seuillage passe bande sur la teinte (rouge) et passe bas sur la saturation (vert) dont l'union définit les terres émergées.

P3



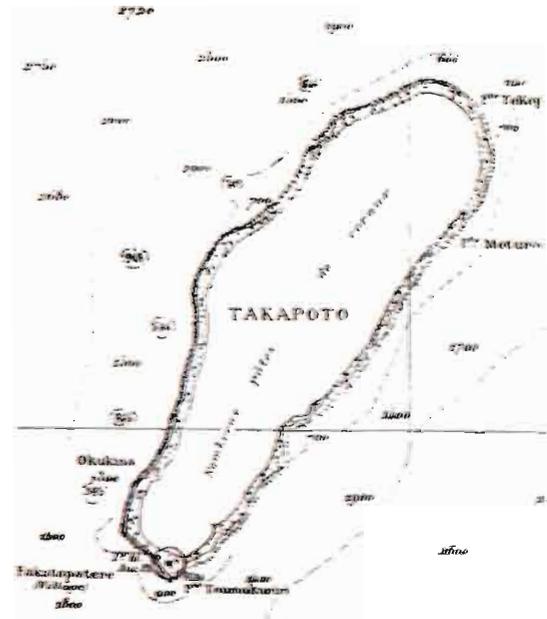
P3E : Définition du masque (vert) correspondant à la végétation arborée après seuillage d'un indice de végétation.



P3F : Atoll de Takapoto (Tuamotu) image intensité.



P3G : Détection des contours.



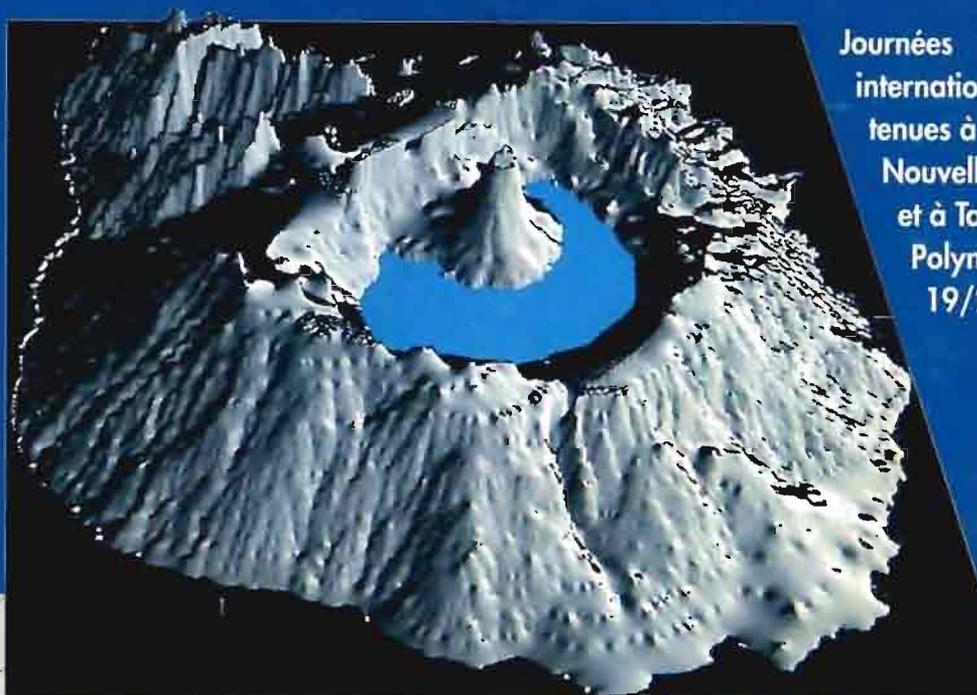
P3H : Carte marine SHOM n°6110 disponible sur l'atoll de Takapoto (échelle de l'original 1/175 000).

# "PIX'ILES 90"

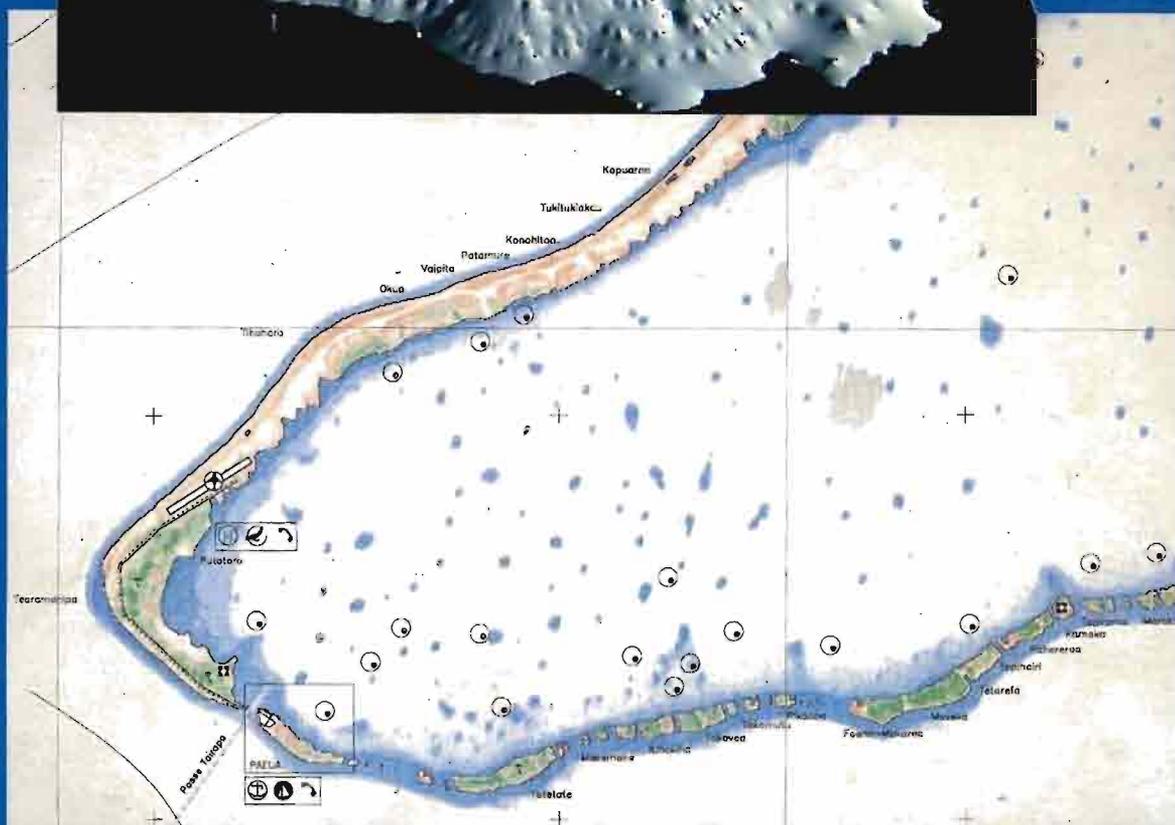
TELEDETECTION ET MILIEUX INSULAIRES DU PACIFIQUE : APPROCHES INTEGRES

REMOTE SENSING AND INSULAR ENVIRONMENTS IN THE PACIFIC :  
INTEGRATED APPROACHES

International  
workshop  
held at Noumea  
New Caledonia  
and Tahiti  
French Polynesia  
Nov. 19/24 1990



Journées  
internationales  
tenues à Nouméa  
Nouvelle-Calédonie  
et à Tahiti  
Polynésie Française  
19/24 nov. 1990



ORSTOM



TERRITOIRE DE  
POLYNESIE FRANÇAISE

# "PIX'ILES 90"

**Journées internationales tenues à Nouméa - Nouvelle-Calédonie  
et à Tahiti - Polynésie Française  
19 / 24 novembre 1990**

**International workshop held at Noumea - New Caledonia  
and Tahiti French - Polynesia  
November 19 / 24 1990**



© ORSTOM, Nouméa, 1992

Imprimé par le Centre ORSTOM  
de Nouméa  
Septembre 1992

