



**CARTOGRAPHIE DERIVEE DE SATELLITE ET INFORMATION GEOGRAPHIQUE  
SUR LES ILES BASSES ET LES ATOLLS : APPLICATION A L'ATOLL DE  
MANIHI (TUAMOTU).**

**LA SPATIOCARTE A NORME PACIFIQUE ET SES PRODUITS ASSOCIES.**

Responsable scientifique et technique : Lionel LOUBERSAC.  
IFREMER, Station Polynésienne de Télédétection.  
Papeete, Tahiti, Polynésie française.

**I/ OBJECTIFS DE L'ETUDE : PROBLEMES A RESOUDRE.**

La mise à disposition d'une information géographique précise et actualisée sur les zones récifales, les lagons ou plus généralement les zones de petits fonds qui caractérisent la zone intertropicale et notamment les pays du Pacifique tropical est le plus souvent une tâche difficile, longue et coûteuse. Ceci est tout particulièrement vrai dans le cas des îles basses. En effet :

- pour la partie terrestre la mise en place d'un réseau géodésique complet est compliquée en raison de faibles altitudes. La durabilité des infrastructures est limitée par la friabilité des sols et l'érosion importante (pluies, cyclones). La programmation de prises de vues aériennes sur des îles éloignées est délicate et les points de calage en nombre trop restreint pour la photogrammétrie.

- pour la partie maritime, les profondeurs faibles font que les réseaux de profils de sondage deviennent denses. Les variations du fond, pinacles coralliens isolés, sont souvent aléatoires. Les possibilités de localisation précise sont limitées et les portées optiques ou radio-électriques faibles.

Ces raisons expliquent pourquoi un énorme travail de cartographie de base reste à mener sur les zones de petits fonds de la région du Pacifique tropical, dans le but de réaliser les inventaires et le suivi des ressources renouvelables (pêche et aquaculture côtières), mais également d'apporter une aide efficace à la navigation. Dans de très nombreux pays de la zone il est fréquent que les cartes indiquent l'existence de récifs en des lieux inexacts et il est fréquent également que les cartes n'existent pas aux échelles moyennes - 1/50.000 - et à fortiori aux grandes échelles. A titre d'exemple citons le cas de l'archipel des Tuamotu en Polynésie française, dénommé "Archipel Dangereux" par les premiers navigateurs au XVII et XVIII ème siècle, qui comprend 84 îles dispersées sur 1.800 Km d'Est en Ouest (cf. Figure 1). La carte marine de type hydrographique existe aux petites échelles, jusqu'au 1/175.000, (cf figure 2 pour l'atoll de Manihi), et pour certaines zones à des échelles

plus grandes : passes d'entrée dans les atolls, zones de mouillage. En règle générale ces levés sont anciens. La carte terrestre de type topographique n'existe que pour 9 îles aux échelles moyennes (1/20.000, 1/50.000). Or les impératifs économiques actuels liés au développement récent de la perliculture, activité qui est devenue la première exportation en valeur du Territoire devant le tourisme, nécessitent que des actions rapides soient entreprises pour une meilleure planification de l'occupation de l'espace. Parmi celles-ci il s'agit notamment d'élaborer des Plans de Gestion du domaine public maritime et l'établissement d'un véritable cadastre au sein des lagons, qui ne peuvent s'envisager si la cartographie n'est pas réalisée ou est trop incomplète.

En outre, le développement d'activités économiques entraîne, fait bénéfique pour l'île considérée, la fixation et le développement des populations locales mais introduit aussi des flux migratoires inter-îles et inter-archipels ou liés à des fréquentations touristiques saisonnières qui sont difficilement maîtrisables. L'impact de ce développement démographique, aggravé par des taux de natalité élevés, s'applique sur des zones où l'espace vital est rare, cas de la Polynésie française comme de nombreux Etats insulaires du Pacifique Sud et d'Asie du Sud-Est. Ce "tropisme littoral", intéresse directement les plaines côtières et les basses vallées des îles hautes et les quelques motus des îles basses habitables en raison de la disponibilité d'eau douce. Il nécessite que soient établis des levés précis et actualisés à grande échelle (< 1/10.000) sur les zones restreintes où se concentrent les populations.

Le problème posé est donc de rendre disponible une information géographique à deux niveaux d'échelle : l'échelle moyenne, 1/50.000 ou équivalent, sur l'ensemble du milieu observé (île, atoll, lagon...), et la grande échelle, 1/5.000 ou équivalent, sur les zones urbanisées. Il est également de concilier une représentation terrestre et une représentation marine du milieu puisque tout schéma de mise en valeur des espaces côtiers ne peut se concevoir sans intégration et interconnexion des activités situées en mer et à terre. Il est enfin de permettre l'actualisation des données au fur et à mesure de leur évolution et leur couplage avec des données extérieures dans le but d'élaborer des plans de gestion des domaines terrestres et marins concernés (Loubersac, 1991).

## II/ LES ATOUTS DE L'IMAGE NUMERIQUE AEROSPATIALE ET DE LA CARTOGRAPHIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR :

La contribution de l'imagerie numérique aérospatiale à la cartographie ne peut être considérée comme une nouveauté. Les scènes satellitaires sont utilisées par les spécialistes depuis 1972, date du lancement du premier satellite américain LANDSAT. La mise en orbite du satellite français SPOT en 1986 a permis de franchir une étape nouvelle et décisive, car il est désormais possible d'atteindre les échelles de restitution du 1/50.000 compatibles avec la plupart des besoins terrestres

et côtiers : navigation, planification des activités, aménagement, gestion des ressources... Les progrès de l'informatique et notamment du traitement d'image et de la cartographie assistée par ordinateur rendent maintenant accessibles à des structures relativement légères la manipulation des images spatiales acquises directement sous forme numérique ou des données aériennes digitalisées après une acquisition analogique. De travaux récents (Le Gouic, 1987) ont explicité les applications de SPOT à l'hydrographie. Fourgassié (1990) décrit trois méthodes intégrant les nouveaux outils que sont les images numériques spatiales et les systèmes de traitement dans les processus de production cartographique. Parmi celles-ci, l'auteur explicite l'intérêt que représente la production de cartes pour lesquelles l'essentiel de l'information provient de l'interprétation d'images spatiales, notamment là où les levés classiques sont inexistantes ou fragmentaires et où des impératifs économiques nécessitent une action rapide. Ces produits dénommés par la suite "spatiocartes" ou "iconocartes" ont le très gros avantage de pouvoir être réalisés rapidement, et donc de permettre d'envisager les couvertures de vastes zones dans des délais raisonnables. A la faveur d'une réflexion menée en Polynésie française dans le cadre d'un partenariat établi entre le Territoire de la Polynésie française et l'IFREMER (Loubersac, 1989, Chenon et al, 1991) et d'une association avec le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine et les Services Territoriaux de la Mer et l'Aquaculture et de l'Aménagement et l'Urbanisme, l'ensemble des atouts précédemment exposés a été considéré. Il en a découlé le lancement d'un programme d'élaboration d'une information géographique de type nouveau, faisant appel aux données aérospatiales et cherchant à résoudre les problèmes soulevés dans le premier paragraphe ci-dessus.

### III/ DONNEES, METHODES, RESULTATS :

#### III/.1 DONNEES DE BASE :

D'un point de vue pragmatique, ce programme se devait de faire appel à des données aérospatiales respectant les critères suivants :

- exister ou être facilement disponibles,
- pouvoir être fournies selon des standards identiques de résolution au sol, radiométrie, formats, etc..., quelques soient les lieux, sur une période suffisamment longue pour permettre la réalisation complète du programme,
- pouvoir être acquises à des dates différentes de sorte à permettre les mises à jour,
- avoir déjà fait l'objet de démonstrations en matière de manipulation opérationnelle à des fins cartographiques,
- permettre des exploitations à des échelles compatibles avec le besoin (1/5.000 pour les plans d'urbanisme, 1/50.000 pour la réalisation des fonds cartographiques de base),

- offrir pour la partie marine une appréhension des petits fonds sur des gammes de profondeurs représentatives des milieux rencontrés.

Le choix s'est porté sur les données de la photographie aérienne et sur celles des données du satellite SPOT, qui répondent aux critères cités précédemment et possèdent des caractéristiques complémentaires, à savoir;

pour l'image SPOT :

- une résolution (20x20m.) bien adaptée à la préparation de cartes au 1/50.000,
- une vision synoptique bien adaptée aux surfaces des environnements insulaires et lagunaires concernés (pas besoin d'assembler des images partielles),
- une cohérence géométrique satisfaisante (nombre de points de calage réduits),
- une grande diversité d'interprétation thématique à terre (végétation, sols nus, taux d'humidité des sols...) comme en zone côtière jusqu'à une trentaine de mètres de profondeur en eau claire,

pour la photographie aérienne :

- une résolution au sol permettant la cartographie à grande échelle des infrastructures (habitats, routes, pistes, ports, aérodromes etc...) dans les espaces urbanisés ou susceptibles de l'être.

### III.2 METHODES ET OUTILS : RESUME DES PRINCIPALES ETAPES DU TRAITEMENT ET DE LA MISE EN FORME DE L'INFORMATION :

Images SPOT :

Les images SPOT acquises sous un niveau de prétraitement de base (1A ou 1B) (cf. figure 3, atoll de Manihi) sont transformées en niveau 2A (UTM) grâce à un logiciel d'ajustement polynomial des déformations de l'image et de modélisation de la prise de vue du satellite : (James et al 1990) mis à la disposition de la Station Polynésienne de Télédétection par le SHOM.

A l'aide des points de calage obtenus in situ après spatiopréparation (MOP-SPT, 1990) par la Mission Océanographique du Pacifique du SHOM, une grille géographique est associée aux images et définit le gabarit des spatiocartes.

Les images rouge, vert, bleu sont ensuite transformées en des images intensité, teinte, saturation et segmentées conformément à une méthode mise au point pour des milieux similaires (Loubersac et al, 1990). Des masques sont extraits, correspondant aux nuages et à leurs ombres, aux terres émergées et à la végétation. Les surfaces des terres et de la végétation sont calculées. Les pixels appartenant à l'entité marine (lagon plus mer ouverte) subissent alors une

transformation permettant de calculer un modèle bathymétrique des petits fonds (Loubersac et al, 1989 et 1991). Deux images monochromes sont ainsi obtenues, l'une modélisant la bathymétrie, l'autre les types de fond. L'image modélisant la bathymétrie après segmentation est calée par l'introduction de points de sonde connus. Cinq graphiques correspondants aux tranches d'eau : 0-1m, 1-5m, 5-10m, 10-15m et 15-20m, sont alors identifiés. Leurs surfaces sont calculées. Les pixels plus profonds sont masqués en blanc. Les pixels correspondant à l'entité terrestre subissent l'application d'un indice de végétation  $(XS3-XS2/XS3+XS2)$  et d'un indice de brillance  $((XS3)^2+(XS2)^2)^{1/2}$ ; l'indice de végétation est seuillé.

Une composition des différentes zones issues des traitements précédents est alors effectuée (cf. figure 4) avec adaptation de cinq trames bleues pour la bathymétrie, de 3 trames vertes pour la végétation et de 3 trames bistres pour la partie terrestre non végétalisée. La densité des trames vertes et bistres est calée par rapport à des valeurs lues sur chaque indice : variation de densité de végétation ou variation de brillance des sols nus. Une planche graphique incluant la grille géographique, les labels et symboles, les cartouches, la bathymétrie extérieure au lagon, les sigles et textes etc... est composée à l'aide d'un logiciel de Dessin Assisté par Ordinateur.

#### Photographies aériennes :

Les photographies aériennes utiles à l'élaboration des plans de villages sont digitalisées (cf. figure 5). Les édifices, voies de communication, infrastructures etc. composant le plan d'urbanisme sont alors numérisés en mode vecteur et restitués en couleur noire, conformément aux méthodes adoptées par le Service territorial de l'Amenagement et de l'Urbanisme. L'image monochrome résultat de la numérisation de la photographie aérienne est analysée sur un système de traitement d'image. Un masque correspondant à la végétation est extrait par seuillage passe bas simple de l'histogramme de cette image; ce masque est décomposé en deux zones colorées en vert qui correspondent l'une à la végétation arborée, l'autre à la végétation basse et peu dense. Le contour des terres émergées et du rebord du récif est interprété à l'écran. Un filtre de Sobel (détection de contours) est appliqué aux pixels qui correspondent à l'entité platier récifal. Un seuillage de ce filtre permet de tirer un masque représentatif de la structure du platier corallien qui est alors coloré en bleu. L'ensemble des éléments raster tirés de la photo aérienne à l'échelle du 1/5.000 est alors introduit dans une sous zone du gabarit de la carte puis incrusté dans la maille numérique support de la carte générale de l'île.

Les fichiers images dérivés des données satellites et des photographies aériennes et les fichiers vecteurs contenant titres, symboles, légendes, sigles, labels, courbes, grilles, carroyages, plan de localisation, sont alors, après contrôle des calages, mixés sur le disque d'une imprimante électrostatique de format A0 pour produire soit une carte

couleur directement sur cette imprimante, soit quatre films tramés correspondant au noir, bistre, bleu et vert destinés à l'impression en offset.

### III.3 PRESENTATION DES RESULTATS :

On trouvera en figure 6 la représentation finale de la spatiocarte à "norme Pacifique" de l'île de Manihi. On comparera le résultat obtenu avec la seule carte disponible au préalable (carte Marine SHOM n°6110) sur la totalité de la même île établie à partir de levés datant d'une cinquantaine d'années (figure 2). L'information de base issue des données SPOT et des données de photographie aérienne permettent, à la faveur des différentes étapes des traitements qui leur sont appliqués, de fournir des renseignements quantitatifs sur le milieu. Ainsi peuvent être indiqués dans le cartouche les chiffres correspondant aux surface des terres émergées, de la végétation, du lagon, des fonds par tranche bathymétrique etc.... D'autre part l'information de base extraite de la donnée spatiale ou de la photographie aérienne est complétée par de nombreuses informations sur l'aménagement de l'atoll (infrastructures, communications, transports, soins, administrations, tourisme, aquaculture...) et sur la toponymie, à l'usage des particuliers comme des collectivités territoriales. Le document nautique officiel et réglementaire demeure la carte hydrographique régulière, cependant le navigateur ou l'exploitant des ressources du lagon trouvera de nombreux avantages à utiliser la spatiocarte à "norme Pacifique" en complément de la carte marine traditionnelle.

## IV/ APPLICATIONS :

### IV.1 COUVERTURE CARTOGRAPHIQUE DE LA POLYNESIE FRANÇAISE : LA "SPATIOCARTE A NORME PACIFIQUE".

L'archipel des Tuamotu Gambier est la région de Polynésie française pour laquelle la cartographie de base de vastes lagons demeure fragmentaire voire rudimentaire, puisque la mise en oeuvre de levés par les moyens conventionnels est longue et coûteuse pour les raisons évoquées au premier chapitre ci dessus. A ces handicaps s'ajoutent les grandes distances entre les îles, leur difficulté d'accès, leur nombre, leur superficie et le manque, pour plusieurs d'entre elles, d'infrastructures adéquates (îles non déservies par transport aérien, mouillage et relâche des navires difficiles). C'est donc principalement en direction de ce type d'îles que se développe un programme de cartographie systématique sous forme de "spatiocartes à norme Pacifique". Ce programme est conduit dans le cadre d'une collaboration entre l'IFREMER, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine et le Territoire de la Polynésie française qui possèdent des compétences, des structures et des moyens humains et matériels complémentaires :

- la Station Polynésienne de Télédétection (partenariat entre l'IFREMER et le Territoire de la Polynésie française) assure la gestion des bases de données, le traitement des données numériques, le mixage de données multisources, la mise en forme d'informations dérivées, la production de films avant impression.

- la Mission Océanographique du Pacifique du SHOM assure la mise en conformité cartographique, la fourniture des points de calage, l'appui en matière de logiciels de cartographie numérique,

- le Service Territorial de l'Aménagement et de l'Urbanisme (Section topographique) assure l'acquisition des photographies aériennes, la confection des plans de villages, la participation à l'élaboration de la spatiocarte, l'impression du produit fini.

Le programme prévoit la réalisation en 1992 de quatre feuilles du type de la spatiocarte de Manihi, correspondant aux atolls de Hao et de Makemo, puis de dix par an à partir de 1993. Compte tenu des difficultés citées plus haut et compte tenu du fait qu'elles nécessitent un contrôle très soigneux de la validité des données provenant de sources très diverses, les cartes traditionnelles topographiques ou hydrographiques, ne pourront être produites qu'à raison de une à deux feuilles par année en moyenne.

#### IV.2 SPATIOCARTES DITES "CONCESSIONS MARITIMES" :

Ainsi que nous l'avons évoqué en introduction, le développement extrêmement rapide et à grande échelle de la perliculture aux Tuamotu-Gambier entraîne de nombreux conflits d'occupation du domaine public maritime et nécessite la mise en place de plans de gestion. Ces plans supposent à l'origine qu'une information géographique suffisamment précise et actualisée soit disponible.

Pour répondre au besoin il a donc été entrepris d'éditer une version simplifiée de la spatiocarte à "norme Pacifique", rapidement mise en forme pour la trentaine d'atolls où se développent les activités perlicoles. Cette version simplifiée est basée sur les résultats intermédiaires du traitement de la donnée SPOT, auxquels on adjoint la grille géographique et une grille dite sectorielle à maille kilométrique dont chaque secteur est repéré par un chiffre pour les colonnes et une lettre pour les lignes. Ce type de spatiocarte est présenté en figure 7 pour l'atoll de Manihi; il a le très gros avantage de permettre :

a) dans sa version analogique (tirage papier), le report d'informations localisées, par exemple par l'intermédiaire de systèmes de positionnement GPS au sein des lagons, telles que la présence de fermes perlières, lignes de collectage de naissain, structures d'élevage et de greffe etc... et de faciliter ainsi le travail de recensement des activités par le service technique concerné, ainsi que le travail de



préparation d'un plan de gestion du lagon établi en concertation entre l'administration, les municipalités et la population.

b) dans sa version numérique, la constitution de bases de données géocodées nécessaires à l'élaboration de systèmes d'information géographique.

c) de pouvoir être élaboré dans des délais encore plus courts que la "spatiocartes à norme Pacifique" : 18 mois sont prévus pour lever la trentaine d'îles concernées par la perliculture.

La spatiocarte "concessions maritimes", à la différence de la spatiocarte à "norme Pacifique" qui est à vocation pluriutilisateurs, est éditée en nombre limité compte tenu de son type d'application directe. Ses clients préférentiels sont : le Service de la Mer et de l'Aquaculture, les Municipalités, les Syndicats Mixtes Communaux, des particuliers.

#### IV.3 LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE DE GESTION ADMINISTRATIVE DE LA PERLICULTURE : SIGMA POE RAVA.

Depuis 1983 la perle de culture, première exportation du Territoire, a représenté un chiffre d'affaire à l'exportation de 45 millions de dollars US. Environ 2000 emplois ont été créés aux Tuamotu-Gambier, chiffre auquel s'ajoutent ceux créés par les activités annexes à Tahiti. En 1987 291 demandes de concessions maritimes ont été adressées au Service de la Mer et de l'Aquaculture en charge du suivi administratif et technique des activités. Ce nombre passait à 339 en 1988, à plus de 600 en 1990 et dépassait 1000 demandes en 1991. Afin de gérer au mieux le domaine public maritime de Polynésie française et pour éviter les conflits d'occupation dans les lagons pour une même activité ou entre activités différentes, ce service technique s'est donné pour but de recenser l'état d'occupation réelle du lagon (Hauti, 1990). Le recensement sur le terrain est considérablement facilité par l'utilisation de spatiocartes dites "concessions maritimes" qui aident à la localisation et sur lesquelles les reports d'information sont facilités. Cependant le Service de la Mer et de l'Aquaculture souhaitait en outre :

- optimiser ces reports,
- comparer l'occupation réelle du lagon avec celle connue de l'administration c'est à dire issue des demandes d'ouverture de concession,
- suivre les évolution de l'élevage,
- faciliter les conseils techniques auprès des perliculteurs,
- mieux identifier les conflits pour tenter d'y remédier,
- préparer et proposer des plans de gestion des espaces maritimes basés sur des critères objectifs et définir un cadastre maritime.

Il a donc été nécessaire d'élaborer un système couplant les bases de données géographiques numériques dérivées de l'information spatiale aux données de recensement localisées. Un tel système est un système d'information géographique : il associe et lie une base de données graphiques et une base de données alphanumériques. La première est constituée d'une part des fonds de carte dérivés des données spatiales, c'est à dire des fichiers numériques qui constituent la spatiocarte à "norme Pacifique", d'autre part de la représentation des structures en place et des espaces occupés (cf figure 8). La deuxième est constituée de l'ensemble des données recensées sur le terrain (nom et état civil de l'éleveur, type d'élevage, position et dimension, type des structures et des matériaux, nombre, taille et état des nacres, date de greffe, référence administrative des demandes d'ouverture de concession, superficies, données sur l'environnement, caractéristiques physicochimiques du milieu etc...). On y adjoint des données extérieures utiles telles que le nombre d'habitants, les voies de communications, la toponymie, le positionnement des balises, amers et repères etc... Les fonctionnalités du système ont été décrites par Chenon et al (1990). Celles-ci ont été adaptées de sorte à pouvoir être portées sur micro-ordinateur (compatible PC) et faciliter la formation et le transfert nécessaire vers le Service de la Mer et de l'Aquaculture. Désormais deux agents de ce Service utilisent le système qui s'enrichit des bases géographiques numériques constituées au fur et à mesure et des données recensées sur le terrain. Il offre aux planificateurs dans des délais beaucoup plus brefs qu'auparavant et de façon beaucoup plus précise les éléments nécessaires à la décision.

#### V.4 MODELES NUMERIQUES DE LA BATHYMETRIE DES PETITS FONDS :

Nous avons vu que l'un des fichiers constitutif de la spatiocarte à norme Pacifique modélise la bathymétrie des petits fonds en couplant des mesures ponctuelles acquises in situ et les résultats de l'inversion des formules qui relient la radiométrie mesurée par télédétection à la profondeur. C'est un fichier maillé dont la précision relative est de l'ordre de 10% jusqu'à 20m de profondeur en eau très claire . On peut l'utiliser comme un modèle numérique de terrain (Depraetere, 1990) pour en dériver des produits tels que :

- vues 3D en perspective,
- pentes des talus internes ou externes du récif et des flancs des pinacles coralliens
- convexité ou concavité des pentes,
- exposition aux vents et houles dominantes,
- hypsométrie.

Ces produits dérivés sont utilisables dans l'étude des ressources naturelles du lagon (espèces inféodées au fond, cartographie des grandes unités biologiques), dans les stratégies d'implantation d'infrastructures à moyenne échelle (aménagement aquacoles, remblais, déblais, balisage...), dans la préparation de Plans de Gestion.

La figure 9 présente la vue 3D depuis le Nord Est du modèle bathymétrique réalisé sur l'atoll de Tetiaroa à partir des données SPOT (P+XS) et de mesures in-situ du SHOM. La maille du modèle est de 40m. Cette expérience a été réalisée avec le concours du CNES (appel d'offre ISIS) et le rapport final est en cours de rédaction.

Enfin soulignons que le concept préconisé est un concept "gigogne" où chaque produit, de l'image de base au plan de gestion en passant par les des îles basses de différents niveaux, dépend et s'enrichit de celui qui le précède. Il en résulte une économie d'échelle qui permet à la fois d'optimiser un problème de cartographie de base, celui de l'inventaire et celui de la prévision et de la décision. Cette économie est d'autant plus remarquable qu'elle s'applique à des milieux souvent très mal connus, d'aménagement et de gestion délicats pour lesquels l'acquisition de l'information géographique utile est difficile, lente et coûteuse.

### CONCLUSION :

L'exploitation et l'interprétation des données aérospatiales numériques (photographies aériennes digitalisées et images satellitaires de haute résolution de type SPOT) offrent un progrès considérable pour la mise à disposition d'une information géographique précise, actualisée et facilement manipulable. L'utilisation intégrée de ces données pour les environnements insulaires tropicaux (Thung, 1990) permet :

- d'assurer une cartographie plus efficace grâce aux données spatiales des zones de petits fonds coralliens aux échelles moyennes (1/50.000 ou équivalent),
- de coupler à cette cartographie celle à plus grande échelle (1/5.000 ou équivalent) dérivée de photographies aériennes sur les zones urbanisées et les zones adjacentes terrestres,
- d'effectuer une quantification des milieux, une réactualisation des données et une meilleure conduite des plans d'aménagement et de gestion des ressources terrestres et côtières,
- d'offrir grâce à la manipulation numérique de données sur de petits systèmes et le croisement de paramètres localisés, la mise en forme de systèmes d'information et d'outils d'aide à la décision.

Il apparaît important de noter que cette information géographique intéresse en Polynésie française tous les niveaux d'activités socio-économiques : de l'exploitation privée ou familiale des ressources des lagons au Ministère chargé de la Mer et des affaires de Terres en passant par les Services techniques concernés (Urbanisme, Plan, Environnement, Mer et Aquaculture), les Municipalités et les Syndicats intercommunaux, les Bureaux d'Etudes privés. Signalons en outre que l'approche préconisée intègre les aspects terrestres et marins qui sont totalement interdépendants en milieux insulaires.

La Polynésie française maîtrise la mise en forme de cette information grâce aux apports scientifiques et techniques de l'IFREMER et du SHOM et a un travail établi en partenariat entre un Institut d'Etat, l'IFREMER, et les Services techniques territoriaux. Elle s'adapte progressivement à l'utilisation de ces nouveaux outils et produits pour une meilleure gestion des environnements et des ressources de ses archipels. Cette adaptation nécessite un effort de formation et de transfert qui est d'autant plus efficace que l'effort est réalisé en partenariat par ceux qui maîtrisent la technique et ceux qui analysent et ont à satisfaire les besoins exprimés localement.

On peut escompter que l'expérience progressivement acquise par le Territoire de Polynésie française dans le cadre de ce partenariat puisse largement bénéficier à son développement propre par la maîtrise en pleine responsabilité de la fabrication des produits et de leurs diverses utilisations. Un prolongement naturel à la démarche "gigogne" décrite dans ce rapport est la préparation de Plans de Gestion des Espaces Maritimes. Ceux-ci intègrent l'ensemble des activités qui intéressent directement ou indirectement les lagons et doivent permettre à la collectivité de gérer au mieux un patrimoine essentiel, limité en extension et très sensible aux risques de pollution.

Il apparaît souhaitable également que l'expérience acquise dans un Territoire du Pacifique Sud puisse bénéficier à d'autres (Etats, Départements et Territoires du Pacifique, d'Asie du Sud Est, de l'Océan Indien, des Caraïbes) concernés par des problèmes similaires. Cet objectif nécessite la mise en place d'une stratégie d'aide au développement dans laquelle les plateformes d'essai que représentent les Départements et Territoire de l'Outre Mer français pourraient être largement valorisées.

## PARTICIPATIONS AU PROGRAMME:

Le projet spatiocarte à "norme Pacifique" et les produits dérivés qui sont présentés dans ce rapport ont été totalement conçus et réalisés en Polynésie française. Ils ont été élaborés par la Station Polynésienne de Télédétection, partenariat entre l'IFREMER et le Territoire de la Polynésie française,) avec l'appui essentiel du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine et de plusieurs services territoriaux notamment le Service de la Mer et l'Aquaculture et le Service de l'Aménagement et l'Urbanisme.

Les participations au programme ont été les suivants :

### IFREMER :

- intervention de 3 agents de la S.P.T, fonctionnement direct de la Station et fonctionnement induit par le projet, mise à disposition de logiciels, investissement (50%) en moyens matériels de traitement de données et d'édition, conception générale, maîtrise d'oeuvre, coordination, programmation et suivi.

### Territoire de la Polynésie française :

- Service de la Mer : intervention de 2 agents informaticiens, développement de logiciels et adaptation, investissement 50% en moyens matériels, collecte des données de terrain liés à la perliculture, définition des spécifications du SIG SIGMA POE RAVA,

- Service de l'Aménagement et de l'Urbanisme : prises de vues aériennes, collecte de la toponymie, participation à la conception de la spatiocarte, réalisation des plans de villages, impression,

### SHOM :

- mise à disposition du logiciel de rectification géométrique par paramètres d'orbitographie (SYRIAC), collecte des données in situ (campagnes hydrographiques ), fourniture de données exogènes,

### FIDES :

- participation à l'achat des données spatiales SPOT constituant l'archive de référence de Polynésie française,

### CORDET :

- apport financier pour la réalisation du projet.

**ORSTOM :**

- mise à disposition du logiciel LAMONT permettant la représentation en trois dimensions d'un fichier maillé,

**CNES :**

- mise à disposition et contribution à l'achat de données SPOT.

Nous remercions également de leur participation à la fourniture des données utiles : le Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple Tuamotu-Gambier, le Service du Tourisme et l'Office de Promotion et Animation Touristique de Tahiti et ses Iles, la Municipalité de Manihi, la Division des Phares et Balises, l'Institut Territorial de la Statistique.

## REFERENCES :

F. Chenon, H. Varet, L. Loubersac, S. Grand, A. Hauti, 1990. "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". Proceedings of the International Workshop "PIX'ILES 90" Remote Sensing and Insular Environments : Integrated Approaches. Noumea-Tahiti 19-24 november 1990 (in press).

F. Chenon, L. Loubersac, H. Varet, 1991. "A strategy for the development of remote sensing and GIS in French Polynesia". Report of the Working Group Meeting on Regional Cooperation in Applications for Remote Sensing and Geographic Information Systems Technology for the South Pacific. Suva Fiji 18-22 March 1991. AIDAB-ESCAP/PNUD RAS/86 pp 24-27.

C. Depraetere, 1990. "Notices OVNIh du laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM Montpellier. Méthodes et guide utilisateurs dezs logiciels". Vol. 4, 5 et 6.

A. Fourgassie, 1990. "La spatiocarte marine, une solution pour la cartographie des atolls polynésiens". Proceedings of the International Workshop "PIX'ILES 90" Remote Sensing and Insular Environments : Integrated Approaches. Noumea-Tahiti 19-24 november 1990 (in press).

A. Hauti, 1990. "Gestion des concessions maritimes vouées à la perliculture, problématique et premières solutions". Proceedings of the International Workshop "PIX'ILES 90" Remote Sensing and Insular Environments : Integrated Approaches. Noumea-Tahiti 19-24 november 1990 (in press).

J. James, G. Dubois, T. Garlan, 1990. "Rectification géométrique des images SPOT par modélisation de la prise de vue". Rapport d'Etude 005190 EPSHOM Brest 34p.

M. Le Gouic, 1987. "Utilisation de SPOT en hydrographie". SPOT utilisation des images, bilan, résultats. Paris novembre 1987 CNES, édition CEPADUES pp 1063-1067.

L. Loubersac, 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, fascicule 4, pp 29-40.

L. Loubersac, 1989. "Present and future activities of the Polynesian Remote Sensing facility". Report of the workshop on Remote Sensing for Land and Sea Resources Surveys and Evaluation in the Pacific : Applications, co-ordination and training. ESCAP/PNUD Port Vila Vanuatu 7-11 August 1989 pp 58-64.

L. Loubersac, B. Wibaux, F. Chenon, H. Varet, 1990. "Proposition d'une méthode de segmentation d'images SPOT : Application à l'identification de contours morphologiques en milieu d'atolls". Photo Interprétation 90-5 fascicule 4, novembre 1990, pp 39-44.

L. Loubersac, 1991. "Milieux côtiers tropicaux du Pacifique Sud. Information géographique dérivée de SPOT". Thèse de Doctorat. Université Paul Sabatier Toulouse, Sciences, spécialité : Télédétection - Ecologie. Octobre 1991, pp 396.

L. Loubersac, P.Y Burban, O. Lemaire, H. Varet, F. Chenon, 1991. "Integrated study of Aitutaki lagoon (Cook Island) using SPOT satellite data and in situ measurements : bathymetric modelling". Geocarto International Vol 6 n°2 June 1991 pp 31-38 Hong Kong.

MOP-SPT, 1990. "Les dossiers de préparation des campagnes hydrographiques aux Tuamotu-Gambier". Proceedings of the International Workshop "PIX'ILES 90" Remote Sensing and Insular Environments : Integrated Approaches". Noumea-Tahiti 19-24 november 1990 (in press).

H.L Thung, 1990. "Integrated use of remote sensing for the Pacific". Proceedings of the International Workshop "PIX'ILES 90" Remote Sensing and Insular Environments : Integrated Approaches. Noumea-Tahiti 19-24 november 1990 (in press).



CARTE GENERALE DE LA POLYNESIE FRANCAISE

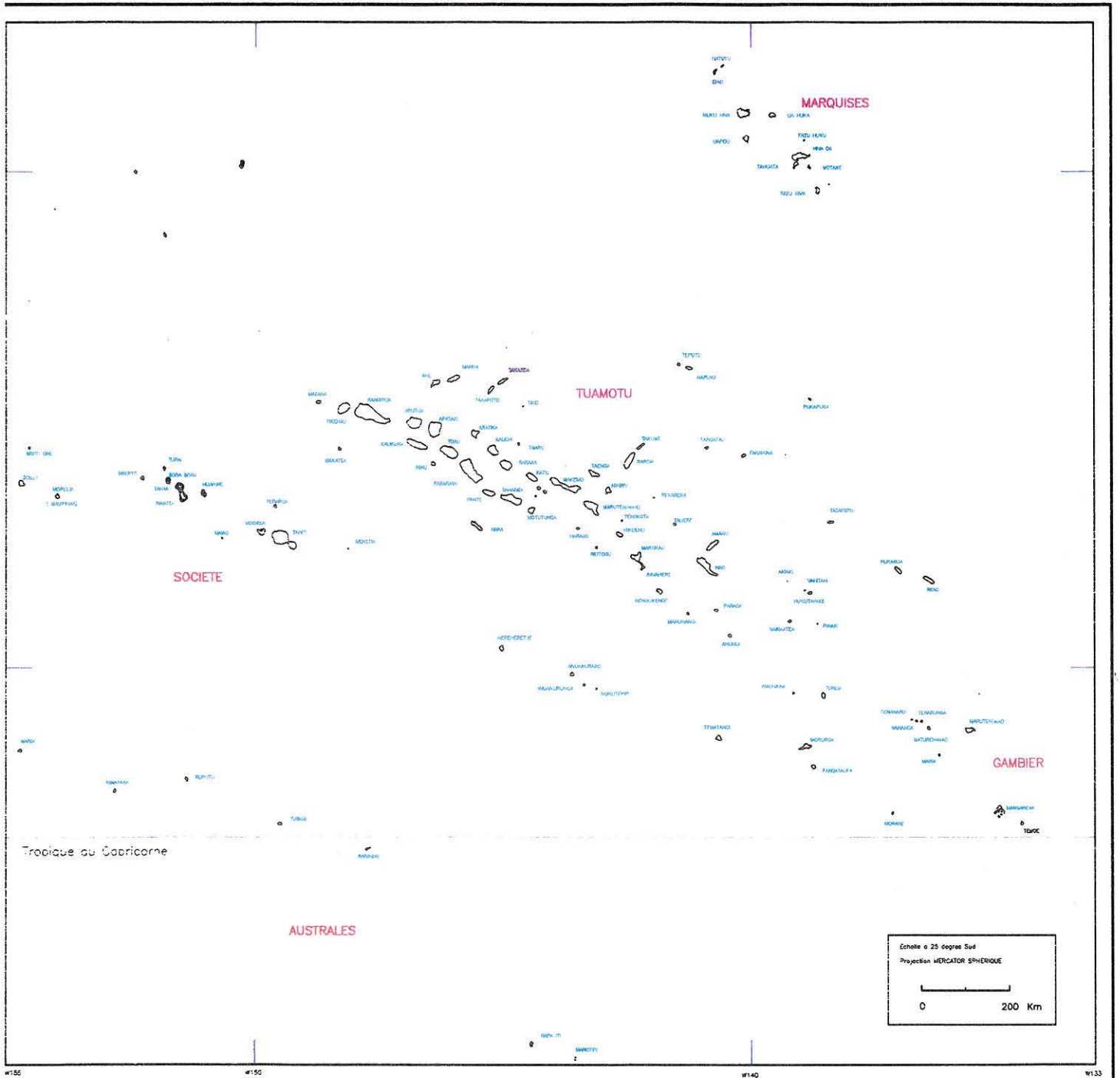
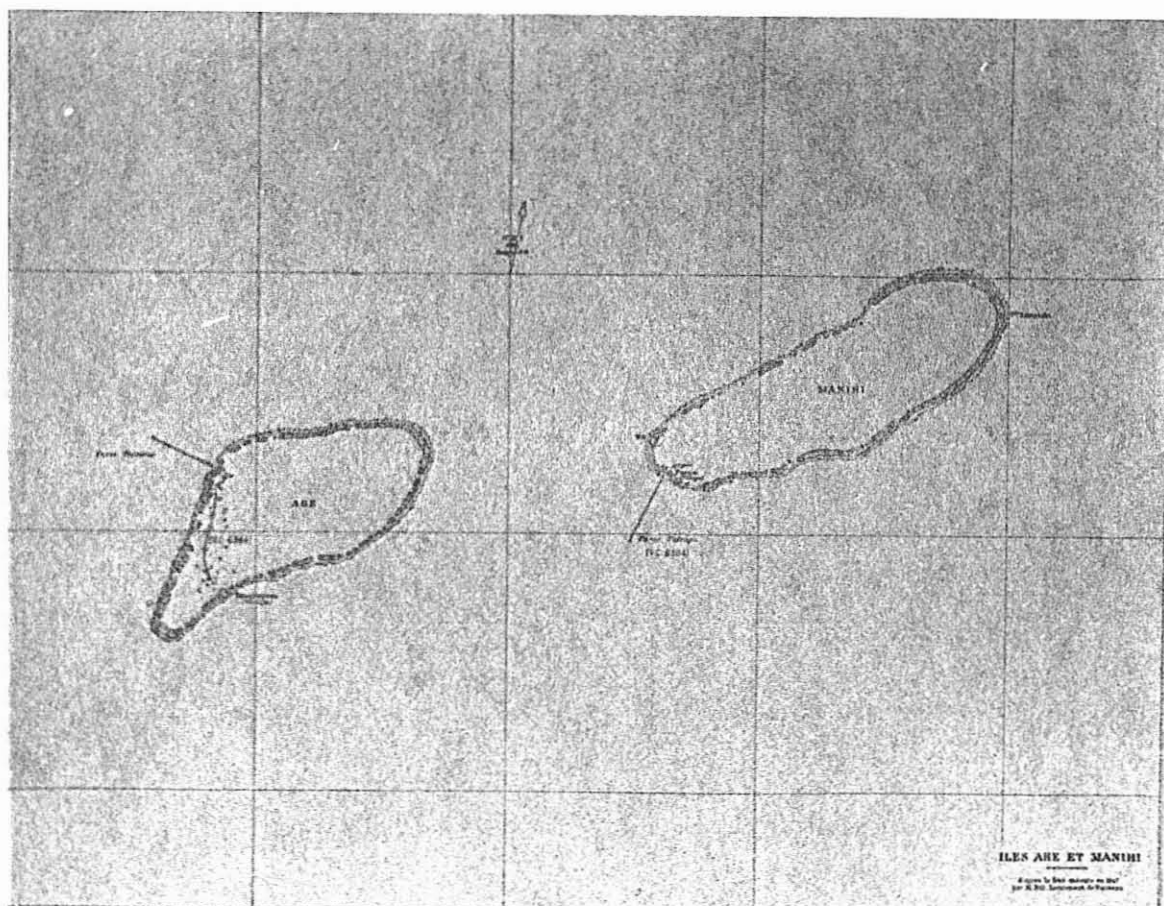
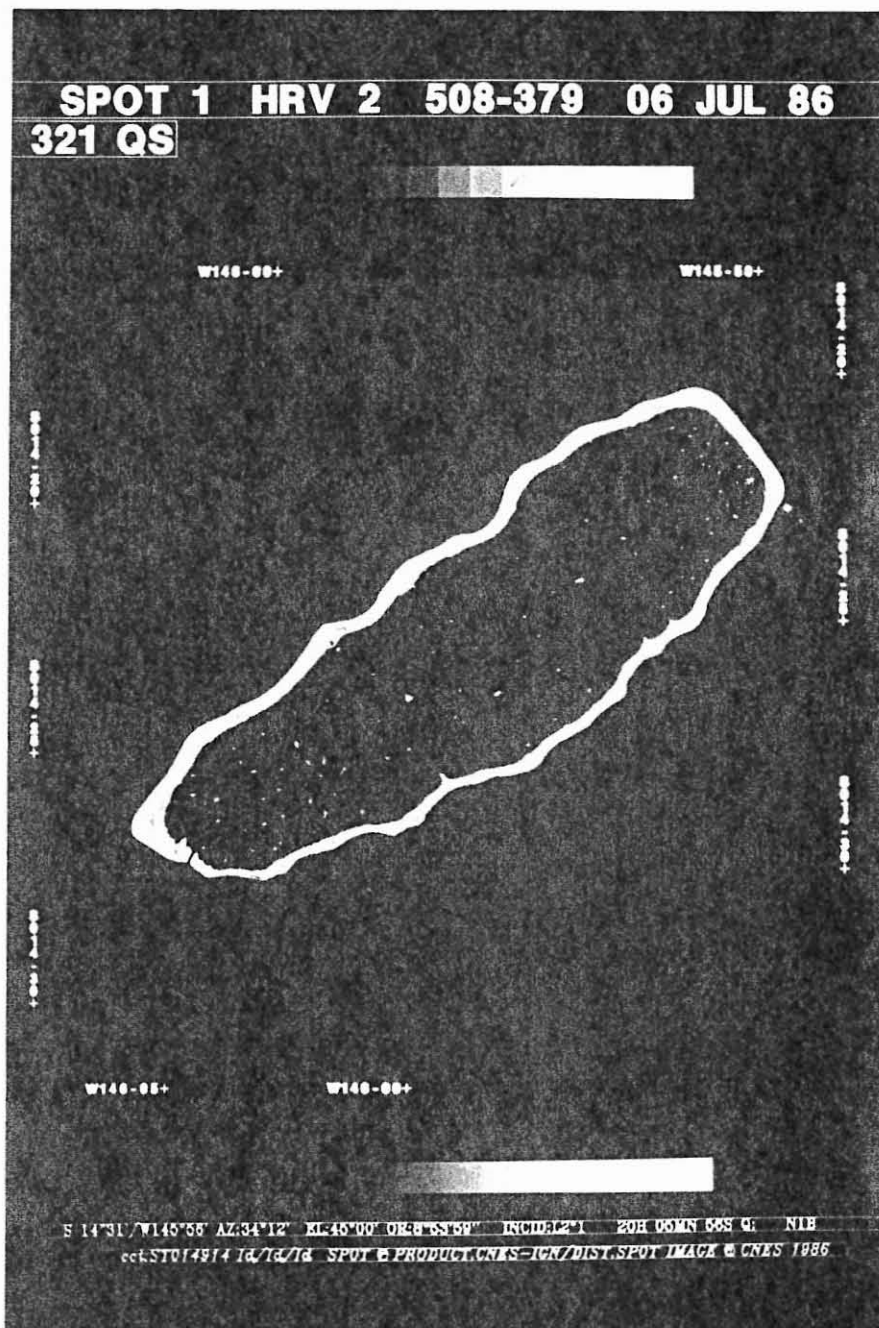


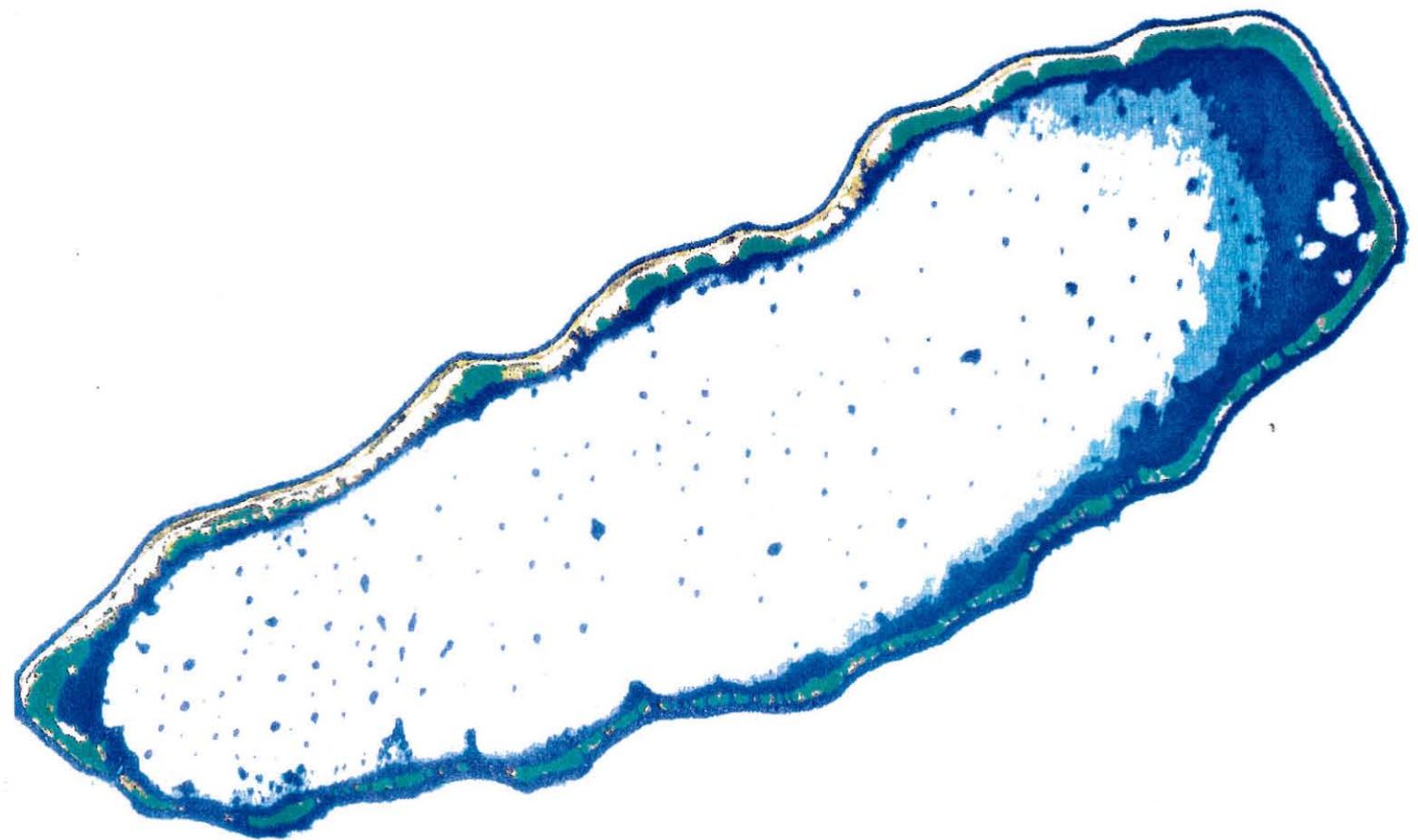
Figure 1 : Localisation de l'archipel des Tuamotu-Gambier.



**Figure 2 :** Atolls de Manihi et de Ahe.  
Carte hydrographique SHOM n°6110  
Echelle de l'original 1/175.000.  
Levés de 1947.



**Figure 3 :** Atoll de Manihi.  
Données SPOT de base de niveau 1B acquises le 6  
juillet 1986  
(C) CNES/dist SPOT IMAGE.



## MANIHI

Echelle : 1/112000

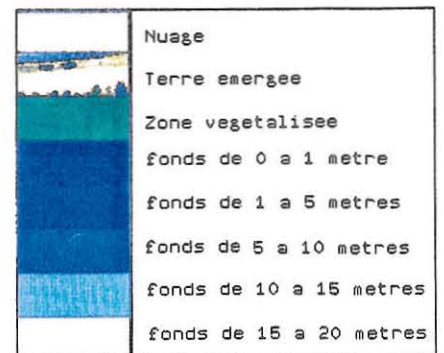
Image SPOT XS du 06/07/86

Projection UTM : fuseau 6

Rectification par logiciel SYRIAC du SHOM

Copyrights CNES/DIST SPOT IMAGE 1986, C. S.P.T 1991

Produit conçu et réalisé par la STATION POLYNÉSIENNE de TELEDETECTION



**Figure 4 :** Atoll de Manihi : résultat de la composition des zones végétation, sols nus et bathymétrie après traitement des données SPOT.

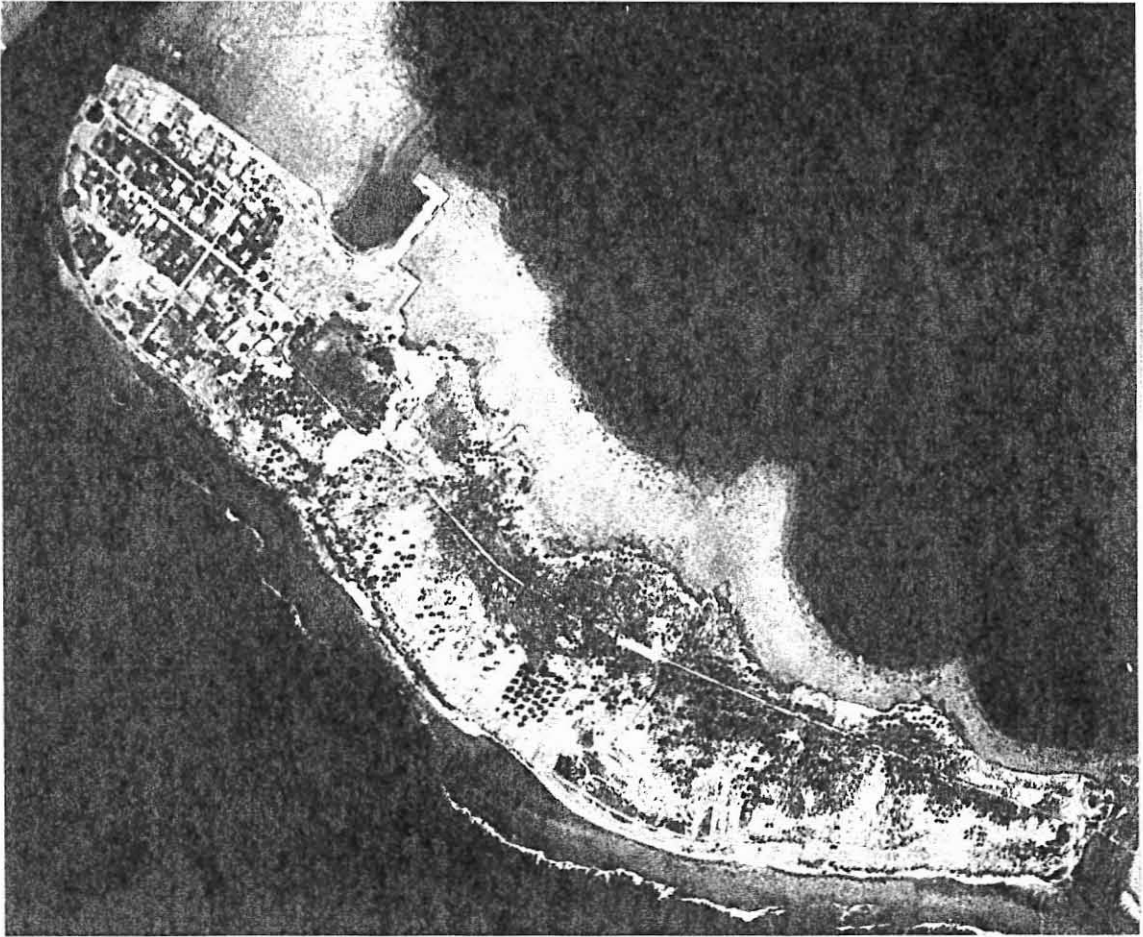


Figure 5 : Photographie aérienne noir et blanc de Paeua, village principal de l'île de Manihi, acquise par le SAU en 1984.

Figure 6 : Représentation finale de la spatiocarte à norme  
Pacifique.

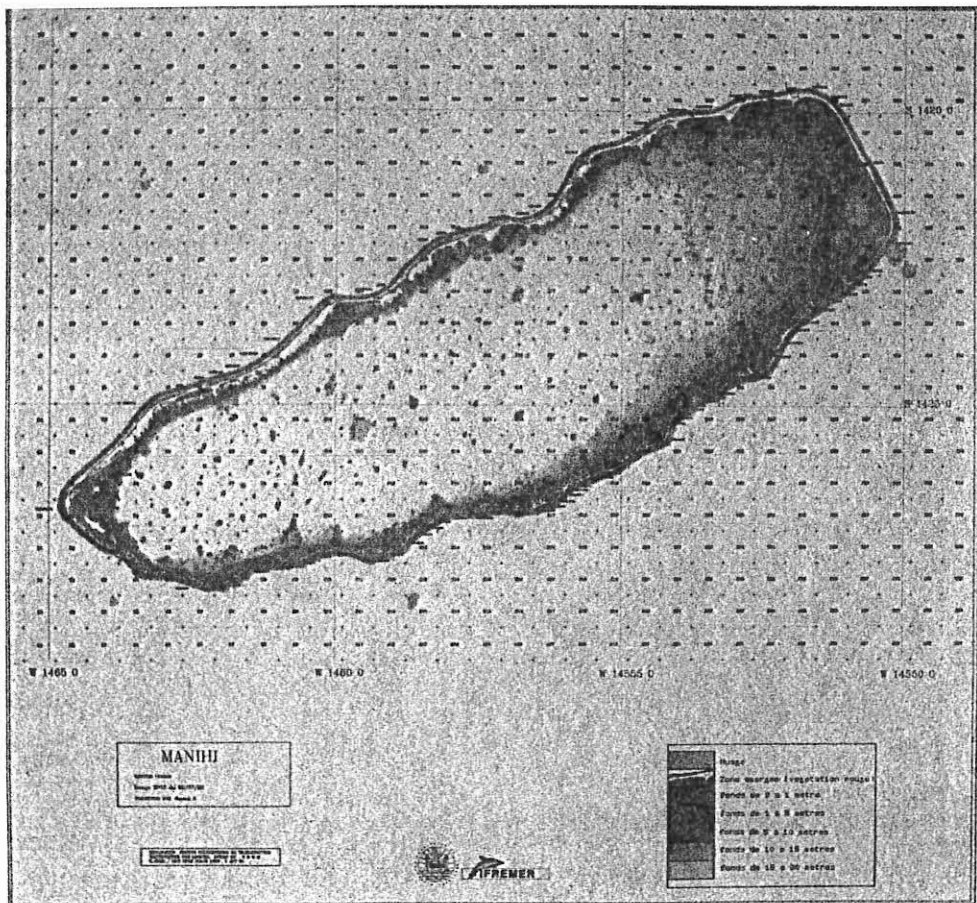
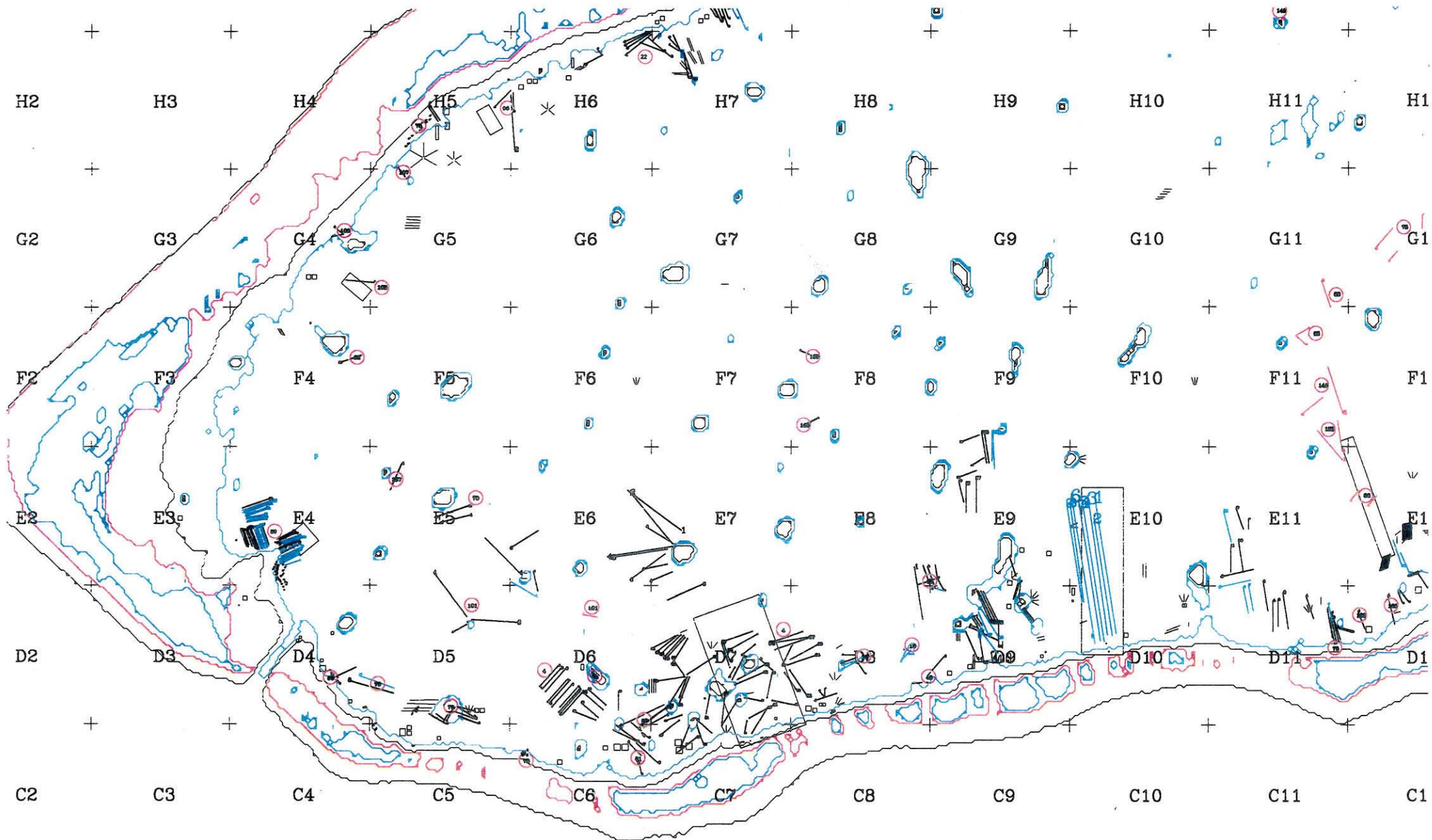


Figure 7 : Spatiocarte dite "concessions maritimes".  
 (reproduction noir et blanc, échelle de l'original  
 1/50.000)



**Figure 8 :** Atoll de Manihi. Représentation, dans le SIG SIGMA Poe Rava, des structures perlicoles en place, (collectage, élevage et greffe) de l'espace occupé, des demandes et attributions de concessions. Extrait de la partie Ouest de l'île.





**Figure 9 :** Atoll de Tetiaroa. Représentation en trois dimensions du modèle bathymétrique du lagon de l'atoll vu depuis le Nord Est; les "motu" sont en noir, la mer profonde ( $z > 28$  m.) en bleu.

