

Simulation SPOT-GDTA XS1, XS2  
Mission NC axe 22 TETEMBIA 17/12/1983 (10 h 15)  
Echelle 1:25 000  $\lambda$  0,50-0,68  $\mu$ m  
Carte 1:59 600 SHOM-NC Feuille 6687

W. BOUR, P. RUAL  
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Nouméa (Nouvelle-Calédonie) et Brest (France)

G. BELBEOCH, L. LOUBERSAC  
Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, Brest, France

## LA THÉMATIQUE RÉCIFALE PERÇUE PAR LA SIMULATION DES DONNÉES DU FUTUR SATELLITE SPOT (TÉTEMBIA, NOUVELLE-CALÉDONIE)

Le littoral de la Grande-Terre (Nouvelle-Calédonie) est séparé de l'Océan Pacifique par une succession de récifs-barrières isolant un vaste lagon dépassant 1 500 km de long et dont la largeur peut atteindre 40 km. Les formations récifales de ce lagon ont créé une grande variété de biotopes, généralement colonisés par un ensemble d'espèces (animales ou végétales) qui leur sont inféodées.

Le biotope des trocas (*Trochus niloticus*) se rencontre sur la plupart de ces formations. Les trocas vivent en eau peu profonde, sur les platiers coralliens formés de dalles massives de coraux morts entaillées d'anfractuosités et parsemées de gros débris. Ces coquillages sont recherchés pour leur nacre de qualité. L'évaluation de leur stock, donc de la surface occupée par le milieu favorable à cette ressource, exige une méthode permettant d'isoler, dans une cartographie thématique de milieux récifaux, celui qui, potentiellement, comprendra la quasi-totalité des individus de la population. Un échantillonnage sur le terrain, par quadrats ou transects, servira à l'évaluation de la densité de la ressource. Relié à la surface totale du biotope, il permettra l'évaluation de la biomasse ou de la fraction exploitable de cette ressource.

Plusieurs images simulées des données qui seront obtenues par le satellite SPOT ont été réalisées en Nouvelle-Calédonie en décembre 1983. On analysera ici seulement l'image sud du récif-barrière de Tétémbia, situé dans le lagon sud-ouest (composition colorée XS1, XS2, XS3, fig. 1a, p. 19).

### MÉTHODOLOGIE

Le comportement des bandes spectrales XS1, XS2, XS3 ou XP varie selon chacune des zones observées. Ces différences sont utilisées pour isoler les divers faciès du récif et les cartographier.

Le canal panchromatique XP de résolution 10 m fournit les détails morphologiques. Les canaux XS1 et XS2, dont les longueurs d'onde dans le vert (XS1) et le rouge (XS2) pénètrent plus ou moins dans l'eau, sont utilisés ensemble pour différencier les faciès sous-marins entre 0 et - 5 m. Au-delà, seul XS1 permet de discriminer les types de fond.

En raison de la corrélation relativement importante entre XS1 et XS2 ( $r = 0,6$ , 250 000 pixels), une analyse en composantes principales voit l'axe n° 1 emporter 90 % de la variance totale, ce qui n'est pas favorable à une classification thématique. Mais la structure en « boomerang » de l'histogramme bidimensionnel construit à partir de XS1 et XS2 (fig. 1b) montre qu'une représentation en coordonnées polaires (fig. 1c) dans le plan de l'histogramme permet de mieux répartir l'information que la représentation en coordonnées cartésiennes (XS1, XS2). En effet, d'une part la distance à l'origine est directement liée à la bathymétrie, en raison de la variation de l'absorption du rayonnement lumineux avec l'épaisseur d'eau traversée, d'autre part l'angle polaire permet de différencier les deux grands types de milieux : les fonds durs de couleur brune plus proches du canal rouge (XS2) et les fonds meubles de couleur bleu-vert proches du canal vert (XS1).

On a donc créé deux pseudo-canaux en combinant les deux images d'origine : rayon :  $\sqrt{(XS1)^2 + (XS2)^2}$ , angle :  $\arctg(XS2)/(XS1)$ . Le calcul de la corrélation entre les deux images obtenues n'est plus que de  $r = 0,2$  pour 250 000 pixels.

En raison de la décorrélation obtenue, il est possible, par seuillages simples des valeurs sur les deux pseudo-canaux, de définir 5 classes de pixels (fig. 2, p. 21), et de calculer la surface de ces classes. Par la suite, on isole les pixels de la classe reconnue comme « platier corallien » correspondant à la zone faiblement immergée (0-2 m), que l'on classe après analyse en composantes principales. On identifie alors 5 nouvelles classes et leurs surfaces (fig. 3, p. 21).

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

N° : B 26578  
Cote : ex 1. M

## INTERPRÉTATION

La première carte (fig. 2) a été réalisée sans connaissance détaillée préalable du récif Tétémbia. Les vérifications sur le terrain suscitant les observations suivantes :

- le traitement a séparé de façon satisfaisante les thèmes fonds meubles et fonds durs ;
- les fonds durs peu immergés (0-2 m), (thème coloré en rouge), ont effectivement une structure semblable sur le platier externe et sur le platier réticulé interne : dalles massives plus ou moins recouvertes de débris et parsemées de taches de coraux branchus (*Acropora*), plus denses vers la périphérie ;
- les coraux vivants aussi ont été bien identifiés (jaune et orangé). Ils constituent la partie supérieure de la zone à éperons-sillons de la pente externe, mais également la base du platier réticulé. (L'observation de la photo aérienne IGN panchromatique montrerait bien que cette partie sud du récif constitue un vaste chenal de marée). Cette circulation a détruit l'extrémité du platier réticulé dont il ne reste que quelques grosses « patates »-témoins. Il est compréhensible que le mouvement important de l'eau dans cette zone favorise la croissance des coraux, d'où la présence de pixels jaunes (corail vivant) à l'extrémité du platier réticulé et autour des témoins ;
- les fonds meubles ont été séparés en deux thèmes (vert et bleu). (L'examen de la photo IGN montrerait l'influence de la bathymétrie sur ce partage, leurs structures étant semblables). Ils sont constitués de sable très blanc, sans herbier, plus ou moins criblés de taches d'*Acropora*. Le mouvement des eaux a surcreusé le sédiment entre les deux plus gros pâtés coralliens. Ce petit chenal a été correctement identifié par le traitement.

Une deuxième partition de l'image (fig. 3) peut être faite sur l'histogramme des seuls fonds durs. Elle montre 5 thèmes bionomiques qui, confrontés aux données de terrain, appellent les remarques suivantes :

- la bordure externe du récif-barrière (en rouge (1), différent du thème général rouge de la carte précédente), correspond à un platier de madréporaires branchus de petite taille mais de haute densité (bourrelets), très faiblement immergés à marée basse, donc apportant une réponse élevée dans le rouge ;
- le corail vivant est également représenté par le vert et le brun. Le vert (2) identifie bien le platier interne composé de pâtés dispersés de coraux branchus ; le brun (5) correspond aux parties restées vivantes en bordure du platier réticulé. La bathymétrie ne semble pas en cause pour la distinction de ces deux zones, mais plutôt la densité des pâtés coralliens ;
- le platier récifal [jaune (3) et bleu (4)] a la structure classique en dalles, plus ou moins caverneuse et recouverte de débris grossiers de coraux branchus. Le bleu correspond à la partie la moins immergée de ce platier ; sa forte réflectance est encore augmentée par la présence de débris fins et de sable blanc. C'est le biotope favorable au développement des trocas.

## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ces premiers traitements sont encourageants ; en effet ils discriminent bien différents milieux en lissant des détails de composition faunistique, démontrant ainsi tout l'intérêt des données satellitaires à haute résolution pour la cartographie et la planimétrie des surfaces des biotopes. Le milieu récifal, faiblement immergé, présente l'avantage, par rapport aux milieux terrestres, d'avoir une faible corrélation entre les bandes spectrales XS1 et XS2, du fait même de la couche d'eau qui sert de filtre au canal rouge ; par ailleurs le corail vivant a une signature élevée dans ce canal. Ces raisons, parmi d'autres, expliquent les bons résultats obtenus avec seulement deux canaux.

## RÉFÉRENCES

- [1] Loubersac (L.), — 1983. Coastal zone inventory by high resolution satellite. Remote sensing : *Proc. Alpbach Summer School July 27 - August 5*. ESA SP 205, August. 83, pp. 87-94.
- [2] Loubersac (L.), — 1984. Study of intertidal zones using simulated SPOT data. Inventorying of Aquaculture sites in the intertropical zone. *XXVth plenary Meeting of the Committee on Space Research*. Workshop n° II, session II, 2. Graz, Austria (June 25 - July 7).

## REEF PATTERNS DETECTED BY SIMULATION OF DATA FROM THE FUTURE SPOT SATELLITE (TETEMBIA, NEW CALEDONIA)

The coast of New Caledonia is separated from the Coral Sea by a succession of barrier reefs marking off a vast lagoon more than 1500 km long and sometimes as much as 40 km wide. The reef formations in the lagoon have created a great variety of biotopes which are generally colonized by a set of species (animal and/or vegetal) that coexist with each other.

The trochus biotope (*Trochus niloticus*) is found on most of these formations. The Trochidae live in shallow water, on coral reef flats made up of massive slabs of dead corals studded with gashes and littered with large debris. These gastropods are prized for their high-quality mother-of-pearl. An assessment of the population, hence of the area covered by the environment favorable to their presence, requires a method capable of singling out, in a thematic mapping of reef environments, the one that will potentially contain almost all of the individuals making up the population. A sampling in the field by quadrates or transects will be used to assess the density of the population. When compared to the total area of the biotope, this sampling will be scaled up to assess the biomass or the exploitable fraction of this population.

Several simulated images of data that will be obtained by the SPOT satellite were compiled in New Caledonia in December 1983. We will analyze here only the southern image of the Tetembia barrier reef situated in the south-western part of the lagoon (Fig. 1a, color composition XS1, XS2, XS3).

### METHODOLOGY

The behavior of spectral bands XS1, XS2, XS3 or XP varies with each of the zones observed. These differences are used to single out the different facies of the reef and to map them.

The XP panchromatic channel with a 10 m resolution provides morphological details. Channels XS1 and XS2, having wavelengths in the green (XS1) and red (XS2), penetrate somewhat into the water and are generally used to differentiate subsea facies between the surface and 5 m depth. At greater depths, only XS1 is capable of discriminating different types of seabeds.

Because of the relatively extensive correlation between XS1 and XS2 ( $r = 0.6$ , 250 000 pixels), a principal-components analysis shows that axis No. 1 involves 90 % of the total variance, which is not favorable to making a thematic classification. But the boomerang-shaped structure of the two-dimensional histogram composed from XS1 and XS2 (Fig. 1b) shows that a representation in polar coordinates (Fig. 1c) in the plane of the histogram breaks down the information better than the representation in Cartesian coordinates (XS1, XS2). Actually, the distance from origin is linked directly to the bathymetry because of the variation in the absorption of light radiation with the thickness of water crossed through. Likewise, the polar angle can be used to differentiate the two major types of environment, i.e. the hard seabeds with a brown color closer to the red channel (XS2), and the loose seabeds with a blue-green color close to the green channel (XS1).

Two pseudochannels were thus created by combining the two original images:  $\text{radius} = \sqrt{(XS1)^2 + (XS2)^2}$ ,  $\text{angle} = \arctan(XS2/XS1)$ . The calculation of the correlation between the two images obtained is then merely  $r = 0.2$  for 250 000 pixels.

Because of the decorrelation obtained, by simple thresholdings of the values in the two pseudochannels, it is possible to define 5 classes of pixels (Fig. 2, p. 21) and to calculate the areas of these classes. Then the pixels are singled out from the class recognized as a "coral reef flat" corresponding to the shallowly submerged zone (0 to 2 m), which is classified after a principal-components analysis. Then 5 new classes and their areas are identified (Fig. 3, p. 21).

### INTERPRETATION

The first map (Fig. 2) was compiled without any prior detailed knowledge of the Tetembia reef. Field checks give rise to the following observations:

- Processing has made a satisfactory distinction between loose and hard seabeds.

## TEMÁTICA ARRECIFAL PERCIBIDA POR LA SIMULACIÓN DE DATOS DEL FUTURO SATÉLITE SPOT (TETEMBIA, NUEVA CALEDONIA)

El litoral de Nueva Caledonia está separado del Mar del Coral por una sucesión de arrecifes que forman barreras y que aislan una ancha laguna que sobrepasa los 1500 km de longitud y cuya anchura puede alcanzar los 40 km. Las formaciones de arrecifes de esa laguna han creado una amplia variedad de biotopos, generalmente colonizados por un conjunto de especies (animales o vegetales), de los cuales depende.

El biotopo de las trocas (*Trochus niloticus*) se encuentra en la mayor parte de esas formaciones. Las trocas viven en aguas superficiales en las llanuras de coral formadas por placas masivas de corales muertos, entalladas por cavidades y salpicadas de residuos voluminosos. Estas conchas tienen gran interés debido a la calidad de su nácar. La evaluación de sus reservas y por consiguiente de la superficie ocupada por el medio favorable a este recurso, requiere aplicar un método que permita aislar, en una cartografía temática de medios arrecifales, aquél que abarcará potencialmente a la inmensa mayoría de los individuos de la población. Un muestreo sobre el terreno por cuadrados y cruceros servirá para evaluar la densidad del recurso. Al relacionarlos con la superficie total del biotopo, ello posibilitará la evaluación de la biomasa o de la fracción explotable de dicho recurso.

Algunas de las imágenes de simulación de datos que se obtendrán por medio del satélite SPOT se han obtenido en Nueva Caledonia en diciembre de 1983. Únicamente aquí se analizará la imagen sur de la barrera arrecifal de Tetembia, situada en la laguna suroeste, (fig. 1a, composición coloreada XS1, XS2, XS3).

### METODOLOGÍA

El comportamiento de las bandas espectrales XS1, XS2, XS3 o XP varía según cada una de las zonas observadas. Tales diferencias se utilizan para aislar los diversos facies del arrecife y cartografiarlos.

La banda pancromática XP (resolución 10 m) da los detalles morfológicos. Se utilizan mezcladas las bandas XS1 y XS2 cuya longitud de onda en el verde (XS1) y el rojo (XS2) penetran más o menos en agua, para distinguir los facies submarinos entre 0 y -5 m. Más allá únicamente el XS1 permite distinguir los tipos de fondo.

Debido a la correlación relativamente importante entre XS1 y XS2 ( $r = 0,6$ , 250 000 pixels), un análisis de las principales componentes muestra cómo el eje nº 1 se queda con el 90 % de la variancia total, cosa que no es favorable para una clasificación temática. Pero la estructura en "boomerang" del histograma bidimensional construido a partir de XS1 y XS2 (fig. 1b) muestra que una representación en coordenadas polares (fig. 1c) en el plano del histograma, permite repartir de mejor modo la información que cuando se utiliza un sistema de coordenadas cartesianas (XS1, XS2). Efectivamente, en primer lugar, la distancia hasta el origen está directamente relacionada con la batimetría, debido a la variación de la absorción de la radiación luminosa en función del espesor de agua atravesada; en segundo lugar el ángulo polar permite diferenciar los dos grandes tipos de fondos: los fondos duros de color pardo más cercanos del canal rojo (XS2) y los fondos muelles de color azul-verdoso próximos al canal verde (XS1).

Cambiando las dos imágenes de origen se han creado pues dos pseudocanales:  $\text{radio} = \sqrt{(XS1)^2 + (XS2)^2}$ ,  $\text{ángulo} = \arctan(XS2/XS1)$ . El cálculo de la correlación entre las dos imágenes obtenidas únicamente representa  $r = 0,2$  para 250 000 pixels.

Por causa de la decorrelación obtenida, es posible, por el sistema de umbrales simples de los valores en los dos pseudocanales, definir 5 clases de pixels (fig. 2, p. 21), y calcular la superficie de estas clases. A continuación, se aislan los pixels de la clase reconocida como llanura coralina que corresponde a la zona escasamente sumergida, (0,2 m), después de un análisis en componentes principales. Se identifican así 5 nuevas clases y sus superficies, (fig. 3, p. 21).

### INTERPRETACIÓN

El primer mapa (fig. 2) se ha realizado sin conocimiento detallado preliminar del arrecife de Tetembia. Las verificaciones sobre el terreno dan lugar a las observaciones siguientes:

- The shallow hard seabeds (0 to 2 m, red) effectively have a similar structure on the outer reef flat and on the inner reticulated reef flat. They are massive slabs more or less covered with debris and studded with patches of branched corals (*Acropora*) which are denser toward the periphery.

- Living corals were also clearly identified (yellow and orange). They make up the upper part of the spur-furrow zone on the outer slope as well as the base of the reticulated reef flat. (Observation of the IGN panchromatic photo would clearly show that this southern part of the reef forms a large tidal channel). This circulation has destroyed the end of the reticulated reef flat, only a few large outlier "spuds" of which remain. It is understandable that the extensive movement of water in this zone favors coral growth, hence the presence of yellow pixels (living coral) at the end of the branched reef flat and around the outliers.

- The loose seabeds have been separated into two units (green and blue). (An examination of the IGN photo would show the influence of the bathymetry on this separation because their structures are similar). They are composed of very white sand without any community of water plants, and they are more or less riddled with patches of *Acropora*. The movement of the water has gouged into the sediments between the two largest coral blocks. This small channel was correctly identified by the processing.

A second division of the image (Fig. 3) can be made from the histogram of the hard seabeds. It shows 5 bionomic themes that, when compared to the field data, give rise to the following remarks :

- The outside edge of the barrier reef (in red (1), although different from the general red theme of the preceding map) corresponds to a reef flat of branched *Madreporaria* that are small in size but very dense (folds) and that are in very shallow water at low tide, and hence have a high response in the red.

- The living coral is also represented by green and brown. The green (2) clearly identifies the inner reef flat made up of scattered blocks of branched corals. The brown (5) corresponds to the parts still living on the edge of the reticulated reef flat. The bathymetry does not seem to be involved in the distinction between these two zones, but rather the density of the coral blocks.

- The reef flat (yellow (3) and blue (4)) has the standard slablike structure and is more or less cavernous and covered with coarse debris of branched corals. The blue corresponds to the least submerged part of this reef flat. Its strong reflectance is increased even further by the presence of fine debris and white sand. This biotope is favorable to the proliferation of *Trochidae*.

#### CONCLUSIONS AND PROSPECTS

These initial processing attempts are encouraging. Indeed, they clearly discriminate the different environments while smoothing the details of faunistic composition, thus showing all the importance of high-resolution satellite data for the cartography and planimetry of biotope areas. This shallowly submerged reef environment has the advantage, when compared to onshore environments, of having a weak correlation between spectral bands XS1 and XS2 precisely because of the layer of water which acts as a filter for the red channel. Likewise, living coral has a high signature in this channel. These reasons, among others, explain the good results obtained with only two channels.

REFERENCES : see the French text.

- El procesamiento ha separado de forma satisfactoria los temas de fondos muebles y fondos duros.

- Los fondos duros poco sumergidos (0,2 m, rojo) tienen efectivamente una estructura semejante en la llanura externa y en la llanura reticulada interna : placas masivas más o menos recubiertas de restos y salpicadas de corales *branchus* (*Acropora*), más densos hacia la periferia.

- Los corales vivos se han identificado también (amarillo y naranja). Constituyen la parte superior de la zona de espolones-surcos de la pendiente externa, pero también de la llanura reticulada. (La observación de la foto aérea IGN pancromática demuestra perfectamente que esta parte sur del arrecife constituye un amplio canal de marea). Esta circulación ha destruido el extremo de la llanura de la cual únicamente subsisten algunas gruesas protuberancias-testigo. Es comprensible que el movimiento importante del agua en esta zona favorezca el desarrollo de corales, de lo cual se deriva la presencia de píxeles amarillos (coral vivo) en el extremo de la llanura reticulada, y alrededor de los testigos.

- Los fondos muebles se han separado en dos temas, (verde y azul). (El examen de la foto IGN parece demostrar la influencia de la batimetría en esta división, dado que ambas estructuras son semejantes). Están constituidas por arena muy blanca, sin hierbas, más o menos salpicadas con manchas de *Acropora*. El movimiento de las aguas ha profundizado de forma importante, entre las dos grandes concentraciones coralinas. Ese pequeño canal se ha identificado perfectamente por el procesamiento.

Se puede efectuar una segunda división de la imagen (fig. 3) por medio del histograma de los fondos duros únicamente. Muestra 5 temas bionómicos que si se les compara con los datos de terreno, hacen surgir las observaciones siguientes :

- El reborde externo del arrecife-barrera (en rojo, (1) diferente del tema general rojo del mapa precedente), corresponde a una llanura de *branchus* madreporicos de pequeñas dimensiones pero de densidad elevada que se encuentra sumergido muy escasamente en el momento de la marea baja, y que, por consiguiente, proporcionan una respuesta de señal muy acusada en el rojo.

- El coral vivo se encuentra representado también por el verde y el marrón. El verde (2) identifica bien la llanura interna compuesta de concentraciones dispersas de corales *branchus* ; el pardo (5) corresponde a las partes aún vivas que quedan en el reborde de la llanura reticulada. No es la batimetría la que parece puesta en tela de juicio en cuanto a la distinción de estas dos zonas, sino más bien la densidad de las concentraciones coralíferas.

- La llanura arrecifal (amarillo (3) y azul (4)) presenta la estructura convencional en placas, más o menos cavernosa y recubierta de restos bastos de corales *branchus*. El azul corresponde a la parte menos sumergida de la llanura ; su fuerte reflectancia queda incrementada aún más por la presencia de restos finos y de arena blanca. Se trata del biotopo favorable para el desarrollo de las trocas.

#### CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Estos primeros procesamientos son alentadores. Efectivamente separan bien medios distintos, revelando detalles de la fauna que los componen respectivamente, y mostrando de esta manera todo el interés de los datos de satélite de elevada resolución para la cartografía y la planimetría de las superficies de los biotopos. El medio arrecifal, escasamente sumergido, presenta la ventaja si se le compara con los medios terrestres, de guardar una escasa correlación entre las bandas espectrales XS1 y XS2, debido a la capa de agua que sirve de filtro a dicho canal. Por otra parte, el coral vivo posee una identificación muy acusada en ese canal. Entre otras, estas razones permiten explicar los correctos resultados obtenidos únicamente con dos canales.

REFERENCIAS : ver el texto Francés.



Fig. 1a - simulation SPOT/GDTA

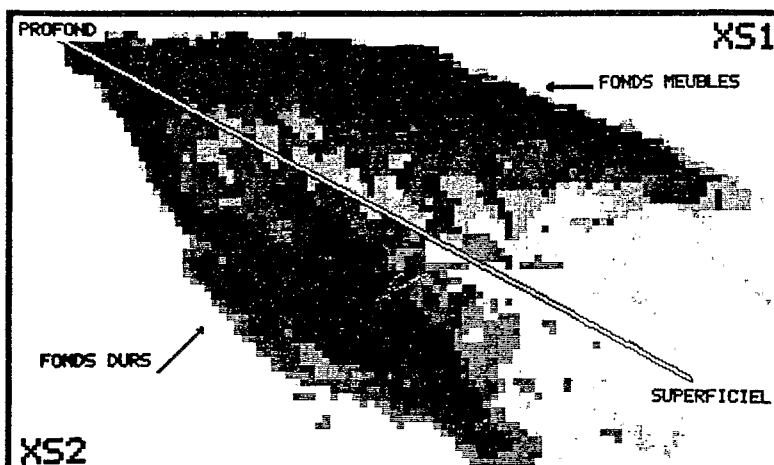


Fig. 1b - HBD coordonnées cartésiennes

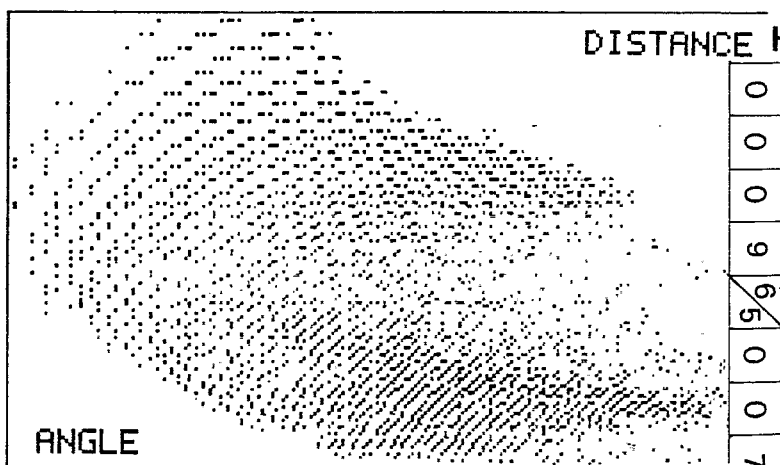


Fig. 1c - HBD coordonnées polaires



Fig. 2 - sim. SPOT/GDTA - trait. IFREMER



Fig. 3 - sim. SPOT/GDTA - trait. IFREMER

- PLATIER CORALLIEN (0-2M )
- CORAIL VIVANT DE PENTE (<<5M)
- CORAIL VIVANT DE PENTE (>5M)
- FONDS MEUBLES (<<5M)
- FONDS MEUBLES (>5M)

- 1 PLATIER ALGAL
- 2 CORAIL VIVANT SUP.
- 3 DALLE CAVERNEUSE
- 4 PLATIER EXONDABLE
- 5 CORAIL VIVANT INF.

H  
0  
0  
0  
0  
0  
6  
4  
8  
4  
7  
5