

**REEF THEMATIC MAPS VIEWED THROUGH SIMULATED DATA
FROM THE FUTURE SPOT SATELLITE
APPLICATION TO THE BIOTOP OF TOPSHELL (*TROCHUS NILOTICUS*)
ON THE TETEMBIA REEF (New Caledonia)**

**LA THEMATIQUE RECIFALE PERÇUE
PAR LA SIMULATION DES DONNEES DU FUTUR SATELLITE SPOT
APPLICATION AU BIOTOPE A TROCAS (*TROCHUS NILOTICUS*)
DU RECIF TETEMBIA (Nouvelle-Calédonie)**

W. BOUR

Centre ORSTOM de Nouméa B.P. A5, NOUMEA, NOUVELLE CALEDONIE

L. LOUBERSAC

IFREMER Centre de Brest B.P. 337, 29273 BREST CEDEX, FRANCE

P. RUAL

Antenne ORSTOM du Centre de Brest, BREST, FRANCE

ABSTRACT

The exploitation of the nacreous topshell (*Trochus niloticus*) resource is important for South Pacific islands (2000 tons were harvested in New Caledonia, in 1978). The knowledge of the exploitable stock depends, in particular, on a good estimate of the surface area occupied by this species (hard bottom of dead coral).

The difficulty of access and the extension of this area in New Caledonia increases the value of the use of synoptic methods. From this point of view, high resolution remote sensing appears to provide a suitable mean. Simulated images from the future French satellite SPOT were put into effect on New Caledonia in December 1983. This paper deals with the method used to process the digital high resolution SPOT images. Results are presented in the form of thematic maps of the main reef environment types with their respective surface.

Among hard reef grounds, topshell environment is finely analyzed, and identified areas are compared with ground truth observations and aerial photographic interpretations.

In conclusion, the usefulness of high resolution SPOT images is confirmed in the topics of thematic cartography and evaluation of shallow reef living resources.

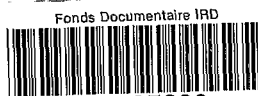
RESUME

L'exploitation de la nacre des trocas (*Trochus niloticus*) est une ressource importante pour les îles du Pacifique sud (2000 tonnes pêchées en Nouvelle-Calédonie en 1978). La connaissance du stock exportable passe, en particulier, par une bonne estimation de la surface du milieu qu'occupe cette espèce (fonds durs de coraux dégradés).

La difficulté d'accès et l'importance de la surface de ce milieu en Nouvelle-Calédonie, suscitent la mise en oeuvre de méthodes synoptiques. De ce point de vue, la télédétection haute résolution paraît un moyen adapté. Une simulation d'images du futur satellite français SPOT a été réalisée en Nouvelle-Calédonie en Décembre 1983. Dans la présente communication, on décrit une méthodologie d'exploitation des images numériques haute résolution ; on présente les résultats sous forme d'une carte thématique des grands faciès des récifs et de leur surface respective.

Parmi les fonds durs, le biotope à trocas a été particulièrement analysé et les zones identifiées ont été confrontées à une vérité terrain et à l'interprétation de photographies aériennes.

En conclusion, on argumente l'utilisation de l'image numérique haute résolution de SPOT comme moyen privilégié d'investigation pour l'observation, la cartographie et l'estimation des ressources de faciès récifaux peu profonds.



Introduction

Le littoral de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie est séparé du domaine océanique par une succession de récifs barrières isolant un vaste lagon dépassant 1500 km en longueur et dont la largeur peut atteindre 40 km.

Comme la plupart des îles océaniques, la Nouvelle-Calédonie exploite et cherche à mieux connaître les ressources benthiques présentes dans ce vaste ensemble corallien.

Les formations récifales du lagon ont créé une grande variété de biotopes, généralement colonisés par un ensemble d'espèces (animales ou végétales) qui leur sont inféodés. Il est donc indispensable, pour l'évaluation d'une ressource biologique donnée, de connaître la surface occupée par le milieu favorable à cette ressource; ceci exige une méthode permettant d'isoler, dans une cartographie bionomique de milieux récifaux, celui qui, potentiellement, comprendra la quasi-totalité des individus de la population. Un échantillonnage, par quadrats ou transects, effectué sur le terrain fournira des éléments de densité de la ressource qui, reliés à la surface totale du biotope, permettra l'évaluation de la biomasse ou de la fraction exploitable de cette ressource.

Les méthodes classiques de cartographie bionomique s'appuient sur l'examen de photos aériennes, de cartes marines et sur les observations effectuées en plongée sous-marine, selon un plan d'échantillonnage adapté au milieu étudié. Ces méthodes sont généralement efficaces pour des zones de quelques hectares; il en est autrement pour des zones couvrant plusieurs dizaines de kilomètres carrés. Ou bien le plan d'échantillonnage sur le terrain devient gigantesque et l'on se heurte à toutes sortes de difficultés techniques et financières ou alors l'interpolation et l'extrapolation des résultats entachent les estimations des surfaces (donc des biomasses) d'erreurs non négligeables. Un problème de cet ordre se posait pour l'évaluation du stock de trocas en Nouvelle-Calédonie.

1 - LE TROCA DE NOUVELLE-CALEDONIE ESTIMATION DE L'AIRES OCCUPEE PAR SON BIOTOPE

1.1.- Une ressource exportable

Les trocas (*Trochus niloticus* L.) sont pêchés et exportés depuis le début du siècle pour leurs coquilles dont la nacre de qualité est recherchée pour la boutonnerie de luxe et la joaillerie. C'est une source de revenu importante pour les habitants du littoral calédonien qui n'hésitent pas à parler de "coffre-fort" à propos des trocas qu'ils gardent jalousement devant leur village.

La production a été très irrégulière avant la seconde guerre mondiale, puis a presque disparu au cours de cette période pour repartir en flèche après, jusqu'à ce que cette activité traditionnelle soit délaissée au profit des emplois rémunérateurs offerts par les mines de nickel. La crise de cette industrie a provoqué un regain d'intérêt pour la pêche des trocas. Le stock calédonien, resté en repos pendant près de dix ans, a permis un niveau record de l'exportation en 1978, avec 2.000 tonnes de coquilles envoyées en Europe et en Asie. La Nouvelle-Calédonie aurait fourni le tiers de la production mondiale à cette époque (BOUR et al, 1982).

1.2.- Le biotope des trocas

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. Ce milieu se rencontre sur la plupart des formations récifales du lagon (récif frangeant, récif de lagon et récif barrière). Le milieu fréquenté par les trocas représente donc une vaste fraction des 20 000 Km² du lagon néo-calédonien. La cartographie thématique, obtenue par le traitement d'images des satellites à défilement, est réalisée avec succès sur les milieux terrestres et littoraux depuis plusieurs années. Cette technique méritait d'être essayée sur les milieux benthiques peu immergés que constituent les formations récifales.

2 - PRESENTATION DU SATELLITE SPOT SIMULATION RADIOMETRIQUE EN NOUVELLE-CALEDONIE

Le satellite SPOT sera lancé par la France en octobre 1985, c'est un satellite d'observation de la terre dit de deuxième génération. Ce satellite à défilement est héliosynchrone et passe à la verticale de la Nouvelle-Calédonie tous les 26 jours à 10h.15 heure solaire locale. Sa charge utile est constituée de deux capteurs HRV (Haute Résolution Visible) dont on trouvera dans le tableau 1 les spécifications techniques (Anonyme, 1983).

Les données du satellite SPOT, en raison de sa haute résolution au sol et des possibilités d'acquisition répétitives d'une même scène par visées latérales, se prêtent bien à l'observation des milieux littoraux caractérisés par une forte variabilité spatiale et temporelle (LOUBERSAC, 1983).

Avant le lancement du satellite SPOT, des simulations d'image ont été effectuées. Ces simulations sont effectuées selon la filière radiométrique (LANNELONGUE, 1981), par acquisitions aériennes en haute altitude de données

Tableau 1 : Spécifications techniques du capteur HRV.

	Mode multibande	Mode panchromatique
Bandes spectrales	XS1 0,50 - 0,59 μm XS2 0,61 - 0,69 μm XS3 0,79 - 0,89 μm	XP 0,51 - 0,73 μm
Résolution	20 x 20 m	10 x 10 m
Nb. de pixels/ligne	3000	6000
Longueur d'une ligne	60 km	60 km

à l'aide d'un radiomètre "Daedalus". Par traitement au sol les données sont reformatées pour recréer une radiométrie équivalente à celle des canaux du HRV.

En décembre 1983 était coordonné par le GDTA* une campagne de simulations SPOT sur la Nouvelle-Calédonie. Cette campagne était menée avec le concours de divers organismes, SHOM*, IFREMER, ORSTOM, BRGM*, etc...

Pour la partie littorale trois objectifs principaux étaient visés :

- les études bathymétriques (SHOM)
- la cartographie littorale en vue d'aménagement aquacole (IFREMER) (LOUBERSAC, 1984)
- l'observation des milieux récifaux (IFREMER et ORSTOM) thème général dans lequel s'intègre le présent texte.

La campagne de simulation a compris l'acquisition de données sur 31 axes de vols interceptant les milieux terrestres et lagunaires principalement sur la moitié sud de l'Ile. Le 17 décembre était acquis l'axe n° 22 à 9h.36 (Basse mer, coefficient 0,6) sur le récif Têtembia, partie du grand récif extérieur situé sur la côte ouest au nord de la passe de Uitoé (voir carte de situation).

3 - METHODOLOGIE

La réponse spectrale des zones observées est différente dans chacun des canaux de travail XS1, XS2, XS3 ou XP. On utilise ces différences de comportement pour séparer les uns des autres les différents faciès du récif et par voie de conséquence les cartographier.

Le canal panchromatique (XP) de résolution 10 m fournit les détails morphologiques.

- * GDTA : Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale.
- SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.
- BRGM : Bureau des Recherches Géologiques et Minières.

Les canaux XS1 et XS2, dont les longueurs d'onde verte (XS1) et rouge (XS2) pénètrent plus ou moins profondément dans l'eau, sont utilisés ensemble pour différencier les faciès sous-marin entre 0 et 5 m de profondeur. Au-delà, seul XS1 permet de discriminer les types de fond.

En raison de la corrélation relativement importante des deux canaux XS1 et XS2 ($r=0,6$, 250 000 pixels) une analyse en composantes principales voit l'axe principal 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 des canaux XS1 et XS2 (voir figure n°1) montre qu'une représentation en coordonnées polaires dans le plan de l'histogramme permet de mieux répartir l'information que la représentation en coordonnées cartésiennes (XS1, XS2). En effet :

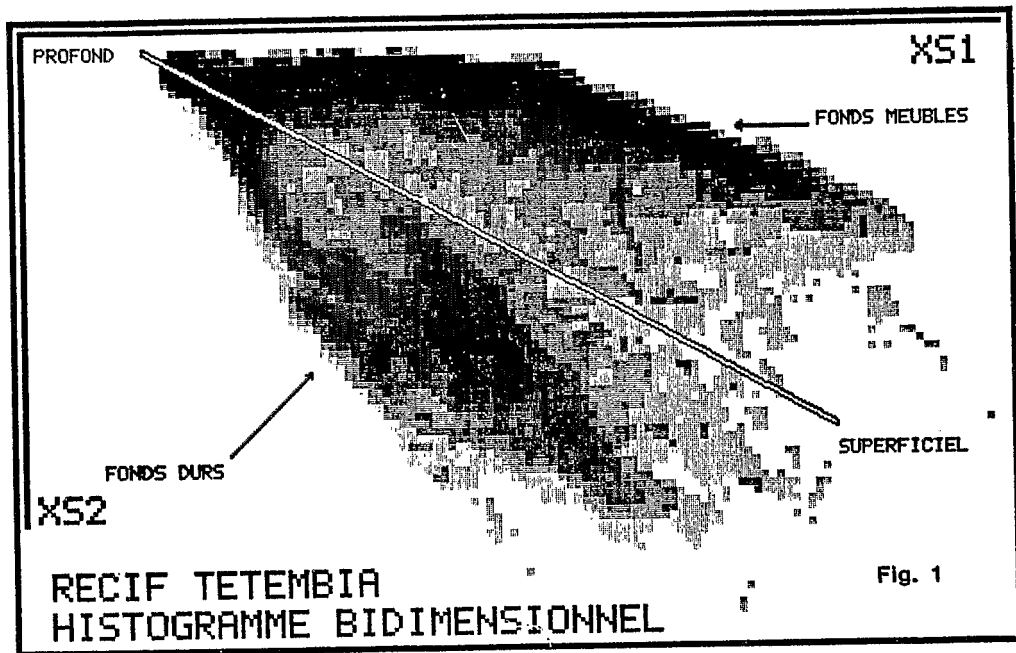
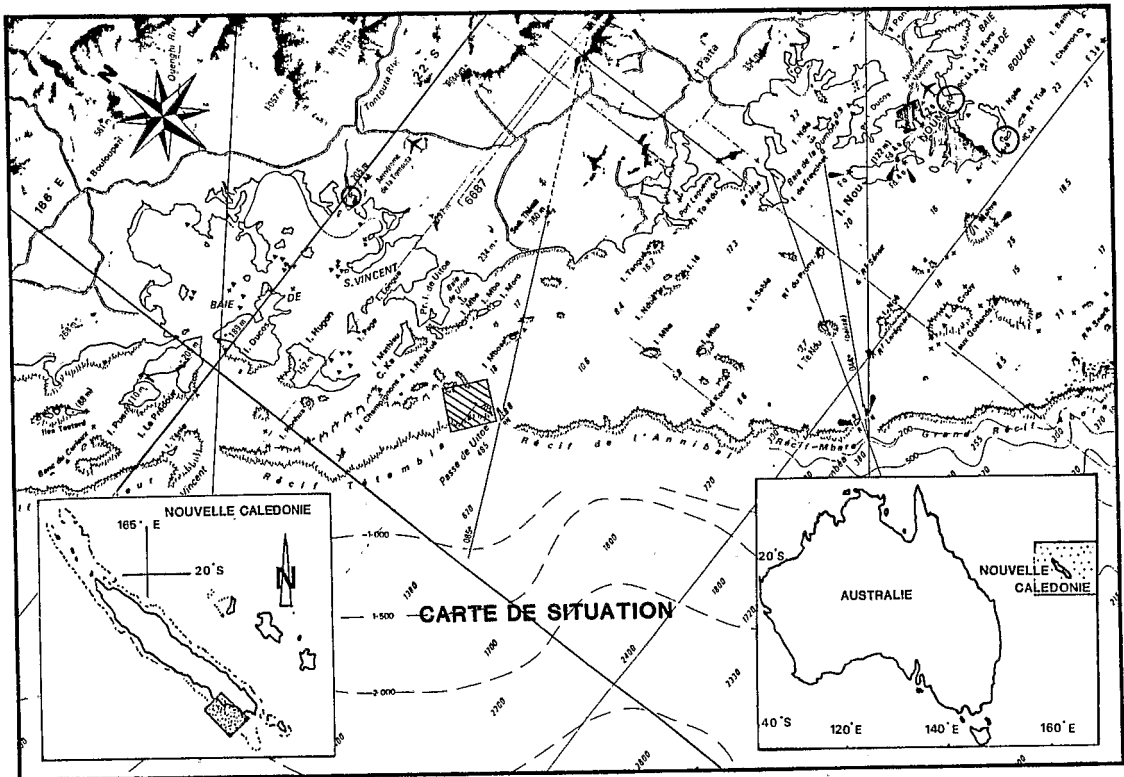
- la distance à l'origine est directement liée à la bathymétrie en raison de l'absorption du rayonnement lumineux avec l'épaisseur d'eau traversée,

- 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 crée donc deux pseudo canaux, en combinant les deux images d'origine :

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{(XS1)^2 + (XS2)^2} \\ \text{Arctg}(XS2/XS1) \end{array} \right.$$

Le calcul de la corrélation entre les deux images obtenues n'est plus que $r=0,2$ pour 250 000 pixels. Une analyse en composantes principales réalisée sur les deux pseudo canaux fournit 60% de la variance totale sur l'axe principal numéro 1 et 40% sur le second.



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 (voir figure n°2, l'histogramme bidimensionnel construit à partir des deux pseudo canaux) et de calculer la surface de ces classes conformément à la figure n°2. 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 conformément à la figure n° 3.

4 - COMMENTAIRES SUR LES CARTES THEMATIQUES CONFRONTEES A LA VERITE-TERRAIN

4.1.- Thèmes généraux (Fig.2)

4.1.1. - Analyse des thèmes

Une première carte, issue du traitement des histogrammes bidimensionnels, a été réalisée sans connaissance détaillée préalable du récif TETEM-BIA. On peut donc admettre qu'une certaine objectivité a présidé à l'élaboration de cette carte.

Les vérifications sur le terrain suscitent 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 1), ont effectivement une structure semblable sur le platier externe et sur le platier réticulé interne : dalles massives plus ou moins recouvertes de débris et parsemés de tâches de coraux branchus (Acropora), plus denses vers la périphérie.

. les coraux vivants ont aussi été bien identifiés (thèmes 2 et 3). 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 de l'IGN* en noir et blanc montre bien que cette partie sud du récif TETEM-BIA constitue un vaste chenal de circulation de l'eau du lagon au cours des marées. Cette circulation a détruit l'extrémité du platier réticulé dont il ne reste que quelques gros pâtés témoins. Il est compréhensible que le mouvement important de l'eau dans cette zone favorise la croissance des coraux à l'extrémité du platier réticulé et autour des pâtés témoins.

. les fonds meubles ont été séparés en deux thèmes (4 et 5). L'examen de la photo IGN montre l'influence de la bathymétrie sur cette division, leurs natures étant semblables. Ils sont constitués de sable très blanc, sans herbier, plus ou moins criblés de tâches d'Acropora. L'hydrodynamisme a surcreusé le sédiment entre les deux plus gros pâtés coralliens. Ce petit chenal a été correctement identifié par le traitement.

* IGN : Institut Géographique National.

4.1.2. - Evaluation des surfaces

Le traitement informatique de l'image fournit le nombre de pixels constituant chaque thème. Connaissant la surface au sol d'un pixel, il est aisé de connaître la surface occupée par chacun des thèmes. Les résultats radiométriques ont été comparés aux surfaces mesurées par planimétrie sur la photo IGN dont l'échelle est connue : la fluctuation est respectivement de 16% pour le platier corallien (thème 1) et 15% pour les fonds meubles (thèmes 4 et 5). Dans les deux cas l'image SPOT donne une surface plus grande. Il est difficile de dire quelle méthode est proche de la vérité car chacune est entachée d'imprécisions :

- l'image SPOT n'est pas corrigée géométriquement.

- la limite radiométrique du thème est difficile à projeter sur la photo IGN (Aspect synthétique de l'image traitée).

- les multiples détails de la photo IGN empêchent le tracé précis du platier. (Aspect complexe et diversifié de la réalité).

- imprécision de la planimétrie pour des surfaces réduites mesurées sur la photo IGN.

4.2.- Carte 2 : Thèmes fonds durs (Fig.3)

4.2.1. - Analyse des thèmes

Le thème général "fonds durs" a pu être subdivisé en cinq thèmes bionomiques qui, confrontés à la vérité-terrain, appellent les remarques suivantes :

. La bordure externe du récif barrière (thème 1), correspond à un platier de madréporaires branchus de petites tailles mais de haute densité (bourrelets) et très faiblement immergés à marée basse donc apportant une réponse élevée dans le canal rouge.

. Les coraux vivants sont également représentés par les thèmes 3 et 5. Le premier correspond aux parties restées vivantes en bordure du platier réticulé. Le second identifie bien le platier interne composé de pâtés dispersés de coraux branchus (Acropora). La bathymétrie ne semble pas en cause pour la distinction de ces deux zones mais plutôt la densité des pâtés coralliens.

. Le platier récifal (thèmes 2 et 4) a la structure classique de dalles plus ou moins cavernueuse recouverte de débris grossiers de coraux branchus. Le thème 2 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. Le thème 4 est le biotope favorable au développement des trocas.

4.1.2. - Evaluation des surfaces :
elles sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2

Surfaces obtenues		Image SPOT
Planimétrie sur photo IGN		
Thème 1 :	26 Ha	33 HA
" 2 :	16 Ha	30 HA
" 3 :	5 Ha	26 HA
" 4 :	124 Ha	130 HA
" 5 :	43 Ha	54 HA

La concordance est bonne pour les grandes surfaces homogènes (thèmes 1,4 et 5) et mauvaise pour les petites surfaces dispersées (thèmes 2 et 3). (La planimétrie est imprécise pour ces petites surfaces).

5 - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ces premiers traitements, obtenus à partir de données simulées SPOT sur le domaine récifal peu immergé, sont encourageants. En effet :

- le biotope recherché (favorable aux trocas) a été correctement identifié.

- les traitements ont permis une bonne discrimination des différents milieux en lissant modérément les détails de composition faunistique, démontrant ainsi tout l'intérêt des données satellite haute résolution que fournira SPOT.

- les surfaces des différents biotopes sont ainsi connues avec une précision raisonnable et suffisante pour notre problème.

- le milieu récifal, immergé sous quelques mètres d'eau, présente l'avantage, par rapport aux milieux terrestre, d'avoir une plus faible corrélation entre XS1 et XS2 du fait même de la couche d'eau qui sert de filtre au canal rouge (XS2); par ailleurs les coraux vivants donnent une signature élevée dans ce canal. Ces raisons, parmi d'autres, expliquent les bons résultats obtenus avec seulement deux canaux.

La haute résolution du satellite SPOT permettra dans un proche avenir l'interprétation rapide et objective des éléments bionomique du domaine corallien et facilitera, grâce à la répétitivité des scènes SPOT, les études temporelles de leur évolution.

Références

- ANONYME, 1983. SPOT, système de télédétection par satellite. CNES.
- BOUR W., GOHIN F., BOUCHET P., 1982. Croissance et mortalité naturelle des trocas (*Trochus niloticus* L.) de Nouvelle-Calédonie. In HALIOTIS. 12 : 71-89.
- LANNELONGUE N., SAINT G., 1981. Simulation d'images SPOT, filière radiométrique, annexe technique. Fiche F2. GDTA Toulouse.

LOUBERSAC L., 1983. Coastal zone inventory by high resolution satellite. Remote sensing : PROC Alpbach Summer School (27 July-5 August 1983). ESA SP 205 August 1983 : 87-94.

LOUBERSAC L., 1984. Study of intertidal zones using simulated SPOT data. Inventorying of Aquaculture sites in the intertropical zone. Paper presented at the XXV plenary meeting of the committee on space research. Workshop n° II, session II, 2 GRAZ, Austria (June 25th - July 7th 1984).

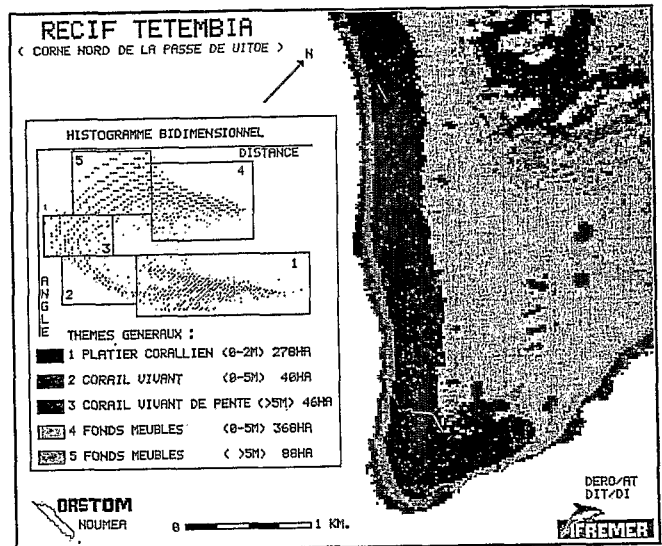


Fig. 2

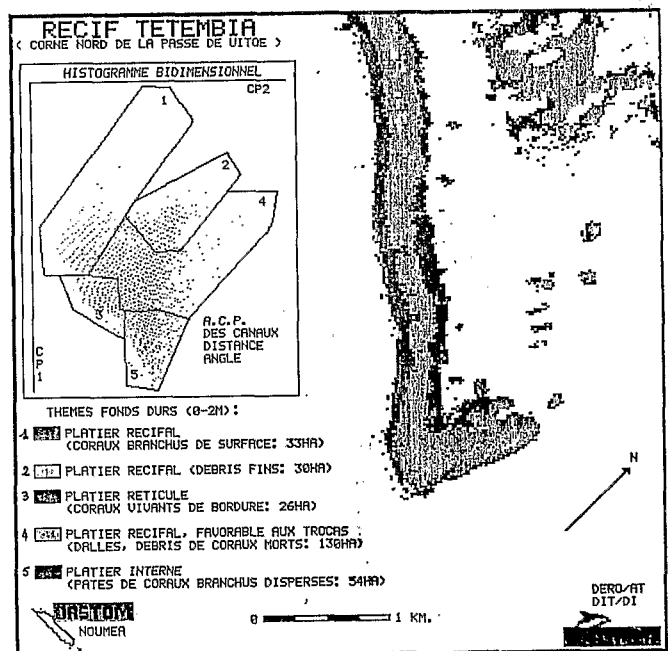


Fig. 3