

RAPPORTS DE MISSIONS  
SCIENCES DE LA TERRE  
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE

N° 36

1997

Rapport sur la mission PALEOMARQ  
du N.O. Alis aux îles Marquises  
(Polynésie Française)  
du 14 au 27 septembre 1997

François ROUGERIE  
Guy CABIOCH

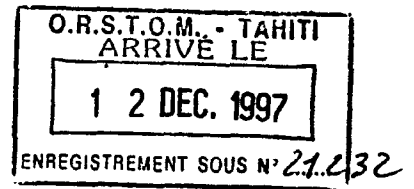
Fonds Documentaire ORSTOM  
Cote: AX 15716 Ex: 1

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA



RAPPORTS DE MISSIONS  
SCIENCES DE LA TERRE  
GÉOLOGIE-GÉOPHYSIQUE



N° 36

1997

Rapport sur la mission PALEOMARQ  
du N.O. Alis aux îles Marquises  
(Polynésie Française)  
du 14 au 27 septembre 1997

\* François ROUGERIE  
\*\* Guy CABIOCH

\* OOE Monaco  
\*\* ORSTOM Nouméa

PT OCEA-ROU



PT 21232

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

**RAPPORT SUR LA MISSION PALEOMARQ  
DU N.O. ALIS AUX ILES MARQUISES  
(Polynésie Française)  
(14 - 27 septembre 1997)**



par

**F. ROUGERIE (OOE Monaco)  
G. CABIOCH (ORSTOM Nouméa)**

Cette mission entre dans le cadre du Programme "Paléocéan" du Grand Programme "Variabilité climatique et impacts régionaux" de l'UR 1. Paléocéan propose une approche paléocéanographique de la variabilité climatique tropicale par l'analyse des coraux du Pacifique central et sud-ouest. La mission PALEOMARQ entre dans le volet Paléocéan récent, i.e., l'identification des anomalies climatiques des siècles précédents. L'archipel des Marquises (centré sur 10° Sud et 140° Ouest) a été choisi dans la mesure où il se situe à proximité de l'équateur dans le Pacifique central. Cette zone équatoriale est soumise à un upwelling (refroidissement des eaux de surface) en période où soufflent les alizés et à un downwelling (réchauffement) lorsque ceux-ci disparaissent, ce qui conduit à l'inversion (vers l'est) du courant équatorial : on se trouve alors en situation anormale. On sait que ces anomalies hydroclimatiques chaudes de type El Niño (ou ENSO, El Niño Southern Oscillation) traduisent un déséquilibre de la machine thermique océan-atmosphère et entraînent des perturbations majeures en terme de pluies, cyclogénèse, niveau océanique dans l'ensemble du bassin Pacifique. Les modèles les plus récents (cf. PICAUT, MASIA & DU PENHOAT, Science, vol. 277, pp. 663-666, Aug. 1997) montrent que la source des oscillations ENSO se trouverait dans le Pacifique central équatorial ce qui fait que les coraux des Marquises sont en position privilégiée pour enregistrer et mémoriser le signal.

Reconstitution des anomalies climatiques des siècles passés grâce aux coraux des îles Marquises

L'oscillation thermique se traduit dans le secteur équatorial nord des Marquises (0°, 140°W) par des minima autour de 23°C (1981, 1989) et des maxima à 31°C (1983). La calcification corallienne, dont l'optimal se situe autour de 26°C, est donc susceptible d'enregistrer ces pulsations thermiques océaniques. Et pour pouvoir remonter le plus loin possible dans le passé, il y a intérêt à prélever des carottes calcaires dans les plus grosses colonies coralliennes sur place et donc dans les coraux du genre *Porites*. Ces coraux massifs et compacts peuvent atteindre des diamètres de plusieurs mètres et donc des volumes de plusieurs mètres cubes. En prenant une vitesse moyenne de croissance de l'ordre de 1 cm.an<sup>-1</sup>, on peut estimer à 1 siècle

l'âge d'un *Porites* de 1 m de diamètre. Notre mission était de rechercher les plus gros *Porites* vivant actuellement dans les eaux marquisiennes et de prélever des carottes de 5 cm de diamètre grâce à une foreuse hydraulique immergeable, mise en action par des plongeurs.

Les sites prospectés ont concerné les abords des îles de Nuku Hiva, Ua Pou, Eiao et Fatu Hiva (Fig. 1). Des colonies bien développées et des massifs épais de *Porites* ont été trouvés entre 3 et 30 mètres de profondeur dans la plupart des sites prospectés autour de ces îles. Les forages ont été effectués à Nuku Hiva (baie de Taiohae et baie d'Anaho) et Ua Pou (secteur nord-est de l'île, baie d'Hakahau) (cf. annexe 1). En tout huit carottes ont été prélevées, de longueurs comprises entre 260 et 410 cm sur des *Porites lobata* vivants à petite profondeur (entre 3 et 10 mètres). Notons que la carotte de 410 cm (soit à peu près la hauteur du *Porites* foré) a été prélevée sur un corail dont le début de croissance se situerait il y a 4 siècles, époque où l'espagnol Mendana découvrait et nommait l'archipel des Marquises (i.e., faisait connaître en Europe l'existence de cet archipel, lui-même découvert et habité par les Polynésiens depuis 2 millénaires). C'était également l'époque (1600-1750) dite du petit âge glaciaire en Europe, avec une température moyenne de l'ordre de 1°C inférieure à celle du siècle précédent et suivant. Les données fournies par le thermosalinographe du bord sont pour l'océan (10°S, 140°W) de 28°C pour la température océanique et de 35,5‰ pour la salinité, soit un excédent thermique de 1,5°C. Cet écart, conforme aux synthèses mensuelles fournies par le Climate Diagnostic Bulletin, confirme la montée en puissance d'un épisode ENSO qui s'est traduit par la disparition de l'upwelling équatorial à partir de Mai 1997.

#### Des carottes à haute valeur scientifique

Les carottes sont constituées de calcaire (carbonate de calcium sous sa forme aragonitique) et seront étudiées dans le laboratoire de géochimie de l'ORSTOM à Bondy et dans un laboratoire spécialisé à Boulder (Colorado, USA). Une première phase consistera à dater la carotte par comptage des bandes de croissance annuelles sur des radiographies-X préalablement effectuées sur l'ensemble des carottes avec une précision de l'ordre de l'année. Des prélèvements de quelques mg permettront de mesurer des rapports d'abondance entre l'élément dominant (le calcium) et d'autres éléments comme le strontium, l'uranium ou le magnésium qui ont copécipité lors de la croissance de la colonie corallienne. Comme ces éléments sont plus ou moins abondants dans la matrice calcaire en fonction de la température de l'océan, on pourra déterminer une moyenne (qui correspond aux températures océaniques normales de l'océan marquisien, entre 26°C et 30°C selon la saison) et des anomalies froides ou chaudes et ceci avec une précision de 0,5 degré. Le corail est donc utilisé comme un Paléothermomètre permettant en ce cas de reconstituer les températures océaniques jusqu'à 4 siècles en arrière.

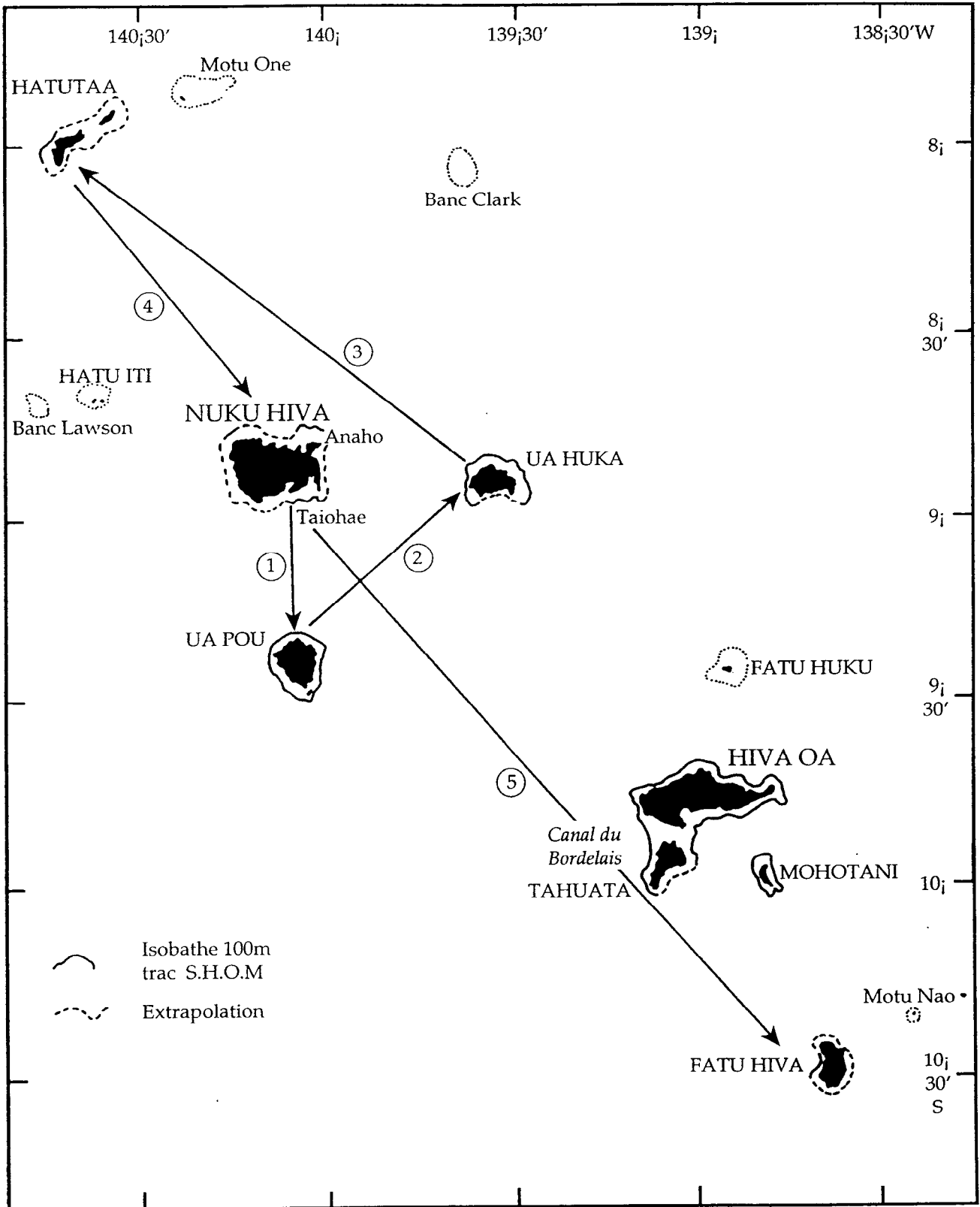


Fig.1 : Campagne Pal o Marq ( les Marquises, 14 au 27 septembre 1997) : ① de Nuku Hiva Ua Pou ; ② de Ua Pou Ua Huka ; ③ de Ua Huka Eiao ; ④ de Eiao Nuku Hiva ; ⑤ de Nuku Hiva Fatu Hiva ; puis retour sur Papeete.  
Les formations coralliennes du large (bancs) des les Marquises. Trac de l'isobathe 80-100m au niveau de la plate-forme sub-horizontale corallienne (r cif barri re fossile).

D'autres mesures porteront sur des isotopes de l'oxygène ( $^{18}\text{O}$ ) et du carbone ( $^{13}\text{C}$ ) qui sont sensibles à la salinité océanique (par le biais de l'évaporation) et à l'ensoleillement (par le biais de la photosynthèse de la colonie corallienne).

#### Opérations connexes

##### - Dragages

Des dragages ont été réalisés lors de la mission précédente (Mission MUSORSTOM, dirigée par B. RICHER DE FORGES) sur les flancs et les accores des îles Marquises, qui sont ceinturées par un récif barrière ennoyé vers 100 mètres de profondeur. Ces dragages ont permis de prélever des blocs de 5 à 20 kg de coraux morts, essentiellement des *Porites*, parfois encroûtés par des algues rouges fossiles typiques de crête algale (cf. annexe 2) : leur datation permettra de situer l'époque de la mort de ce récif barrière et de valider (ou pas) le modèle proposé concernant le fonctionnement de ce récif fossile (cf. ROUGERIE, WAUTHY & RANCHER, Compte-Rendu Académie des Sciences, t. 315, ser. II, pp. 677-682, 1992).

##### - Mesure du champ thermo-halin

Le thermosalinographe installé à bord de l'Alis pour les missions ECOTAP (comportement des thonidés) nous a permis de connaître la température et la salinité de surface. Outre l'excédent thermique de  $1,5^{\circ}\text{C}$  noté au niveau des Marquises, un déficit de salinité est présent à la latitude des Tuamotu (35,95% au lieu de 36,15% en moyenne pour Septembre - Données HYDROPOL, 1994).

##### - Prélèvements en plongée pour MUSORSTOM

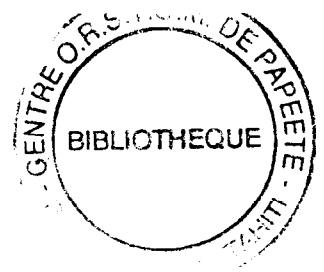
Pierre LABOUTE et Joël OREMPULLER ont effectué de nombreuses plongées de jour comme de nuit pour photographier et prélever des organismes benthiques, afin de compléter les récoltes par dragages de la mission précédente MUSORSTOM.

##### - Atoll de Niau ( $16^{\circ}\text{S}$ , $146^{\circ}\text{W}$ )

Sur le trajet Fatu Hiva (Marquises) - Tahiti, arrêt au niveau de l'atoll de Niau (Tuamotu). Un débarquement d'1 heure nous a permis des prélèvements d'eau et de sédiment organique dans le lagon de cet atoll entièrement fermé et tapissé d'épaisses mattes algaires cyanobactériennes rouges (Kopara) (cf. ROUGERIE, JEHL & TRICHET, Marine geology, vol. 139, pp. 201-217, 1997).

## Fiche Technique

- Mission PALEOMARQ, archipel des Marquises, N.O. Alis, Capitaine R. PRONER.
- Participants : F. ROUGERIE (ORSTOM, OOE MONACO), G. CABIOCH, Y. JOIN, P. LABOUTE (ORSTOM NOUMEA), J. OREMPULLER (ORSTOM TAHITI) et J. COLE (Université du COLORADO, Programme International PAGES / ARTS).
- Grand Programme "*Variabilité climatique et impacts régionaux*".
- Projet Paléocéan récent, chef de projet, J. RECY (ORSTOM, VILLEFRANCHE).
- Unité de Recherche 1 (ORSTOM PARIS).



Annexe 1 : déroulement de la mission (Fig. 1)

Dimanche 14 septembre : embarquement de l'équipe à Nuku Hiva, puis direction Ua Pou.

Lundi 15 septembre 1997 : Ua Pou, Baie d'Hakahau, eaux très riches en plancton.

A noter la banquette et l'encoche entre 1,50 et 2 m entourant la baie (cf. BROUSSE R., CHEVALIER J.-P., DENIZOT M. & SALVAT B., 1978, "Etude géomorphologique des Iles Marquises", *Cahiers du Pacifique*, **21**: 9-74).

*Porites* 1 (*Porites lobata*), derrière la digue du quai (mais côté extérieur) entre 8 et 10 m de profondeur d'eau (Fig. 2 & 3).

carottes Ua 1 et Ua 2

Point GPS (GPS Garmin 45 XL)

S 9°21.366'

W 140°02.721'

Remarques :

Ua 1 : 9 morceaux

Ua 2 : entre les morceaux de carotte n° 5 et 7, à garder les petits débris car ils permettent de suivre la continuité de la colonie.

Mardi 16 septembre 1997 : Ua Pou, Baie d'Hakahau, eaux très riches en plancton

*Porites* 2 (*Porites lobata*), à 10 m de profondeur d'eau, près de la pointe Matahiva (Fig. 2 & 3) :

carotte Ua 3

Point GPS (GPS Garmin 45 XL)

S 9°21.286'

W 140°02.475'

Remarques :

Formes très particulières des colonies de *Porites* (cf. CHEVALIER, *Les coraux des Iles Marquises*, Cahiers du Pacifique, t. 21, pp. 243-283, 1978) : mamelonnées, avec expansions lamellaires, d'où une base large et un sommet très étroit.

Mercredi 17 septembre à jeudi 18 septembre 1997 : Nuku Hiva, Baie de Taiohae, en fond de baie (Fig. 4 & 5), eaux riches en plancton.

*Porites* 1 (*Porites lobata*),  
carottes NH 1 et NH 4 : 3,50 m en continu.

*Porites* 2 (*Porites lobata*),  
carottes NH 2 (non récupérée) et **NH 3 (16 morceaux) : 4,15 m (la plus longue carotte de la mission).**

Point GPS (GPS Garmin 45 XL)

S 8°55.116'

W 140°05.717'

Remarques :

Forages effectuées près du quai de débarquement en fond de baie.

Dans la carotte NH 1, un des morceaux semble plus dense que les autres. A bien examiner avant analyse (possibilité d'apports d'eaux douces ??).

Site extrêmement riche en *Porites* formant de grosses colonies. De même on observe une très grande abondance d'algues.



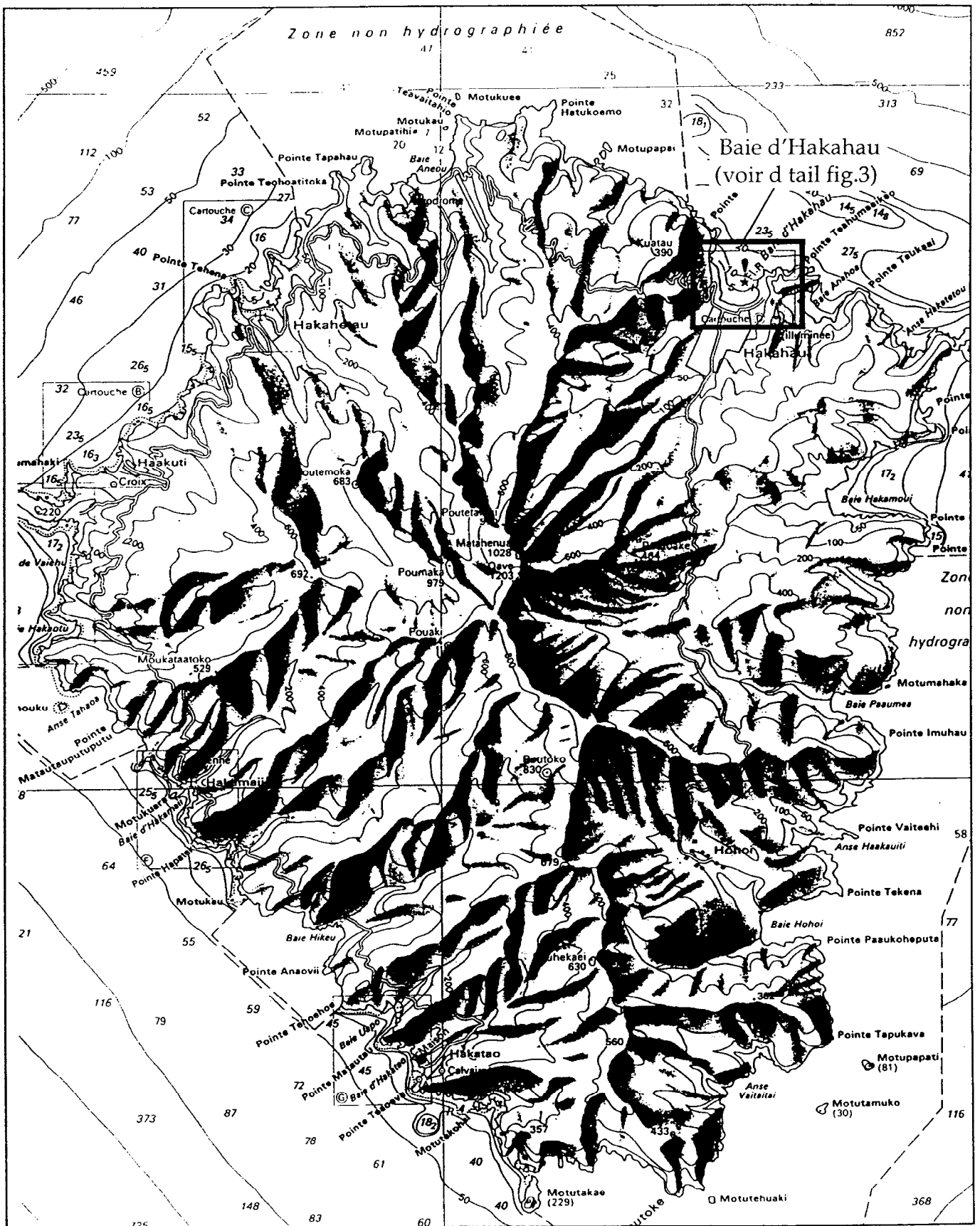


Fig.2 : Ua Pou  
ch.= 1/70000

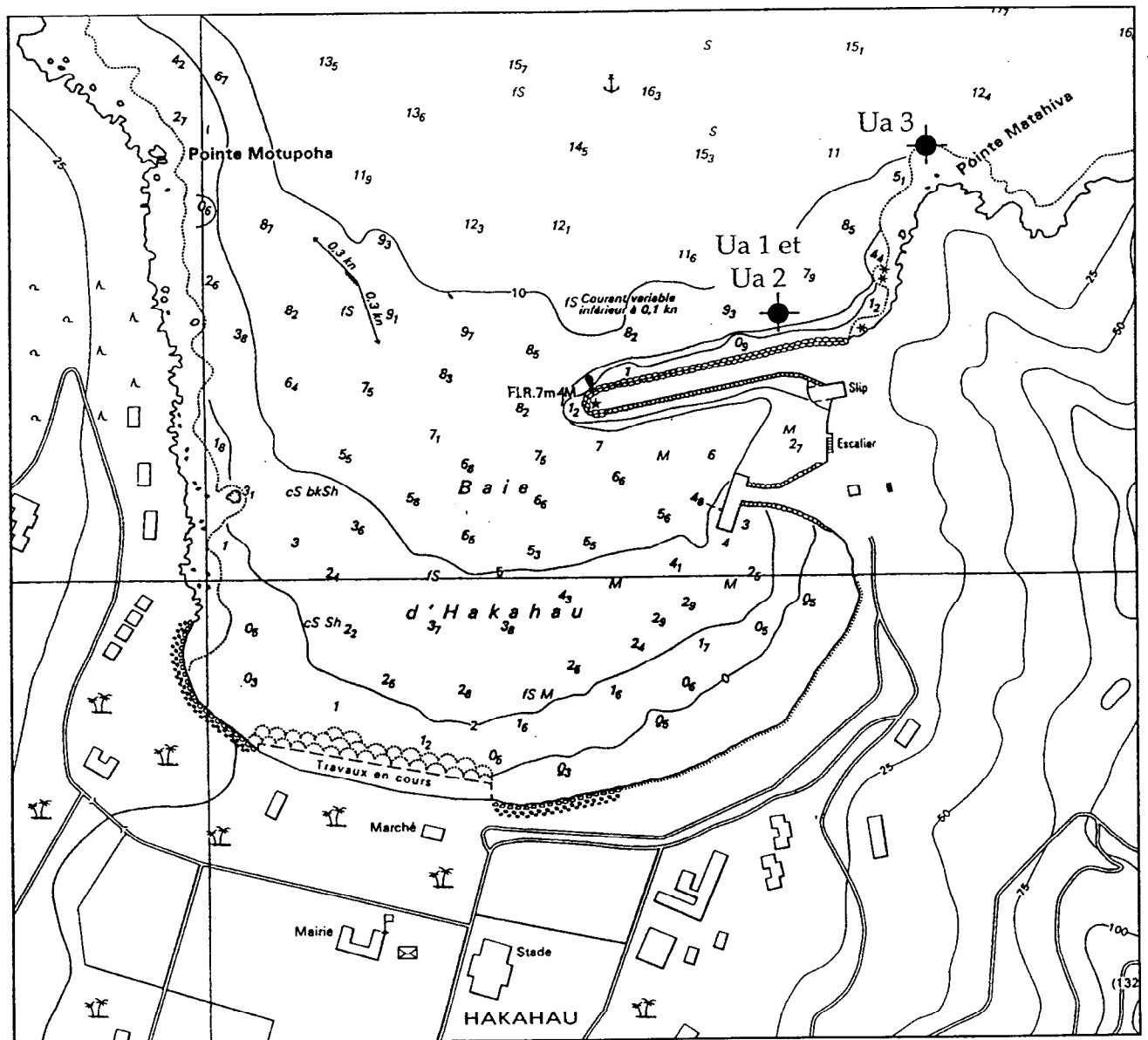


Fig.3 : Baie d'Hakahau (Ua Pou)  
 éch.= 1/5000  
 localisation des carottages

Forage du *Porites* 2 : le jeudi 18 septembre 97 à 10H30, 0,20 m d'eau au-dessus de la colonie. A noter des touffes d'algues *Halimeda* sur ce *Porites*.

Forage de NH 2 : arrêt après 0,50 m car grosse cavité. Reprise d'un second forage à côté, carotte NH 3.

Forage NH 3 : on note quelques cavités, notamment au sommet, à peu près au même niveau que dans la précédente NH 2, mais possibilité d'établir la continuité de la carotte. A la base de la carotte, à noter les cavités dues à des lithophages.

Ce site très riche en *Porites* permet la distinction des différentes formes en fonction de la profondeur et de l'hydrodynamisme (Fig. 6) (cf. CHEVALIER, *Les coraux des Iles Marquises*, Cahiers du Pacifique, t. 21, pp. 243-283, 1978) :

1. grosses colonies massives mamelonnées de 3 à 5 m de diamètre, proches de la surface.
2. grosses colonies massives rondes de 3 à 5 m de diamètre dans 3 à 6 m d'eau.
3. colonies de 1 à 2 m de haut en "chandelles" entre 6 et 10 m d'eau.
4. petites colonies en boules de 0,30 à 0,50 m de diamètre entre 6 et 10 m d'eau.

Jeudi 18 septembre 1997 : Nuku Hiva, à la sortie de la baie de Taiohae, Pointe arquée, mise en place des 2 thermographes (Fig. 4 & 5).

*Thermographes* : n° 98471 et 98482

*Date de la première pose* : jeudi 18 septembre 1997

*Lieu-dit* : pointe Arquée

*Point GPS* (GPS Garmin 45 XL) :

S 8°56.052'

W 140°05.665'

*Profondeur* : 8 m

*Contact* : Xavier CURVAT (club de plongée), B.P. 100, Nuku-Hiva, Marquises, Polynésie française.

*Mise à l'eau* : 18 septembre 1997 à 15H45 heure locale (heure des Marquise, soit +30' par rapport à Papeete).

*Remarque* : bloom planctonique majeur : la visibilité est passée de 20 m à 3 m en 2 jours.

Vendredi 19 septembre 1997 : Ua Huka

1 - Baie de l'Invisible, débarquement du matériel pour MUSORSTOM

2 - Baie de Haahevea sur la côte ouest :

*Point GPS* (GPS Garmin 45 XL) :

S 8°53.613'

W 139°35.981'

*Exploration* : présence de *Porites* de 1 à 1,5 m nécrosés et emplis de cavités.

Samedi 20 septembre 1997 : Eiao, baie sur la côte ouest

*Point GPS* (GPS Garmin 45 XL) :

S 7°59.556'

W 140°42.684'

Dans le fond de la baie, petite rivière se déversant dans la mer créant un large panache marron. De part et d'autre de la baie, parois verticales volcaniques "stratifiées". En bas des falaises, fonds de 20 à 25 m. De part et d'autre de la baie, banquettes de 1,50 à 2 m derrière laquelle se profile une impressionnante encoche (cf. BROUSSE, CHEVALIER, DENIZOT & SALVAT, *Etude géomorphologique des Iles Marquises*, Cahiers du Pacifique, t. 21, pp. 9-74, 1978).

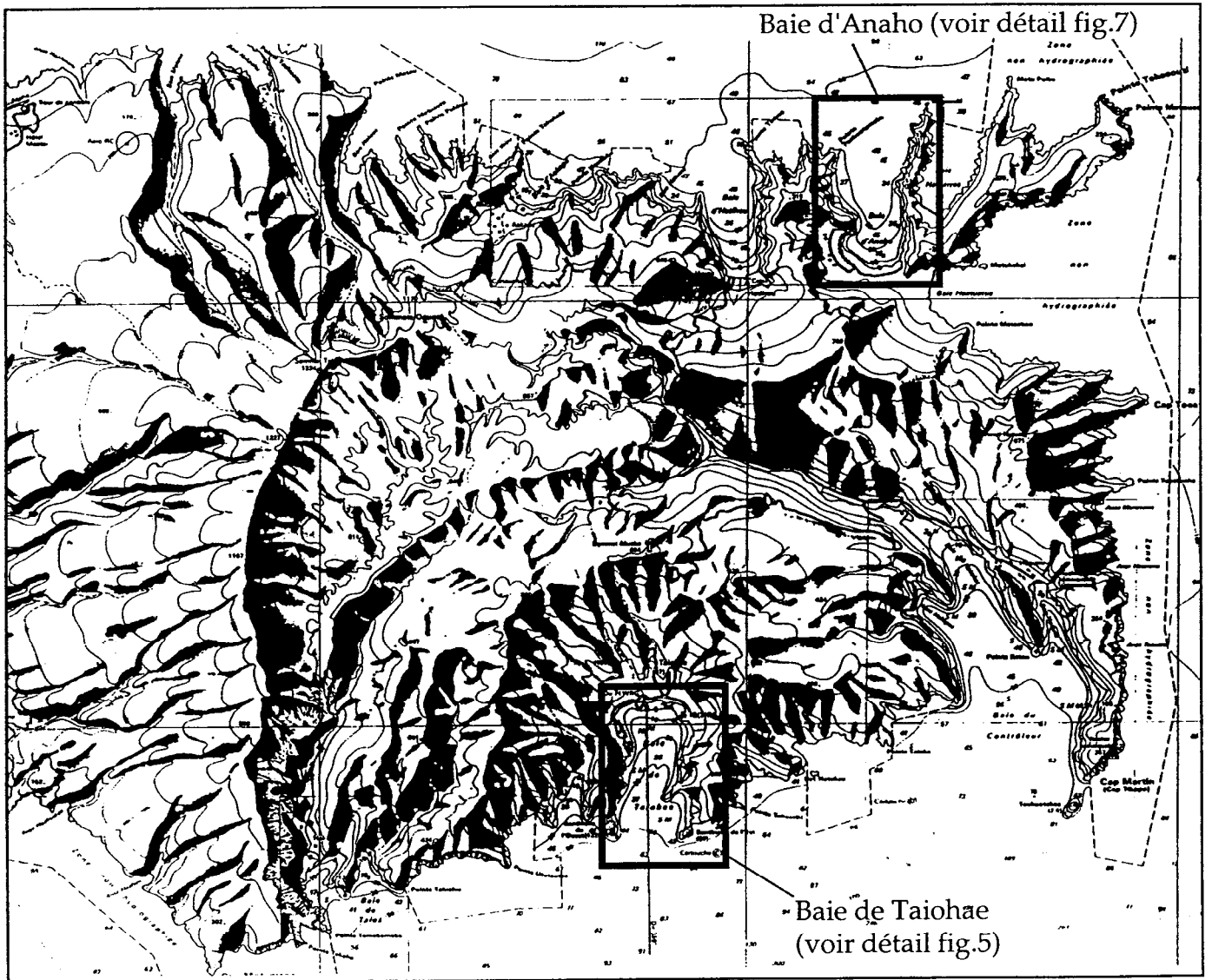


Fig.4 : Nuku Hiva  
éch. = 1/140000

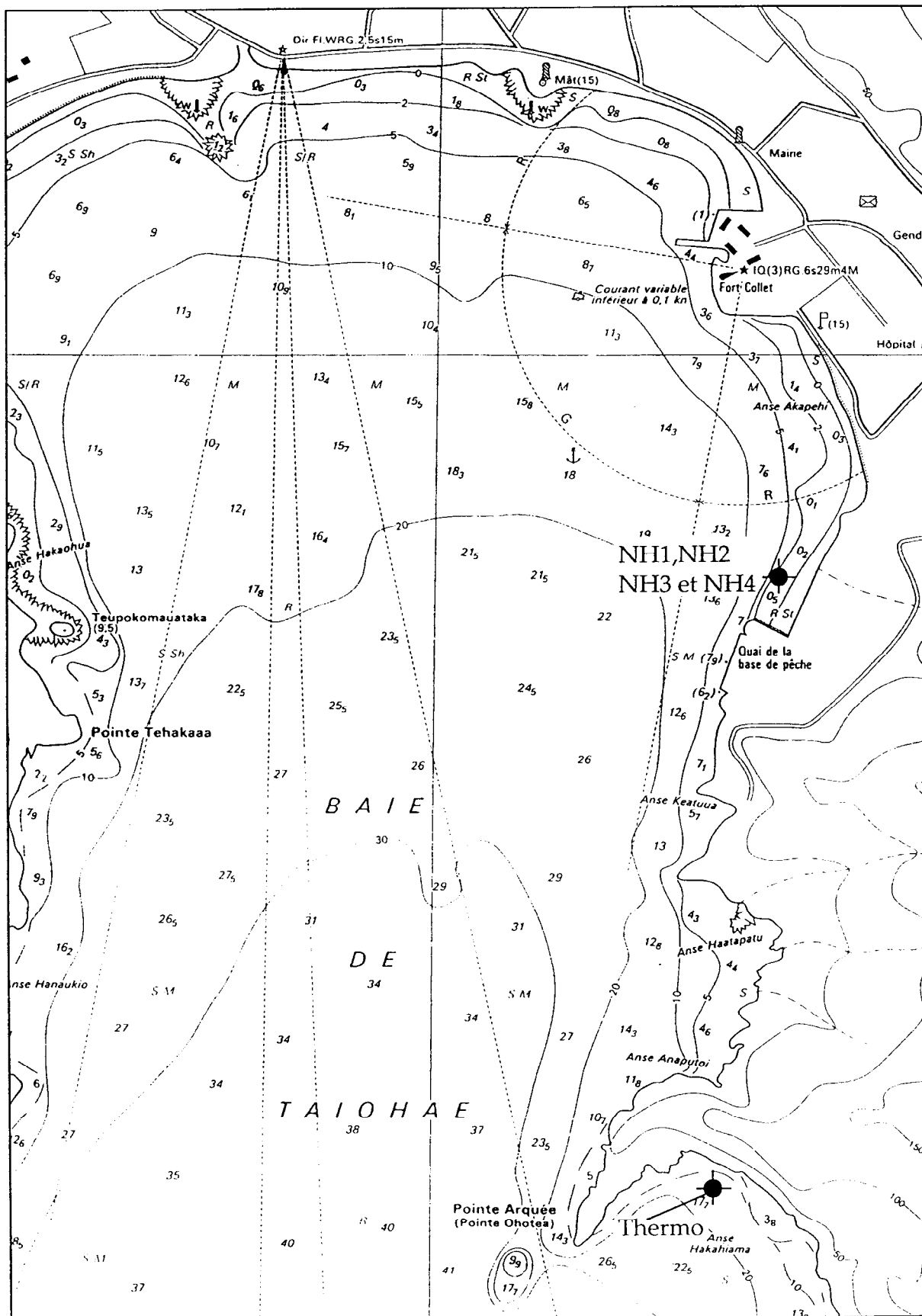


Fig.5 : Baie de Taiohae (Nuku Hiva)  
 éch.= 1/10000  
 Localisation des carottages et des thermographe

Dimanche 21 septembre et lundi 22 septembre 1997 : Nuku Hiva, Baie d'Anaho (Fig. 4 & 7).

Dans la baie d'Anaho, présence d'un récif frangeant en fond de baie. On observe une rupture de pente entre 3 et 5 m puis. A 10-15 m, sur un fond sableux, large développement de *Porites* avec autres coraux dont *Pocillopora*. Abondance d'algues notamment sur les colonies coralliennes.

*Porites* 1 (*Porites lobata*),  
carottes NH 5 et **NH 6 (= 2.63 m, la plus parfaite carotte de la mission).**  
Point GPS (GPS Garmin 45 XL)  
S 8°49.672'  
W 140°03.285'  
Profondeur : 3 m d'eau (sommet de la colonie)  
Situation : en fond de baie, partie sud-est.

Remarques :

NH 5 : 2,70 m de carotte mais fuite hydraulique d'où pollution de la base de la carotte. Seuls les 2 premiers mètres sont utilisables.

Dimanche après-midi : bloom de plancton marron.

NH 6 : la plus parfaite des carottes récupérées au cours de cette campagne. A noter cependant vers la base, une abondance de petites cavités dues à des lithophages.

Lundi 22 septembre 1997 (après-midi) : Nuku Hiva, Baie du Contrôleur.

Très important bloom planctonique observé. Nombreux *Porites* de 1,50 à 3 m mais très nécrosés et remplis de cavités.

Mardi 23 septembre 1997 : Fatu Hiva, baie des Vierges.

Mercredi 24 à samedi 27 septembre 1997 : retour sur Papeete. Le vendredi matin, arrêt sur Niau (Tuamotu), prélèvement de kopara.

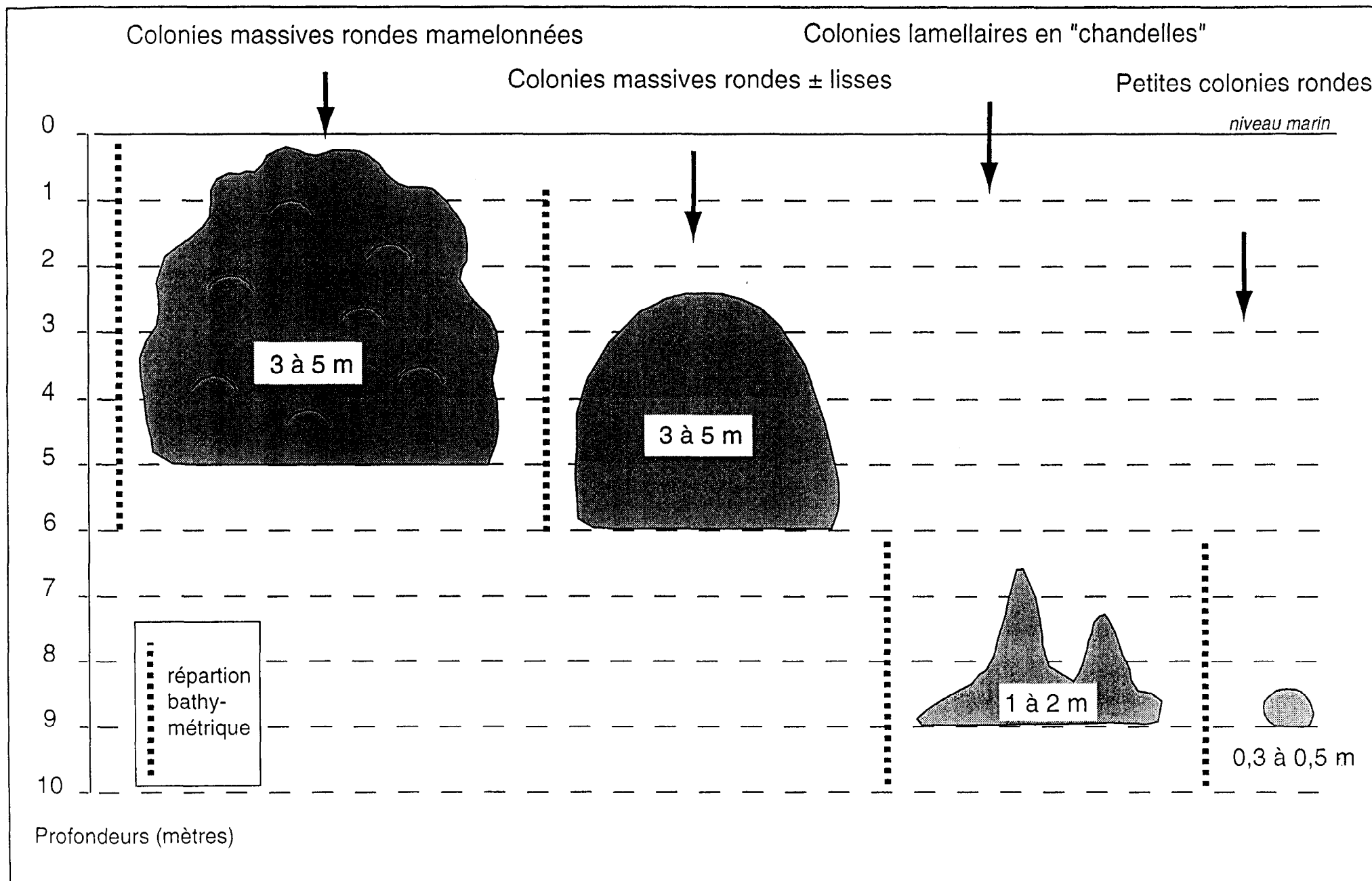


Fig.6 : morphologie des colonies de *Porites* en fonction de la bathymétrie dans le fond de la baie de Taiohae (Nuku Hiva)

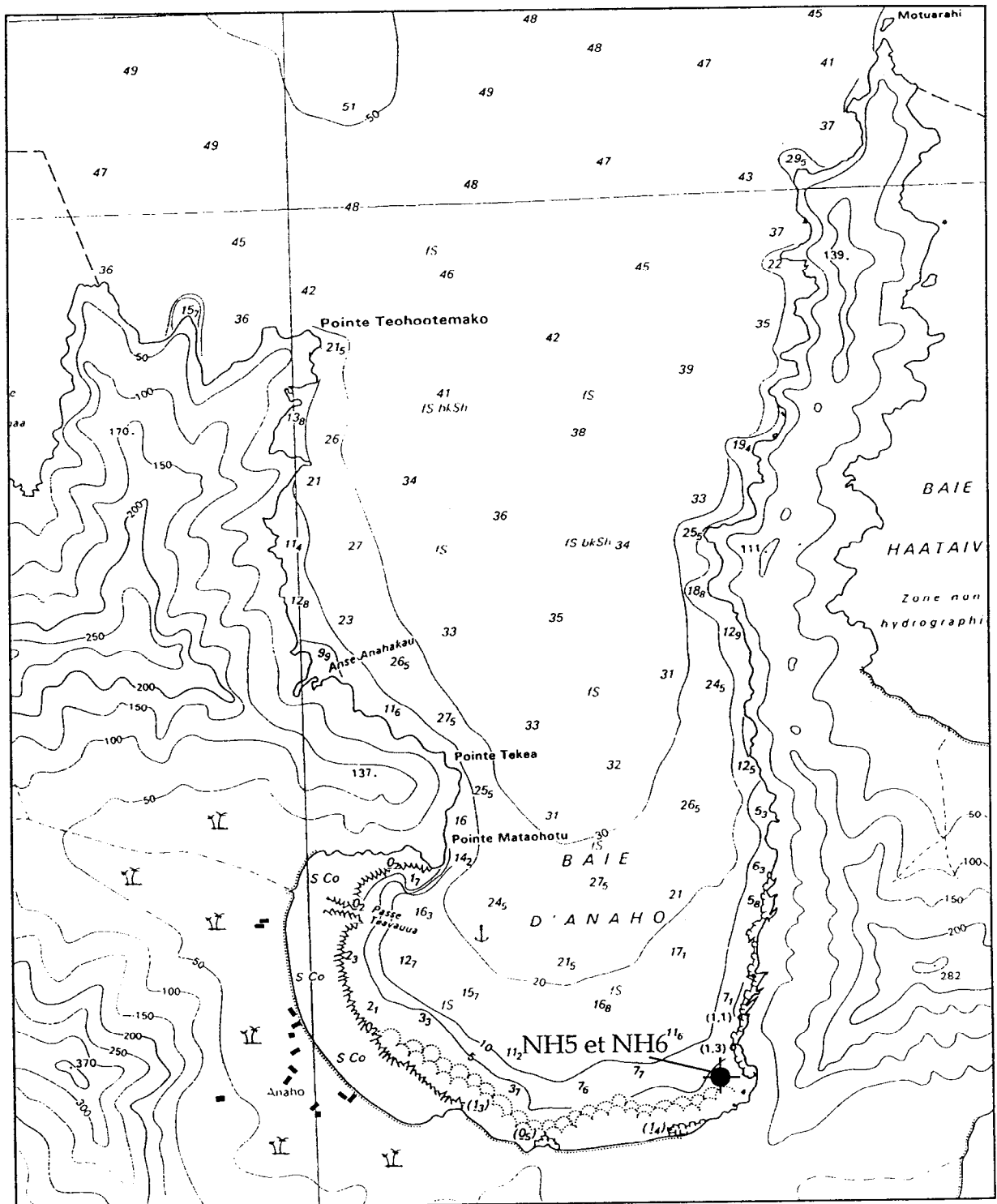


Fig.7 : Baie d'Anaho (Nuku Hiva)  
 éch.= 1/20000  
 Localisation des carottages





Annexe 2 : localisation des dragages de coraux fossiles effectués lors de MUSORSTOM

Station	Date	Prof. (m)	Latitude S	Longitude W	Remarque
<i>NUKU HIVA</i>					
DR 1299	09.09.97	405 - 418	8°49',4	140°17',5	
CP 1300	09.09.97	416 - 430	8°49',9	140°17',4	
<i>MOTU ONE</i>					
DW 1281	07.09.97	450 - 455	7°47',8	140°20',8	<i>Porites et Halimedita</i>
<i>EIAO</i>					
CP 1277	05.09.97	1000 - 1100	7°51',7	140°38',8	
DW 1275	05.09.97	627	7°52',7	140°38',2	
DW 1153	23.08.97	613 - 620	7°56',3	140°44',0	
<i>UA POU</i>					
CP 1262	03.09.97	850 - 905	9°19',8	140°08',3	<i>Porites</i>
DR 1261	03.09.97	850	9°19',9	140°08',6	
DR 1150	22.08.97	450 - 480	9°18',2	140°04',8	
DW 1148	22.08.97	300	9°18',9	140°06',3	<i>Porites</i>
<i>DUMONT D'URVILLE</i>					
DR 1253	02.09.97	430	9°47',7	139°37',8	
DR 1249	02.09.97	416 - 430	8°49',9	140°17',4	
<i>FATU HIVA</i>					
DR 1246	01.09.97	90 - 130	10°28',9	138°35',9	
DR 1244	01.09.97	1015 - 1020	10°28',4	138°42',1	
<i>NUKU HIVA</i>					
DW 1173	25.08.97	350 - 355	8°44',4	140°14',9	
DR 1182	26.08.97	90 - 120	8°45',6	140°03',9	<i>Porites</i>
DR 1183	26.08.97	86 - 120	8°45',5	140°03',8	<i>Porites</i>
CP 1191	26.08.97	390 - 400	8°45',8	140°07',2	<i>Porites</i>
DW 1201	28.08.97	275 - 300	9°50',6	139°09',2	<i>Porites</i>
DW 1202	28.08.97	388 - 406	9°49',9	139°09',7	
DW 1206	28.08.97	352 - 358	9°51',4	139°09',1	<i>Porites</i>
<i>UA HUKA</i>					
CP 1290	08.09.97	341 - 344	8°53',2	139°38',2	<i>Porites non altéré</i>