

CAMPAGNE SEAPSO 4 :
ETUDE MORPHOSTRUCTURALE DE LA RIDE DE VALUFA
DANS LE BASSIN DE LAU

J.P. Foucher*, P. Bouysse, M. Davagnier, J. Dupont, J.P. Eissen, Y. Fouquet, S. Gueneley, F. Harmegnies, A. Lapouille, J. Morton, H. Ondréas, J.C. Sibuet.

(*) IFREMER-Centre de Brest, BP 70, 29263 Plouzané.

I- INTRODUCTION

Le bassin de Lau est un bassin arrière-arc en cours de formation à l'arrière de la fosse de subduction de Tonga (Figure 1). Situé entre la ride de Lau (arc rémanent, actif au Miocène moyen et supérieur) et la ride de Tonga (arc volcanique actuel, actif depuis l'Eocène), le bassin s'étend suivant une direction méridienne sur plus de 1000 km. Sa largeur décroît de 300 km près de 16°S à moins de 100 km près de 24°S, d'où sa forme de triangle renversé. L'identification des anomalies magnétiques entre 17°S et 20°S dans la partie centrale du bassin, suggère un âge d'ouverture océanique inférieur à 5 Ma. Toutefois, l'histoire de formation du bassin de Lau reste mal connue. La nature de structures majeures, telles la ride de Peggy dans la partie septentrionale du bassin et la ride de Valu Fa dans la partie méridionale, est encore incertaine. A une échelle d'étude plus fine, les mécanismes de l'accrétion océanique, et de l'activité hydrothermale restent à un stade initial d'exploration.

II- OBJECTIFS ET METHODES

L'objectif prioritaire de la campagne SEAPSO 4 était de réaliser un levé morphostructural et géophysique détaillé d'un secteur du système volcanique de Valu Fa, dans la perspective d'une étude par submersible des processus structuraux volcaniques et hydrothermaux caractérisant

l'accrétion océanique.

Le second objectif était de contribuer, par des profils géophysiques de reconnaissance à moyenne et grande échelle, à la définition de la structure et de l'histoire de formation du bassin de Lau.

1. Profils géophysiques

Les profils géophysiques comprenaient l'enregistrement des données bathymétriques Seabeam, des mesures gravimétriques et magnétiques, des sondages 3.5 KHz et de la sismique réflexion monotrace.

Les profils 1 à 12, sur le transit de Suva à la zone travail Valu Fa du bassin de Lau méridional, avaient pour but d'obtenir des données complémentaires sur la structure du bassin de Lau septentrional, la ride de Peggy, le point triple postulé près de 17°30'S et le bassin central entre 18°S et 20°S.

Les profils 12 à 53 avaient pour but de définir l'extension et la structure, au nord de 22°S, du système volcanique de Valu Fa.

2. Levés détaillés

Un levé détaillé à couverture bathymétrique Seabeam totale fut réalisé du secteur de la ride de Valu Fa entre 21°15'S et 21°40'S sur une longueur de 25 milles et une largeur de 5 milles.

Un second levé à couverture Seabeam totale fut réalisé entre 21°20'S et 21°30'S sur la ride volcanique secondaire découverte

entre la ride principale de Valu Fa et l'arc de Tofua, sur une longueur de 10 milles et une largeur de 3 milles.

3. Stations

Un nombre restreint de stations a pu être réalisé (Tableau 1, 4 dragages, 2 palanquées, 1 Raie).

III- PRINCIPAUX RESULTATS

Au cours de la campagne SEAPSO 4 du N/O Jean Charcot en 1986 dont les travaux ont été complétés lors du transit PAPNOUM de ce même navire en 1987, l'extension septentrionale de la ride de Valu Fa, au nord de 22°S, a été étudiée. Le secteur de la ride entre 21°15'S et 21°40'S a fait l'objet d'un levé bathymétrique et géophysique détaillé.

a)- Le secteur de la ride de Valu Fa étudié entre 21°15'S et 21°40'S. -Morphostructure-

Les levés bathymétriques réalisés au sondeur multifaisceaux Seabeam en couverture totale (Fig. 2) montrent que la ride présente deux secteurs morphologiquement distincts situés de part et d'autre d'une transition brutale observée près de 21°26'S.

Le secteur méridional, au sud de 21°26'S, présente des caractéristiques morphologiques proches de celles du segment reconnu plus au sud au cours de la campagne allemande S035 du Sonne : section en forme de dôme simple, relief de 300 à 500 m par rapport aux fonds océaniques voisins. La base de la ride est toutefois plus évasée, atteignant une largeur de 5 à 7 km et sa profondeur est remarquablement uniforme, autour de 1900 m.

Le secteur septentrional, au nord de 21°26'S, se caractérise par un relief atténué et une section en dôme entaillé d'un graben axial de près de 1 km de largeur et d'une centaine de mètres de profondeur. Simultanément à l'atténuation du relief de la ride de Valu Fa au nord de 21°26'S, une chaîne volcanique secondaire se développe entre la ride et l'arc de Tofua (Fig. 2). Cette chaîne est formée

d'édifices volcaniques plus ou moins coalescents, dont les sommets sont à des profondeurs comparables à celle de la ride de Valu Fa.

Sur le flanc oriental de la ride, une couverture sédimentaire atteignant 0,6 std d'épaisseur s'est accumulée dans le graben entre la ride et l'arc de Tofua. Sur le flanc occidental, la couverture est réduite.

Lithologie. Deux dragages ont été effectués sur la ride de Valu Fa (Fig. 2), près de la zone de transition morphologique (DR 2) et dans le graben axial (DR4). Un troisième dragage a été effectué sur le flanc d'un des édifices majeurs de la chaîne volcanique secondaire (DR3).

Les échantillons collectés sont des roches volcaniques fraîches à peu altérées, généralement fortement vésiculaires. Sur la ride de Valu Fa *sensu stricto* il s'agit d'andésites et d'andésites basiques, à plagioclase, clinopyroxène et parfois orthopyroxène. Sur la chaîne volcanique secondaire, prédominant par contre des basaltes tholéïtiques d'arc, à plagioclase, olivine, et parfois clinopyroxène.

Ainsi, bien qu'étant plus proche géographiquement de l'arc des Tonga, la chaîne volcanique secondaire produit des laves moins évoluées que celles de la ride de Valu Fa.

Activité hydrothermale. Les prélèvements d'eau effectués près du fond (Fig. 2) dans le graben axial de la ride (HY2) et dans la zone de transition (HY3) révèlent des teneurs anormalement élevées en méthane (20 ml.l) et en manganèse qui tendent à démontrer la présence d'une activité hydrothermale dans le secteur étudié.

b) Le système volcanique de Valu fa au nord de 21°15'S.

La ride de Valu Fa *sensu stricto* peut être suivie comme une structure morphologique bien définie jusqu'à 20°50'S. La chaîne volcanique secondaire, qui n'apparaît pas évoluer vers le nord en une ride continue de type Valu Fa,

peut être tracée jusqu'à 20°20'S. Les deux structures conservent des directions N 15-20.

c) Conclusions

Les résultats des campagnes SEAPSO 4 et PAPNOUM montrent que la ride de Valu Fa *sensu stricto* se poursuit avec une expression morphologique bien définie jusqu'à 20°50'S. Ainsi, la ride volcanique de Valu Fa *sensu stricto* a-t-elle été reconnue sur plus de 200 km, de 22°40'S à 20°50'S. Au nord de 21°30'S, une chaîne volcanique secondaire, qui amorce un relais en échelon de la ride de Valu Fa à l'arc de Tofua, a été découverte et suivie jusqu'à 20°30'S. La découverte de la chaîne volcanique secondaire suggère un lien génétique entre la ride de Valu Fa et l'arc de Tofua. Morton et Sleep (2) ont interprété la ride de Valu Fa comme un centre d'accrétion arrière-arc qui pourrait définir la terminaison méridionale du système d'accrétion océanique actuel dans le bassin de Lau. Les observations réalisées pendant les campagnes SEAPSO 4 et PAPNOUM, confortées par la prise en compte de données sismiques complémentaires, montrent que la formation de la ride de Valu Fa pourrait également être liée à la migration vers le domaine arrière-arc du front volcanique de l'arc insulaire.

Sur le plan de l'activité hydrothermale, la ride de Valu Fa, la chaîne volcanique secondaire, ainsi que le bassin sédimentaire situé entre ce système volcanique et l'arc de Tofua forment un environnement géologique, à plusieurs égards proche de celui des dorsales d'accrétion médio-océaniques à couverture sédimentaire e.g. le site Middle Valley sur la dorsale Juan de Fuca au large du Canada et le bassin de Guaymas au large de la Californie réputé favorable à la formation d'amas sulfurés majeurs, du fait du piégeage et de la préservation des sulfures dans le sédiment. Au stade actuel de l'exploration dans le bassin de Lau, les basaltes imprégnés de sulfures et, probablement les teneurs élevées en méthane mesurées dans l'eau près du fond sont des

indications de la présence d'une activité hydrothermale dont les manifestations restent peu connues.

IV- Bibliographie

(1) J.W. Hawkins. Geology of the Lau basin, a marginal sea behind the Tonga arc. In Geology of Continental Margins, C. Burk et C. Drake éd., Springer, Berlin, Heidelberg, 1974, p. 505-520.

(2) J.M. Morton et N.H. Sleep. Seismic reflections from a Lau basin magma chamber. In Geology and Offshore Resources of Pacific Islands Arcs-Tonga region, D.W. Scholl et T.L. Vallier éd., Circum-Pacific council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences series, 2, 1985, p. 441-453.

(3) U. Von Stackelberg et participants S035. Hydrothermal sulfide deposits in back-arc spreading centers in the South-West Pacific. B.G.T. Circular, 2, 1985, 14 p.

VI- ABRIDGED ENGLISH VERSION

The Lau basin lies between the Lau and Tonga ridges and extends over more than 1000 km. Its width decreases from 300 km near 16°S to less than 100 km near 24°S (Fig. 1). It is an actively spreading oceanic back-arc basin created in the Plio-Pleistocene behind the Tonga trench(1).

The part of the Valu Fa ridge north of 22°S was investigated during the SEAPSO 4 cruise of R/V Jean Charcot in January 1986 and complementary data were obtained during the PAPNOUM transit (April 1987). The techniques used included multibeam bathymetry, single-channel seismic reflection, magnetic and gravity field measurements. The survey focused on detailed mapping of the segment of the ridge between 21°15'S and 21°40'S (Fig. 2).

a) The area of detailed study between 21°15'S and 21°40'S

Morphostructure. Within the mapped

area (Fig. 2), the ridge strikes N 20, is about 7-10 km wide and 200-500 m high. A sharp transition in the axial morphology occurs near 21°26'S. The ridge crest is at a fairly constant water depth of approximately 1900 m south of the transition. North of the transition, its topography is more subdued and a shallow (100 m) central valley appears.

Conversely with the change in the morphology of the ridge, north of the transition, a secondary volcanic chain occupies the axis of the sedimentary trough between the ridge and the Tofua volcanic (Fig. 2). The secondary chain is formed of more or less coalescent seamounts, the heights of which above the adjacent sea bottom, about 200-500 m, are comparable with that of the ridge. The overall morphology and sediment thickness in the area are controlled by the sedimentary input from the arc. On the eastern flank of the ridge an up to 0.6 stwt thick sedimentary cover has accumulated in the graben between the ridge and the volcanic arc. On the western flank the sedimentary thickness is reduced.

Lithology. Fresh looking rocks were dredged : glassy andesites along the Valu Fa ridge crest (DR2, DR4, Fig. 2) and tholeiite type basalts on a major seamount of the secondary volcanic chain (DR3, Fig. 2).

Hydrothermal activity. Methane anomalies (20 nl/l) found in the water column near the sea bottom at the axis of Valu Fa Ridge (HY2, HY3; Fig. 2) indicate possible hydrothermal activity.

b) The Valu Fa volcanic system north of 21°15'S.

The Valu Fa ridge *sensu stricto* has been identified as a distinct morphological feature northwards to 20°50'S. The secondary volcanic chain extends as a line of seamounts northwards to at least 20°20'S. Both structures keep N 15-20 directions.

c) Conclusions.

The Valu Fa ridge *sensu stricto* extends at least from 20°40'S to 20°50'S over a length of more than 200 km. North of 21°30'S, a secondary volcanic chain marks the initiation of an "en échelon" relay system from the ridge to the Tofua arc. Morton and Sleep have suggested that the Valu Fa ridge may define the southerne extension fo the accretionary ridge system in the Lau basin (2). Our data indicate that the Valu Fa ridge may have formed as the result of migration to the back-arc domain of the volcanic front of the arc system.

The Valu Fa volcanic system, including the Valu Fa ridge *sensu stricto*, the secondary volcanic chain and the sedimentary trough between the ridge and the Tofua arc, form a geological environment in several respects similar to that of sedimented medio-oceanic spreading centers known to be the sites of significant sulfide deposits. Altered andesites with sulfide impregnations had previously be recovered at the ridge axis and on an adjacent seamount near 22°15'S(3). Methane anomalies in the water column at the Valu Fa ridge axis, near 21°18'S and 21°27'S, found during the SEAPSO 4 cruise, tend to indicate the generalized occurrence along the ridge of hydrothermal activity, the distribution, processes and intensity of which still need to be explored.

V- LISTE DES PUBLICATIONS ISSUES DE LA CAMPAGNE

1. Publications

J.P. Foucher, J. Dupont, Ph. Bouysse, J.L. Charlou, M. Davagnier, J.P. Eissen, Y. Fouquet, S. Gueneley, F. Harmegnies, Y. Lafoy, A. Lapouille, J.P. Mazé, J. Morton, H. Ondréas, E. Ruellan, J.C. Sibuet. La ride volcanique de Valu Fa dans le bassin de Lau méridional (sud-Ouest Pacifique). Comptes rendus Académie des Sciences, 1988, série II, tome 307, pp 609-616.

E. Ruellan, Y. Lafoy, J. Dupont, J.M. Auzende, J.P. Foucher. Oblique spreading in the Lau basin (soumis à Geology).

X. Boespflug, L. Dosso, H. Bougault, J.L. Joron. Trace element and isotopic (Sr, Nd) geochemistry of volcanic rocks from the Lau Basin. Ouvrage spécial BGR - Rapport S035 (in press).

J.P. Foucher et al. A geophysical study of Valu Fa Ridge, North of 22°S (ouvrage spécial AAPG, en préparation).

J.P. Eissen et al. Petrology of Valu Fa Ridge, North of 22°S (ouvrage spécial AAPG, en préparation).

2. Thèse

Y. Lafoy, 1989. Evolution géodynamique des bassins marginaux Nord-Fidjien et de Lau (Sud-Ouest Pacifique). Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, 251 p.

3. Communications orales

J.P. Foucher, J.P. Eissen, P. Bouysse, J.P. Chopin, M. Davagnier, J. Dupont, Y. Fouquet, S. Gueneley, F. Harmegnies, A. Lapouille, J. Morton, H. Ondréas, J.C. Sibuet, J.L. Charlou. The Valu Fa ridge in the southern Lau basin, SW Pacific : main results of the Seapso 4 cruise. E.U.G. Strasbourg, 1987. Résumé dans terra Cognita, v. 7, n° 2-3, p. 298.

X. Boespflug, L. Dosso, H. Bougault, J.L. Joron and J.Y. Calvez. Back-arc basin evolution : a geochemical approach (trace elements and SR-ND-PB isotopes) E.U.G. Strasbourg 1989.

J.M. Auzende, J. Daniel, J.P. Eissen, J.P. Foucher, B. Pontoise, J. Recy. Seapso project in New Hebrides -Fidji tonga area. Circum Pacific energy and mineral resources conferences. 17-22 août 1986, Singapour.

X. Boespflug, L. Dosso, H. Bougault, J.L. Joron. Compositions isotopiques (Nd-Sr) et elements traces : Bassin Nord Fidjien, Bassin de Lau, Bassin d'Okinawa. R.S.T. Lille, 21-23 avril 1988.

J.C. Sibuet, J.P. Foucher, J.M. Auzende. Structure of back arc basins from recent observations in the Okinawa trough, the Lau and Nord Fiji basins. IGC, Washington, Juillet 1989.

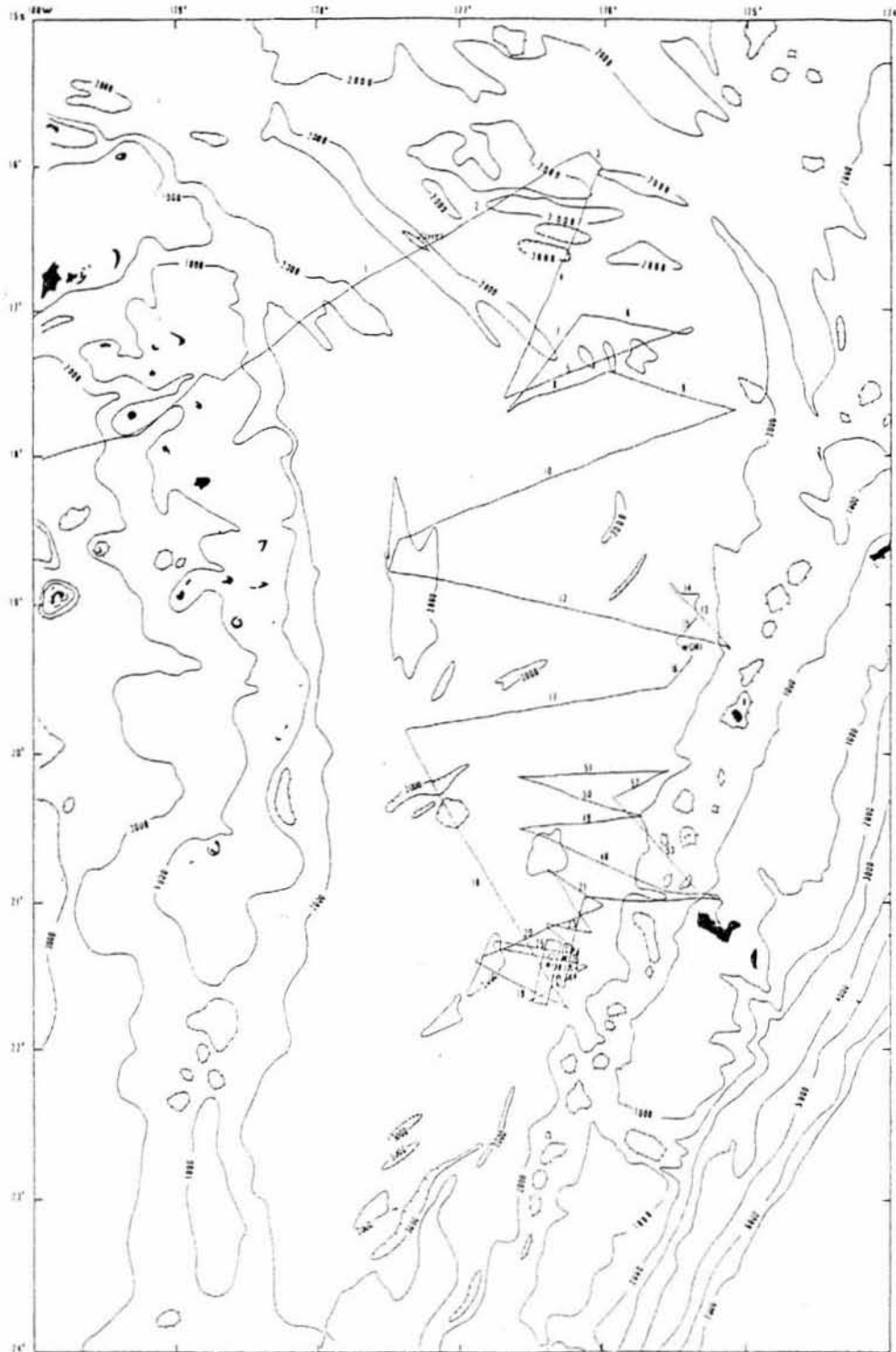


Figure 1 : Plan de position des profils géophysiques de la campagne SEAPSO 4.

Figure 1 : Location map of the geophysical profiles carried out during the SEAPSO 4 cruise.

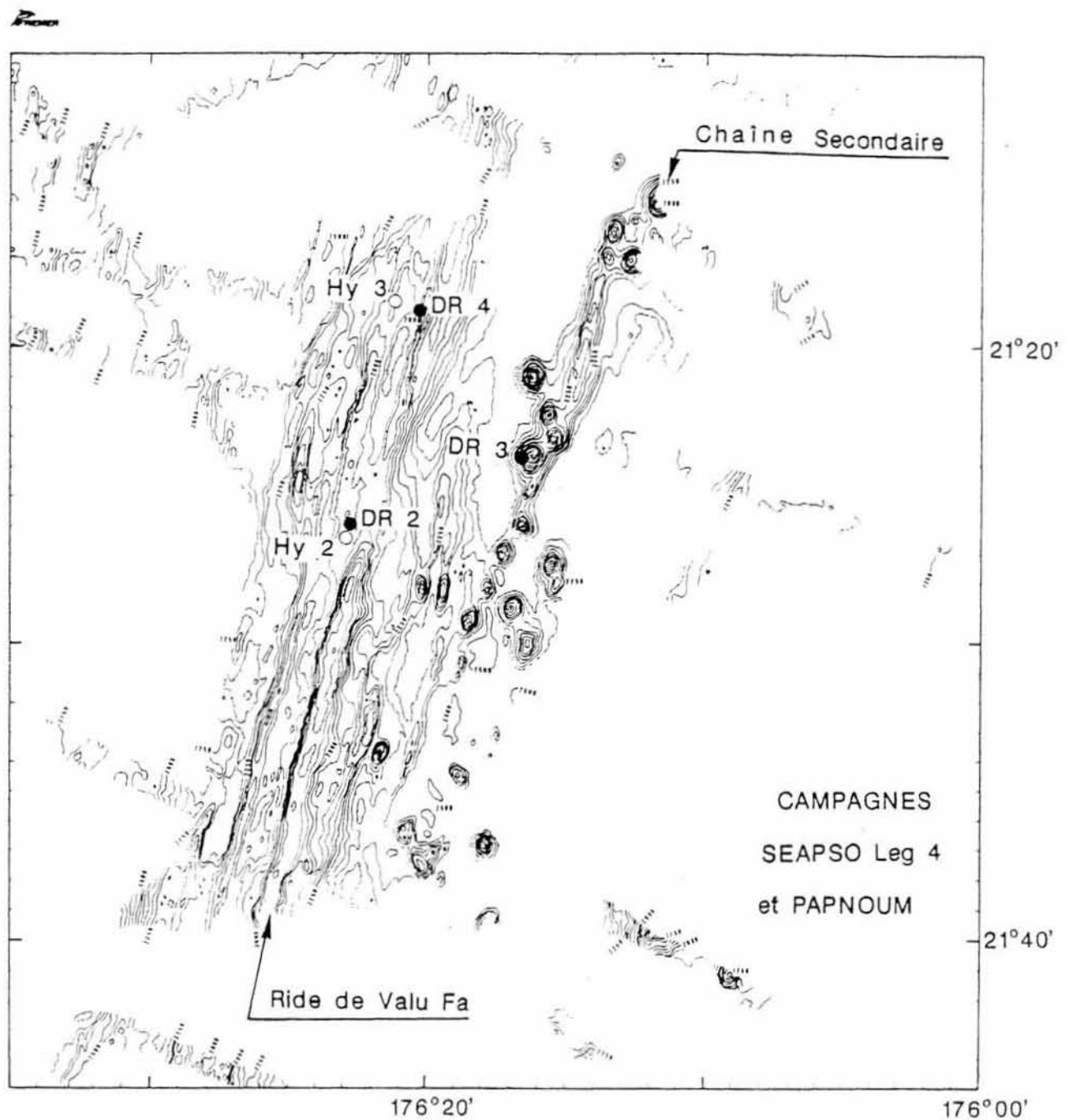


Figure 2 : Carte bathymétrique Seabeam de la ride de Valu Fa entre 21°15'S et 21°40'S. Les positions des dragages (DR) et des stations de prélèvements d'eau (Hy) effectués pendant la campagne SEAPSO 4 sont reportées.

Figure 2 : Seabeam bathymetric map of Valu Fa Ridge between 21°15'S and 21°40'S. Locations of dredges (DR) and hydrocasts (Hy) are shown.

TABLEAU 1

Tableau récapitulatif des stations effectuées pendant la mission Seapso 4.

Station	Date	Latitude S	Longitude W	Profondeur (m)
H0 01	31.12.85	16°32',92	177°14',67	751
DR 01	04.01.86	19°18',18	175°26',46	2100-1100
HY 02	06.01.86	21°26',60	176°23',70	2105
DR 02	06.01.86	21°26',06	176°23',54	2190-2030
DR 03	07.01.86	21°23',37	176°16',30	2475-1700
HY 03	07.01.86	21°18',20	176°21',26	2085
DR 04	07.01.86	21°18',50	176°20',18	2075
R 86-01	08.01.86	D 21°23',30 F 21°26',95	167°22',60 176°21',65	2100