

La ride volcanique de Valu Fa dans le bassin de Lau méridional (sud-ouest Pacifique)

Jean-Paul FOUCHER, Jacques DUPONT, Philippe BOUYSSÉ, Jean-Luc CHARLOU, Martine DAVAGNIER, Jean-Philippe EISSEN, Yves FOUQUET, Stéphanie GUENELEY, François HARMEGNIES, Yves LAFOY, André LAPOUILLE, Jean-Pierre MAZE, Janet MORTON, Hélène ONDREAS, Étienne RUELLAN et Jean-Claude SIBUET

Résumé — L'extension de la ride de Valu Fa au nord de 22°S dans le bassin de Lau méridional a été étudiée au cours de la campagne SEAPSO 4 (janvier 1986) du *N/O Jean-Charcot*, et des données complémentaires ont été obtenues lors du transit PAPNOUM (avril 1987) de ce même navire. La ride est implantée sur le flanc oriental du bassin à moins de 40 km de l'arc de Tofua. De direction N 15-20, parallèle à l'arc, elle se prolonge jusqu'à 20°50'S. Ainsi, en prenant en compte les données antérieures, la ride s'étend sur plus de 200 km, de 22°40'S à 20°50'S. Au nord de 21°30'S, le relief de la ride est moins marqué et une chaîne volcanique secondaire, qui peut être suivie jusqu'à 20°30'S, amorce un relais en échelon entre la ride et l'arc de Tofua. La formation de la ride de Valu Fa, interprétée depuis sa découverte en 1982 comme un centre d'accrétion océanique arrière-arc, pourrait être liée à la migration vers le domaine arrière-arc du front volcanique de l'arc insulaire. Le prélèvement de tholéïtes d'arc altérées imprégnées de sulfures et la mesure de teneurs anormalement élevées en méthane dans l'eau près du fond témoignent de la présence d'une activité hydrothermale, dont les manifestations restent peu connues.

The Valu Fa ridge in the southern Lau basin (south-west Pacific)

Abstract — The part of the Valu Fa ridge north of 22°S, in the southern Lau basin, was investigated during the SEAPSO 4 cruise of *R/V Jean-Charcot* in January 1986 and complementary data were obtained during the PAPNOUM transit in April 1987. The ridge, located on the eastern flank of the basin, strikes N 15-20, parallel to the Tofua volcanic arc and within 40 km from it. It extends northwards to 20°50'S, reaching a total length, from 22°40'S to 20°50'S, of more than 200 km. North of 21°30'S, the morphology of the ridge is more subdued and a secondary volcanic chain can be traced northwards to 20°30'S as an en-echelon segment between the ridge and the Tofua volcanic arc. Valu Fa Ridge, interpreted since its discovery in 1982 as a back-arc oceanic spreading center, may have formed as the result of migration of the volcanic front of the arc system to the back-arc domain. Altered arc-tholeiites impregnated with sulfides as well as methane anomalies in the water column indicate the presence of hydrothermal activity, the distribution and intensity of which remain poorly known.

Abridged English Version — I. REGIONAL GEOLOGICAL CONTEXT. — The Lau basin lies between the Lau and Tonga ridges and extends over more than 1,000 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 [3]. Magnetic anomaly patterns indicate that active oceanic spreading started at least 2.8 M.a. ago ([12], [14] to [17], [19]). However, the geometry of the accretionary ridge system, except that of a short NNE trending segment, mapped over a distance of 40 km in the central part of the basin near 18°40'S (*Fig. 1*) [18], remains poorly established.

II. THE VALU FA VOLCANIC SYSTEM: RESULTS FROM THE SEAPSO 4 AND PAPNOUM CRUISES OF *R/V Jean-Charcot*. — Discovered during the *R/V Lee* cruise in 1982, then mapped in considerable detail between 21°51'S and 22°42'S from *R/V Sonne* in 1984, the Valu Fa ridge is a linear, active volcanic structure located on the eastern flank of the southern Lau basin (*Fig. 1*) ([18], [20]). The ridge strikes N 15-20, parallel to the Tofua volcanic arc and within 40 km from the arc. Two multichannel seismic profiles carried out during the *R/V S.P.-Lee* cruise have revealed the presence beneath the ridge near 22°25'S of a strong

Note présentée par Jean AUBOUIN.

M 102

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 25666 exp 1

Cote : B

24 OCT. 1988

reflector at 1.4-1.6 sec. beneath the sea floor. Morton and Sleep [20] have interpreted the reflector as the top of a 2 to 3 km wide crustal magma chamber at a sub-bottom depth of approximately 3.5 km.

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 PAPANOU 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 (Figs. 2, 3).

A. *The area of detailed study between 21°15'S and 21°40'S. — Morpho-structure.* — Within the mapped area (Fig. 3), 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 1,900 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 arc (Figs. 2, 3). 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 horst and graben structure of the oceanic basement (Fig. 2). Also, the ridge acts as a barrier for 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. 3) and tholeiite type basalts on a major seamount of the secondary volcanic chain (DR3; Fig. 3).

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. 3) 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 (Fig. 2). On the seismic records, the ridge can be traced beneath the sedimentary cover further north to 20°20'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.

III. CONCLUSIONS. — The Valu Fa ridge *sensu stricto* extends at least from 22°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 [20] have suggested that the Valu Fa ridge may define the southern extension of the accretionary ridge system in the Lau basin [20]. 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 relationship of the Valu Fa ridge to the accretionary ridge system in the central Lau basin has not been established.

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 ([23], [24]). Altered andesites with sulfide impregnations had previously be recovered at the ridge axis and on an adjacent seamount near 22°15'S [18]. 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.

I. CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL. — Les fosses des Tonga et des Kermadec marquent la subduction vers l'ouest de la plaque Pacifique sous la plaque indo-australienne (*fig. 1*) à un taux estimé de 5 cm/an au sud des îles des Kermadec, augmentant à près de 10 cm/an au sud de la plate-forme des Tonga ([1], [2]). Situé à l'arrière de la fosse et de l'arc insulaire des Tonga, le bassin de Lau s'étend suivant une direction méridienne sur plus de 1 000 km, tandis que sa largeur décroît progressivement du sud au nord de près de 300 km à 16°S à moins de 100 km à 24°S. La profondeur moyenne du bassin est voisine de 2 500 m. La couverture sédimentaire, absente ou pelliculaire dans le domaine axial, reste généralement inférieure à 1 km sur les bordures ([3], [4]). Le bassin est limité à l'ouest par la ride de Lau, siège d'un volcanisme d'arc insulaire actif du Miocène moyen au Pliocène supérieur [5]. À l'est du bassin, l'arc de Tofua, implanté sur le bord occidental de la plate-forme des Tonga, constitue la ligne volcanique actuelle à l'arrière de la fosse de subduction [6].

La formation du bassin de Lau par un mécanisme d'ouverture océanique a été proposée par Karig dès 1970 [7]. Pour cet auteur, l'ouverture océanique du bassin de Lau a débuté par la cassure longitudinale de l'arc primitif des Tonga, dont la ride de Lau, aujourd'hui arc volcanique inactif, en serait la partie rémanente [8]. La présence de basaltes océaniques de type MORB ([9], [10]), ainsi que l'interprétation des anomalies magnétiques suivant un schéma d'accrétion océanique du type Vine et Matthews [11] jusqu'à l'anomalie 2' ([19], [12], [14] à [17]), témoignent de l'ouverture océanique du bassin de Lau depuis au moins 2,8 M.a. La mise en évidence près de 18°40'S sur plus de 40 km d'un segment d'accrétion actif, orienté NNE-SSW [18] et dont la position est proche de celle définie à partir de l'identification des anomalies magnétiques, démontre que cette phase d'ouverture océanique se poursuit aujourd'hui.

Toutefois, la cinématique d'ouverture à l'échelle du bassin de Lau reste peu connue. Ainsi, l'identification des anomalies magnétiques étant restreinte au domaine central, la phase initiale d'ouverture est mal définie. Dans la partie septentrionale, au nord de 17°S, la nature de la ride de Peggy, interprétée d'abord comme un centre d'accrétion océanique [19], puis comme une faille transformante ([12], [14]), n'a pu être clairement établie. Dans le domaine méridional, au sud de 20°S, l'essai d'interprétation des anomalies magnétiques proposé par Larue [4] reste préliminaire du fait de données magnétiques trop fragmentaires. Hors du segment actif mis en évidence près de 18°40'S, la géométrie du système d'accrétion océanique actuel dans le bassin de Lau est donc mal connue.

II. LA RIDE VALU FA: APPORT DES CAMPAGNES SEAPSO 4 (1986) ET PAPNOUM (1987) DU N/O *Jean-Charcot*. — Découverte en 1982 [20], la ride de Valu Fa (*fig. 1*) est une structure volcanique linéaire implantée dans la partie sud-orientale du bassin de Lau, immédiatement en arrière de l'arc des Tonga. Elle est orientée N 15-20, parallèlement à l'arc. Deux profils de sismique réflexion multitrace réalisés au cours de la campagne du N/O *S.P.-Lee* en 1982 ont permis de mettre en évidence, près de 22°25'S, la présence sous la ride d'un défecteur sismique à 1,4-1,6 std (profondeur sous le fond d'environ 3,5 km) interprété comme le toit d'une chambre magmatique de 2 à 3 km de largeur [20].

La présence de la chambre magmatique, le prélèvement de laves fraîches et l'identification d'anomalies magnétiques du type Vine et Matthews jusqu'à l'anomalie de Jamarillo (0,9 M.a.) ont conduit Morton et Sleep [20] à interpréter la ride Valu Fa comme un centre d'accrétion arrière-arc actif qui pourrait définir la terminaison méridionale du système d'accrétion actuel du bassin de Lau.

La première étude géologique et géophysique détaillée d'un segment de la ride de Valu Fa a été conduite lors de la campagne allemande So35 du N/O *Sonne* en 1985 (*fig. 2*), précisément sur la portion de ride où la chambre magmatique avait été mise en évidence [18]. La cartographie bathymétrique au sondeur multifaisceaux réalisée au cours de la campagne allemande entre 22°10'S et 22°20'S montre que la ride présente une section en dôme simple, de largeur inférieure à 1 km et de hauteur comprise entre 300 et 600 m par rapport aux fonds océaniques voisins. La ride culmine à une profondeur de 1 600 m

EXPLICATIONS DE LA PLANCHE I

Fig. 2. — En haut: tracé de la ride de Valu Fa et de la chaîne volcanique secondaire. Bathymétrie d'après [25]. Les rectangles indiquent les zones d'études détaillées allemande (SO35) et française (S4). Le trait plein indique la position du profil géophysique SEAPSO 4/19. En bas: coupe sismique monotrace et anomalies magnétiques le long du profil SEAPSO 4/19 à travers la ride de Valu Fa.

Fig. 2. — Top: location of the Valu Fa ridge and the secondary volcanic chain. Bathymetry after [25]. Rectangles show areas of detailed studies the german (SO35) and french (S4) cruises. Location of the geophysical profile SEAPSO 4/19 shown by solid line. Bottom: single channel seismic section and magnetic anomalies along line SEAPSO 4/19 across Valu Fa Ridge.

près de $22^{\circ}15'S$ et s'approfondit progressivement à 1900 m sur une distance de l'ordre de 10 km de part et d'autre du point haut le long de la ride.

Au cours de la campagne SEAPSO 4 du *N/O Jean-Charcot* en 1986 dont les travaux ont été complétés lors du transit PAPONUM de ce même navire en 1987, l'extension septentrionale de la ride de Valu Fa, au nord de $22^{\circ}S$, a été étudiée [21]. Un nouveau segment de la ride a été cartographié, entre $21^{\circ}15'S$ et $21^{\circ}40'S$, au nord du précédent (fig. 2).

A. *Le segment cartographié entre $21^{\circ}15'S$ et $21^{\circ}40'S$. — Morpho-structure.* — Les levés bathymétriques réalisées au sondeur multifaisceaux Sea Beam en couverture totale (fig. 3) montrent que la ride présente deux secteurs morphologiquement distincts situés de part et d'autre d'une transition brutale observée près de $21^{\circ}26'S$.

Le secteur méridional, au sud de $21^{\circ}26'S$, présente des caractéristiques morphologiques proches de celles du segment reconnu plus au sud au cours de la campagne allemande: 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 $21^{\circ}26'S$, 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 $21^{\circ}26'S$, une chaîne volcanique secondaire se développe entre la ride et l'arc de Tofua (fig. 2 et 3). 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.

La morphologie et l'épaisseur sédimentaire dans le secteur cartographié sont contrôlées par la structure en horst et graben du socle océanique. Par ailleurs, la ride joue un rôle de barrière pour les apports sédimentaires en provenance de l'arc. 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 (fig. 2). Sur le flanc occidental, la couverture est réduite.

Lithologie. — Au cours de la campagne SEAPSO 4, deux dragages ont été effectués sur la ride de Valu Fa (fig. 3), près de la zone de transition morphologique (DR2) 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).

Dans tous les cas, 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. Leur composition est proche de celle des roches draguées sur la ride par le *N/O Sonne*

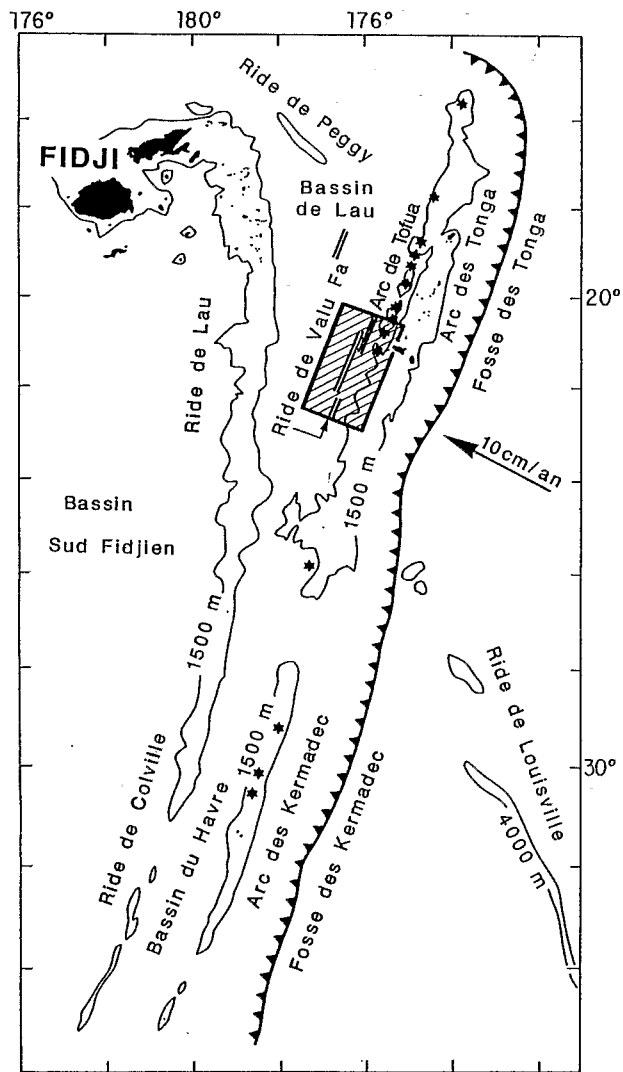
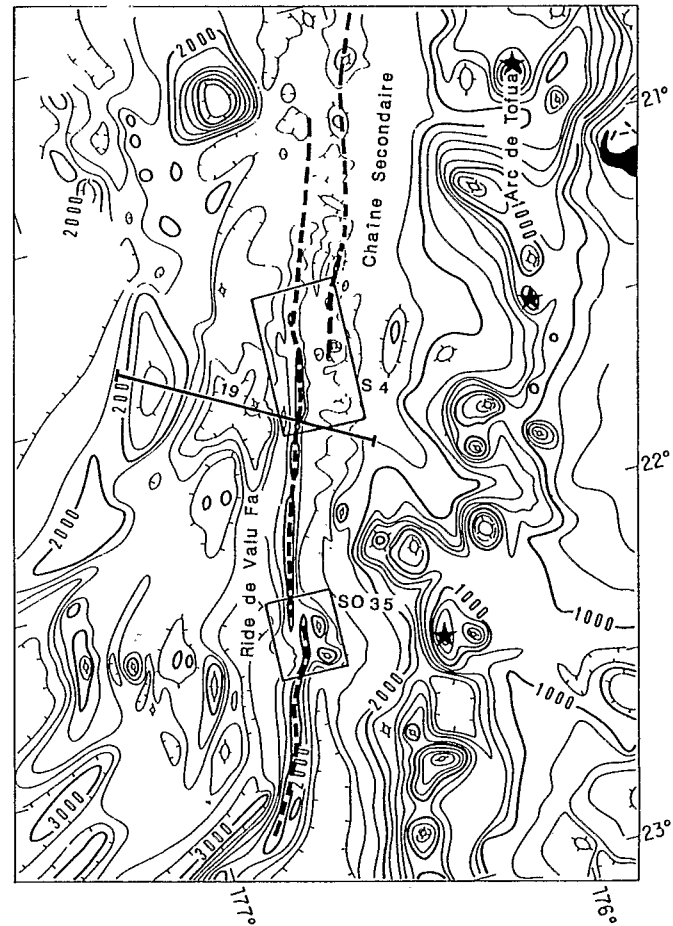


Fig. 1. — Plan de position de la zone d'étude dans le bassin de Lau méridional. Bathymétrie d'après Chase et coll. [25]. = : Ride volcanique arrière-arc; * : Volcan historique.

Fig. 1. — Location map of the area of study in the Southern Lau Basin. Bathymetry after Chase et al. [25]. = : Back-arc volcanic ridge; * : Historic volcano.



R
P

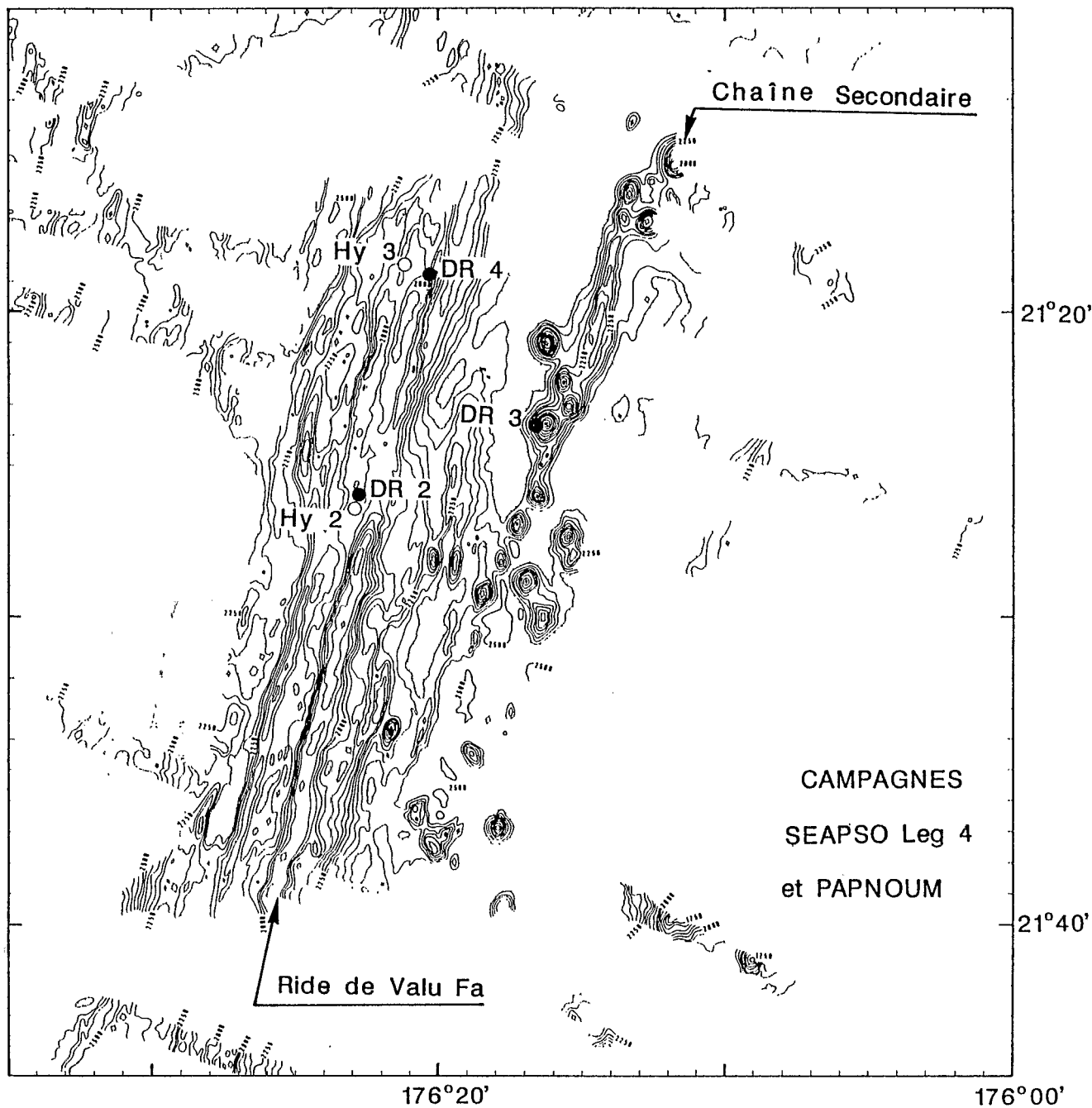


Fig. 3. — Carte bathymétrique Sea Beam de la zone de transition morphologique de la ride de Valu Fa près de 21°30'S. Les positions des dragages (DR) et des stations de prélèvements d'eau (Hy), effectués pendant la campagne SEAPSO 4, sont reportées.

Fig. 3. — Sea Beam bathymetric map of the morphological transition area of Valu Fa Ridge near 21°30'S. Locations of dredges (DR) and hydrocasts (Hy) are shown.

près de 22°15'S [18]. 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. — Des sulfures d'origine hydrothermale, présents sous la forme d'imprégnations principalement pyriteuses dans des basaltes andésitiques altérés [18], sont connus depuis 1985 sur la ride de Valu Fa près de 22°15'S, ainsi que sur le volcan situé sur le flanc sud-est de la ride, près de 22°16'S. Au cours de la campagne SEAPSO 4, les prélèvements d'eau effectués près du fond (fig. 3) 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 (fig. 2). Les données sismiques indiquent que la ride se prolonge plus au nord, jusqu'à 20°20'S, ennoyée sous la couverture sédimentaire. 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.

III. 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. Elle peut être suivie plus au nord, ennoyée sous la couverture sédimentaire, jusqu'à 20°20'S, à partir des données sismiques. 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. A l'évidence, la découverte de cette chaîne volcanique secondaire suggère un lien génétique entre la ride de Valu Fa et l'arc de Tofua, tandis que le raccordement du système volcanique de Valu Fa au segment d'accrétion actif mis en évidence dans la partie centrale du bassin près de 18°40'S n'a pas été établi. Morton et Sleep [20] 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 [22], ne semblent pas entièrement corroborer cette hypothèse; elles 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 [23] et le bassin de Guaymas au large de la Californie [24]) 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.

Note reçue et acceptée le 13 juin 1988.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] X. LE PICHON, *J. Geophys. Res.*, 73, 1968, p. 3661-3697.
- [2] J. B. MINSTER et T. H. JORDAN, *J. Geophys. Res.*, 83, 1978, p. 5331-5354.
- [3] J. W. HAWKINS, In *Geology of Continental Margins*, C. BURK et C. DRAKE éd., Springer, Berlin, Heidelberg, 1974, p. 505-520.
- [4] B. M. LARUE, B. PONTOISE, A. MALAHOFF, A. LAPOUILLE et G. V. LATHAM, In *Contribution à l'étude géodynamique du sud-ouest Pacifique, Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M.*, 147, 1982, p. 363-406.
- [5] J. W. COLE, J. B. GILL et D. WOODHALL, In *Geology and Offshore Resources of Pacific Island 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. 379-414.
- [6] J. DUPONT, In *Contribution à l'étude géodynamique du sud-ouest Pacifique, Travaux et Documents de l'O.R.S.T.O.M.*, 147, 1982, p. 249-261.
- [7] D. E. KARIG, *J. Geophys. Res.*, 75, 1970, p. 239-254.
- [8] D. E. KARIG, *J. Geophys. Res.*, 76, 1971, p. 2542-2561.
- [9] J. W. HAWKINS, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 28, 1976, p. 283-298.
- [10] J. W. HAWKINS et J. T. MELCHIOR, *J. Geophys. Res.*, 90, 1985, p. 11431-11468.
- [11] F. J. VINE et D. H. MATTHEWS, *Nature*, 199, 1963, p. 947-949.
- [12] J. G. SCLATER, J. W. HAWKINS, J. MAMMERICKS et C. G. CHASE, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83, 1972, p. 505-518.
- [13] L. A. LAWVER, J. W. HAWKINS et J. G. SCLATER, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 33, 1976, p. 27-35.
- [14] J. K. WEISSEL, In *Islands arcs, deep sea trenches and back-arc basins*, M. TALWANI et W. C. PITMANN III éd., Maurice Ewing Series 1, A.G.U., 1977, p. 429-436.
- [15] N. Z. CHERKIS, U.N. E.S.C.A.P., C.C.O.P./S.O.P.A.C. *Tech. Bull.*, 3, 1980, p. 34-45.
- [16] A. MALAHOFF, R. H. FEDEN et H. S. FLEMING, *J. Geophys. Res.*, 87, 1982, p. 4109-4125.
- [17] M. DAVAGNIER, Rapport D.E.A., Univ. de Bretagne occidentale, 1986, 68 p.
- [18] U. VON STACKELBERG et participants SO35, *B.G.R. Circular*, 2, 1985, 14 p.
- [19] C. G. CHASE, *Geol. soc. am. Bull.*, 82, 1971, p. 3087-3110.
- [20] J. M. MORTON et N. H. SLEEP, 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.
- [21] J.-P. FOUCHER et participants SEAPSO 4, *Terra Cognita*, 7, 1987, p. 298.
- [22] E. RUELLAN, Y. LAFOY, J. DUPONT, J.-P. FOUCHER et J.-M. AUZENDE, *Geology* (soumis).
- [23] E. E. DAVIS, W. D. GOODFELLOW, B. D. BORNHOLD, J. ADSHEAD, B. BLAISE, H. WILLINGER et G. M. LECHEMINANT, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 82, 1987, p. 49-61.
- [24] P. LONSDALE et K. BECKER, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 73, 1985, p. 211-225.
- [25] T. E. CHASE, B. A. SEEKINS, S. C. WATH et M. A. CLOUD, *Topography of the Tonga region (map)*, U.S.G.S.-C.C.O.P./S.O.P.A.C. South Pacific Project, 1982.

J.-P.F., J.-L.C., Y.F., F.H., J.-P.M., H.O. et J.-C.S.: *G.I.S. Océanologie et Géodynamique, IFREMER/C.B.*, B.P. n° 70, 29263 Plouzané; J.D.: *G.I.S. Océanologie et Géodynamique, O.R.S.T.O.M.*, B.P. n° A5, Nouméa Cedex, Nouvelle Calédonie; P.B.: *B.R.G.M.*, B.P. n° 6009, 45060, Orléans Cedex; M.D. et Y.L.: *G.I.S. Océanologie et Géodynamique, U.B.O.*, 6, avenue Le-Gorgeu, 29287 Brest Cedex; J.-P.E. et A.L.: *G.I.S. Océanologie et Géodynamique, O.R.S.T.O.M.*, c/o IFREMER/C.B., B.P. n° 70, 29263 Plouzané; S.G.: *U.B.O.*, 6, avenue Le-Gorgeu, 29287 Brest Cedex; J.M.: *U.S. Geological Survey*, 345 Middlefield road, MS 999, Menlo Park, Ca 94025, U.S.A.; E.R.: *U.R.A. Géodynamique, C.N.R.S.*, Université de Nice, avenue A.-Einstein, Sophia Antipolis, 06565 Valbonne Cedex.