

Variabilité morphostructurale à l'échelle kilométrique de la dorsale du Bassin Nord-Fidjien : exploration *in situ* du segment compris entre 18°50 S et 19°S

Hélène ONDRÉAS, Étienne RUELLAN, Jean-Marie AUZENDE, Valérie BENDEL, Giovanni DE ALTERIIS, Eulália GRÁCIA-MONT et Manabu TANAHASHI

Résumé – Durant le programme STARMER, 14 plongées des submersibles *Nautile* et *Shinkai-6500* ont été réalisées sur un site (Station 14 à 18°50'S) du segment NS de la dorsale du Bassin Nord Fidjien. Les observations faites permettent de mettre en évidence une variabilité morphostructurale à l'échelle kilométrique, qui peut être reliée aux différents stades du cycle magmato-tectonique. On a pu distinguer : une zone Nord, où l'axe n'est pas différencié tectoniquement mais présente cependant une activité hydrothermale importante, une zone Sud, où existe une structure en graben de près de 150 m de large. Ce graben présente aussi une activité hydrothermale fossile et actuelle.

Une plongée effectuée à 19°S, à 20 km du site précédent, confirme cette variabilité morphostructurale.

L'ensemble des zones explorées montre des laves extrêmement fraîches, constituées majoritairement de lacs de laves lobées qui témoignent d'une activité volcanique très récente.

Morphostructural variability at kilometre scale of the North Fiji Basin Ridge: *in situ* exploration of the segment between 18°50 S and 19°S

Abstract – During the STARMER programme the submersibles *Nautile* and *Shinkai-6500* carried out 14 dives on the NS segment of the North Fiji Basin Ridge (Station 14 at 18°50 S). From structural point of view, two types of morphology appear:

– in the northern part, the axis is not tectonically well expressed but the hydrothermal activity is important.

– in the southern part, a graben structure 150 m wide exists, with both a fossil and a present-day hydrothermal activity.

The station 14 shows a morphostructural variability of the spreading axis which can be related to the different stages of the volcanic and tectonic cycles.

Another station explored at 19°S, a few kilometres to the south, confirms the fact that different stages of tectonic and magmatic evolution can exist at small scale on the same ridge axis.

Over the whole area the lavas are extremely fresh, with predominant lobate lava lakes. They are the record of very recent volcanic activity.

Abridged English Version – Over the past 10 years, the North Fiji Basin has become a reference site for the study of back-arc basins. In the framework of the joint French-Japanese Starmer project, nine cruises have been carried out on the North Fiji Basin Ridge. Two of them (Starmer-Nautile, 1989 and Yokosuka, 1991) were devoted to the *in situ* exploration, by the use of submersibles, of four sites of the present-day ridge axis (Fig. 1). In this paper we present the main results of the 14 dives performed, either with the *Nautile* or with the *Shinkai-6500*, on the site, named station 14, located around 18°50'S on the NS segment of the spreading ridge (Fig. 2).

This segment, 300 km long centred on 173°30'E, is characterized by a spreading rate ranging from 5.6 to 8 cm/year from north to south and an axial dome 7 to 8 km wide, 200 to 300 m high, very similar in morphology to the East Pacific Rise. Station 14 explored by submersible is located on the top of this dome at about 2,800 m depth.

From the *in situ* observations we have distinguished three main areas (Figs. 3 et 4) :

– North of 18°49'S, the active axis is characterized by a diffuse accretion scattered within small poorly defined grabens.

Note présentée par Jean AUBOUIN.

— Between 18°49'4 S and 18°50'S, the axis is marked by a 150 m wide, 20 m deep graben at 2,725 m depth. This graben is mainly constituted by foundered lava lakes and bounded by NS normal faults. On the bottom of the graben the tectonic activity is localized on slightly oblique fissures trending N170 and N10.

— South of 18°50'S the only dive carried out allowed one to observe a discontinuous NS to N10 graben.

Two different types of hydrothermal features exist on the whole area: one fossil, represented by sulfide chimneys associated with dead animals, one active characterized by the expulsion of low-temperature (5°C) fluids and brown or yellow stainings associated with living animal colonies.

The whole station 14 shows extremely fresh lavas predominantly consisting of lava lakes, draped lavas and sheet flows.

At 19°S, one dive explored a different site showing a 300 m wide, 50 m deep graben. Here, the bottom is exclusively occupied by pillow lavas and fossil foundered sulfide chimneys (*Fig. 5*).

In conclusion, the site explored brings into evidence a small-scale morphostructural variability ranging from a few tens of kilometres to one kilometre. This variability is related to the different stages of the magmatic-tectonic cycle governing the accretion on the North Fiji Basin Ridge.

INTRODUCTION. — Depuis presque 10 ans, la dorsale du Bassin Nord Fidjien est devenue une cible privilégiée pour l'étude de l'accrétion dans les bassins marginaux ([1]-[2]). De très nombreuses missions, de reconnaissance générale tout d'abord, l'ont explorée régulièrement, permettant une cartographie détaillée de son axe d'accrétion [3]. Puis deux campagnes de plongées en submersible ont permis des études de détail, *in situ*. En 1989, lors de la mission Starmer 89 du *Nautilé* a été identifié un site hydrothermalement actif sur l'axe orienté N15 (Station 4 à 17°S), à proximité du point triple de 16°50 S ([4]-[5]), et un autre à 18°50 S (Station 14) sur l'axe Nord-Sud, où des colonies animales vivantes ont été observées. En octobre 1991, la mission Yokosuka du projet franco-japonais STARMER liant la S.T.A. (Science and Technology Agency) du côté japonais et l'IFREMER du côté français, a vu la mise en œuvre, pour la première fois dans un contexte scientifique, du submersible japonais *Shinkai-6500*. 28 plongées ont eu lieu sur la dorsale du Bassin Nord Fidjien; dont 7 plongées à 17°S, 13 plongées au niveau de 18°50 S, dans une zone de 6 km de long et 2 km de large sur l'axe, et une plongée à 19°S, consacrée à l'étude d'un transect de référence à travers l'axe.

Le segment Nord-Sud et la Station 14. — L'axe d'accrétion du BNF comprend plusieurs segments d'orientation N160, N15, NS. Le segment orienté NS, s'étend de 18°10 S à 21°S, soit sur près de 300 km (*fig. 1*). Il est centré sur 173°30 E et fonctionne avec cette direction depuis 3 Ma. Le taux d'accrétion calculé varie de 5,6 cm/an à 18°30 S, à 8 cm/an à 21°S, impliquant l'ouverture du domaine en éventail ([6]-[7]). Cette ride présente de nombreuses analogies avec la dorsale est-Pacifique ([8]-[9]). En effet, il s'agit d'une ride médiane large de 7 à 8 km et surélevée d'environ 200 à 300 m par rapport au plancher océanique adjacent, sa profondeur moyenne étant de 2800 m.

La station 14, située sur un plateau au sommet du dôme axial (*fig. 2*), s'étend entre 18°47, 7 S et 18°51 S. Le taux d'accrétion y est supérieur à 7 cm/an [6].

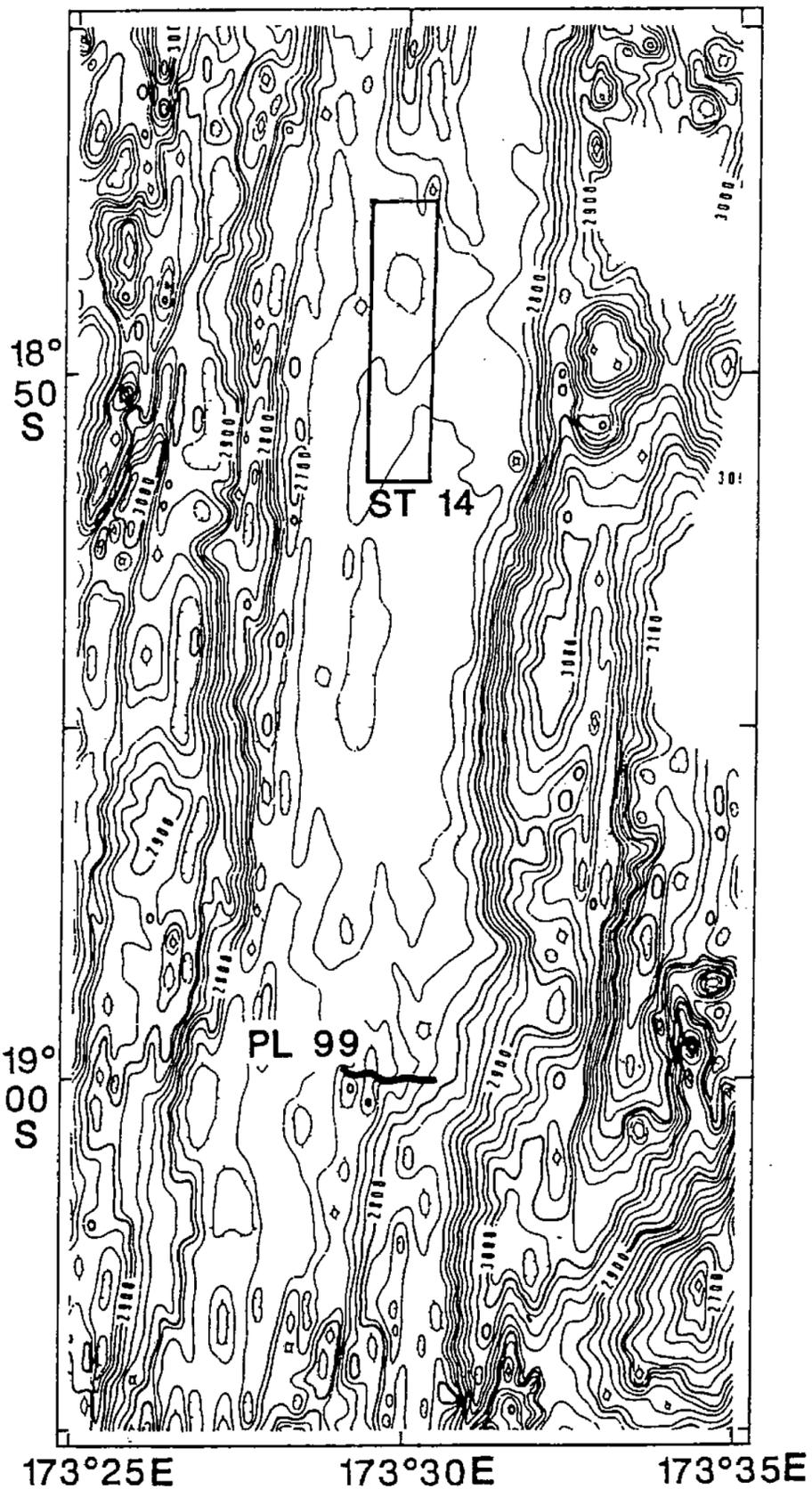
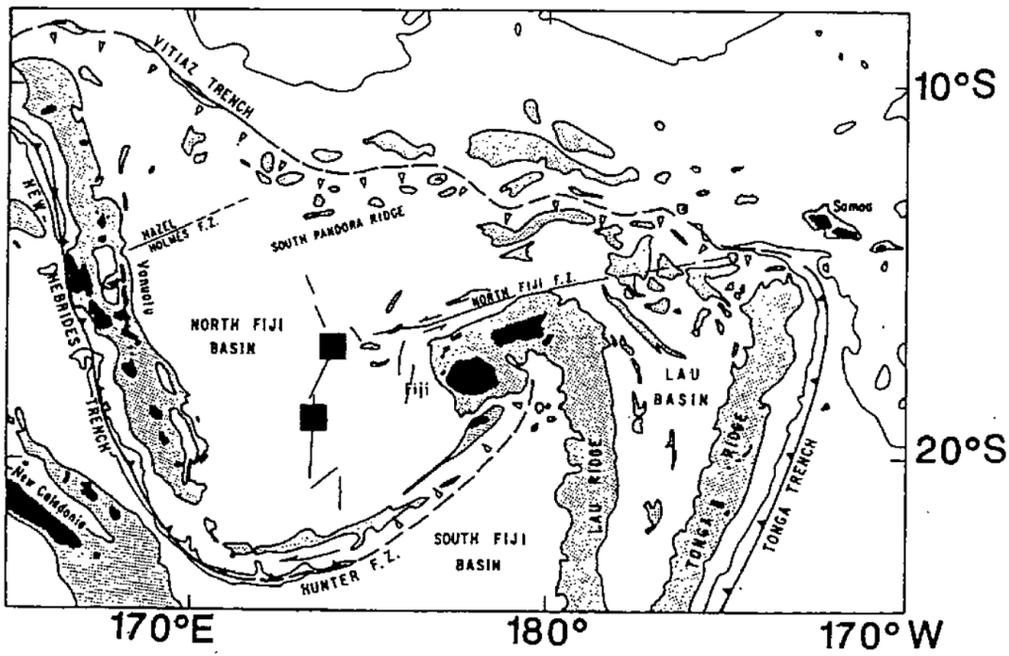


Fig. 2

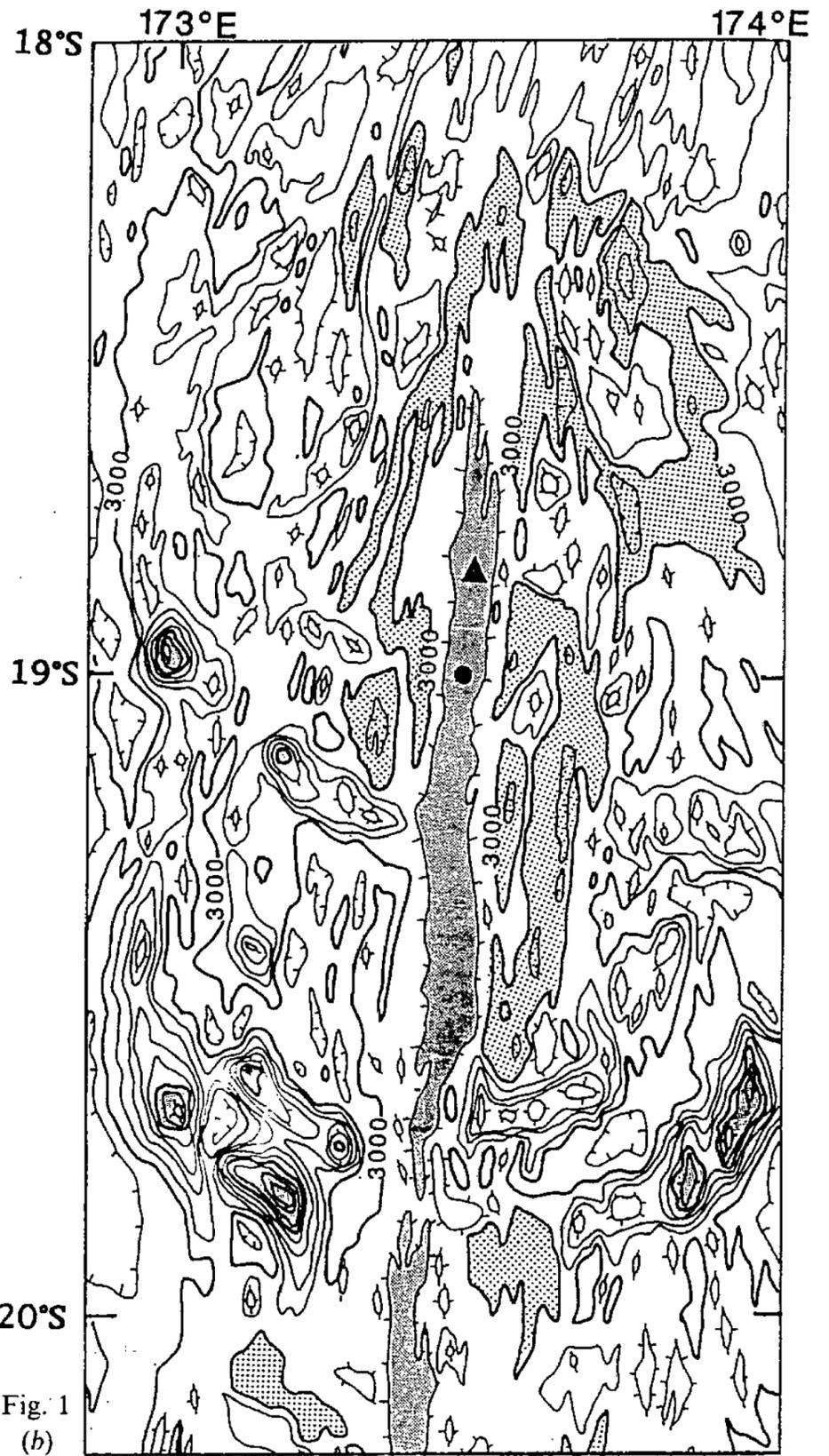


Fig. 1
(b)

Fig. 1. — a : Localisation du Bassin nord-Fidjien, ■ : position des stations 4 au nord, et 14 au sud; b : Carte bathymétrique simplifiée de l'axe du B.N.F. entre 18° et 20°S établie à partir des données multifaisceaux (équidistance des isobathes = 100 m). En grisé : sommet du dôme axial et sommet des principaux volcans hors-axe. En pointillés : les dépressions latérales. ▲ : Station 14; ● : Station 19°S.

Fig. 1. — a : Location of the North Fiji Basin, ■ : location of stations 4 to the North and 14 to the South; b : Simplified bathymetric map of the North Fiji Basin Ridge from multinarrow beam data (contour interval = 100 m). In grey: top of the axial dome and top of the main off-axis volcanoes. Dotted area: lateral depression. ▲ : Station 14; ● : Station 19°S.

Fig. 2. — Carte bathymétrique (équidistance des isobathes = 20 m) avec localisation de la station 14 et de la plongée 99.

Fig. 2. — Bathymetric map (contour interval = 20 m) with the location of station 14 and dive 99.

Les travaux présentés ici intègrent également les résultats de la plongée 17 de la campagne STARMER 89, réalisée avec le submersible *Nautilé* deux ans auparavant.

PRINCIPAUX RÉSULTATS. — *Structure.* — La compilation des données structurales (*fig. 3*) permet d'identifier, dans la zone autour de 18°50 S, plusieurs domaines :

— au Nord de 18°49,4 S, de petits grabens isolés ne présentant pas d'activité hydrothermale se disposent sans alignement marqué. L'axe d'accrétion apparaît tectoniquement peu défini. On peut remarquer que dans la partie nord (plongée 82), le domaine hors-axe est recouvert par une couche sédimentaire relativement épaisse et n'est affecté que par une faible activité tectonique;

— entre 18°49,4 S et 18°50' S, l'axe actif est matérialisé par un graben principal de 150 m de large, 20 m de profondeur et de direction principale NS. Il est constituée par une succession de marches de quelques mètres de hauteur et quelques mètres de largeur chacune (*fig. 4*), résultant de l'effondrement de lacs de lave. Des zones bréchiques, vierges de sédiments, tapissent le fond du graben attestant de l'activité actuelle de cette partie de l'axe. Dans le graben, l'activité tectonique actuelle est représentée par une série de fissures d'orientation N170 et N10 qui dessinent un système en échelon. Ces fissures indiquent la direction instantanée de l'accrétion. Il est probable que ce système se réorientera ultérieurement selon la direction principale de l'axe;

— au sud de 18°50' S, un graben de direction NS à N10 existe, mais de manière discontinue.

Hydrothermalisme. — Au niveau de la station 14, les manifestations hydrothermales existent sous deux formes :

1. une forme fossile représentée par des cheminées éteintes associées à des animaux morts ou sans faune associée, ou simplement des sites représentés par des animaux morts;
2. une forme active représentée par des émanations de fluides de basse température (5°C), avec dépôts de couleur brune ou jaune associés à des colonies animales. Aucune cheminée hydrothermale active n'a été observée à la station 14.

Ainsi, coexistent, sur cette zone, des segments à morphologie dominée par la tectonique avec présence d'un graben bien individualisé et d'autres structurellement peu matures. L'hydrothermalisme fossile ou actuel existe dans les deux types de sites tectoniques. Il est probable que cette zone représente la phase tout à fait initiale du stade tectonique du cycle magmato-tectonique. Il faut noter ici, qu'il est illusoire de vouloir distinguer clairement une phase magmatique d'une phase tectonique. Il est vraisemblable que ce que nous appelons cycle tectono-magmatique est en réalité l'interaction des deux phénomènes, émission volcanique ou fracturation tectonique. La prédominance de l'un ou de l'autre

EXPLICATIONS DES PLANCHES

Planche I

Fig. 3. — (a) Carte structurale de la station 14 à partir des données des plongées. (b) plan de position des plongées. (c) agrandissement du domaine compris entre 18°49,4 S et 18°50 S. 1 = fissure, 2 = escarpement, 3 = site hydrothermal fossile, 4 = site hydrothermal actif, 5 = cheminée fossile.

Fig. 3. — (a) *Structural map of station 14 from dives data; (b) dives location; (c) detail of the area between 18°49.4 S and 18°50 S. 1 = fissure, 2 = scarp, 3 = fossil hydrothermal site, 4 = active hydrothermal site, 5 = fossil chimney.*

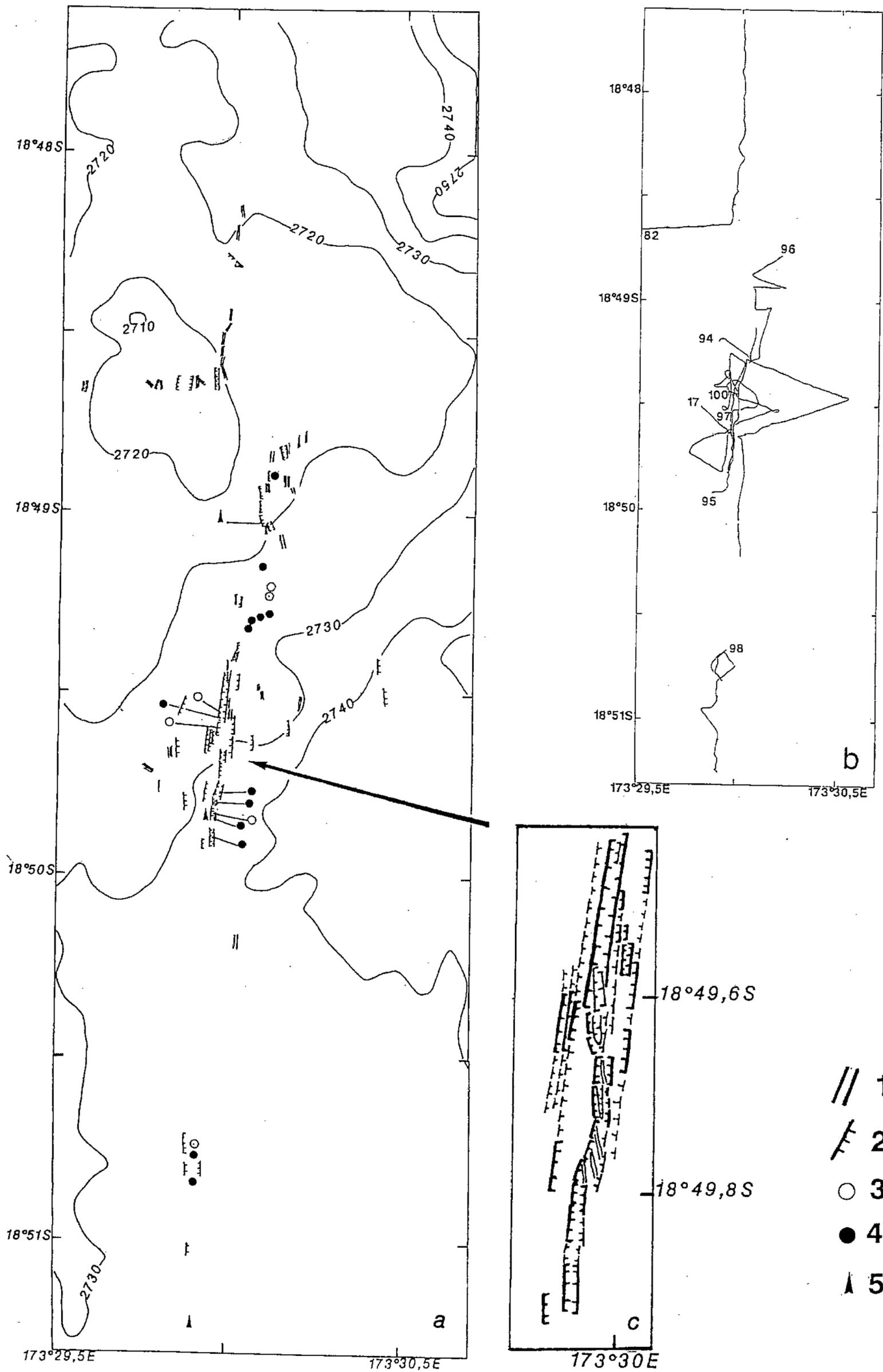


Fig. 3

PLANCHE II/PLATE II

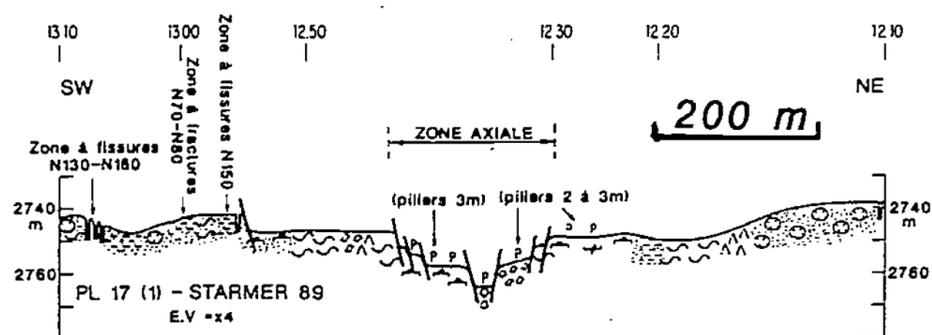


Fig. 4. — Station 14 : coupe géologique de la plongée 17, voir légende figure 5 : l'échelle est la même que celle de la coupe de la figure 5.

Fig. 4. — Station 14: geological section of dive 17, see legend on Figure 5: same scale as the section of Figure 5.

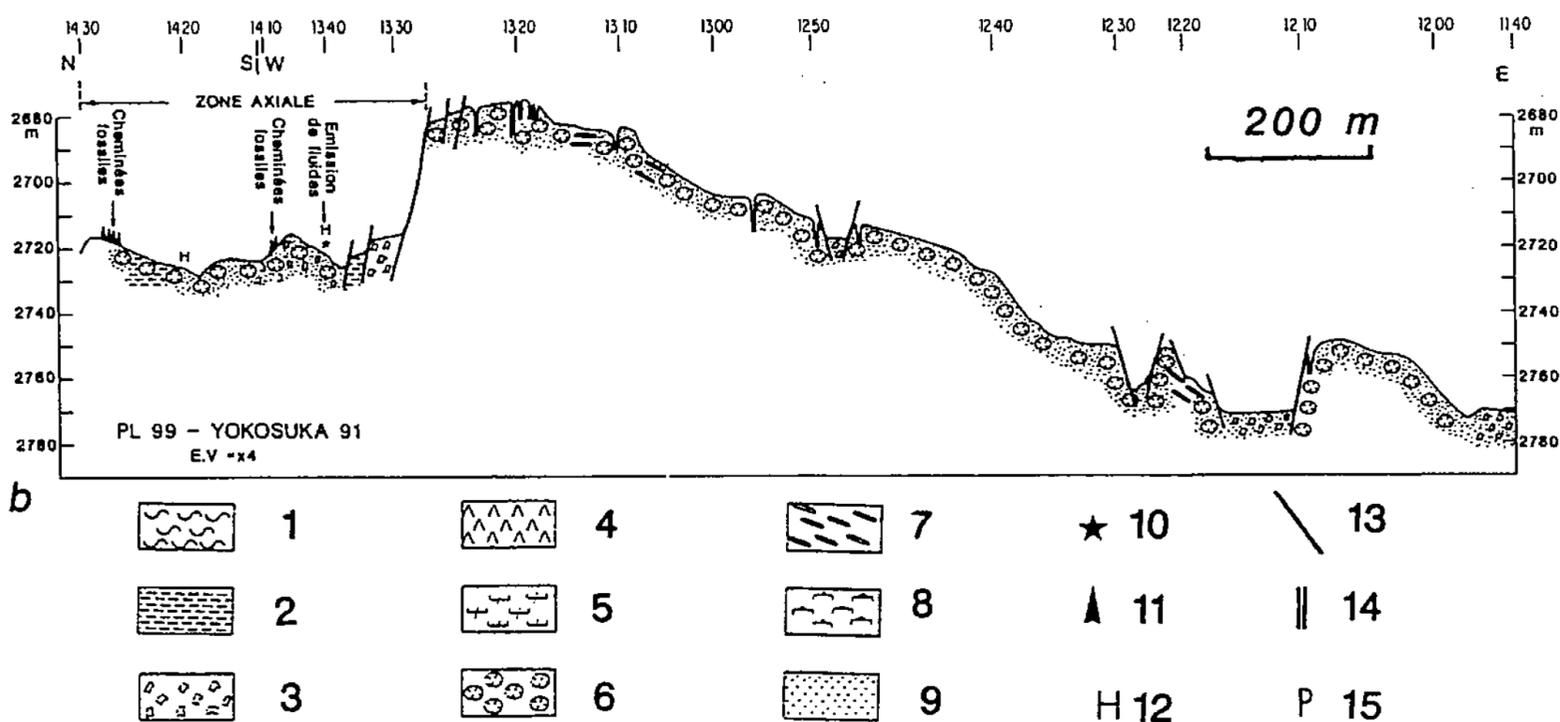
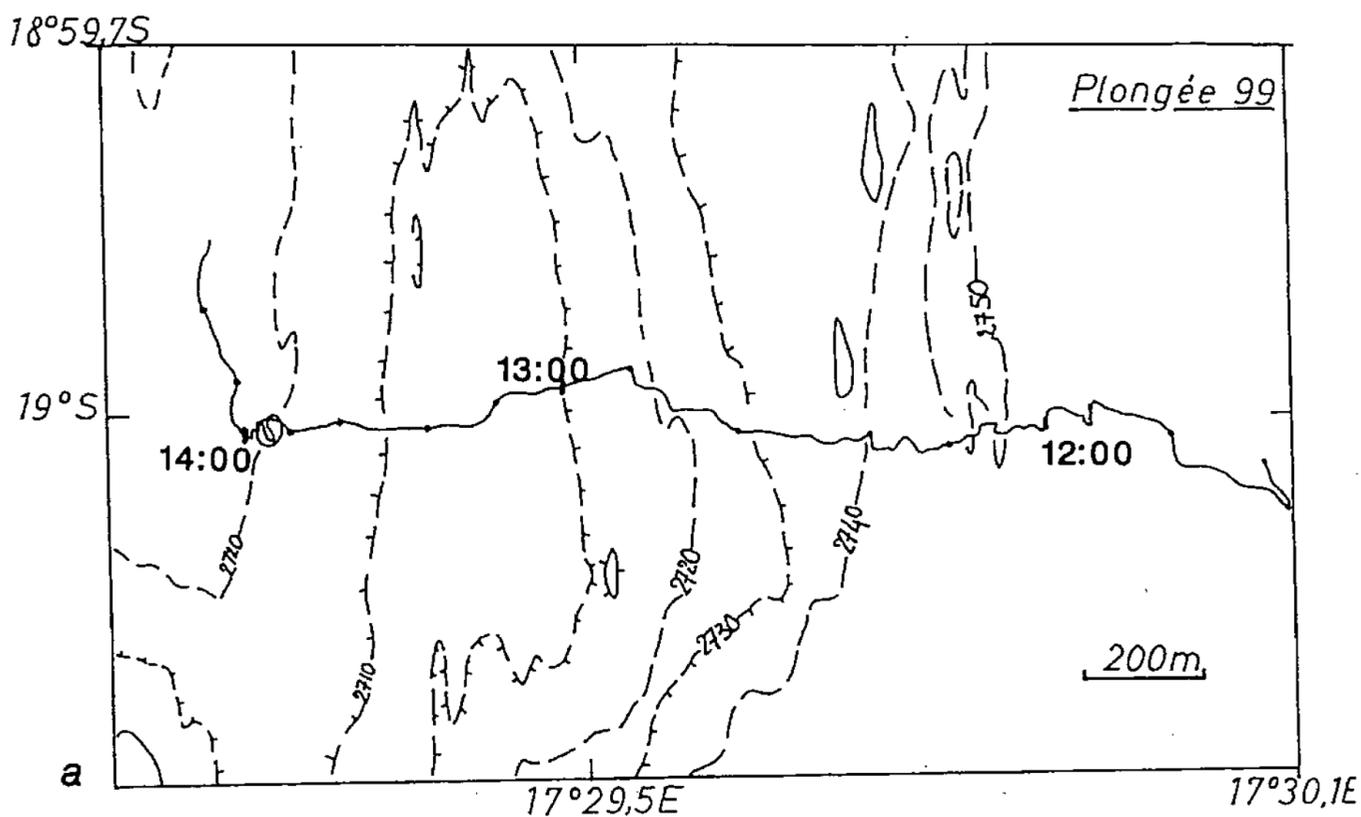


Fig. 5. — Station 19°S (a) plan de position de la plongée 99, (b) coupe géologique : 1=laves drapées, 2=laves planes, 3=brèche, 4=zone chaotique 5=lac de lave effondré, 6=pillow-lava, 7=tubes de lave, 8=lac de lave lobée, 9=sédiments, 10=diffusion de fluides hydrothermaux basse température, 11=cheminées fossiles, 12=dépôts hydrothermaux, 13=faille normale, 14=fissure, 15=pilier de lac de lave.

Fig. 5. — Station 19°S. (a) location of dive 99, (b) geological section: 1=draped lava, 2= sheet-flows, 3= breccia, 4=chaotic zone, 5=foundered lava lake, 6=pillow-lava, 7=lava tubes, 8=lobate-lava lake, 9=sediment, 10=low temperature hydrothermal fluids, 11=fossil chimneys, 12=hydrothermal deposits, 13=normal fault, 14=fissure, 15=pillars.

conditionne la dénomination du stade considéré, magmatique ou tectonique ([8], [10], [11], [12]).

Les laves. — Une des caractéristiques majeures de la station 14 est l'extrême fraîcheur des émissions volcaniques observées. On note une nette dominance des lacs de laves lobées (laves à surface ondulée et à contours lobés). Ils sont effondrés par endroit, ne laissant subsister que des piliers de un à plusieurs mètres de haut, s'organisant parfois en murs allongés parallèlement à l'axe. Des débris en dalles résultant de leur effondrement forment des zones bréchiques, notamment dans la partie axiale. Certains lacs de lave sont constitués de plusieurs niveaux correspondant à des remplissages successifs. On peut également noter l'existence, hors axe, de zones chaotiques formés de laves concassées.

Par endroit, des laves planes existent à l'axe, le plus souvent couvertes de sédiments. Elles se disposent généralement dans les creux et montrent des structures de surface (tourbillons et lignes de flux). Elles peuvent être également légèrement rainurées, ces rainures apparaissant, par endroit, très brillantes. Des laves drapées sont localisées de part et d'autre de la zone active. Sur ces laves, la couverture sédimentaire est très fine. Il semble qu'elles résultent d'une émission très récente hors axe. Les pillows-lavas, enfin, se situent ici dans les zones les plus externes, excepté au nord dans le secteur reconnu durant la plongée 82, où ils constituent la majorité du plancher océanique.

Le fait que, sur l'ensemble de la zone couverte par le levé submersible, la couverture sédimentaire soit peu importante (hormis pour la plongée 82) et les laves extrêmement fraîches laisse penser que l'on se situe pendant ou juste à la fin d'un stade magmatique du cycle volcano-tectonique.

La station située à 19°S. — Cette station, située à 20 km au sud de la précédente, n'a été reconnue que lors d'une seule plongée. De nombreuses différences apparaissent dans les formes volcaniques et tectoniques rencontrées à 19°S et 18°50 S (*fig. 5*). A 19°S, la dorsale montre une structure en dôme avec la présence de deux petites rides qui encadrent un graben de 300 m de large et de 50 m de profondeur, de direction générale NS (*fig. 2*). Ce graben présente deux grands murs principaux, constitués de pillows tronqués. A leurs pieds on note la présence d'éboulis récents.

Des pillows-lavas couverts de sédiments constituent l'ensemble des affleurements observés lors de la plongée, se disposant jusque dans le graben axial.

De nombreux sites hydrothermaux ponctuent, ici aussi, l'axe d'accrétion. On distingue :

- un stade ancien dont les témoins sont des cheminées fossiles formant de véritables « forêts » au fond du graben ou sur le premier palier occidental;
- un stade actif avec des émissions de fluides de basse température associées à quelques animaux morts (vers) et à des dépôts de couleur jaune ou brune.

La phase volcanique semble, ici, plus ancienne. En effet, la couverture sédimentaire est importante partout et les pillow-lavas très présents à l'axe. L'approfondissement du graben axial traduit une phase tectonique plus avancée qu'à 18°50 S.

CONCLUSION. — L'étude par submersible de l'axe, en différents points de la dorsale du Bassin Nord Fidjien, permet la mise en évidence d'une variabilité morphostructurale à petite échelle :

- de l'ordre de la dizaine de kilomètres. L'opposition entre la station 14 et la station à 19°S, située 20 km plus au sud, illustre cette variabilité. En effet, à 19°S, les laves sont fraîches mais plus visqueuses avec une prédominance des pillows-lavas, même à l'axe.

On remarquera, à ce propos, que des laves de ce type ont été plus souvent décrites à l'axe de dorsales de type lent, qu'à l'axe des dorsales de type intermédiaire ou rapide [13].

Le sédiment est omniprésent, même à l'axe. Le graben présent à ce niveau s'étend sur près de 300 m. L'activité tectonique se marque sur les murs du graben qui présentent un rejet d'une cinquantaine de mètres;

— de l'ordre du kilomètre. Au sein même de la station 14, l'extrême fraîcheur des laves témoigne d'un volcanisme très récent. La phase magmatique du cycle volcano-tectonique en est à son paroxysme ou vient juste de s'achever. A cet endroit, il existe une variation morphostructurale de l'axe de l'ordre du kilomètre. En effet, un « seuil » sépare, à 18°49,4 S, une zone nord où l'axe n'est pas différencié tectoniquement mais présente, cependant, une activité hydrothermale importante, d'une zone sud, sur laquelle une structure en graben de près de 150 m de large prend place et héberge, là aussi, une activité hydrothermale fossile et actuelle.

Dans ce graben orienté NS et de seulement 20 m de dénivelé, prennent place localement des systèmes de fissures d'orientation N 170 et N 10, montrant que l'ouverture instantanée s'effectue en échelons, obliques par rapport à la direction principale de l'axe.

Cette variabilité morphostructurale à petite échelle se superpose à la variabilité longitudinale observée à plus grande échelle sur l'ensemble des dorsales océaniques et démontre les liens étroits de ces variations avec les différents stades du cycle volcano-tectonique.

Nous remercions Yves Lagabrielle d'avoir relu et corrigé une première version du manuscrit.

Note remise le 26 octobre 1992, acceptée le 15 novembre 1992.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] J. M. AUZENDE et coll., *C.R. Acad. Sci. Paris*, 303, série II, 1986, p. 93-98.
- [2] J. M. AUZENDE et coll., *Geology*, 16, 1988, p. 925-929.
- [3] J. M. AUZENDE et coll., *Bathymetric map of the North Fiji Basin Ridge between 16°10 S and 21°40 S*, Pub. IFREMER, Science and Technology Agency of Japan, 6 coloured plates, 1/200 000°, 1990.
- [4] Y. LAFOY et coll., *Mar. Geophys. Res.*, 12, 1990, p. 285-296.
- [5] V. BENDEL et coll., *Economic Geology* (sous presse).
- [6] J. M. AUZENDE et coll., *Mar. Geophys. Res.*, 12, 1990, p. 269-283.
- [7] G. DE ALTERIIS et coll., *Geology* (sous presse).
- [8] P. GENTE et coll., *C.R. Acad. Sci. Paris*, 299, série II, 1984, p. 1337-1342.
- [9] E. S. KAPPEL et W. B. F. RYAN, *J. Geophys. Res.*, 91, 13, 1986, p. 13925-13940.
- [10] J. A. KARSON, *Proceeding of the Symposium "TROODOS 1987"*, J. MALPAS, E. M. MOORES, A. PANAYIOTU et C. XANOPHONTOS éd., Nicosia, Cyprus, 1990, p. 547-555.
- [11] P. LONSDALE, *Mar. Geophys. Res.*, 3, 1977, p. 251-293.
- [12] R. B. WHITMARSH et A. S. LAUGHTON, *Deep Sea Research.*, 23, 1976, p. 1005-1023.
- [13] K. C. MACDONALD, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 10, 1982, p. 155-190.

H. O. et J.-M. A. : Département D.R.O.-G.M., IFREMER,
Centre de Brest, B.P. n° 70, 29280 Plouzané Cedex;

V. B. et E. G.-M. : U.B.O., C/O IFREMER, Brest, B.P. n° 70, 29280 Plouzané Cedex;

E. R. : C.N.R.S., rue Albert-Einstein, Sophia-Antipolis, 06560 Valbonne;

M. T. : G.S.J., 1-1-3 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japon;

G. D.-A. : Geomare, Istituto di Geologia Marina-C.N.R., Largo San Marcellino 10, 80138 Napoli, Italia.