

Fossé arrière-arc  
Tectonique d'extension  
Graben

Back-arc trough  
Extensional tectonics  
Graben

# Structure, âge et origine des fossés arrière-arc des Nouvelles-Hébrides (Sud-Ouest Pacifique)

Jacques RÉCY <sup>a</sup>, Bernard PELLETIER <sup>a</sup>, Philippe CHARVIS <sup>b</sup>, Martine GÉRARD <sup>c</sup>,  
Marie-Claire MONJARET <sup>d</sup>, Patrick MAILLET <sup>a</sup>

<sup>a</sup> ORSTOM, B.P. A5, Nouméa cedex, Nouvelle Calédonie.

<sup>b</sup> Antenne ORSTOM, Laboratoire de Géodynamique - B.P. 48, 06230 Villefranche-sur-Mer.

<sup>c</sup> ORSTOM - 70-74, route d'Aulnay, 93143 Bondy Cedex, France.

<sup>d</sup> ORSTOM /UBO - Centre ORSTOM de Brest, B.P. 70, 29263 Plouzané.

Reçu le 15/09/89, révisé le 17/07/90, accepté le 19/07/90

## RÉSUMÉ

La région à l'arrière de l'arc des Nouvelles-Hébrides se caractérise, au nord et au sud, par des fossés parallèles à la direction générale de l'arc qui s'interrompent au niveau des Nouvelles-Hébrides Centrales. L'absence de fossés est à l'évidence liée à un régime de contraintes en compression résultant de la transmission, jusqu'à l'arrière de l'arc, des effets de la collision de la ride d'Entrecasteaux avec l'arc frontal avant sa subduction.

Les fossés du Sud sont constitués d'un ou de deux grabens orientés N130°-140° dont la largeur ne dépasse pas 50 à 60 km, alors que les fossés du Nord se présentent comme une succession de horsts, grabens et héli-grabens orientés N-S et étalés sur 70 km de largeur. Si la localisation et la direction générale des fossés (N150°) indiquent que leur structuration est globalement guidée par la subduction, leur direction d'extension (N40°-45°) est clairement oblique sur la direction de l'arc et ne semble donc pas reliée exclusivement à cette subduction.

L'absence à partir de 2,6-2,2 Ma de volcanisme tholéiitique d'arc dans la série volcano-sédimentaire affleurant le long des escarpements orientaux des différents fossés, est considérée comme une indication du début de la structuration en horsts et grabens dans le domaine arrière-arc. La géométrie du remplissage indique que l'activité tectonique liée à la structuration des fossés a été continue et qu'elle a connu des phases paroxysmales (au moins deux après la phase d'initiation). Elle semble encore active. L'épaisseur du remplissage sédimentaire des héli-grabens des fossés du Nord est compatible avec l'âge Pliocène supérieur (2,6 à 2 Ma), avancé pour le début de la tectonique.

Les caractéristiques géochimiques des laves indiquent qu'elles s'ordonnent plus en fonction de leur situation dans une province géochimique donnée de l'arc, que par rapport à leur appartenance au système des fossés. Toutefois, dans le fossé de Vanikoro, au nord, un volcanisme hypopotassique acide, diffus et actif depuis 1,8 Ma, pourrait être associé à un début d'ouverture punctiforme.

La formation des fossés semble résulter de réajustements consécutifs à la réorganisation vers 3 Ma de l'ouverture océanique du bassin nord-fidjien, qui, depuis cette époque, se poursuit hors du contrôle du phénomène de subduction.

*Oceanologica Acta*, 1990, volume spécial 10, Actes du colloque Tour du Monde Jean Charcot, 2-3 mars 1989, Paris, 43-60.

## ABSTRACT

## Structure, age and origin of the New Hebrides back-arc troughs (southwest Pacific)

The New Hebrides back-arc troughs are restricted to the southern and northern rear of the arc. Lack of trough in the central part is related to the compression induced by the collision of the d'Entrecasteaux ridge and the New Hebrides arc.

The southern troughs are 50-60 km wide and are composed of one or two grabens striking N130-140°, while the northern troughs extend over 70 km wide and are composed of a succession of N-S trending grabens, horsts and half-grabens. Although the location and the main trend (N150°) of the troughs indicate that they are largely guided by the subduction, the direction of extension (N40-45°) is clearly oblique to the volcanic line and thus does not seem related to the subduction process.

Lack of island arc tholeiitic lavas in the volcanoclastic series outcropping along the eastern scarps of the different troughs since 2.6-2.2 Ma, can be considered as an evidence of the initiation of the troughs structuration, which is not necessary synchronous all along the back-arc domain. The geometry of the sedimentary filling indicates that the back arc trough tectonics has been continuous with accelerated phases underlined by unconformities (at least two after the initiation of the troughs formation); it is still active. The thickness of the sedimentary filling inside the half grabens of the northern troughs is in good accordance with the Upper Pliocene (2.6-2 Ma) age proposed for the onset of the extensional tectonics.

Geochemical characteristics of the lavas of the troughs indicate that this volcanism is more closely related to different geochemical provinces of the arc rather than affiliated with the troughs tectonics. However, a low-K acid volcanism emplaced since 1.8 Ma could be associated with punctiform initiation of opening in the northern trough.

Formation of the New Hebrides back-arc results from extensional tectonics induced by a major reorganization at 3 Ma of the seafloor spreading of the North Fiji basin, which appears since this time to be developed independently of the subduction process.

*Oceanologica Acta*, 1990, volume spécial 10, Actes du colloque Tour du Monde Jean Charcot, 2-3 mars 1989, Paris, 43-60.

## INTRODUCTION

L'arc des Nouvelles-Hébrides (fig. 1) s'allonge du nord au sud sur 1 400 km ; il est bordé à l'est par un bassin marginal, le bassin nord-fidjien. L'ensemble a été présenté comme conforme aux autres systèmes arc-bassin marginal du Pacifique Occidental malgré quelques traits particuliers (Karig and Mammerickx, 1972), dont l'originalité est apparue de plus en plus marquée au fur et à mesure de l'évolution des travaux :

- Le bassin nord-fidjien est partiellement situé entre deux zones de subduction actives, celle des Nouvelles-Hébrides à l'ouest et celle des Tonga à l'est (fig. 1).
- Le bassin nord-fidjien est anormalement large et sa forme en triangle équilatéral est soulignée par l'arc des Nouvelles-Hébrides à l'ouest, la zone de fracture de Hunter au sud et par la fosse inactive du Vitiaz au nord (fig. 1).
- L'axe d'expansion actif du bassin nord-fidjien s'allonge selon des directions N-S à N 10°E dans la partie méridionale du bassin (Auzende *et al.*, 1986 et 1988a), très obliques par rapport à la direction N 160° de l'arc des Nouvelles-Hébrides. Plus au nord l'axe a une direction N 160°E. Il est situé 300 km à l'est de la partie la plus profonde de la lithosphère plongeante (fig. 1). Le

magmatisme actuel est semblable à celui d'une dorsale océanique classique de type EPR (East Pacific Rise) et présente peu de liens de parenté avec le magmatisme de type BAB (Back-Arc Basin) (Eissen *et al.*, 1986, 1987 et 1990 ; Auzende *et al.*, 1988).

- La région à l'arrière de l'arc des Nouvelles-Hébrides est caractérisée au nord et au sud par des fossés qui n'existent pas dans la région centrale (fig. 1). La présence de telles structures d'extension situées entre une zone de subduction active et un bassin océanique actif en position de bassin marginal confère à l'arrière-arc des Nouvelles-Hébrides un caractère particulier qui n'existe pas dans les autres systèmes de marge active associée à un bassin marginal arrière-arc.

L'origine des fossés arrière-arc, leur histoire et leur rôle dans le cadre géodynamique régional font l'objet de cette étude. Si l'existence de ces fossés a été découverte depuis plus de vingt ans (Puech et Reichenfeld, 1968 et 1969), leur reconnaissance a progressé lentement et leur terminaison nord reste encore inconnue (fig. 2). Ils ont d'abord été assimilés (Karig et Mammerickx, 1972) à une série de structures inter-arc en échelon présentes tout au long de l'arc, y compris dans sa partie centrale où le bassin d'Aoba est considéré comme l'équivalent des fossés du nord et du sud appelés aussi fossés du Coriolis

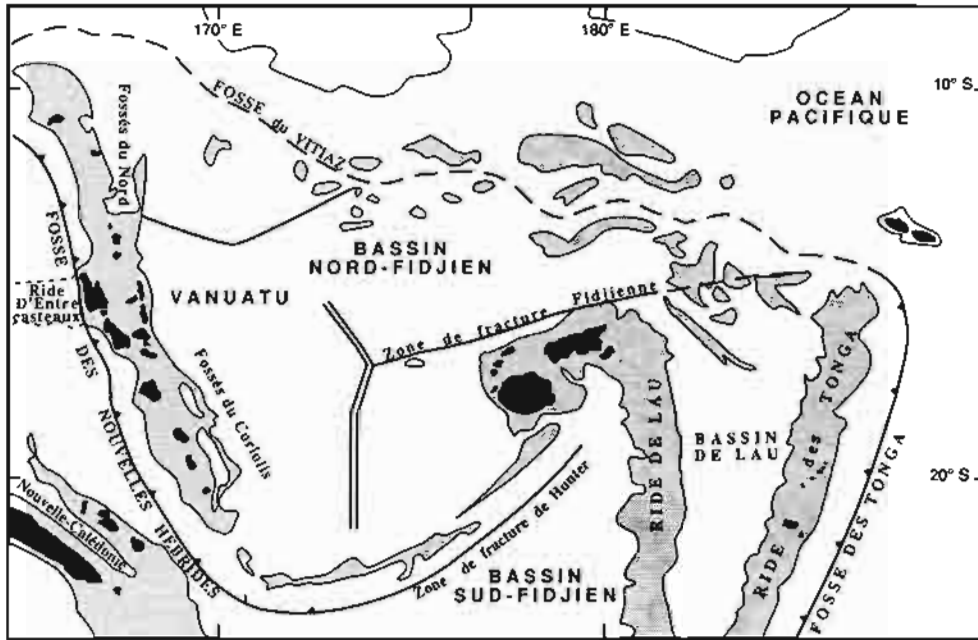


Figure 1

Le système arc-fosse des Nouvelles-Hébrides et le bassin nord-fidjien dans le Sud-Ouest Pacifique. Les structures tectoniques principales sont représentées en trait fort.  
*New Hebrides arc-trench system and North-Fiji basin in the Southwest Pacific. Main tectonic features are shown in heavy lines.*

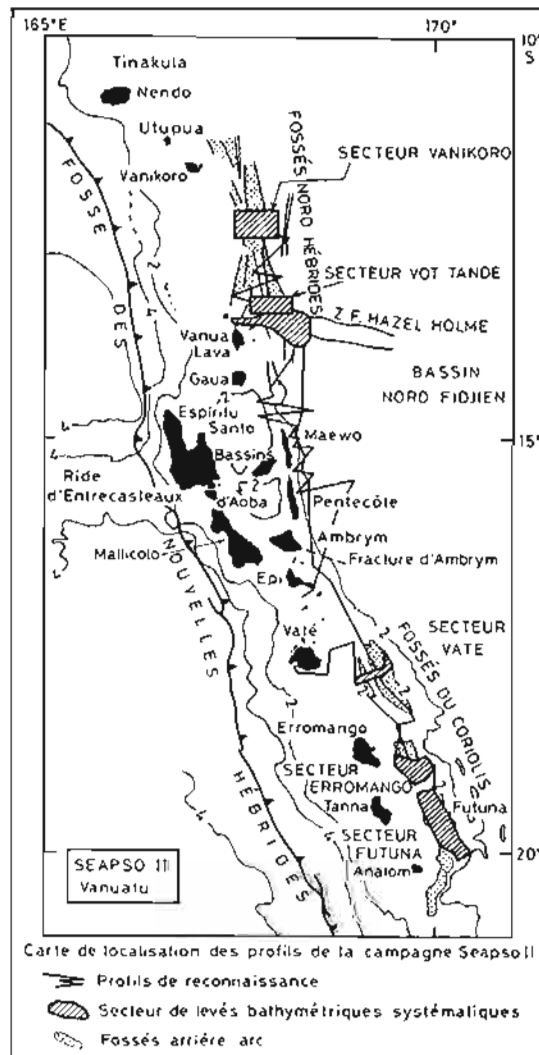


Figure 2

Situation des fossés arrière-arc des Nouvelles-Hébrides et tracé de la croisière Seapso 2.  
*Location of the back-arc troughs of New Hebrides and ship tracks of the Seapso 2 cruise.*

(fig. 2). Ils ont ensuite été décrits comme des structures "continues en dents de scie" à l'arrière des parties nord et du sud de l'arc, interrompues au niveau des Nouvelles-Hébrides Centrales, entre 14°S et 18°S (Dubois *et al.*, 1975, 1978) ; en effet, pour ces derniers auteurs, le bassin d'Aoba situé entre les îles des Nouvelles-Hébrides Centrales (fig. 2) ne peut être assimilé à un fossé arrière-arc. La linéarité d'ensemble des fossés du sud (Daniel, 1982) et l'individualisation d'une série de dépressions séparées par des seuils (Monzier *et al.*, 1984) ont été établies plus récemment. Quant aux fossés du nord, leur représentation (Katz et Daniel, 1981) est restée longtemps très schématique et une description à peu près cohérente jusqu'à 12°N n'a pu en être faite que récemment grâce aux données des campagnes Seapso 2 (fig. 2). (Récy *et al.*, 1986), Multipso, Eva 13 et Eva 14 (Charvis et Pelletier, 1989), menées en 1985 et 1987 par le N/O Jean Charcot et en 1986 et 1987 par le N/O Coriolis.

Différentes interprétations ont été proposées concernant l'origine et l'âge des fossés arrière-arc des Nouvelles-Hébrides bien que leur morphologie et leur structure aient longtemps été très imparfaitement connues, notamment celles des fossés du nord considérés a priori comme l'équivalent des fossés du sud. Pour Karig et Mammerrickx (1972), les fossés arrière-arc résultent d'une extension perpendiculaire à l'arc, associée à un coulisage dextre parallèle à l'arc, responsable de la disposition en échelon. Pour Mallick (1973) qui distingue les bassins inter-arc du nord (fossés du nord et bassin d'Aoba) et les bassins intra-arc du sud (fossés du Coriolis), seuls les premiers sont le résultat d'une ouverture qui a débuté à l'orée du Quaternaire. Pour Luyendyk *et al.* (1974), ces fossés représentent des bassins inter-arc à un stade très juvénile, ceux du nord étant à un stade encore plus primitif de développement que ceux du sud. Dubois *et al.* (1975, 1978) interprètent les fossés arrière-arc comme une conséquence de l'existence de cellules de convection de faible amplitude liées au mouvement de la lithosphère plongeante. Les effets de ces cellules de convection apparaissent en surface dans les zones déjà fragilisées par l'existence de failles transcurrentes. Dubois *et al.* (1978) décrivent dans les fossés du Coriolis, une linéation magnétique axiale qui serait liée à l'intrusion de matériel volcanique. Mais cette anomalie magnétique ne semble pas toujours présente (Daniel, 1982) et son existence n'a pas été confirmée par les données récentes (Récy *et al.*, 1986). De plus, aucune remontée importante de matière dense ne peut être mise en évidence sous les fossés du sud (Collot et Malahoff, 1982).

Aucun argument ne permet d'affirmer l'existence d'une activité magmatique de type "bassin arrière-arc" au niveau des fossés du Coriolis (Vallot, 1984). Pour Collot *et al.* (1985), le poinçonnement de la partie centrale de l'arc par la ride d'Entrecasteaux induit des contraintes dont les composantes d'extension au nord et au sud pourraient être à l'origine de la formation des fossés.

Les levés Seabeam partiels, réalisés durant la campagne Seapso 2 sur les fossés du sud et une partie des fossés du nord (fig. 2), ont permis d'établir que l'arrière-arc des Nouvelles-Hébrides est caractérisé par deux régions structurées en horsts et grabens au nord et au sud, encadrant une zone centrale clairement affectée par de la compression (Récy *et al.* 1986). Ces auteurs décrivent un important volcanisme associé aux fossés et proposent que l'extension orientée N 30° - 40°E représente un stade initial de rifting sans pour cela évoquer une quelconque évolution vers un stade de bassin marginal dans la zone étudiée pendant la croisière. En intégrant également les données plus récentes des campagnes Multipso, Eva 13 et Eva 14, Charvis et Pelletier (1989) proposent que les fossés arrière-arc des Nouvelles-Hébrides représentent des zones d'extension liées à une réorganisation récente de l'accrétion océanique du bassin nord-fidjien, et dont la localisation est aussi conditionnée par le poinçonnement de la ride d'Entrecasteaux.

Le présent article a pour ambition de présenter une synthèse des résultats concernant la géophysique, la géologie structurale, la stratigraphie, la pétrographie, la géochronologie et la micropaléontologie, publiés ou en cours de publication, obtenus sur les fossés arrière-arc des Nouvelles-Hébrides dans le cadre de la campagne Seapso 2 et des campagnes complémentaires Multipso, Eva 13 et Eva 14. Trois domaines de l'arc seront étudiés successivement: le domaine central, où n'apparaît aucun indice d'extension, s'opposant à la partie sud, caractérisée par les fossés du Coriolis, et à la partie nord, où sont développés les fossés du nord (fig. 2).

## LA ZONE CENTRALE DE L'ARRIERE-ARC DES NOUVELLES-HÉBRIDES (MAEWO PENTECOTE)

La partie centrale de l'arc des Nouvelles-Hébrides entre 14° et 17°S subit dans son ensemble des déformations compressives se traduisant par la surrection des îles occidentales (Santo et Mallicolo) et orientales (Pentecôte et Maewo), de grandes fractures rayonnantes (Collot, 1985) et des structures plicatives qui affectent la bordure orientale du bassin d'Aoba (Daniel *et al.*, 1989). La campagne Seapso 2 a mis en évidence la transmission de ce régime de l'avant-arc jusqu'à la région arrière-arc. A l'est de la ride Maewo - Pentecôte, le passage au bassin nord-fidjien se fait par une pente abrupte et régulière jusqu'à 3 000 m de profondeur. En pied de pente, des déformations compressives de faible ampleur se caractérisent par des plis visibles sur la bathymétrie et par de petits chevauchements à vergence Est, mis en évidence sur les profils de sismique réflexion. A l'approche de la zone de déformation, le socle acoustique du bassin nord-fidjien semble s'approfondir mais n'a pu être observé jusqu'au pied de l'arc sur les profils disponibles. La marge orientale de l'arc subit une tectonique en compression se traduisant par la mise en

place d'un front de chevauchement à vergence Est en pied de pente (Récy *et al.*, 1986), particulièrement actif comme le montre le nombre de mécanismes focaux de séismes superficiels (Pelletier et Louat, 1989 ; Louat et Pelletier, 1989). Cette tectonique compressive en relation avec la subduction de la ride d'Entrecasteaux a peut-être été à l'origine de la structuration de la marge elle-même au niveau des îles de Maewo et Pentecôte.

Les axes de compression des mécanismes au foyer des 25 séismes majeurs localisés pendant la période 1977-1988 s'ordonnent en convergeant vers un centre théorique situé au niveau du contact arc / ride d'Entrecasteaux (Louat, comm. pers., fig. 3). Vingt et un de ces mécanismes correspondent à des chevauchements et soulignent l'étendue du domaine arrière-arc en compression (Louat et Pelletier, 1989) qui va au nord jusqu'à la zone de fracture de Hazel Holme et au sud jusqu'à la fracture d'Ambrym qui prolonge vers le bassin nord-fidjien, la direction NO-SE d'allongement principal de l'île d'Ambrym (fig. 2 et 3). Les mécanismes focaux de type coulissage ne sont observés qu'aux extrémités du domaine. Ils correspondent à des décrochements sénestres au niveau du prolongement occidental de la fracture de Hazel Holme et à des décrochements dextres au niveau de l'île d'Ambrym.

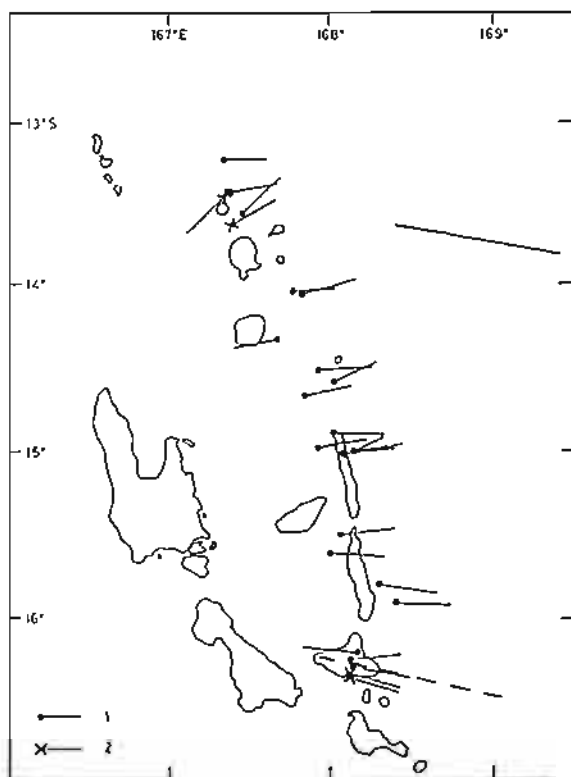


Figure 3

Distribution géographique à l'arrière de la partie centrale de l'arc des Nouvelles-Hébrides des épicentres des séismes superficiels de la période 1977-1988, pour lesquels des solutions de mécanisme au foyer ont été calculées.

1- Axe de compression pour les solutions de mécanisme au foyer en chevauchement

2- Axe de compression pour les solutions de mécanismes au foyer en décrochement.

Spatial distribution of epicenters of shallow earthquakes having a focal mechanism solution and occurring from 1977 to 1988, along the New Hebrides central back-arc domain.

1- P. axis from thrust-type focal mechanism solutions.

2- P. axis from strike-slip focal mechanism solutions.

Les Nouvelles-Hébrides Centrales sont caractérisées par une surrection plus forte que celle du reste de l'arc, qui a eu pour conséquences des altitudes sommitales plus élevées et une plus grande extension des surfaces émergées; cette surrection anormale toujours en cours serait liée à la subduction/collision de la ride d'Entrecasteaux (Collot, 1985) et aurait commencé après 3 Ma (Carney et McFarlane, 1982) dans les îles occidentales et orientales. La compression arrière-arc a pu commencer à la même époque dans l'hypothèse d'une structuration de la marge par compression.

## LES FOSSÉS DU SUD OU FOSSÉS DU CORIOLIS

Ils sont constitués de grabens discontinus, bien définis dans les secteurs de Futuna, Erromango et Vaté ; ils se développent, de 17°20' S à l'est de Vaté, jusqu'à 20°50' S où ils se terminent par des structures en échelon (fig. 4).

### Le fossé de Futuna

La partie axiale du fossé de Futuna (fig. 4, pl. 1), qui s'allonge sur 70 km selon une direction N 150°, constitue la zone la plus profonde des fossés arrière-arc des Nouvelles-Hébrides avec plus de 3 600 m de profondeur. La morphologie générale du fossé apparaît simple; il s'agit d'un graben très dissymétrique d'environ 30 km de large dont le flanc occidental peu faillé est modérément incliné, tandis que le flanc oriental est constitué par un escarpement abrupt d'au moins 2 000 m, particulièrement marqué à l'abord de l'île de Futuna. Au nord du fossé, deux édifices volcaniques circulaires soulignent le seuil qui sépare le fossé de Futuna du fossé d'Erromango (fig. 4 et 5).

Le fond du fossé est occupé par des crêtes discontinues peu marquées et orientées N135°. Cette direction principale, accompagnée de directions secondaires N155° à N170°, se retrouve sur les flancs, où elle est conjuguée avec des décrochements N15° à N30°. L'axe des tensions indiquées par les mécanismes focaux des séismes superficiels est N37° (Pelletier et Louat, 1989, Louat et Pelletier, 1989) et cette direction d'extension diffère de 40° de la direction de convergence des plaques N 75°. Le fait marquant est l'absence d'un remplissage sédimentaire horizontal épais dans l'ensemble du fossé qui traduit la jeunesse de la morphologie actuelle. Des résultats de sismique réfraction indiquent la présence, au fond du fossé, d'une série à faible vitesse de plus de 2 km d'épaisseur (Pontoise *et al.*, 1982) constituée probablement de formations volcano-sédimentaires tectonisées.

Les laves les plus anciennes proviennent du dragage D21 (fig. 5) réalisé sur une des crêtes du fond du fossé entre 3280 et 3150 m de profondeur. Elles sont constituées de basaltes orogéniques à affinités tholéiitiques d'arc ou

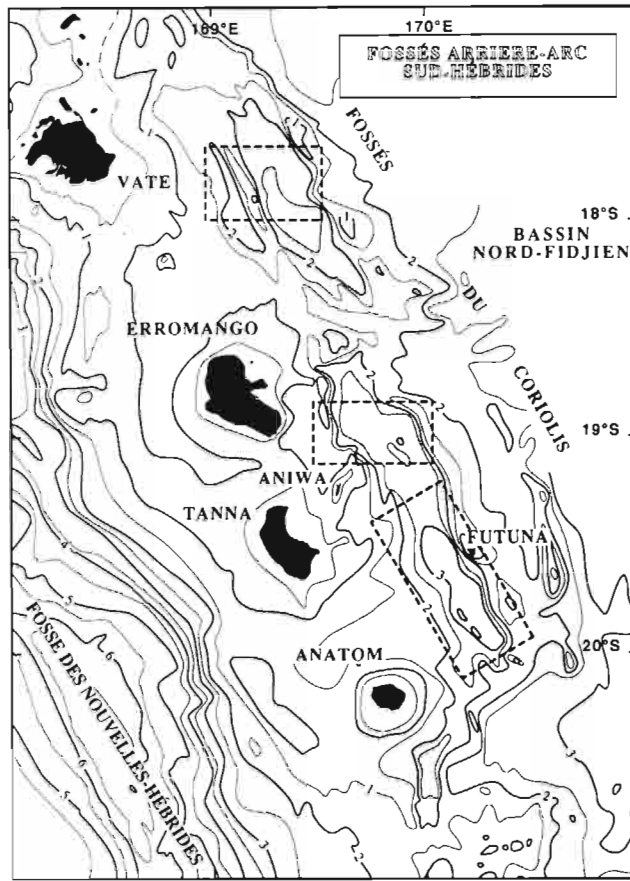


Figure 4

Carte bathymétrique du sud de l'arc des Nouvelles-Hébrides (l'équidistance des courbes est de 500 m) d'après Monzier *et al.* (1984). Les fossés du Coriolis sont surlignés en gris et les cadres des cartes seabeam (figs 5, 6 et 7) par un tireté gras.  
*Bathymetric map of the southern part of the New Hebrides island arc (contour intervals are 500 m) after Monzier et al. (1984). The Coriolis troughs are shadowed and seabeam map locations are outlined by dashed lines.*

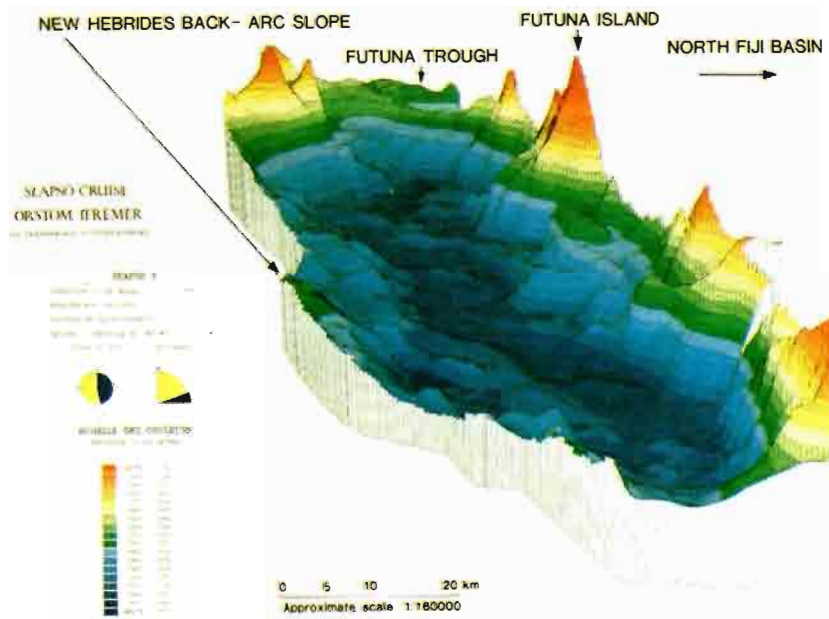


Planche I

Bloc diagramme réalisé à partir des données Seabeam recueillies dans le secteur du fossé de Futuna. L'observateur regarde le nord (10°O) et l'angle d'observation est de 20° au-dessus de l'horizontale. L'exagération verticale est de 5, la dimension d'une maille de 300 m. Une plage de couleur équivaut à 150 m  
*Block diagram of the Seabeam bathymetry of the Futuna trough. The view is from south to north (10°O) from a point elevated 20° above the horizontal. Vertical exaggeration is 5 : 1. Size of a mesh is 300 m. Each nuance of colour represents 150 m.*



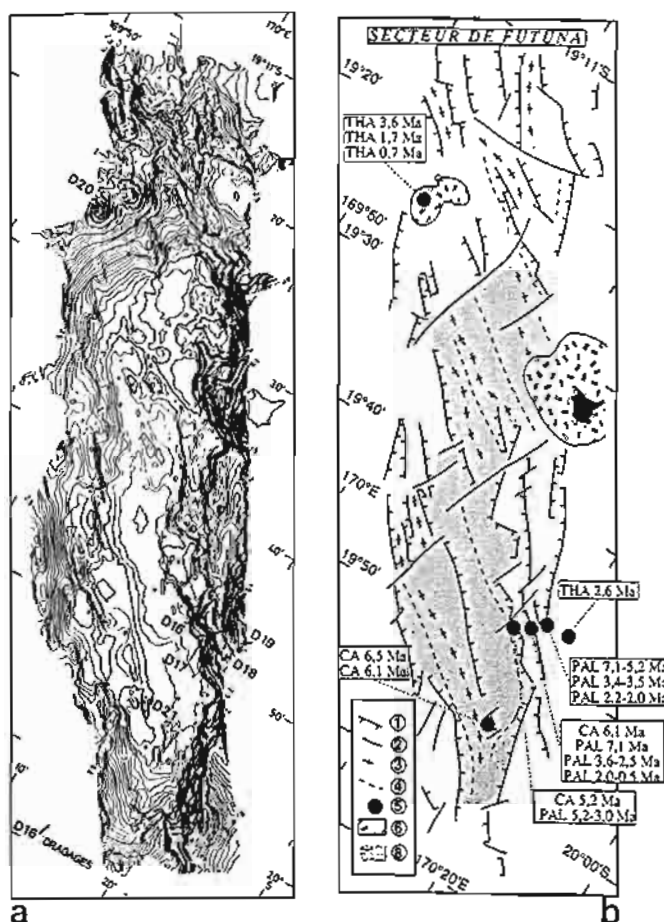


Figure 5

a- Carte bathymétrique Seabeam du fossé de Futuna. Equidistance des courbes 50 m.

Seabeam bathymetric map of the Futuna trough. Contour interval 50 m.

b- Schéma morpho-structural du fossé de Futuna.

1= escarpement ou faille normale; 2= linéation tectonique transverse; 3= axe haut; 4= axe bas; 5= dragage; 6= édifice volcanique; 7= fond de graben.

Les données pétrographiques et les datations K/Ar sont d'après Monjaret (1989). Les abréviations utilisées sont: THA= tholéiite d'arc; CA= lave calco-alkaline; PAL: datation micro-paléontologique.

Morpho-structural sketch of the Futuna trough.

1= scarp or normal fault; 2= transverse tectonic lineation; 3= high axis; 4= low axis; 5= dredging; 6= volcano; 7= bottom of graben.

Petrographic data and K/Ar datings are after Monjaret (1989). THA= island arc tholeiite; CA= calco-alkaline lava; PAL= micropaleontologic dating.

calco-alkalines, riches en Mg, qui ont donné des âges de 6,5 et 6,1 Ma  $\pm$  0,5 par la méthode K/Ar. (Monjaret *et al.*, 1987, sous presse; Monjaret, 1989). De tels âges excluent un volcanisme *in situ* au sein de fossés présentant déjà le contexte tectonique actuel; ces laves auraient depuis cette époque été recouvertes par une épaisseur sédimentaire importante. Il s'agit donc vraisemblablement de laves provenant de blocs d'arc effondrés et basculés beaucoup plus récemment.

D'autres dragages, D16 à D19, ont eu pour objectif d'échantillonner les formations à l'affleurement sur l'escarpement oriental du fossé entre 3 380 m et 1 500 m (fig. 5). La formation la plus ancienne n'a pas été prélevée sur le dragage le plus profond, à 3380 m de profondeur, probablement parce que le piedmont est occupé par des blocs mis en place par effondrement

tectonique ou éboulement. Un des dragages (D17) a prélevé vers 2900 m des volcanites constituées d'andésites basiques magnésiennes qui ont donné un âge K/Ar de 6,1 Ma (Monjaret *et al.*, 1989) dont la crédibilité est confortée par la présence dans le même dragage de foraminifères caractérisant la zone N17 (7,1 Ma) (Gérard *et al.*, en préparation). Il s'agit des formations les plus anciennes rencontrées, au sein de la série stratigraphique de l'arc, sur les flancs des grabens du sud et du nord. Une volcanite (D16) dont l'âge de 5,2 Ma a été conforté par la présence dans le même dragage de microfaune de la zone N18 (5,2 Ma), présente les mêmes caractéristiques géochimiques, ce qui montre la permanence de ce type de magmatisme. Au dessus de ces andésites se trouvent des basaltes de type tholéiite d'arc enrichis en Mg et Ti datés de 2,6 Ma (D19). La partie supérieure de la série stratigraphique affleurant sur l'escarpement a fourni le nannoplancton de la zone NN19 (D19 : 2 à 0,5 Ma).

Pour Monjaret (1989) et Monjaret *et al.* (sous presse), l'enrichissement en Mg est significatif d'un régime distensif de l'arc qui aurait déjà influencé le magmatisme lors des émissions les plus anciennes. Les flancs du fossé de Futuna présentent à l'affleurement une importante série volcano-sédimentaire relativement continue du Miocène supérieur au Pléistocène puisque présentant sans lacune toutes les zones repères de foraminifères et de nannoplancton (Gérard *et al.*, en préparation). La présence de formations volcano-sédimentaires récentes à la base du flanc oriental du graben, est probablement à mettre en relation avec des décalages tectoniques liés aux failles normales. Les intrusions ou coulées volcaniques qui s'intercalent dans cette série volcano-sédimentaire ne donnent en définitive pas d'indication précise sur l'âge et le processus de formation du fossé. On observe toutefois qu'aucune coulée volcanique plus récente que 2,6 Ma n'a été mise en évidence dans cette série.

Le fossé de Futuna s'accompagne d'édifices volcaniques bien constitués. Le bord oriental supporte en particulier l'île de Futuna, située par 170°12' E et 19°33' S (fig. 5, pl. I) et constituée par un volcan éteint. Cet édifice bordé par une succession de terrasses coralliennes quaternaires, est surmonté par une plate-forme récifale pléistocène surélevée à plus de 600 m au dessus du niveau de la mer. L'île de Futuna est constituée de basaltes andésitiques ou d'andésites de composition chimique comparable à celle des roches prélevées sur les flancs des fossés, mais dont certains éléments traces semblent représenter des indices d'océanisation (Marcelot *et al.*, 1983). Les laves de l'île ont donné des âges radiométriques compris entre 2 et 1,4 Ma, alors que certains éléments de la microfaune des formations volcanoclastiques semblent déjà appartenir au Pliocène; il pourrait s'agir de remaniements des formations volcanoclastiques antérieures (Carney and McFarlane, 1979). Les flancs ouest et sud-ouest de l'édifice, dépourvus de terrasses récifales, sont constitués par des escarpements sub-verticaux N-S et E-O responsables de l'effondrement au-dessous du niveau de la mer d'une partie du cône initial (Carney and

McFarlane, 1979). La pente sous-marine très forte à l'abord de Futuna ne montre pourtant, jusqu'à 2 000 m de profondeur, aucun replat susceptible de représenter la partie sommitale arasée d'un bloc effondré; les replats n'apparaissent qu'à plus de 2 000 m de profondeur, ce qui impliquerait, s'ils soulignaient d'anciennes plates-formes émergées, un effondrement de plus de 2 000 m. La partie immergée de cet édifice volcanique constitue un relief en bosse sur la pente orientale du fossé affecté par des failles de directions identiques à celles observées dans l'ensemble du fossé. L'édifice volcanique aérien a été affecté après son arasement et sa surrection par des effondrements récents. Ceux-ci pourraient être la conséquence d'un simple effet de gravité sur une pente instable ou d'une phase récente de la tectonique distensive des fossés. L'édifice est affecté par une tectonique postérieure à la phase principale de construction qui a dû intervenir aux alentours de 2 Ma; cependant la forme conique du flanc ouest de cet appareil volcanique suggère aussi qu'il est surimposé au bord du fossé et donc que cette phase principale d'édification est probablement légèrement postérieure à la phase majeure de structuration des fossés. Il semble probable qu'il y a eu polyphasage dans la formation du fossé de Futuna.

Au nord du fossé, on observe deux édifices volcaniques à morphologie circulaire régulière. Les laves récoltées sur l'un d'eux (fig. 5, D20) sont de type tholéiite d'arc enrichi en TiO<sub>2</sub>, et n'ont pas donné d'âges radiométriques K/Ar (Monjaret, 1989) antérieurs à 1,7 Ma. Ces volcans d'âge comparable à celui de l'île de Futuna apparaissent boucher la terminaison nord du fossé de Futuna et seraient donc légèrement postérieurs à la phase principale de création du fossé.

#### Le fossé d'Erromango.

Il s'agit d'un graben de 40 km de largeur et 60 km de

longueur, situé au nord du fossé de Futuna dont il est séparé par un seuil qui, à l'exception de pointements isolés, culmine à 2 000 m de profondeur (fig. 4, 5 et 6). La profondeur de ce fossé, inférieure à celle du fossé de Futuna, ne dépasse pas 3 100 m et les escarpements bordant le fossé atteignent 1 300 m de dénivelée. Le fond du graben est, plus nettement que celui de Futuna, constitué de blocs basculés à flancs dissymétriques, plus abrupts à l'ouest qu'à l'est (fig. 6); les crêtes de ces blocs, alignées N130°-140°E et affectées de quelques décrochements N30°E, dominent les creux inter-blocs de plus de 1 000 m. Ces directions, plus cohérentes entre elles que celles du fossé de Futuna, indiquent une direction d'extension N 30°E.

Les dragages D22 à D24 ont échantillonné l'escarpement occidental du fossé entre 2 800 et 900 m et ont mis en évidence des effondrements tectoniques responsables d'inversions stratigraphiques évidentes à la base du flanc. Seul le dernier de ces dragages entre 1 400 et 900 m de profondeur semble avoir échantillonné uniquement la série en place dont les volcanites ont donné des âges K/Ar compris entre 4,1 et 2,7 Ma (Monjaret, 1989) confortés par la présence de nannoplancton appartenant à la zone NN16 (3,4 à 2,5 Ma) (Gérard *et al.*, en préparation). Le volcanisme basique est du type tholéiite d'arc, avec enrichissement possible en Mg, identique à celui observé pour les laves de même âge dans la série du flanc oriental du fossé de Futuna. L'absence d'échantillons des termes inférieurs de la série ne permet pas de comparaison des formations plus anciennes avec celles du fossé de Futuna. Des dacites potassiques (D24) de 2,7 Ma ainsi que des sédiments pléistocènes (zone NN19, environ 2 à 0,9 Ma) ont également été dragués le long de cet escarpement (Monjaret, 1989; Gérard *et al.*, en préparation).

La présence de rides et de creux importants non nivelés par la sédimentation au fond du fossé implique que la

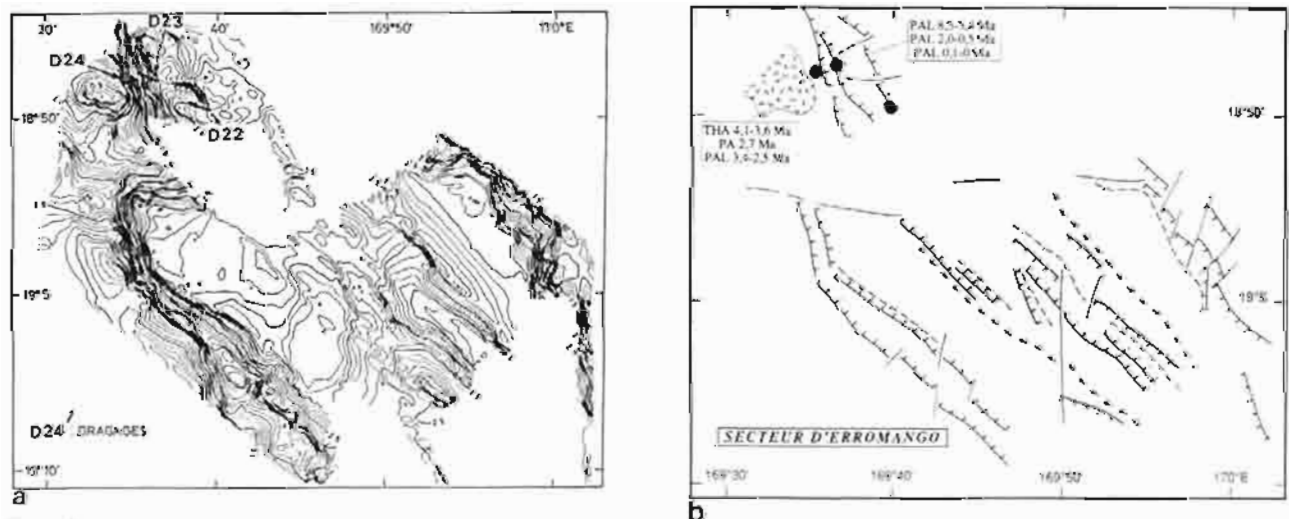


Figure 6

a- Carte bathymétrique Seabeam du fossé d'Erromango. Equidistance des courbes 50 m.  
Seabeam bathymetric map of the Erromango trough. Contour interval 50 m.

b- Schéma morpho-structural du fossé d'Erromango (même légende que la figure 5b). PA= lave potassique acide.  
Morpho-structural sketch of the Erromango trough (caption same as figure 5b). PA= potassic acid lava.



dernière phase au moins des réajustements tectoniques à l'origine de la morphologie actuelle n'est pas ancienne.

Au nord du fossé d'Erromango un édifice volcanique sous-marin (Monzier *et al.*, 1984) dont le sommet est situé à 18°32'S et 169°35'E culmine à moins de 500 m de profondeur. Les laves qui le constituent (tholéïtes d'arc enrichies en titane, D25) ont donné des âges K/Ar de 4 et 4,1 Ma. L'édifice semble avoir été affecté par une tectonique postérieure NO-SE comparable à la direction structurale observée dans les fossés, mais sa relation avec les fossés n'est pas établie. Il s'agit probablement d'une de ces manifestations volcaniques qui parsèment l'arc en dehors de la ligne volcanique principale et dont la campagne Seapso 2 a montré qu'elles étaient relativement abondantes. Le volcanisme de l'arc, s'il s'exprime essentiellement par les appareils de la ligne volcanique, se traduit aussi par la construction de nombreux édifices volcaniques excentrés de petite taille dont l'existence n'est relevée que par des outils du type Seabeam, à l'exception des plus importants, tel celui présentement décrit et déjà reconnu par des moyens classiques (Monzier *et al.*, 1984) ; ce volcanisme abondant dans la zone arrière-arc n'a pas obligatoirement de liaison directe avec les phases de tectonique distensive à l'origine des fossés, même si celles-ci ont pu affecter les édifices antérieurs ou orienter la construction des plus récents.

### Les fossés de Vaté

Les fossés de Vaté (60 km de large) sont constitués de deux grabens séparés par un horst (fig 4, 7 et pl. II). Le graben occidental est caractérisé par une forte dissymétrie. Le fond du graben est occupé par une surface plane pratiquement horizontale dont la profondeur est de 2150 m. Le horst central, qui culmine à 1200 m de profondeur, est bordé à l'est et à l'ouest par

des escarpements atteignant respectivement 900 et 1 300 m. Le graben oriental, beaucoup plus vaste que le graben occidental, est également plus profond (2 500 m) et se différencie aussi de son voisin par une plus grande irrégularité de la surface du fond.

Un profil de sismique réflexion monotrace (figs 7 et 8) traverse l'ensemble de la région et permet d'observer la structure des grabens et leur articulation avec l'arc et le bassin Nord-Fidjien. Les formations de la plate-forme de l'arc, visibles sur plus d'une seconde temps double (s.t.d.), sont interrompues par une ou deux failles normales déterminant un escarpement de 800 m qui constitue le bord occidental du graben ouest Vaté. Dans ce graben on observe deux formations séparées par une discordance; la première à pendage Est (formation 1, fig. 8) représente la série déposée sur l'arc avant l'effondrement. La seconde (formation 2, fig. 8), discordante sur la précédente, est constituée par une séquence en éventail peu épaisse (0,3 s.t.d. au maximum).

Cette configuration indique que la structuration de ce petit graben occidental est relativement récente et s'est poursuivie, accompagnée d'un mouvement de bascule vers l'Est, pendant le dépôt de la formation 2. L'inclinaison vers l'Est de la surface même du fond du graben indique que ce basculement s'est poursuivi jusqu'à l'époque actuelle ou sub-actuelle.

La présence d'une formation sédimentaire litée dans le horst médian conforte bien l'hypothèse d'un compartiment surélevé. Dans le graben oriental, les données de sismique réflexion indiquent qu'il n'existe pas de remplissage sédimentaire régulièrement lité (fig. 8). La faible pénétration des ondes sismiques et les nombreuses diffractions suggèrent que le fond du bassin est constitué de formations sédimentaires très désorganisées. Plusieurs causes peuvent être à l'origine de cette disposition structurale :

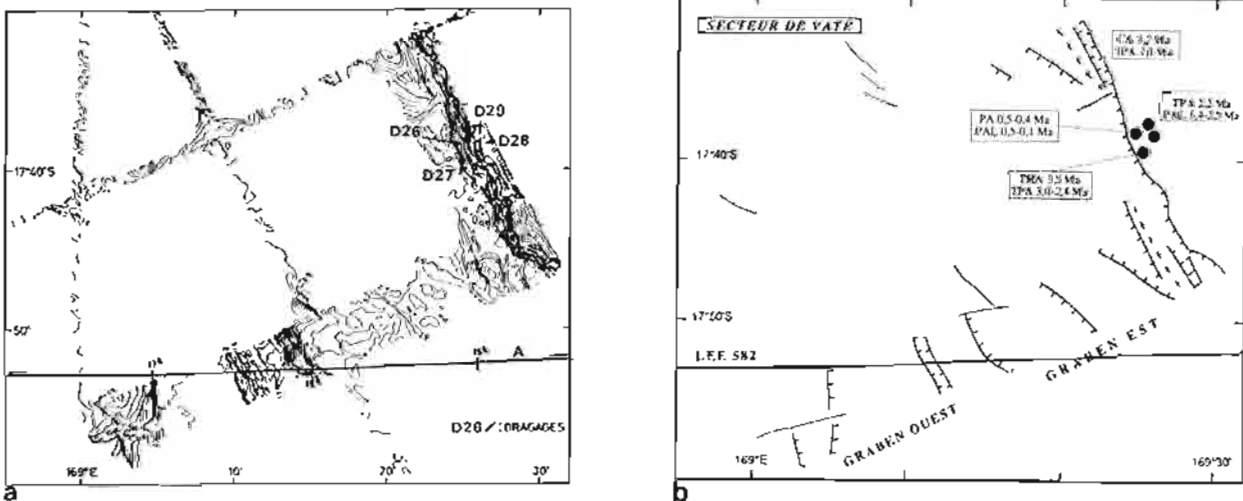


Figure 7

- a- Carte bathymétrique Seabeam des fossés de Vaté. Equidistance 50 m. A)- Position du profil L582 SP du R/V Lee Seabeam bathymetric map of the Vate troughs. Contour interval 50 m. A)- L582 SP R/V Lee track.  
 b- Schéma morpho-structural du fossé de Vaté (même légende que la figure 5b). TPA= lave très potassique acide. Morpho-structural sketch of the Vate trough (caption same as figure 5b). TPA= High-K acid lava.

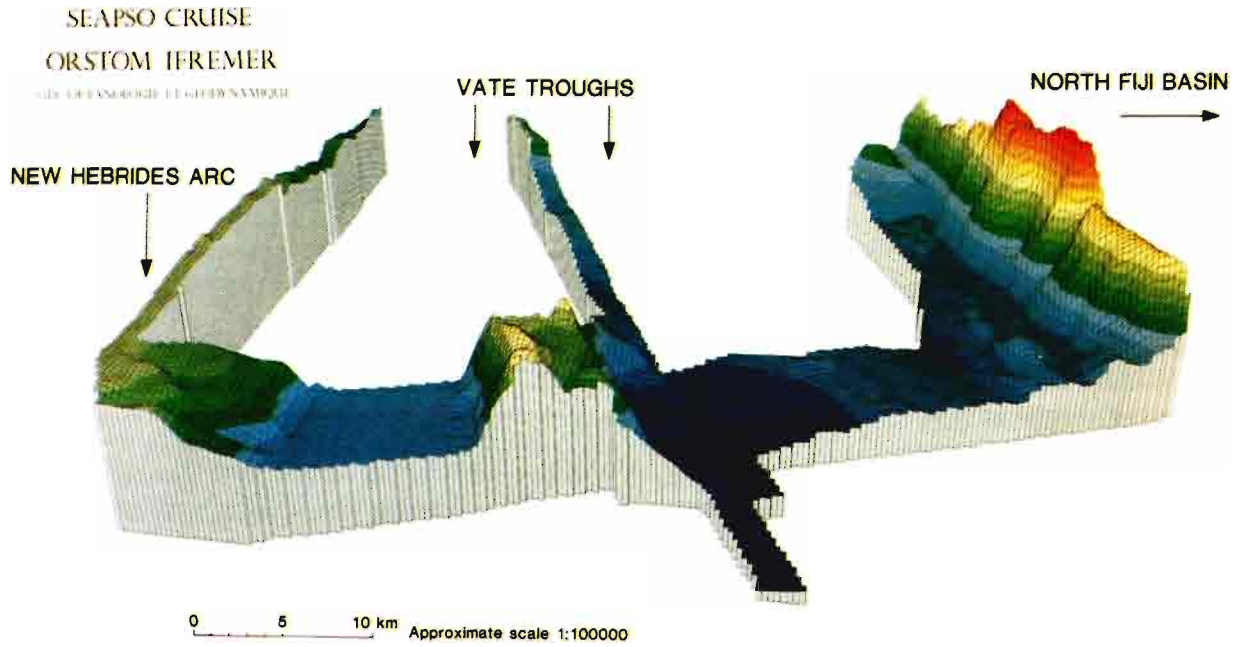


Planche II

Bloc diagramme réalisé à partir des données Seabeam recueillies dans le secteur des fossés de Vaté.

L'observateur regarde vers le nord ( $10^{\circ}O$ ) et l'angle d'observation est de  $30^{\circ}$  au-dessus de l'horizontale. L'exagération verticale est de 5, la dimension d'une maille de 300 m. Une plage de couleur équivaut à 150 m.

*Block diagram of the Seabeam bathymetry of the Vate troughs.*

*The view is from south to north ( $10^{\circ}O$ ) from a point elevated  $30^{\circ}$  above the horizontal. Vertical exaggeration is 5 : 1. Size of a mesh is 300 m. Each nuance of colour represents 150 m.*

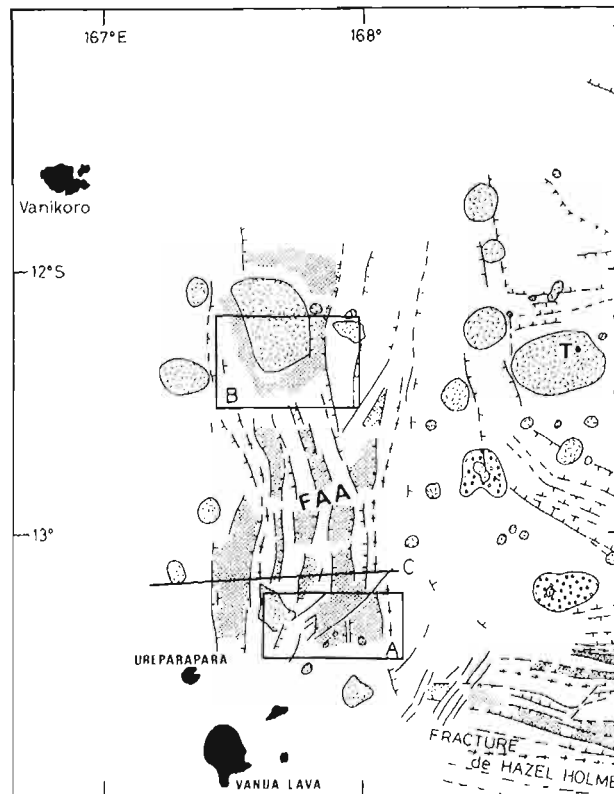


Figure 8

Profil de sismique réflexion monotrace L582 SP du R/V Lee à travers les fossés de Vaté.

*Single channel seismic reflection profile L582 SP recorded by R/V Lee across the Vate troughs.*

- le piégeage des sédiments en provenance de l'arc volcanique par le graben occidental ;
- la fragmentation extrême par une tectonique encore très active des formations sédimentaires anciennes ou récentes du fond du graben.

A l'Est du graben oriental de Vaté (fig. 8), on observe une série régulièrement litée, comparable à celle observée sur l'arc ; son épaisseur, au-dessus d'un substratum acoustique irrégulier et mal défini, diminue vers l'Est. Cette série est affectée par des failles normales à l'évidence très récentes (fig. 8) montrant que la zone de distension arrière-arc n'est pas limitée aux grabens et que l'activité tectonique est encore sub-actuelle, voire actuelle.

La présence d'une série volcano-sédimentaire à l'ouest des fossés, dans les fossés (formation 1, fig. 8) et à l'est des fossés, la diminution de l'épaisseur des sédiments vers l'est et la faiblesse du remplissage dans le fossé ouest Vaté (formation 2, fig. 8) conduisent à affirmer que cette série s'est essentiellement déposée avant la création des fossés, sur une plate-forme d'arc où les apports diminuaient régulièrement vers l'est. La géométrie des dépôts constituant la formation 2 (série en éventail) indique que la tectonique distensive est relativement récente et s'est poursuivie plus ou moins continûment jusqu'à l'actuel.

Les dragages le long de la partie inférieure de l'escarpement oriental (fig. 8), à partir de 2 200 m, n'ont collecté que des volcanites et sédiments récents manifestement non en place. Les formations volcaniques les plus anciennes, récoltées dans le dragage D27 ayant débuté à 1 960 m de profondeur, sont constituées de basalte tholéiitique d'arc, enrichi en MgO et ayant donné un âge K/Ar de 3,5 Ma ; elles sont comparables aux volcanites les plus anciennes (4,1 Ma) observées dans le fossé d'Erromango. Au-dessus, le volcanisme observé est, entre 3,4 et 2,2 Ma, acide et très fortement enrichi en K<sub>2</sub>O (dacites hyperpotassiques), caractéristique déjà observée, en proportion moindre, pour les laves de même âge du fossé d'Erromango (Monjaret, 1989). Ce volcanisme acide hyperpotassique, connu à l'affleurement sur l'île de Vaté, est daté de 1,5 Ma. La microfaune et le nannoplancton confortent ces fourchettes d'âge (Gérard *et al.*, en préparation). Signalons qu'un dragage (D29) ayant débuté vers le haut de la série, à 980 m de profondeur seulement, a récolté des volcanites qui ont donné un âge voisin de 3 Ma dont la validité apparaît certaine.

Les laves les plus récentes (D26) sont des dacites potassiques âgées de 0,5 et 0,4 Ma (Monjaret, 1989) accompagnées de formation sédimentaire dont la microfaune et nannofaune ont donné des âges entre 0,5 et 0,1 Ma. La position de ces laves récentes à la base du flanc, avec des formations sédimentaires synchrones, indique qu'il pourrait s'agir d'injection récente à la base de l'escarpement ou bien de blocs éboulés récemment provenant d'un édifice ou d'une source situés à l'Est des

fossés et récemment actifs.

Le volcanisme basique de type tholéiite d'arc n'est observé de nouveau vers 1,5 - 1,1 Ma que dans un des édifices volcaniques circulaires, non tectonisés, situés au nord des fossés de Vaté à la latitude de 17°23' S. Leur position à l'extérieur des fossés ne permet pas de déterminer si leur édification est postérieure ou non à la phase principale de la tectonique distensive arrière-arc ; il est toutefois intéressant de rappeler qu'un édifice volcanique plus ancien (4 Ma) en position comparable au nord des fossés d'Erromango (voir le chapitre précédent) est, quant à lui, affecté par la tectonique distensive.

## Discussion

L'étude géochimique des volcanites des fossés du Coriolis ne montre pas l'existence d'un lien univoque évident entre le type de magmatisme et la tectonique d'extension à l'origine des fossés arrière-arc. Par contre, les différences de composition chimique qui étaient apparues lors de l'étude du volcanisme des îles, notamment entre Erromango et Vaté, concernent en fait des zones plus vastes et des sources volcaniques extérieures à ces îles (Monjaret, 1989). On en arrive à privilégier la notion de province géochimique, telle celle de la région de Vaté, où les formations volcaniques basiques ou acides sont très enrichies en K<sub>2</sub>O, ce caractère étant conservé, quoique affaibli, jusque dans les formations du fossé d'Erromango. Les formations du fossé de Futuna montrent, quant à elles, un très fort enrichissement en MgO notamment les plus anciennes vers 6,5 - 6,1 Ma. Ce volcanisme enrichi en K<sub>2</sub>O et MgO est significatif d'un régime des contraintes en distension (Monjaret, 1989; Monjaret *et al.*, sous presse), mais les volcanites inter-stratifiées dans les formations volcano-sédimentaires et présentant ces caractères géochimiques ne peuvent avoir de lien, de par leur position structurale, avec les phases distensives à l'origine des fossés eux-mêmes.

L'âge du début de la structuration des fossés est difficile à déterminer précisément. Toutefois un certain nombre d'arguments permettent de le cerner. A l'exception des laves potassiques très récentes, d'origine incertaine, échantillonnées dans les fossés de Vaté, les volcanites récoltées le long des escarpements des fossés de Futuna, Erromango et Vaté n'ont pas donné d'âges inférieurs à 2,6 - 2,2 Ma. Dans le cas de Vaté et Futuna, ces laves ont été échantillonnées sur les flancs orientaux des fossés et proviennent probablement de l'activité de l'arc volcanique avant la création des fossés. L'absence de volcanisme plus récent et inter-stratifié dans la série affleurant dans ces escarpements suggère une discontinuité dans l'édification de la série volcano-sédimentaire qui est probablement liée à la structuration des fossés vers cette époque ou un peu après. De plus, l'île de Futuna dont le volcanisme le plus ancien est daté de 2 Ma, apparaît en étroite relation avec la création des fossés.

Ainsi les fossés du Coriolis représentent des structures

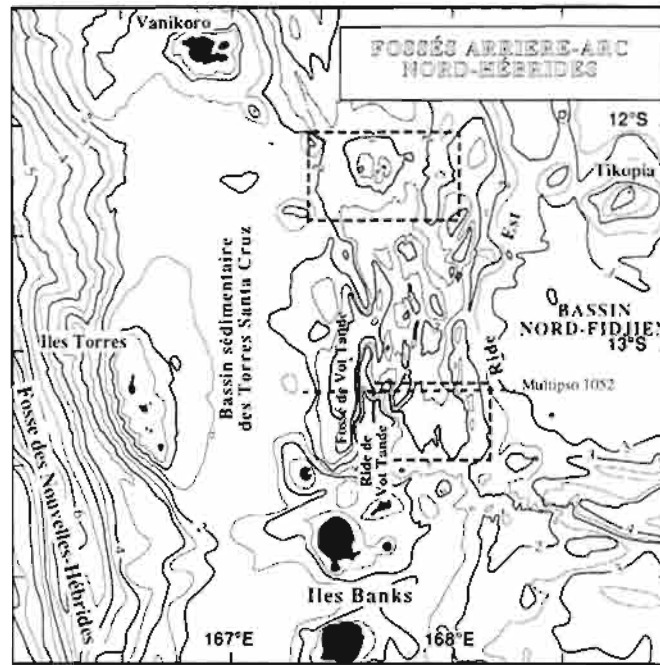


Figure 9

Carte bathymétrique du Nord de l'arc des Nouvelles-Hébrides (l'équidistance des courbes est de 500 m) d'après Chase et Seekins (1988) et Charvis et Pelletier (1989). Les fossés du Nord sont surlignés en gris, les cadres des cartes Seabeam (figs 11 et 12) et la localisation du profil de sismique réflexion multitrace Muipto 1052 par un tireté gras.

*Bathymetric map of the Northern part of the New Hebrides island arc (contour intervals are 500 m) after Chase and Seekins (1988) and Charvis and Pelletier (1989). The Northern troughs are shadowed, Seabeam map locations and Muipto 1052 multichannel seismic profil are outlined by dashed lines.*

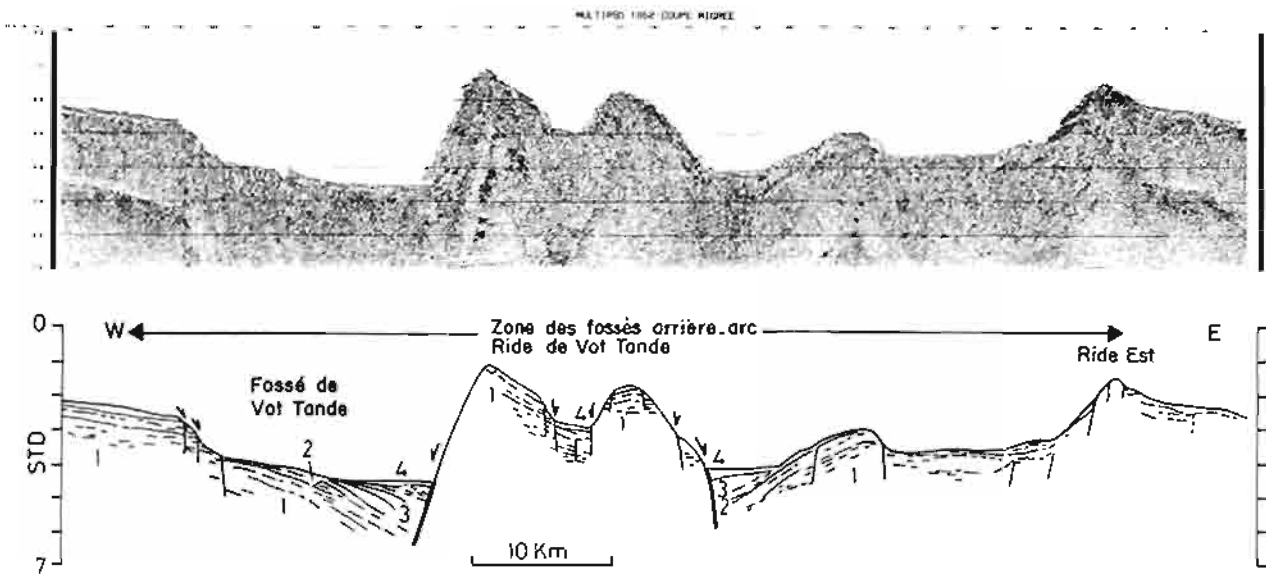


Figure 10

Profil de sismique réflexion multitrace (24) Muipto 1052 à travers les fossés du Nord, après migration. *Multichannel (24) migrated seismic reflection profile Muipto 1052 across the Northern troughs.*

d'extension dont la création a pu débuter entre 2,6 et 2 Ma. La pérennité de mouvements tectoniques et la fracturation des formations expliquent l'absence de dépôts régulièrement lités dans les fossés à l'exception du petit fossé ouest Vaté, moins tectonisé. Ce dernier a certainement été formé beaucoup plus récemment. Il apparaît donc qu'il y a eu après la formation initiale, plusieurs phases d'activité tectonique. Les fossés sont d'ailleurs encore le siège d'une activité sismique actuelle particulièrement marquée dans le fossé d'Erromango (Pelletier et Louat, 1989 ; Louat et Pelletier, 1989).

## LES FOSSÉS DU NORD

La limite Sud des fossés du Nord coïncide avec la terminaison Ouest de la zone de fracture d'Hazel Holme marquée par un fossé étroit, profond de plus de 4 000 m et encadré par des escarpements de plus de 2 000 m de hauteur (fig. 2 et 9). Cette structure orientée N 100-110°E se prolonge vers l'est tout en s'élargissant jusque vers le centre du bassin nord-fidjien (Pelletier *et al.*, 1988), (fig. 1). Elle résulte pour Louat et Pelletier (1989) d'une extension N 25°E, à vitesse d'ouverture faible (2 cm/an au centre du bassin nord-fidjien) diminuant progressivement vers l'ouest jusqu'à devenir presque nulle à la jonction avec l'arc des Nouvelles-Hébrides.

Les fossés consistent en une succession complexe de horsts, grabens et héli-grabens de direction NNO-SSE à NNE-SSO (Charvis et Pelletier, 1989). Transversalement le domaine des fossés arrière-arc, large de 70 km, est composé de trois à quatre grabens ou héli-grabens (fig. 9 et 10). Les grabens de la zone des fossés du Nord ne présentent pas de continuité longitudinale importante (fig. 9).

Les fossés du Nord présentent donc avec les fossés du Sud des différences importantes : ils affectent une plus large région du domaine arrière-arc et ne montrent aucune continuité longitudinale supérieure à quelques dizaines de kilomètres.

Une activité sismique superficielle faible a été observée vers la limite occidentale arc-fossés (Louat et Pelletier, 1989). L'éloignement des stations sismiques les plus proches limite la précision de la localisation géographique et de la profondeur des séismes peu profonds détectés; aussi les solutions de faille normale avec axe de tension N122° et N127°E (Pelletier et Louat, 1989 ; Louat et Pelletier, 1989) pour les deux seuls mécanismes au foyer disponibles dans la région ne présente-t-elle probablement aucun lien avec le régime de tension (N 40° à 45°E) dans les fossés, tel qu'indiqué par les études morpho-structurales (Charvis et Pelletier, 1989). La profondeur calculée (52 km) pour l'un des deux séismes impliqués apparaît d'ailleurs trop importante pour un séisme superficiel de la plaque chevauchante directement lié aux fossés, et insuffisante pour un séisme intermédiaire de la plaque plongeante.

Les fossés arrière-arc n'ont pas été l'objet de levés bathymétriques systématiques au nord de 12°N mais les rares profils existants indiquent que ces structures se développent au nord du secteur étudié. La localisation et la nature de leur terminaison septentrionale reste donc inconnue.

Les anomalies magnétiques de direction NO-SE observées dans le bassin nord-fidjien ne se retrouvent que dans la partie orientale du domaine des fossés arrière-arc ; Charvis et Pelletier (1989) en concluent que ce domaine s'étend pour partie sur l'arrière de l'arc originel et pour partie sur la croûte océanique la plus anciennement créée du bassin nord-fidjien.

Lors de la campagne Seapso 2, deux secteurs restreints du domaine des fossés arrière-arc du nord ont été étudiés en détail: les secteurs de Vot Tande et de Vanikoro (fig. 2 et 9). Les résultats obtenus sur le plan structural, pétro-géochimique, radiochronologique (K/Ar) et paléontologique éclairent la nature et l'origine des fossés.

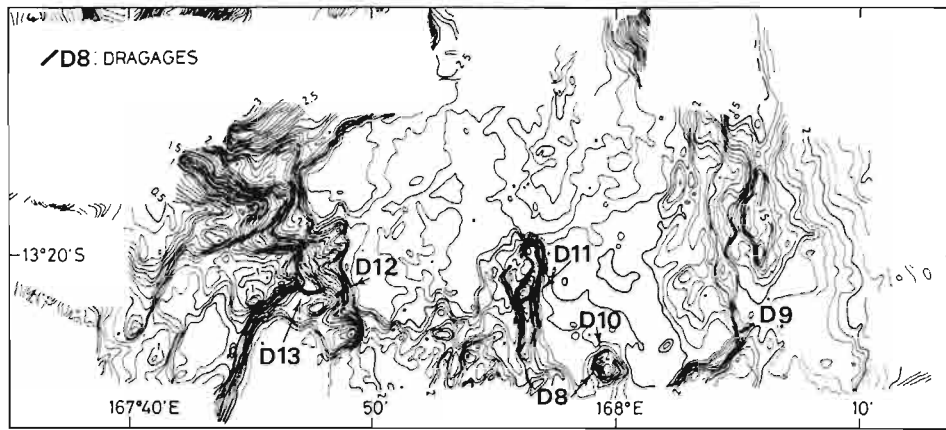
### Le secteur de Vot Tande

La morphologie (fig. 11 et pl. 3) est celle d'un graben divisé en deux dans sa partie Sud par une ride médiane qui pourrait être assimilée à un horst de direction N-S (Récy *et al.*, 1986). Un dragage sur cette ride (fig. 11 ; D11) a permis de récolter des brèches constituées d'éléments de basalte orogénique calco-alkalin d'âge K/Ar 4,9 et 4,8 Ma (Monjaret, 1989 et Monjaret *et al.*, sous presse) et de fragments volcano-sédimentaires à microfaune d'âge légèrement antérieur aux volcanites (Gérard *et al.*, en préparation). Le même dragage a aussi permis de récolter des microfaunes d'âge plus récent des zones NN16, NN18 et NN19 (équivalant à des âges de 3,4 à 2,5 Ma et 2,2 à 0,5 Ma) (Gérard *et al.*, en préparation). Ces formations de nature et d'âge différents semblent avoir été récoltées sur une série volcano-sédimentaire, (50% de volcanites, 50% de volcano-sédimentaires), ce qui confirme en définitive l'hypothèse que la ride centrale représente un horst comme il en a été observé dans les fossés de Vaté (fig. 7 et pl. 2).

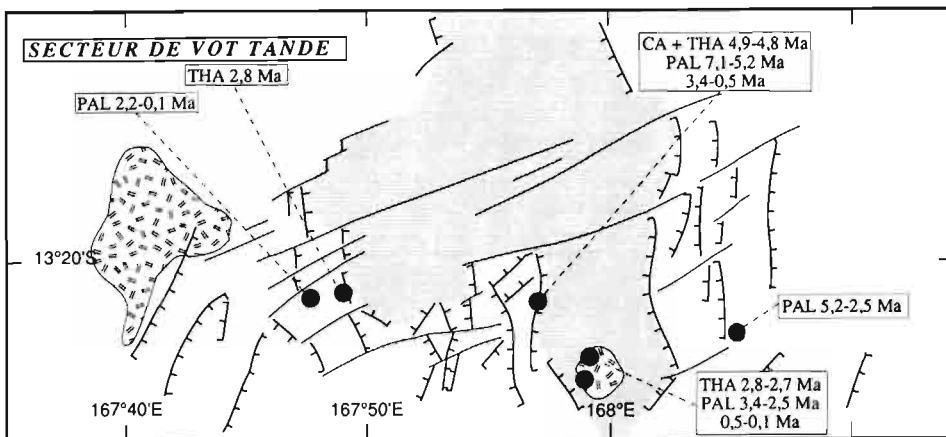
Un volcanisme tholéïitique d'arc apparaît vers 3,5 Ma au moins sur l'île de Vot Tande et se poursuit jusqu'à 2,8 Ma, âge obtenu sur les flancs de cet édifice affleurant sur le bord occidental du fossé (fig. 11 : D12). Des failles normales de direction N-S, associées à des décrochements N 45° à 60° E structurent les flancs du fossé et recoupent ces épanchements datés de 2,8 Ma. La formation du fossé est donc postérieure à 2,8 Ma. Ce volcanisme tholéïitique s'observe aussi sur un cône isolé situé à l'intérieur du fossé et daté de 2,7 Ma (fig. 11 : D10).

Un profil de sismique réflexion multitrace, traversant l'ensemble des fossés et situé immédiatement au nord du secteur de Vot Tande (fig. 9), montre dans les grabens un épais remplissage sédimentaire discordant sur une





a



b

Figure 11

a- Carte bathymétrique Seabeam de la partie orientale des fossés de Vot Tande. Équidistance des courbes 50 m.  
*Seabeam bathymetric map of the eastern part of the Vot Tande troughs. Contour interval are 50 m.*

b- Schéma morpho-structural du fossé de Vot Tande (même légende que la figure 5b).  
*Morpho-structural sketch of the Vot Tande trough (caption same as figure 5b).*

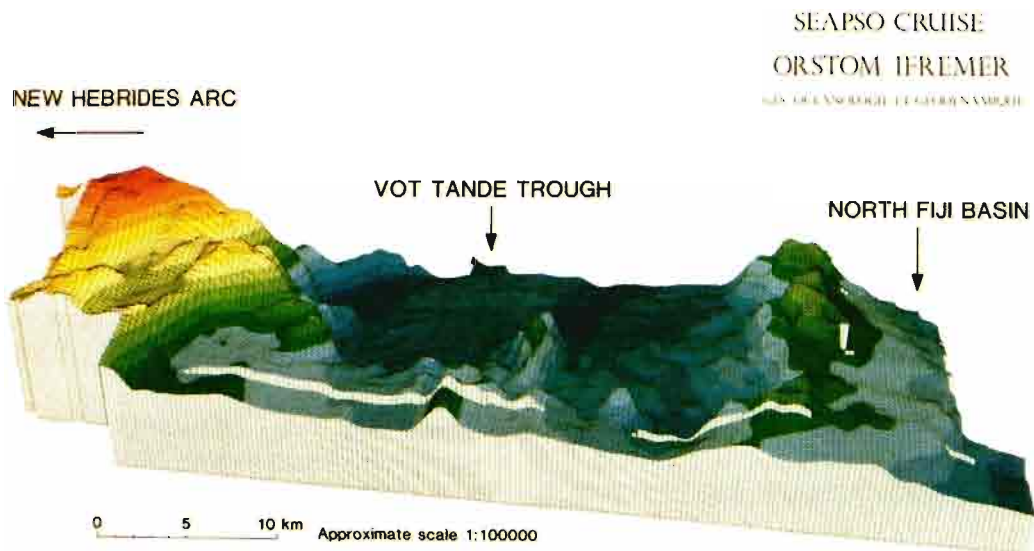


Planche 3

- Bloc diagramme réalisé à partir des données Seabeam recueillies dans le secteur des fossés de Vot Tandé. L'observateur regarde vers le nord (10°O) et l'angle d'observation est de 30° au-dessus de l'horizontale. L'exagération verticale est de 5, la dimension d'une maille de 300 m. Une plage de couleur équivaut à 150 m.  
 - Block diagram of the Seabeam bathymetry of the eastern part of the Vot Tande troughs. The view is from south to north (10°O) from a point elevated 30° above the horizontal. Vertical exaggeration is 5 : 1. Size of a mesh is 300 m. Each nuance of colour represents 150 m.



formation sédimentaire inférieure basculée (formation 1) dont l'épaisseur semble diminuer vers l'Est (fig. 10). Le remplissage, postérieur à la phase initiale de la structuration des fossés, atteint plus de 1 s.t.d. d'épaisseur. Dans le détail il peut être divisé en trois séquences (formations 2, 3 et 4) séparées par des discordances et caractérisées par des dépôts en éventail, ce qui indique que la tectonique, à l'origine de la structuration des fossés, a été continue et qu'elle a connu des phases paroxysmales. La séquence la plus récente (4), également disposée en éventail, est révélatrice des mouvements de subsidence différentiels des hémigrabens jusqu'à l'actuel.

À l'Est des fossés, sur le bassin Nord-Fidjien, la couverture sédimentaire épaisse de près de 1 s.t.d., s'est essentiellement déposée avant la création des fossés ; s'il en avait été autrement, les fossés auraient piégé la majorité des sédiments empêchant leur transport vers l'Est.

### Le secteur de Vanikoro

L'abondance des appareils volcaniques caractérise ce secteur des fossés dont la superficie cartographiée par Seabeam est insuffisante pour observer l'ensemble des limites du fossé étudié. Sur le flanc oriental, un dragage a permis de récolter un échantillon de basalte de type

MORB (fig. 12 ; D7) qui a fourni un âge K/Ar de 12 - 13 Ma. Il s'agit à l'évidence d'un témoin de la partie la plus ancienne du bassin Nord-Fidjien, d'âge contemporain ou légèrement postérieur au début de la formation de ce bassin. Un tel argument conforte l'hypothèse proposée par Charvis et Pelletier (1989) que les fossés arrière-arc se sont, pour partie, installés sur la bordure occidentale du bassin Nord-Fidjien.

Entre Vanikoro et Vanua Lava, il n'existe pas d'édifice volcanique émergé; le volcanisme de l'arc s'y exprime de façon diffuse sans s'organiser autour d'édifices majeurs à la différence de l'arc volcanique bien exprimé plus au sud.

Un volcanisme basique de type intermédiaire entre des tholéiites océaniques et des tholéiites d'arc s'épanche dans les différents édifices (fig. 12 ; D5, D3, D2, D1) entre 3,9 Ma jusqu'à 1,1 Ma. Le secteur de Vanikoro est la seule zone de l'arrière-arc des Nouvelles-Hébrides où l'on rencontre un tel type de volcanisme. Les premières émissions de volcanisme acide hypopotassique sont synchrones (entre 1,8 et 1,2 Ma sur D1 et D3) du volcanisme basique intermédiaire le plus tardif et se poursuivent ensuite jusqu'à une époque sub-actuelle (0,3 Ma sur D1) (Monjaret, 1989 ; Monjaret *et al.*, sous presse). Ce volcanisme acide est caractéristique du secteur Vanikoro.

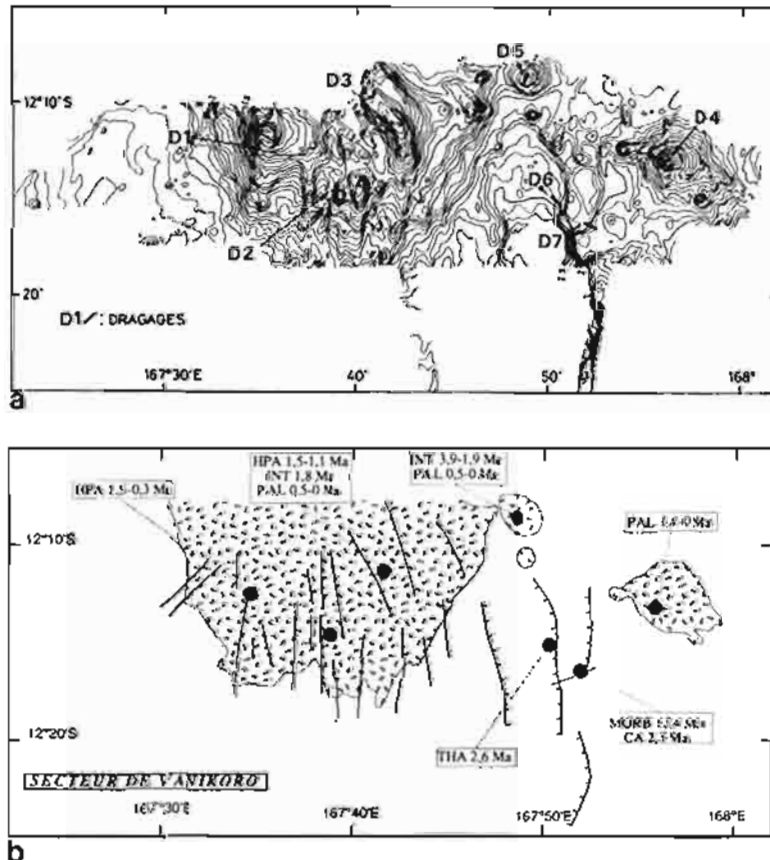


Figure 12

a- Carte bathymétrique Seabeam du secteur de Vanikoro. Equidistance des courbes 50 m.

Seabeam bathymetric map of the Vanikoro area. Contour interval are 50 m.

b- Schéma morpho-structural du secteur de Vanikoro (même légende que la figure 5b). INT= lave de composition intermédiaire entre des basaltes océaniques (MORB) et des tholéiites d'arc (THA) ; HPA= lave hypopotassique acide; MORB= basalte océanique.

Morpho-structural sketch of the Vate trough (caption same as figure 5b). INT= basalt with intermediate composition between MORB and island arc tholeiites (THA); MORB= oceanic basalt.

Une phase de volcanisme orogénique tholéitique puis calco-alcalin se produit entre 2,6 et 2,3 Ma au niveau du flanc oriental du fossé (fig. 12: D6 et D7). Ces volcanites draguées au niveau de failles affectant le substratum océanique ancien du bassin Nord-Fidjien ne peuvent être rattachées à aucun édifice volcanique apparent; il s'agit d'une coulée inter-stratifiée ou d'une intrusion dont l'émission a été facilitée ou provoquée par les premières phases de tectonique distensive à l'origine de la création des fossés.

Le dragage D3 (fig. 12) a livré des laves datées de 1,5 à 1,1 Ma (Monjaret, 1989) sur un édifice volcanique allongé de direction N-S puis NO - SE conforme aux directions structurales des fossés. Les émissions volcaniques ont à l'évidence été orientées par une tectonique antérieure à synchrone.

### Discussion

Les laves récoltées sur le flanc des escarpements des fossés, aussi bien à Vot Tande qu'à Vanikoro, n'ont pas donné respectivement d'âge plus récent que 2,8 et 2,3 Ma. Soulignons que cet âge, qui semble caractériser l'arrêt des émissions volcaniques inter-stratifiées dans la série volcano-sédimentaire affleurant sur le bord Est des fossés, est identique à celui des fossés du Sud.

La structuration des fossés a vraisemblablement commencé vers cette époque ou juste après. Le champ volcanique de Vanikoro plus récent ayant été clairement affecté et influencé par des directions structurales des fossés, il est évident que la tectonique a été polyphasée. D'ailleurs, la géométrie du remplissage sédimentaire des grabens et héli-grabens indique que la tectonique distensive continue a connu, après la phase initiale de la formation des fossés, deux autres épisodes d'activité accrue. L'inclinaison de la surface du fond des grabens prouve aussi que le régime distensif est toujours actif.

Le volcanisme de la zone de Vanikoro est particulier : d'abord de type intermédiaire entre des tholéites d'arc et des tholéites océaniques, il est progressivement relayé par un volcanisme acide hypopotassique récent à sub-actuel. Des volcanites acides comparables ont été observées dans la croûte océanique proche de la dorsale des Galapagos (Byerly *et al.*, 1976).

### CONCLUSIONS

L'arrière-arc des Nouvelles-Hébrides présente des structures de tectonique distensive soulignée par des fossés tout au long de l'arc sauf dans la région centrale où l'avant-arc subit la collision de la double ride d'Entrecasteaux (fig. 1) avant sa subduction ; ce phénomène induit des contraintes qui se traduisent par une surrection plus forte des Nouvelles-Hébrides centrales et une tectonique compressive qui se transmet

jusqu'à l'arrière-arc. L'absence de fossé est à l'évidence la conséquence de ce régime de contrainte qui s'oppose au régime distensif normal arrière-arc et annule ses effets depuis la fracture de Hazel Holme jusqu'à la région de Vate (fig. 2). L'influence de la collision de la ride d'Entrecasteaux au long de l'arc et de l'arrière-arc apparaît donc sensible dans une portion d'arc dont la taille est bien plus importante que la largeur de la seule zone d'impact entre la ride et l'arc (Louat et Pelletier, 1989), (fig. 2).

Les fossés du Nord et les fossés du Coriolis s'alignent dans leur ensemble parallèlement à l'arc et leur existence paraît donc contrôlée globalement par la subduction. Mais les fossés du Coriolis sont constitués d'un ou deux grabens dont la largeur totale ne dépasse pas 50 à 60 km, alors que les fossés du Nord se présentent comme une succession de nombreux horsts, grabens et héli-grabens sur plus de 70 km de largeur.

Les directions structurales observées au sein des fossés du Nord et des fossés du Coriolis ne sont pas concordantes avec leur direction générale et diffèrent aussi entre le Nord et le Sud. Dans les fossés du Coriolis, au Sud, la direction des principaux escarpements est orientée N 130° à 140°, ce qui correspond à une direction d'extension N 40° concordante avec celle donnée par les solutions des mécanismes au foyer. Dans les fossés du Nord, la direction structurale principale est N-S, alors que la direction d'extension, soulignée par de nombreux décrochements, est N 45°E. Il y a donc une différence entre la direction d'allongement générale des fossés (N 150°), parallèle à l'arc et à la fosse des Nouvelles-Hébrides, et la direction des failles délimitant les fossés. Ces fossés se sont installés à la limite entre le bassin Nord-Fidjien et l'arc des Nouvelles-Hébrides; ils affectent probablement les deux domaines. Dans ceux du Nord, un témoin du bassin Nord-Fidjien ancien âgé de 12-13 Ma affleure le long d'un escarpement oriental sous la couverture volcano-sédimentaire. Les volcanites rencontrées dans les fossés ne présentent pas, à l'exception de celles des fossés de Vanikoro, de différences géochimiques notables par rapport à celles de l'arc des Nouvelles-Hébrides. Elles s'ordonnent plus en fonction de leur appartenance à une province géochimique de l'arc que par rapport à leur appartenance au système des fossés. Ces laves sont constituées essentiellement de basaltes magnésiens plus ou moins riches en Ti et de termes acides potassiques et très potassiques. Dans les zones étudiées, la tectonique distensive des fossés n'a pas encore évolué jusqu'au stade de formation de croûte océanique de type bassin marginal. Cependant les fossés de Vanikoro se caractérisent par un volcanisme acide hypopotassique qui a débuté il y a 1,8 Ma. Il est possible que ce volcanisme, dont le type est déjà connu sur la dorsale des Galapagos, soit associé à un début d'ouverture punctiforme.

Le volcanisme tholéitique d'arc disparaît systématiquement le long des escarpements orientaux des

fossés de Futuna, Erromango, Vaté, Vot Tande et Vanikoro, respectivement à 2,6 ; 2,7 ; 2,2 ; 2,8 et 2,3 Ma. Il est probable que les fossés commencent à se structurer vers ou immédiatement après cette époque, sans qu'on puisse affirmer pour autant que tous les effets aient été rigoureusement synchrones. Un tel âge est compatible avec l'épais remplissage sédimentaire qui a été observé dans les fossés du Nord et qui est postérieur à la phase initiale d'extension. Les relations entre les éléments structuraux et le volcanisme ainsi que la géométrie du remplissage sédimentaire indiquent que la structuration des fossés est clairement polyphasée.

Les effets d'une tectonique distensive très récente, voire actuelle, sont évidents, mais il est difficile de concevoir que la tectonique ait été continue depuis plus de 2 Ma sans évoluer jusqu'au stade de l'ouverture de type bassin marginal caractérisé. Pelletier et Louat (1989), et Louat et Pelletier (1989), proposent une extension actuelle de 5 cm par an pour les fossés du Nord et de 2 cm par an pour les fossés du Sud. De telles vitesses, si l'extension était continue depuis 2 Ma, impliqueraient notamment pour les fossés du nord une expansion caractérisée. On doit donc supposer que ces vitesses actuelles anormalement élevées, sont surestimées ou bien qu'elles sont en relation avec une phase en cours d'activité tectonique

particulièrement intense. Les fossés arrière-arc des Nouvelles-Hébrides, anormalement situés entre la zone de subduction et l'axe d'expansion du bassin Nord-Fidjien, paraissent guidés dans leur direction générale par le phénomène de subduction. Cependant la formation des fossés semble être la conséquence d'une réorganisation de l'ouverture du bassin Nord-Fidjien qui, trop éloignée de la subduction, se développe désormais hors du contrôle de la plaque plongeante (Charvis et Pelletier, 1989). Des études récentes ont montré que deux réorganisations de l'accrétion se sont produites lors des périodes récentes (Auzende *et al.*, 1988b). La première (3 Ma) correspond à un changement dans la direction de l'axe d'expansion depuis une direction NO-SE parallèle à l'arc et donc sous le contrôle de la subduction jusqu'à une direction N-S oblique par rapport à l'arc. La seconde, plus récente (0,7 Ma), est en relation avec la formation de la fracture Nord-Fidjienne et du point triple actuel. L'âge des fossés (vers 2-2,6 Ma) est compatible avec une structuration consécutive à la première réorganisation.

Ainsi l'origine des fossés paraît liée au développement d'un processus d'extension qui répond aux réajustements nécessités par l'indépendance des phénomènes d'accrétion et de subduction ci-dessus décrits.

## REFERENCES

- Auzende J.M., J.P. Eissen, M.P. Caprais, M.P. Gente, S. Gueneley, F. Harmegnies, Y. Lagabrielle, A. Lapouille, C. Lefevre, P. Maillet, J.P. Mazé, H. Ondréas, A. Schaff, R. Singh (1986). Accrétion océanique et déformation dans la partie méridionale du bassin Nord-Fidjien : résultats préliminaires de la campagne océanographique SEAPSO 111 du N.O. Jean Charcot (décembre 1985). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 303, série II, 1, 93-98.
- Auzende J.M., J.P. Eissen, Y. Lafoy, P. Gente, J.L. Charlou (1988a). Seafloor spreading in the North Fiji Basin (Southwest Pacific). *Tectonophysics*, 146, 1/4, 317-352.
- Auzende J.M., Y. Lafoy, B. Marssat (1988b). Recent geodynamical evolution of the North Fiji basin (Southwest Pacific). *Geology*, 16, 925-929.
- Byerly G.R., W.G. Nelson, P.R. Vogt (1976). Rhyodacites, andesites, ferro-basalts and ocean tholeiites from the Galapagos spreading center. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 30, 215-221.
- Carney J.N., A. McFarlane (1979). Geology of Tanna, Aneityum, Futuna and Aniwa. New Hebrides geological survey, Regional report, 71 pp.
- Carney J.N., A. McFarlane (1982). Geological evidence bearing on the Miocene to Recent structural evolution of the New Hebrides arc. *Tectonophysics*, 87, 147-175.
- Chase T.E., B.A. Seekins (1988). Submarine topography of the Vanuatu and south eastern Solomon islands regions. In Green, H.G. and Wong, F.L., ed., *Geology and offshore resources of Pacific island arcs. Vanuatu region*, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources *Earth Science Series*, 8, 35-36.
- Charvis P., B. Pelletier (1989). The northern New Hebrides back-arc troughs : history and relation with the North Fiji Basin. *Tectonophysics*, 170, 259 - 277.
- Collot J.Y., J. Daniel, R.V. Burne (1985). Recent tectonics associated with the subduction/collision of the d'Entrecasteaux zone in the Central New Hebrides. *Tectonophysics*, 112, 325-356.
- Collot J.Y., A. Malahoff (1982). Anomalies gravimétriques et structure de la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides, in "Contribution à l'étude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique". Equipe de Géologie-Géophysique du Centre ORSTOM de Nouméa. *Travaux et Documents de l'ORSTOM* 147, 91-109.
- Daniel J. (1982). Morphologie et structures superficielles de la partie sud de la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides, in "Contribution à l'étude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique". Equipe de Géologie-Géophysique du Centre ORSTOM de Nouméa. *Travaux et Documents de l'ORSTOM* 147, 39-60.
- Daniel J., M. Gérard, A. Mauffret, D. Boulanger, B. Cantin, J.Y. Collot, J. Durand, M. Fisher, H.G. Greene, P. Michaux, B. Pelletier, A. Pezzimenti, V. Renard, M. Schamling, J.D. Tissot, (1989). Déformation compressive d'un bassin intra-arc dans un contexte de collision ride/arc : le bassin d'Aoba, arc des Nouvelles-Hébrides. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 308, série II, 239-245.
- Dubois J., F. Dugas, A. Lapouille, R. Louat (1975). Fossés d'effondrement en arrière de l'arc des Nouvelles-Hébrides. Mécanismes proposés. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.*, XVII, 1, 73-94.
- Dubois J., F. Dugas, A. Lapouille, R. Louat (1978). The troughs at the rear of the New Hebrides island arc: Possible mechanisms of formation. *J. Earth Sci.*, 15, 351-360.
- Eissen J.P., J.M. Auzende, M.P. Caprais, J.P. Chopin, P. Gente, S. Gueneley, F. Harmegnies, Y. Lagabrielle, A. Lapouille, C. Lefevre, P. Maillet, J.P. Mazé, H. Ondréas, A. Schaff, R. Singh (1986). Geodynamic and recent spreading in the North Fiji Basin between 16°S - 21°S and 173°E - 178°E : introduction to the 113rd Leg of the SEAPSO cruise of the N.O. Jean Charcot (dec. 1st to dec. 23rd 1985). International Volcanological Congress, Auckland (New Zealand), 1-9 February 1986.
- Eissen J.P., H. Bellon, R. Louat, P. Maillet, M.C. Monjaret, M. Monzier (1987). Preliminary petrological and geochemical results of the SEAPSO Leg 2 and 3 cruises in the North Fiji Basin and relationship the NFB spreading centre with the southern New Hebrides island arc. STAR Meeting, 16ème session du CCOP/SOPAC, Lae (Papouasie Nouvelle-Guinée), 12-21 oct 1987.
- Eissen J.P., G. Morvan, C. Lefevre, P. Maillet, T. Urabe, J.M. Auzende, E. Honza (1990). Pétrologie et géochimie de la zone d'accrétion du centre du Bassin Nord Fidjien (S.W. Pacifique) *C.R. Acad. Sci.*, 310, II, 771 - 778.

- Gérard M., G. Blzon, C. Müller. Biostratigraphie et lithologie d'une série volcano-sédimentaire de l'arc des Nouvelles-Hébrides (en préparation pour *C.R. Acad. Sci.*).
- Karig D.E., J. Mammerickx (1972). Tectonic framework of the New Hebrides island arc. *Marine Geol.*, 12, 187-206.
- Katz H.R., J. Daniel (1981). Structural map of the New Hebrides island arc. In: tenth session CCOP/SOPAC, Port Vila, Vanuatu, 1981: UN ESCAP. CCOP/SOPAC Technical Secretariat, Suva, Fiji.
- Louat R., B. Pelletier (1989). Seismotectonics and present-day relative motions in the New Hebrides: North Fiji basin region. *Tectonophysics*, 167, 41 - 55.
- Luyendick B.P., W.B. Bryan, P.A. Jesek (1974). Shallow structure of the New Hebrides island arc. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 85, 8, 1287-1300.
- Mallick D.I.J. (1973). Some petrological and structural variations in the New Hebrides, in Coleman P.J.(ed.), "The Western Pacific: Island Arcs, Marginal Seas and Geochemistry". Western Australian Press, 195-211.
- Marcelot G., C. Dupuy, M. Girod, R.C. Maury (1983). Petrology of Futuna island lavas (New Hebrides): An example of calco-alkaline magmatism associated with the initial stages of back-arc spreading. *Chem. geol.*, 38, 23-37.
- Monjaret M.C. (1989). Le magmatisme des fossés à l'arrière-arc des Nouvelles-Hébrides (campagne SEAPSO 2 du Jean Charcot). Thèse de Doctorat à l'Université de Bretagne Occidentale, 277 pp.
- Monjaret M.C., H. Bellon, P. Maillet, J. Récy (1987). Le volcanisme des fossés arrière-arc des Nouvelles-Hébrides (campagne SEAPSO Leg 2 du N/O Jean Charcot dans le Pacifique Sud-Ouest) : Datations K-Ar et données pétrologiques préliminaires. *C.R. Acad. Sci.*, 305, II, 605-609.
- Monjaret M.-C., H. Bellon, P. Maillet. Petrology and K-Ar geochronology of the New Hebrides back-arc troughs. Relationship with the arc volcanism. Soumis à *J. Volcanol. and Geotherm. Res.*
- Monzier M., J.Y Collot., J. Daniel (1984). Carte bathymétrique des parties centrale et méridionale de l'arc insulaire des Nouvelles-Hébrides. Carte au 1/1.036.358 en 8 couleurs. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Pelletier B., P. Charvis, J. Daniel, Y. Hello, F. Jamet, R. Louat, P. Nanau, P. Rigolot (1988). Structures et linéations magnétiques du coin Nord-Ouest du bassin Nord-Fidjien : résultats préliminaires de la campagne EVA 14 (août 1987). *C.R. Acad. Sci.*, 306, II, 1247-1254.
- Pelletier B., R. Louat (1989). Mouvements des plaques dans le Sud-Ouest Pacifique. *C.R. Acad. Sci.*, 308, II, 123-130.
- Pontoise B., G.V. Latham, K. Ibrahim (1982). Sismique réflexion : structure de la croûte aux Nouvelles Hébrides, in "Contribution à l'étude géodynamique du Sud Ouest Pacifique". Equipe de géologie-géophysique du Centre ORSTOM de Nouméa. *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, 147, 91-109.
- Puech J.L., C. Reichenfeld (1968). Croisière bathymétrique aux Nouvelles-Hébrides à bord du Coriolis. ORSTOM Nouméa, multigr., 11 pp.
- Puech J.L., C. Reichenfeld (1969). Etudes bathymétriques dans la région des îles Erromango, Tanna et Anatom (Nouvelles- Hébrides). *C.R. Acad. Sci.*, 208, 1259-1261.
- Récy J.,P. Charvis, E. Ruellan, M.-C. Monjaret, M. Gérard, G. Auclair, C. Baldassari, J.-M. Bolrat, G.R. Brown, J. Butscher, J.Y. Collot, J. Daniel, R. Louat, M. Monzier, B. Pontoise (1986). Tectonique et volcanisme sous-marin à l'arrière de l'arc des Nouvelles-Hébrides (Vanuatu) : résultats préliminaires de la campagne SEAPSO (leg 2) du N.O. Jean Charcot. *C.R. Acad. Sci.*, 303, II, 8, 685-690.
- Vallot J. (1984). Volcanites draguées au large de l'arc insulaire des Nouvelles-Hébrides. Implications pétrologiques. Thèse de 3ème cycle, Université de Paris Sud, 165 pp.