

## Érosion, accréation, extension arrière-arc et longueur du plan de subduction le long de la marge active des Kermadec, Pacifique Sud-Ouest

Bernard PELLETIER et Jacques DUPONT

**Résumé** — Des variations morphologique et structurale le long de la marge des Kermadec suggèrent la présence vers 32°S d'un passage entre un régime tectonique en érosion au nord et un régime en accréation au sud. Le relief de la plaque plongeante apparaît comme un facteur déterminant du style tectonique à la fosse : un fort relief étant associé à de l'érosion et un faible relief à de l'accréation. Les données de séismicité, indiquant également à ce niveau une variation brutale de la longueur du plan de subduction, incitent à penser que la nature des processus tectoniques à la fosse est directement fonction de la longueur du plan de Benioff : l'accréation étant associée à un plan court et, à l'inverse, l'érosion tectonique à un plan long, la morphologie du mur externe résultant de la force de traction de la plaque subductée. Des variations morphologique et structurale apparaissant aussi vers 32°S le long des fossés du Havre derrière l'arc des Kermadec, il est également possible que le style tectonique arrière-arc, comme celui de la fosse, dépende de la longueur du plan de Benioff.

### Erosion, accretion, back-arc extension and slab length along the Kermadec subduction zone, Southwest Pacific

**Abstract** — Lateral variations of morphology and structure along the Kermadec active margin suggest that subduction-related tectonic processes change around 32°S from erosion in the north to accretion in the south. The relief of the plunging plate seems to be a major factor that controls the tectonic style at the trench: erosion and accretion being respectively associated with rough and smooth topography. Seismological data, also showing at this level a sudden change in the slab length, suggest that the tectonic processes at the trench are directly related to the slab length, accretion being associated with a short slab and, in contrast, tectonic erosion with a long slab, the relief of the outer slope resulting from the pull force of the descending slab. Because the Havre back-arc troughs also change in morphology and structure near 32°S, tectonic style of the back-arc domain possibly depends on the tectonic processes at the trench and consequently on the slab length.

**Abridged English Version** — Subduction-related tectonic processes of accretion and erosion [1] have been largely documented by results mainly based on deep sea drilling, multichannel seismic-reflexion profiling, submersible diving and multibeam mapping (see for example [2] to [7]). It is accepted that these tectonic processes can vary both spatially and temporally. Among the factors (convergence rate, direction and dip of underthrusting, age of plunging crust, sedimentary thickness, ...) possibly controlling accretion or erosion, the thickness of sediments within the trench and the sea floor relief of the plunging plate are those most often proposed ([8] to [10]).

Some data exposed herein suggest that a lateral variation in tectonic process from erosion to accretion exists along the Kermadec subduction zone. This active margin, because of its linearity and its apparent simplicity, seems to be an exceptional area for discussing the factors that control erosion or accretion.

The Kermadec trench (*Pl. I*), elongated N 20°E over more than 1,200 km from 26°S to 38°S and prolonged northward by the Tonga trench and southward by the Hikurangi trench along the eastern side of New Zealand North Island, marks the convergence between the Pacific plate and a microplate that comprises the Kermadec arc and is separated from the Indo-Australian plate by the extension of the Havre back-arc troughs [11]. The relative motion at the trench is about 7-9 cm/yr in a 280°E direction, back-arc extension in the

Note présentée par Jean AUBOUIN.

Havre troughs ranging from NW-SE to WNW-ESE in trend and from 1 to 2 cm/yr in rate [12].

Morphology and structure of the Kermadec trench and its outer and inner slopes drastically change along strike (*Pl. I*). The trench, which has a mean depth of 8,000-8,500 m in the northern part, reaches more than 10,000 m just north of 32°S, then shallows and is shifted eastward south of 32°S [13]. A seismic profil, located at 31°30'S, shows (*Fig. 1*): 1. a spectacular morphology composed of tight ridges and depressions developed across the plunging plate on the outer slope, the scarps reaching up to 1,500 m in height; 2. a stepped morphology on the inner slope probably related to normal faulting, the seismic horizons dipping trenchward. In contrast, a profile located at 34°30'S exhibits (*Fig. 1*): 1. a regular outer slope with bending-induced fault scarps facing the trench and reaching only 100-200 m in height; 2. a typical morphology of an accretionary prism on the lower landward slope. These data suggest that the northern part of the Kermadec subduction zone is characterized by tectonic erosion and the southern part by accretion, the transition between the two styles occurring at 32°S where the trench is displaced eastward. Such a transition was therefore inferred somewhere along the Kermadec trench because further north the Tonga trench is governed by tectonic erosion ([14], [15]) while further south, accretion occurs along the Hikurangi trench [16].

The thickness of the sediments covering the oceanic plate at the trench and the rate of convergence are not here major factors controlling the tectonic style at the trench because they do not vary significantly. In contrast, the relief of the outer slope, which drastically changes from north to south, seems to be an important factor: erosion and accretion being respectively associated with rough and smooth topography. Thus the graben volume-sediment volume ratio [8] largely influences the tectonic styles at the trench.

In other respects, seismicity indicates that the depth of the slab tip also varies at 32°S, from 550 km in the north to 250-300 km in the south ([17], *Pl. II*). The slab length sharply decreases south of 32°S. It is proposed that the morphology and structure of the outer and inner slopes, and thus the tectonic processes at the trench, are directly related to the slab length, accretion being associated with a short slab and, in contrast, tectonic erosion with a long slab, the relief of the outer slope resulting from the pull force of the descending slab.

Also the morphology of the back-arc domain changes near 32°S. Indeed the Havre troughs are composed of a relatively shallow (2,500 m) trough in the north from 26°S to 30°S, and an abnormally deep (more than 4,000 m) trough with steep flanks in the south from 31-32°S to 37°S (*Pl. I*). This southern Havre trough is the deepest active back-arc basin in the Southwest Pacific. The structure of the back-arc domain may also depend on the tectonic processes at the trench and consequently on the slab length.

---

INTRODUCTION. — Les processus de transfert de matière d'une plaque à une autre le long d'une zone de subduction — érosion tectonique du rebord de la plaque chevauchante ou accréation des sédiments de la plaque plongeante [1] — ont été prouvés et analysés grâce aux résultats obtenus par forages profonds, sismique réflexion multitrace, plongées et cartographie par sondeur multifaisceaux (*voir* par exemple [2] à [7]). Il est admis que ces différents processus tectoniques puissent varier dans le temps à un endroit donné ou latéralement le long d'une même structure. Parmi les facteurs potentiels (taux de convergence, âge de la croûte subduite, direction et angle de subduction, épaisseur des

sédiments, ...) pouvant gouverner ces processus d'accrétion ou d'érosion, l'épaisseur des sédiments et la morphologie de la plaque plongeante sont les plus souvent retenus ([8] à [10]).

Quelques données présentées dans cette Note suggèrent qu'une transition entre un régime tectonique en érosion et un régime en accrétion existe le long de la fosse des Kermadec. Cette marge active, assez linéaire et apparemment simple, semble être un endroit privilégié pour discuter l'importance des facteurs qui conditionnent la présence de tel ou tel style.

La fosse des Kermadec, allongée N 20°E sur plus de 1 200 km de 26°S à 38°S, marque la subduction vers l'ouest de la plaque Pacifique sous une microplaque qui comprend l'arc des Kermadec et qui est séparée de la plaque Indo-australienne par l'extension des fossés arrière-arc du Havre (*Pl. I*). La fosse des Kermadec se prolonge vers le nord par la fosse des Tonga et vers le sud par la fosse d'Hikurangi qui borde à l'Est l'île Nord de Nouvelle-Zélande. Le domaine arrière-arc, bordé à l'ouest par la ride de Colville, un arc volcanique ancien, correspond aux fossés du Havre qui se terminent au sud dans la zone volcanique de l'île Nord de Nouvelle-Zélande et qui représentent l'équivalent sud, quoique moins développé, du bassin actif arrière-arc de Lau. Le système fosse/arc/arrière-arc des Kermadec correspond ainsi à un système classique de marge convergente avec bassin arrière-arc associé [11]. Le mouvement relatif à la fosse entre la plaque Pacifique et l'arc des Kermadec s'effectue selon une direction d'environ N 280°E à une vitesse de 7-9 cm par an, l'extension arrière-arc dans les fossés du Havre se faisant selon une direction NW-SE à WNW-ESE à un taux de 1 à 2 cm par an [12].

DONNÉES BATHYMÉTRIQUES ET STRUCTURALES : ARGUMENTS POUR UN PASSAGE ÉROSION-ACCÉ-  
TION. — Les données bathymétriques [13] et structurales, bien qu'encore fragmentaires, suggèrent que le régime tectonique n'est pas homogène tout au long de la marge des Kermadec. En effet, la morphologie de la fosse, des pentes externe et interne, de l'arc et du domaine arrière-arc change latéralement de manière très significative (*Pl. I*)

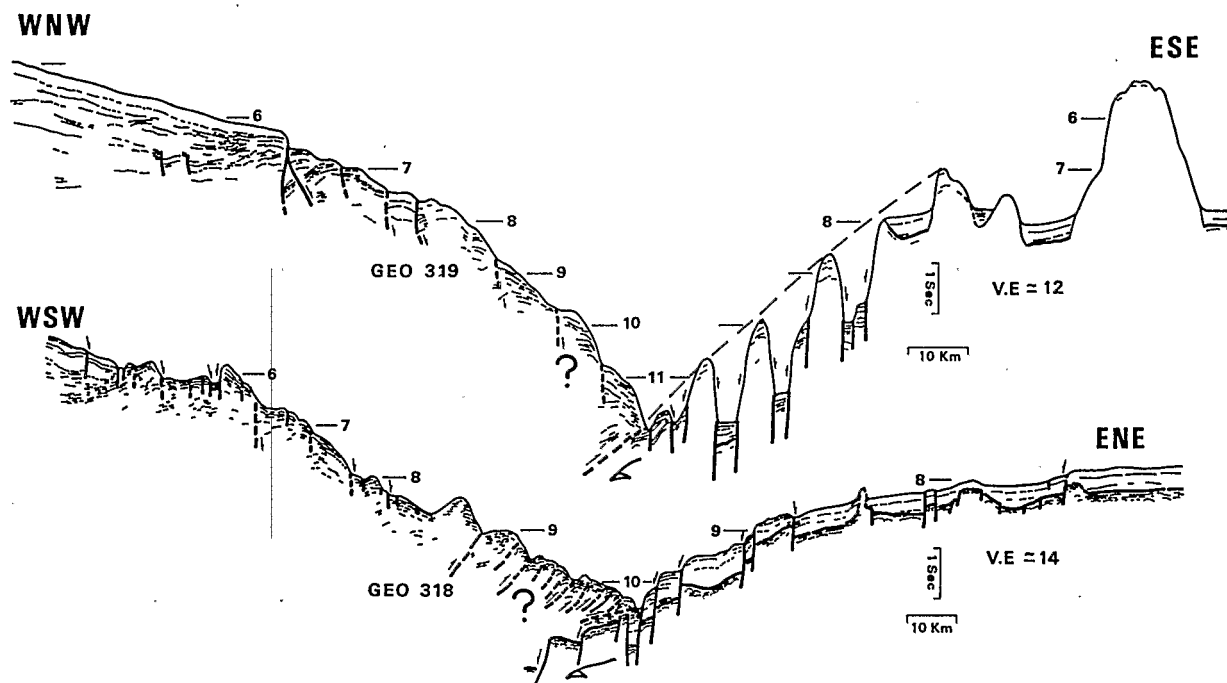
— La fosse, qui a une profondeur moyenne de 8 000-8 500 m dans sa partie septentrionale, atteint un maximum légèrement supérieur à 10 000 m au nord de 32°S puis devient vers le sud moins profonde en étant décalée vers l'est.

— Un profil de sismique réflexion monotrace (GEO 319), transverse à la fosse et situé à 31°30'S, montre: côté pente externe, une spectaculaire succession de rides et de dépressions étroites à travers la plaque plongeante, les escarpements pouvant atteindre 1 500 m de hauteur; côté mur interne, une pente forte, des horizons sismiques inclinés vers la fosse et une morphologie en gradins évoquant une tectonique en faille normale (*fig. 1*).

— Un second profil (GEO 318) situé à 34°30'S indique une morphologie tout à fait différente de celle observée sur le profil précédent. En effet, le relief de la pente externe est à ce niveau plus mou, la flexure n'étant marquée que par des escarpements de 100 à 200 m de hauteur à regard vers la fosse. De plus, la morphologie, l'attitude de quelques réflecteurs et les nombreuses diffractions évoquent la présence d'un prisme d'accrétion à la base du mur interne (*fig. 1*).

— La partie la plus élevée et les rares reliefs émergés de l'arc des Kermadec se situent uniquement au nord de 32°S (rochers du Havre et de l'Espérance, îlots de Curtis, McCauley et Raoul). La portion sud ne culmine que rarement au-dessus de 500 m de profondeur.

— Le domaine arrière-arc du Havre comprend deux fossés majeurs séparés par un seuil vers 31°S. Le fossé septentrional, situé entre 26°S et 30°S, est relativement peu



Interprétation des profils sismiques monotrace GEO 318 et 319  
(campagne GEORSTOM III, 1975) à travers la fosse des Kermadec. Localisation sur la planche I.

*Interpretation of single channel seismic profiles GEO 318 and 319  
(GEORSTOM III campaign, 1975) across the Kermadec trench. Location on Plate I.*

profond (un peu plus de 2500 m) et possède des flancs peu pentus. A l'inverse, le fossé méridional, allongé de 31°30'S à 35°30'S, est anormalement profond (plus de 4000 m) et présente des flancs très escarpés. Ce fossé est d'ailleurs tout à fait exceptionnel puisque c'est le plus profond des bassins arrière-arc actifs du Sud-Ouest Pacifique.

— La ride de Colville présente également une rupture morphologique vers 32°S. Assez large au nord et culminant entre 500 et 1000 m de profondeur, elle devient étroite au sud et culmine entre 1500 et 2000 m.

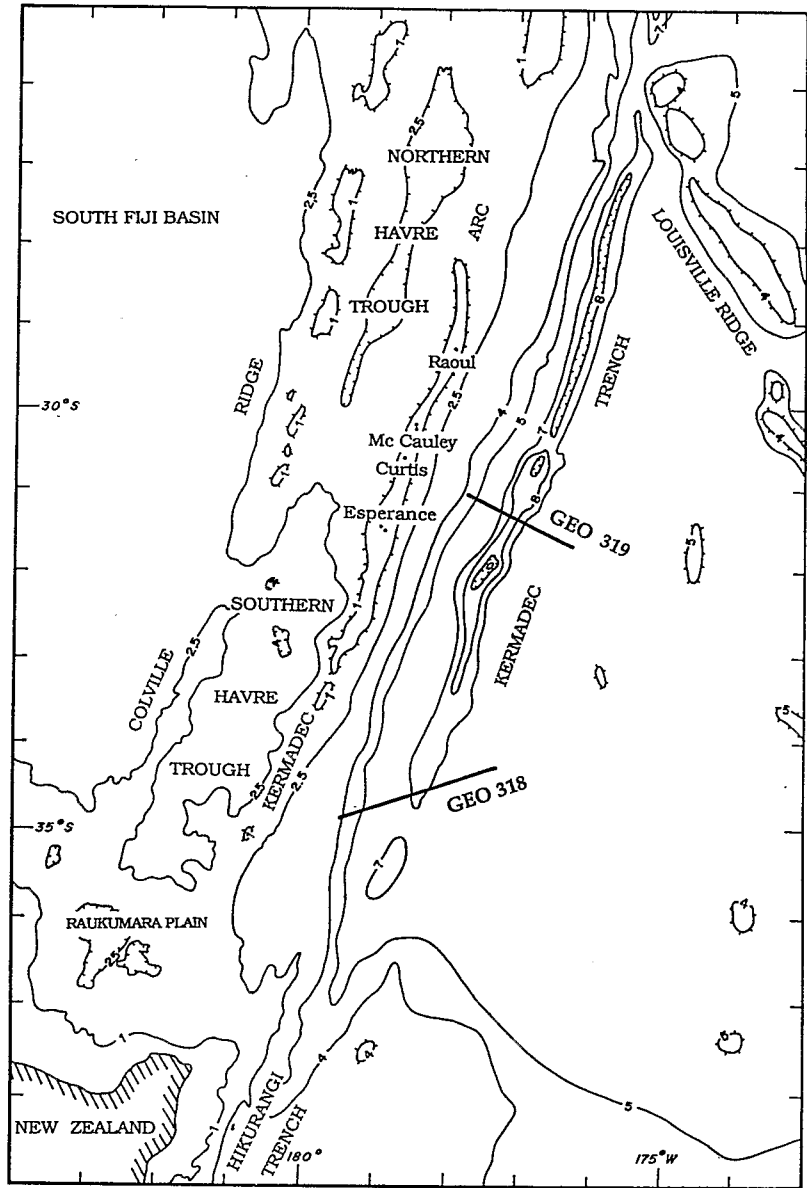
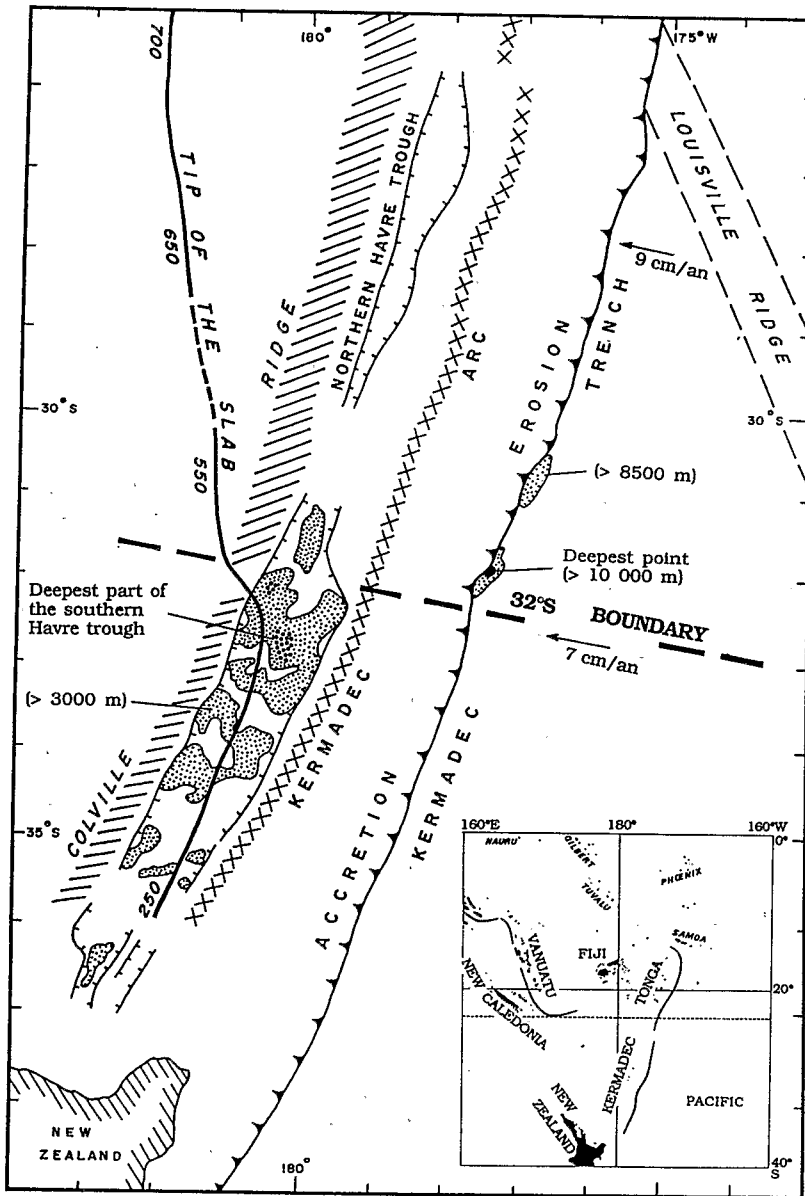
L'ensemble de ces données permet ainsi de supposer la présence d'une zone de transition vers 32°S. Les profils de sismique réflexion, transverses à la fosse et situés de part et d'autre de cette limite, suggèrent que la partie septentrionale de la zone de subduction est caractérisée par des processus d'érosion tectonique et que la partie méridionale est, à l'inverse, soumise à des processus d'accrétion. Le passage entre ces deux styles tectoniques semble se situer à 32°S où la fosse présente une virgation vers l'est, c'est-à-dire du côté

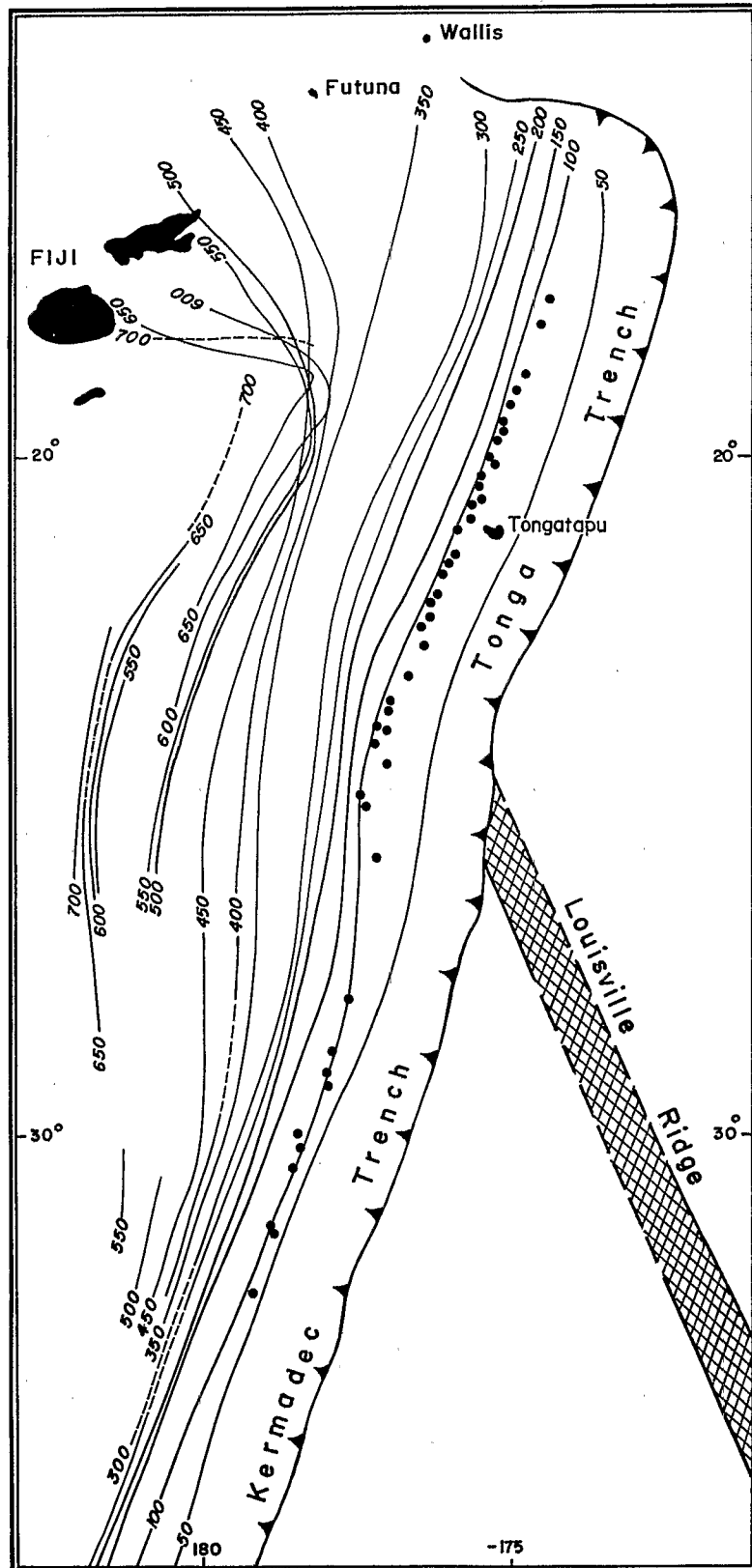
#### EXPLICATIONS DES PLANCHES

##### Planche I

Esquisse bathymétrique et structurale de la marge active des Kermadec. La bathymétrie (km) est de [13] et le mouvement de convergence à la fosse de [12].

*Simplified bathymetric and structural maps of the Kermadec subduction zone. The bathymetry (km) is from [13] and the motion of convergence along the trench from [12].*





## Planche II

Carte de la profondeur (km) du plan de Benioff le long de la zone de subduction des Tonga-Kermadec, établie d'après la sismicité enregistrée par au moins 50 stations du réseau mondial pendant la période 1964-1982 (catalogue ISC). La ligne volcanique actuelle est représentée par des ronds noirs. Noter la variation de profondeur de la terminaison du plan de Benioff vers 32°S.

*Depth of the slab (km) along the Tonga-Kermadec subduction zone, based on the earthquake foci located by 50 or more seismological stations and obtained from the ISC catalogue for the period 1964-1982. The volcanic line is shown by full circles. Note the change of depth of the slab tip near 32°S.*

océanique. Une telle transition quelque part le long de la fosse des Kermadec était d'ailleurs pressentie car plus au nord la fosse des Tonga apparaît contrôlée par des phénomènes d'érosion tectonique ([14], [15]) alors que plus au sud la fosse d'Hikurangi est soumise à un processus d'accrétion [16].

DISCUSSION. — Pourquoi un tel changement de style tectonique le long d'une marge apparemment simple? L'épaisseur de la couverture sédimentaire de la plaque plongeante ainsi que la vitesse de convergence ne semblent pas être ici des facteurs déterminants, puisqu'ils ne changent pas de manière significative aux alentours de 32°S. On notera toutefois, que l'épaisseur de la couverture sédimentaire observée sur le profil GEO 318 (300-600 m) est légèrement supérieure à celle du profil GEO 319 (250-400 m) et que la vitesse relative prédite à la fosse augmente légèrement en allant vers le nord, à cause notamment de la proximité du pôle de rotation entre les plaques Pacifique et Indo-australienne (environ 7 cm par an à 33°S et 9 cm par an à 28°S selon [12]).

La morphologie de la plaque plongeante semble être, en revanche, un facteur qui serait essentiel puisqu'elle change fondamentalement entre les deux profils, un fort relief étant associé à de l'érosion et un faible relief à de l'accrétion. Le rapport entre le volume des grabens à la fosse et le volume des sédiments disponibles semble donc, comme l'a déjà proposé Hilde [8], un facteur déterminant du style tectonique à la fosse. La question qui se pose alors est la raison du changement latéral de la morphologie du mur externe. Le relief accidenté au nord de 32°S préexistait-il sur la plaque Pacifique (rides créées antérieurement par tectonique ou volcanisme) ou bien est-il induit par la subduction (horsts et grabens liés à la flexure de la plaque) suite à un changement d'un des paramètres tels que l'âge de la croûte subduite, la longueur ou l'angle du plan de subduction? Une cartographie précise permettrait de connaître l'orientation de ces escarpements spectaculaires, de trancher entre une tectonique ancienne ou subactuelle et donc de corréliser ou non ces structures au phénomène de subduction.

Outre les variations morphologiques décrites précédemment, l'étude de la sismicité indique que la longueur du plan de Benioff change également vers 32°-33°S ([17] et *pl. II*). En effet, les profondeurs maximales des épicentres des séismes associés au plan de subduction sont respectivement de 550 km et de 250-300 km au nord et au sud de 32°S. La carte des épicentres montre que ce changement est brutal. La longueur du plan de Benioff double presque au nord de 32°S. Ceci suggère qu'un panneau détaché ou non, thermalisé et invisible sismiquement existe au sud de 32°S, ou que les vitesses de convergence ont été différentes de part et d'autre de 32°S, ou bien encore que l'âge du début de subduction est plus récent au sud de 32°S. Quoi qu'il en soit, les données de sismologie incitent à penser que la morphologie et la structure des pentes externe et interne — et donc que la nature des processus tectoniques à la fosse — seraient directement fonction de la longueur du plan de Benioff (*pl. I*) : l'accrétion étant associée à un

plan court et, à l'inverse, l'érosion tectonique à un plan long, la morphologie du mur externe résultant de la force de traction de la plaque subductée. Des variations morphologique et structurale apparaissant aussi vers 32°S le long des fossés du Havre derrière l'arc des Kermadec, il est également possible que le style tectonique arrière-arc, comme celui à la fosse, dépende donc finalement de la longueur du plan de Benioff.

Note remise le 1<sup>er</sup> février 1990, acceptée le 26 mars 1990.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] D. W. SCHOLL et coll., *Geology*, 8, 1980, p. 564-568.
- [2] R. VON HUENE et coll., *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93, 1982, p. 829-846.
- [3] J. C. MOORE et coll., *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93, 1982, p. 847-861.
- [4] J. AUBOUIN et R. VON HUENE et coll., *Nature*, 297, 1982, p. 458-460.
- [5] J. AUBOUIN, *Tectonophysics*, 160, 1989, p. 1-21.
- [6] J. C. MOORE et B. BIJU DUVAL et coll., *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93, 1982, p. 1065-1077.
- [7] A. MASCLE et C. MOORE et coll., *Geotimes*, 32, 1987, p. 13-16.
- [8] T. W. C. HILDE, *Tectonophysics*, 99, 1983, p. 381-397.
- [9] G. F. MOORE et coll., *Geophys. Monogr. Ser.*, 23, 1980, p. 145-160.
- [10] S. D. LEWIS et D. E. HAYES, *J. Geophys. Res.*, 89, 1984, p. 9196-9214.
- [11] D. E. KARIG, *J. Geophys. Res.*, 75, 1970, p. 239-254.
- [12] B. PELLETIER et R. LOUAT, *Tectonophysics*, 165, 1989, p. 237-250; *C. R. Acad. Sci. Paris*, 308, série II, 1989, p. 123-130.
- [13] L. W. KROENKE, C. JOUANNIC et P. WOODWARD, *Bathymetry of the Southwest Pacific*, CCOP/SOPAC, 1983.
- [14] P. F. LONSDALE, *Marine Geophysical Researches*, 8, 1986, p. 295-327.
- [15] B. PELLETIER et J. DUPONT, *Oceanologica Acta* (sous presse).
- [16] J. W. COLE et K. B. LEWIS, *Tectonophysics*, 72, 1981, p. 1-21.
- [17] R. LOUAT et J. DUPONT, In *Trav. et Doc. ORSTOM*, 147, 1982, p. 299-317.

ORSTOM, B.P. n° A 5, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.