

## 6

**APERÇU MORPHOLOGIQUE, STRUCTURAL  
ET SISMOLOGIQUE DE L'ARC INSULAIRE  
DES TONGA-KERMADEC**

*par* Jacques DUPONT, Rémy LOUAT, Bernard PONTOISE,

François MISSEGUE, Gary LATHAM et Alexander MALAHOFF

Le faisceau de données nouvelles recueillies sur les arcs insulaires Tonga-Kermadec en bathymétrie, sismique réflexion, réfraction et gravimétrie complété par une interprétation originale de la sismicité de cette vaste région nous conduit à émettre un certain nombre d'hypothèses sur l'évolution des arcs insulaires et des zones de subduction.

Si on fait abstraction des nombreux phénomènes volcaniques qui les caractérisent on peut dire que **l'évolution morphologique des arcs semble essentiellement liée à la topographie de la plaque subductée en particulier aux reliefs importants**. L'influence de ces reliefs dépendra de leur type (guyots ou chaînes), de leur orientation sur la plaque plongeante mais aussi de la direction du mouvement relatif de celle-ci vis-à-vis de l'autre supposée fixe. Les conséquences sur le relief de l'arc se situent

surtout au niveau de l'arc frontal dont le bombement se modifie dès l'approche d'un relief et garde son acquis après la subduction, ce qui a pour résultat, la diminution de la distance sommet de l'arc / fosse. Cette surélévation de l'arc frontal peut expliquer les mouvements verticaux (phénomènes d'émersion et d'immersion) des arcs insulaires sans avoir recours au volcanisme. **La conséquence de ces mouvements est d'amener en position sommitale les fortes épaisseurs de sédiment qui se sont accumulées en eaux profondes sur le flanc de l'arc entre le sommet et la rupture de pente.** Ainsi les 3000 m de sédiments caractéristiques des dépôts marins de moyenne à grande profondeur que l'on trouve par forage à Tongatapu ou sur les profils réflexion doivent avoir une origine similaire aux 3000 ou 4000 m de sédiments visibles sur nos enregistrements des Kermadec (voir H.V. V-4).

Si on garde les mêmes critères utilisés pour la figure V-16 et si on adopte une vitesse moyenne de subduction de 6 cm/ an, la ride de Louisville était en position de modifier la morphologie de l'arc au niveau de Tongatapu et d'Eua il y a 3 à 3.5 M.A. Ce résultat est très proche de l'indication fournie par le forage sur Tongatapu qui situe le passage de la sédimentation pélagique à la sédimentation récifale à la limite Pliocène inférieur / Pliocène supérieur (Fig. V- 39).

Si les reliefs de la plaque plongeante sont responsables de la surrection de l'arc frontal, on peut supposer qu'au moment de la subduction il y a accumulation sous l' arc d'une partie des constituants de la croûte de la plaque plongeante. Cette hypothèse semble en partie confirmée par la réfraction et la gravimétrie. En effet, ces deux techniques mettent en évidence un épaississement de la couche caractérisée soit par une densité de 2.55 ou une vitesse de 5.2 km/s. Cet épaississement s'amorce à 30 km à l'est de la fosse et devient important sous cette dernière : **l'accrétion ou du moins le début de l'accumulation pourrait commencer plus tôt qu'on ne le pensait.** Ces nouvelles données concordent bien avec les dragages de FISHER et ENGEL (1969) ; les ultramafites et les basaltes recueillis au fond de la fosse pourraient avoir pour origine les constituants de la croûte océanique plongeante.

La réfraction sur la zone arrière de l'arc ne montre un amincissement de la croûte qu'au niveau du bassin de Lau, ce qui conforte l'hypothèse d'ouverture de ce bassin. Par contre, au niveau de la dépression de Tofua, on ne note dans les couches profondes ni amincissement, ni épaississement notables qui pourraient servir d'arguments soit à une éventuelle zone d'ouverture sous cette dépression, soit à un effondrement de ce fossé. Cependant comme cela a déjà été remarqué en réfraction on note que les séries supérieures sédimentaires sont dissemblables à l'ouest et à l'est de Tofua, l'arc comprenant des couches sédimentaires plus compactées, ce qui tendrait à prouver l'existence d'une limite entre Tofua et l'arc. La figure V-40 donne une interprétation schématique des couches constituant la croûte suivant la réfraction et met ainsi en évidence les différences existant entre la croûte du bassin de Lau-Tofua plus récente et la croûte de l'arc insulaire des Tonga plus complexe. La limite à l'ouest de l'arc serait l'ancienne zone de rupture des rides de Lau et Tonga qui coïnciderait avec la zone de failles de KATZ (1974). Le processus de formation de la dépression de Tofua serait le suivant :

- création de l'escarpement occidental de l'arc des Tonga lors de la rupture de l'arc Lau-Tonga ;
- mise en place du volcanisme ;
- remplissage du fossé entre l'escarpement et la ligne volcanique par les sédiments volcanoclastiques.

Un fait important est à remarquer : **les volcans actuels tongiens se trouvent à l'aplomb de la bordure orientale de la croûte du bassin de Lau et non sur la structure de l'arc proprement dit (Fig. V-40) tandis qu'au nord de 19° S la ligne volcanique se confond avec la ligne de crête de l'arc frontal dans la zone considérée comme étant de formation récente.**

La gravimétrie met en évidence la **présence de matière dense ( $d = 3.33$ ) à 15 km environ de profondeur sous l'arc et le prisme d'accrétion au contact de la zone de Benioff.** La présence de ce matériau pourrait s'expliquer par un mouvement de la fosse vers l'avant, mouvement qui pourrait développer un clivage au contact des deux plaques facilitant la mise en place de matière dense et aussi provoquer l'aplatissement de la zone de Benioff. L'origine de cette matière dense restant à expliquer.

Ces deux dernières techniques associées donnent une épaisseur de 35 km de croûte sous l'arc des Tonga avec des vitesses ne dépassant pas 7.6 - 7.7 km/s, tandis que SHOR *et al.* (1971) trouvent une épaisseur de 18.4 km sous l'arc des Kermadec vers 32°30 S avec une vitesse dans le manteau supérieur égale à 8.1 km/s. Cette comparaison montre que les résultats passent du simple au double, ce qui pose le problème soit de l'évolution de l'épaisseur de la croûte sous les arcs entre Tonga et Kermadec, soit de la validité des interprétations.

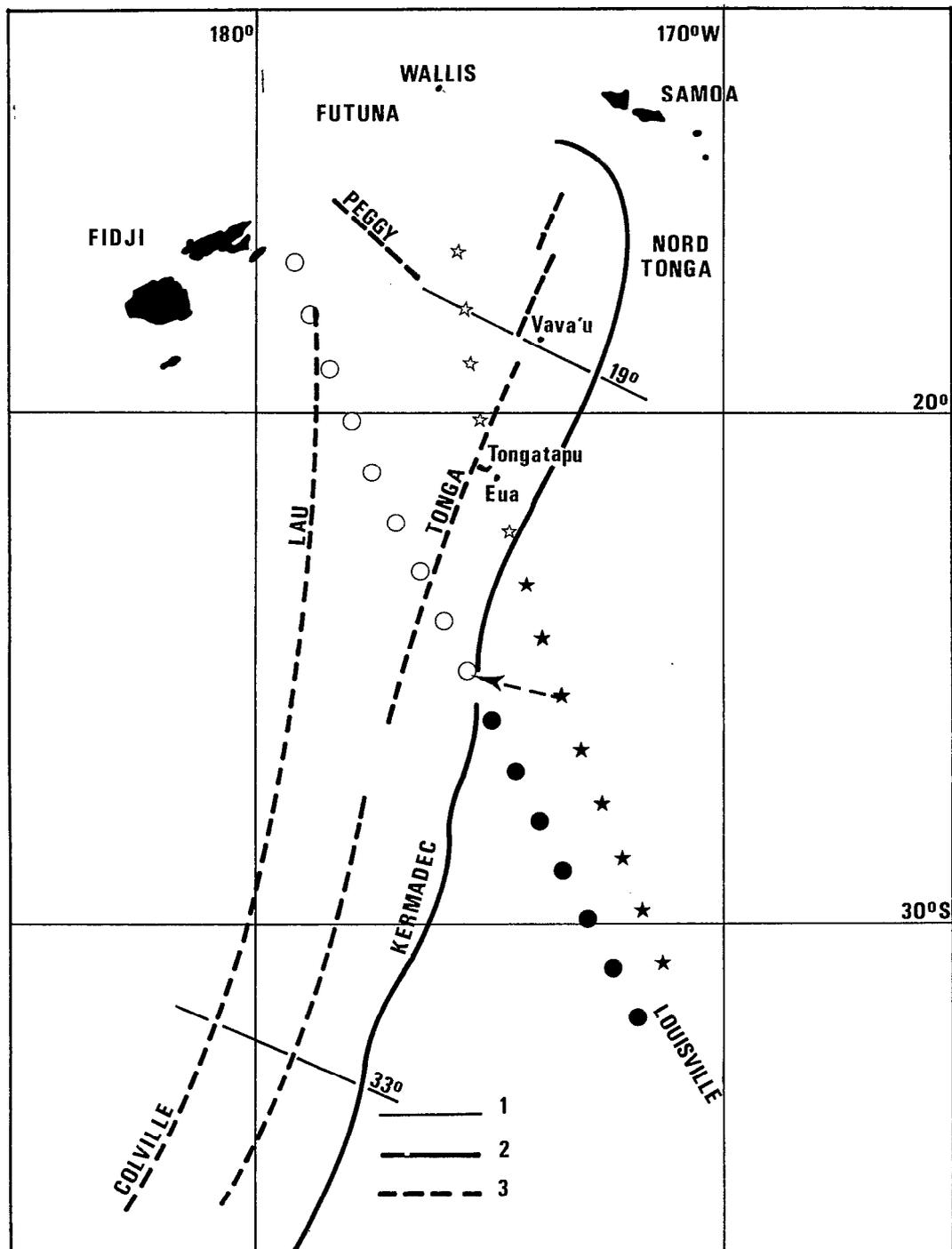


Fig. V-39 . Position de la ride de Louisville quand elle a influencé la morphologie de l'arc des Tonga près de Tongatapu. Les ronds noirs représentent la ride de Louisville actuelle, les ronds blancs la position supposée de sa partie subductée. Les étoiles noires représentent la ride de Louisville il y a environ 3 à 3.5 M.A., les étoiles blanches, la position supposée de sa partie subductée à cette époque. La flèche donne le sens du mouvement. 1 = limites à 19° et 33° entre le Nord-Tonga, Tonga et Sud-Kermadec suivant les données de sismicité. 2 = fosses des Tonga et Kermadec. 3 = axes des structures.

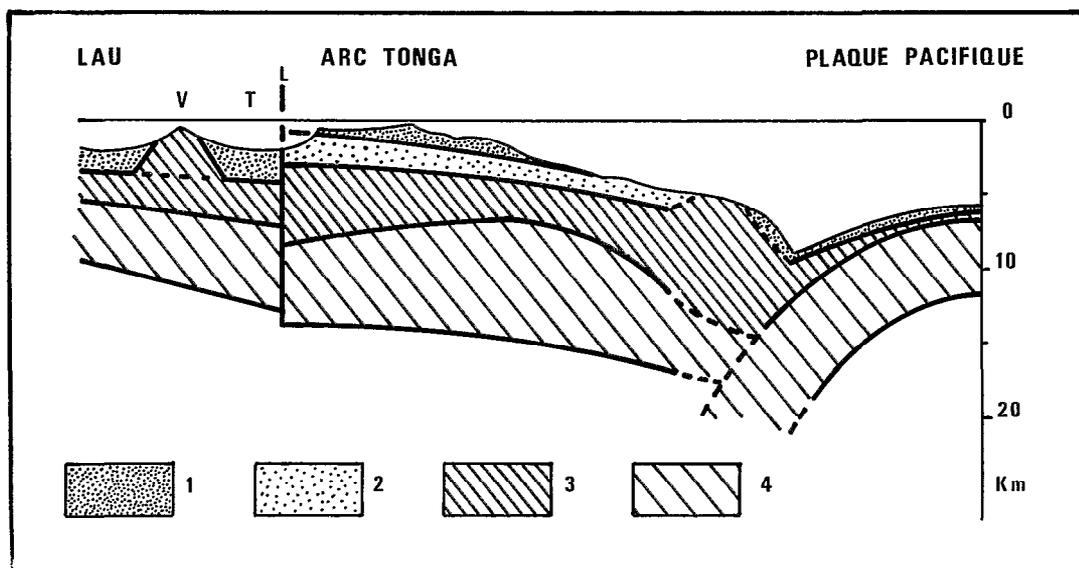


Fig. V-40 . Représentation schématique de la limite entre la croûte du bassin de Lau-Tofua et celle de l'arc des Tonga d'après les données de réfraction. L = limite des croûtes. T = Tofua. V = volcan. 1 = couche à vitesse 2.0 à 2.5 km/s. 2 = couche à vitesse 2.7 à 3.5 km/s. 3 = couche à vitesse 3.8 à 6.0 km/s. 4 = couche à vitesse 6.4 à 7.2 km/s. Sous la couche 4 on a des vitesses de 7.6 à 7.7 km/s sous Lau, Tofua et l'arc et de 8.1 à 8.2 km/s sous la plaque Pacifique.

L'existence de couches à vitesse 7.6 - 7.7 km/s sous l'arc des Tonga complique l'interprétation de cette structure si on utilise les termes classiques de croûte et de manteau. Si la couche à 7.6 - 7.7 km/s caractérise le manteau supérieur, on trouve aux Tonga une croûte plus mince (16 km) que celle des Nouvelles-Hébrides (26 km) alors qu'elle serait plus vieille (PONTOISE *et al.*, 1980). L'épaisseur serait assez proche de celle des Kermadec (16 km contre 18 km) mais les vitesses du manteau supérieur seraient très différentes : 7.7 km/s contre 8.1 km/s. L'hypothèse d'un amincissement de la croûte sous les arcs insulaires avec le temps pourrait être retenue dans le cas des Tonga et des Nouvelles-Hébrides (PONTOISE *et al.*, 1980).

L'étude de la sismologie de l'arc des Tonga-Kermadec a été repensée en utilisant uniquement les séismes du bulletin I.S.C. déterminés par 100 stations au moins. La distribution des différents séismes profonds, intermédiaires ou superficiels donne un nouvel aperçu de l'histoire de la subduction de cette région.

Les séismes profonds mettent en évidence un **phénomène d'ancrage de la zone de Benioff à 700 km, celle-ci ne semblant pas pouvoir dépasser cette profondeur**. Cet ancrage ne stoppe pas le déplacement de la plaque plongeante qui est donc animée d'un mouvement effectif propre, il peut aussi expliquer la migration de la fosse vers l'est dans la zone des Tonga. La distribution des séismes profonds montre **l'évolution géographique de la zone de subduction** en trois phases successives, la dernière correspondant à une subduction actuelle ou sub-actuelle contournant les Fidji (Fig. V-38). La ride de Louisville qui joue un rôle important dans l'évolution des caractères morphologiques de l'arc et aussi sur la répartition de la sismicité superficielle, a peu d'influence sur les séismes intermédiaires. Par contre, au delà de 400 km elle serait responsable de la déformation de la zone de Benioff en l'empêchant d'atteindre les 700 km pour des raisons de flottabilité du matériau subducté.

La distribution des séismes intermédiaires montre deux faits importants : l'un est la terminaison brutale de cette sismicité vers 32° - 33° S, ce fait pourrait être corrélé avec la direction de la zone de fracture de Cook et un changement de morphologie du bassin du Havre, l'autre est le trou de sismicité dans la région nord des Tonga. Cette absence de séismes intermédiaires coïnciderait avec un trou dans la lithosphère, celle-ci ne dépassant pas 350 km de profondeur serait plus récente (Fig. V-28).

Quant à la distribution des séismes superficiels, outre le trou de sismicité situé par 26° S, expliqué par une diminution des contraintes entre les plaques, due aux déformations créées par la ride de Louisville, on observe aussi que, dans le Nord-Tonga, cette sismicité est orientée NW-SE. C'est une orientation que nous retrouvons dans les structures morphologiques du bassin de Lau : ride de Peggy, alignement du Zephyr Shoal et du mont Donna et qui correspond aussi aux deux décalages de l'extrémité septentrionale de l'arc frontal des Tonga. L'arc insulaire du Nord-Tonga possède une morphologie proche de celle des Kermadec, l'une des hypothèses retenue comme explication était de faire appel à une formation récente de l'arc. Ce fait semble être confirmé par les études sismologiques. **Une zone de subduction sub-actuelle (4 à 5 M.A.) aurait eu comme limite un tracé proche de la ride de Peggy, rattrapant la zone de subduction actuelle vers Vava'u.** Cette limite serait encore active dans le bassin de Lau sans qu'on puisse voir sur l'arc frontal le tracé d'une frontière active. **Une subduction récente se serait mise en place avec formation d'un arc entre 18°30 et 15° S, prolongeant la subduction des Tonga déjà en place.** Ce phénomène aurait pu se faire en un temps géologiquement bref et en plusieurs fois comme le laissent supposer les différents alignements du bassin de Lau et les décalages de l'arc frontal.

La limite septentrionale de cette zone est cependant mal connue, la faille transformante qui devrait faire suite à la zone de subduction n'est pas clairement mise en évidence pas la sismologie ; de plus, la direction du mouvement de subduction n'est pas la même que celle de la faille transformante, il faut penser que des réajustements se produisent dans certaines zones. La région de formation récente de l'extrême nord tongien correspond à la zone complexe que les travaux antérieurs expliquent difficilement quand ils ne la laissent pas de côté. **Nos travaux apportent une idée nouvelle liant l'ouverture récente de cette partie du bassin de Lau à la formation d'une zone de subduction se mettant en place à la même période dans le prolongement de l'arc des Tonga : phénomène qui concrétise l'instabilité géographique des zones de subduction, mise en évidence par les séismes profonds.**

Il est intéressant de noter la similitude entre le Sud-Hébrides et le Nord-Tonga : limites très imprécises, existence douteuse d'une faille transformante, blocage contre les Loyauté d'un côté et contre la ride des Samoa de l'autre. Nous pensons qu'il s'agit d'un problème important à résoudre pour la compréhension des terminaisons des zones de subduction. Les îles Wallis et Futuna en position privilégiée pour l'installation d'une station sismique pourraient aussi servir de point de départ pour des missions en mer sur cette zone, une bathymétrie précise complèterait efficacement des données de réfraction et de gravimétrie. Quant à la pétrographie de ces deux îles, elle reste à faire. L'étude du rapport  $87\text{ Sr} / 86\text{ Sr}$  indiquerait l'appartenance de ces îles à un type de famille : Futuna étant sur la zone charnière pourrait appartenir à la famille Tonga - Lau - Fidji c'est à dire Arc insulaire - Zone de subduction tandis que Wallis sur la plaque Pacifique pourrait être du type Ride volcanique asismique - Guyot comme les îles Samoa.

*Manuscrit remis en novembre 1979*

*Manuscrit révisé en août 1980*