

**7****LA SUBDUCTION AUX NOUVELLES-HÉBRIDES**

*Par* Jacques DANIEL, Jean-Yves COLLOT, Abou-Bakr K. IBRAHIM,  
Bryan ISACKS, Gary V. LATHAM, Rémy LOUAT, Patrick MAILLET,  
Alexander MALAHOFF et Bernard PONTOISE

L'étude de la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides par les diverses techniques géophysiques permet de répondre, au moins partiellement, aux problèmes géodynamiques qui se posent dans cette région.

**MOUVEMENT DES PLAQUES**

Dans les modèles globaux (MORGAN, 1968 ; LE PICHON, 1968), on considère les mouvements relatifs d'un petit nombre de plaques sur l'ensemble du globe. On détermine pour chaque couple de plaques un pôle de rotation et une vitesse qui définissent le mouvement relatif des deux plaques. La vitesse de convergence des plaques Indo-australienne et Pacifique ainsi déterminée est, au niveau du

petit cercle coupant les Nouvelles-Hébrides à 20° S, de l'ordre de 10 cm/an (DUBOIS *et al.*, 1977b). Mais, compte tenu de l'existence de la zone de subduction des Tonga qui fait face à celle des Nouvelles-Hébrides, cette valeur ne doit être considérée que comme une résultante et ne définit pas le mouvement au niveau de la zone de subduction des Nouvelles-Hébrides. La seule estimation directe de la vitesse de subduction est la valeur de 12 cm/an indiquée par DUBOIS *et al.* (1977b) à partir des caractéristiques du bombement de la lithosphère.

De la même manière, la direction de la subduction pourrait être différente de la direction déduite du mouvement des deux grandes plaques Indo-australienne et Pacifique. Toutefois, la valeur moyenne de N 75°, généralement retenue, satisfait à la fois au mouvement des grandes plaques et aux mécanismes focaux des séismes (PASCAL *et al.*, 1978). On retient donc cette direction avec une valeur de vitesse élevée.

Toutefois, étant données les irrégularités observées dans le plan de Benioff, on peut s'interroger sur la stabilité de ces valeurs de vitesse et de direction de subduction à la fois dans l'espace et dans le temps.

La plaque Indo-australienne, au niveau des Nouvelles-Hébrides, ne présente pas de fractures actives, et, par conséquent, on peut admettre qu'elle est animée d'un mouvement uniforme ou ne présentant pas de variations brutales de vitesse le long de la zone de subduction. Des mouvements différentiels ont pu intervenir à partir de dorsales, telles que la dorsale du fossé Rennell (LARUE *et al.*, 1977) ou la dorsale qui a donné naissance au plateau Nord-Loyauté (voir Chap. IX). Mais on n'observe pas de corrélations entre la plaque plongeante et les irrégularités du plan de Benioff. Les variations du taux et de la direction de subduction ne pourraient, alors, provenir que de mouvements différentiels à l'intérieur du plateau Nord-Fidjien. Le mode de formation de ce plateau (voir Chap. VIII) bien qu'encore insuffisamment connu pour envisager des reconstructions acceptables, est effectivement complexe et certains éléments structuraux (dorsales, failles transformantes) sont obliques par rapport à la zone de subduction. Il semblerait donc logique de penser qu'il existe ou qu'il a existé des variations, en vitesse et direction, des mouvements relatifs des deux plaques le long de la zone de subduction. Ceci devrait se traduire par des irrégularités dans le tracé de la fosse.

En fait, les irrégularités observées sont bien moins importantes que les discontinuités du plan de Benioff. De plus, ces discontinuités ne rendent pas compte du mouvement supposé de la partie la plus ancienne des Nouvelles-Hébrides (Espiritu Santo, Mallicolo, Efaté) qui, selon les résultats du paléomagnétisme (FALVEY, 1978), aurait tourné de 30° environ depuis 6 M.A. lors de l'ouverture du plateau Nord-Fidjien. On devrait, en effet, observer selon le schéma de FALVEY une augmentation de la longueur de la lithosphère subductée depuis les îles Santa Cruz jusqu'à Efaté. Ce n'est pas le cas, et, de plus, les longueurs de lithosphère subductée, calculées en tenant compte des profondeurs des séismes intermédiaires et de la forme du plan de Benioff, schématisées sur la figure II-78 (on a rabattu la lithosphère sur un plan horizontal), ne sont pas suffisantes pour expliquer ce mouvement.

On est donc conduit à admettre :

- soit que le plan de Benioff observé n'est plus représentatif de la lithosphère à partir d'une certaine profondeur,
- soit que la lithosphère observée a été consommée récemment.

Si, contrairement aux hypothèses formulées dans l'étude sismologique (6 - Chap. II) on admet que la distribution des séismes, soit par manque de précision dans la localisation, soit en raison de l'insuffisance de la durée d'observation, ne permet pas de définir la forme de la lithosphère, on ne peut plus tirer de conclusion sur les mouvements. Dans le cas contraire, compte tenu des résultats obtenus par les méthodes paléomagnétiques, il faut admettre que la lithosphère "observée" est celle consommée dans la phase actuelle de subduction et depuis seulement 2 à 3 M.A..

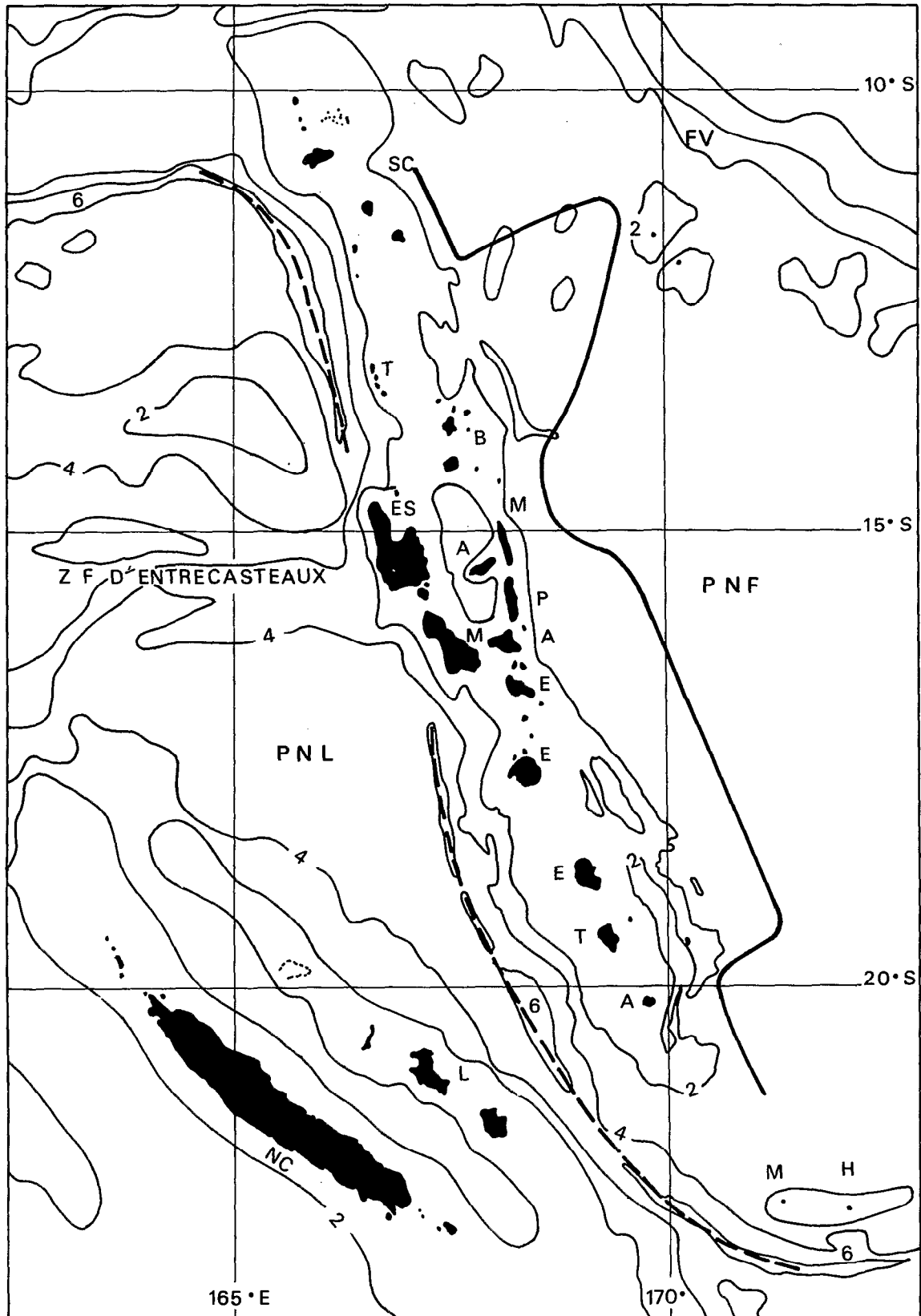


Fig. II-78 - Schéma montrant la longueur de la lithosphère subductée par rapport aux structures superficielles : on a rabattu le plan de Benioff (Fig. II-64) sur un plan horizontal. La trace de son extrémité est en trait plein, l'axe de la fosse en tiretés.

Ceci implique une vitesse de subduction élevée (12 cm/an environ pour 3 M.A. et 350 km de longueur) qui n'est pas incompatible avec l'estimation de DUBOIS *et al.* (1977b) et le contraste de densité relativement élevé (0,06) entre la lithosphère et l'asthénosphère du modèle gravimétrique (5 - Chap. II). La forme irrégulière de la lithosphère serait alors due, ainsi que l'indiquent LOUAT *et al.* (6 - Chap. II) au mode d'initiation de cette subduction, le processus étant en cours de régularisation comme en témoigne la forme de la fosse.

## STYLE DE LA SUBDUCTION

On a l'habitude de distinguer, dans les zones de subduction, les structures de type "arc insulaire" et les structures de type "cordillère". Plusieurs arguments ont été avancés pour expliquer l'existence de ces deux types de subduction. Pour MOLNAR et ATWATER (1978), cette opposition entre les deux styles tectoniques est essentiellement due à l'âge de la lithosphère subductée : en effet, la subduction de lithosphère ancienne, plus froide et plus dense, serait beaucoup plus aisée que la subduction de la lithosphère jeune qui conserverait une certaine flottabilité et plongerait moins facilement dans l'asthénosphère. La subduction de lithosphère ancienne serait alors associée à la formation de bassins inter-arcs et la subduction de lithosphère jeune à l'existence de cordillères et de zones de fortes déformations tectoniques.

UYEDA et KANAMORI (1979) distinguent, également, deux types de système fosse-arc dont les extrêmes sont caractérisés par le type "Chilien" et le type "Mariannes". Dans le premier cas, la zone arrière-arc est en compression et, dans le second cas, en tension comme l'indique l'existence d'un bassin arrière-arc. Les auteurs envisagent la possibilité du passage du modèle "Chili" au modèle "Mariannes" par suite du découplage des deux plaques dans l'évolution de l'arc, ou des variations dans les mouvements absolus des plaques (modèle "slab ancré") pour expliquer l'existence des deux types. Ainsi que le note DICKINSON (1978), les deux mécanismes ne sont nullement incompatibles, chacun d'entre eux pouvant renforcer ou atténuer l'effet de l'autre.

En-dehors du style tectonique de la région arrière-arc, UYEDA et KANAMORI (1979) considèrent d'autres caractères liés au mode de subduction, en particulier l'existence d'un bombement de la lithosphère en avant de la fosse, l'angle de plongement de la zone de Benioff, la nature du volcanisme et la structure du flanc interne de la fosse.

Dans le cas des Nouvelles-Hébrides, il faut, tout d'abord, noter la position un peu particulière de l'arc qui, bien que situé dans le Pacifique Ouest, fait face à l'ouest contrairement aux autres arcs (Tonga, Kermadec, Mariannes, Japon). La cause de cette anomalie est généralement attribuée à une inversion de polarité de l'arc due au blocage de la subduction par l'arrivée du plateau de Ontong Java au niveau de la zone de subduction qui, autrefois, joignait les Salomon aux Tonga. A cette époque, la limite qui allait par la suite devenir les Nouvelles-Hébrides, était constituée par un arc intra-océanique en arrière duquel on trouvait un bassin marginal témoignant du style tectonique de la région.

Dans l'arc actuel, on peut examiner les différents caractères liés au mode de subduction :

### *bombement de la lithosphère en avant de la fosse*

Ce bombement n'est jamais observé dans la topographie ou, tout au moins, pas de manière nette (quelques mesures de pendage dans le bassin des Loyauté ont été effectuées par DUBOIS *et al.*, 1973a). Cependant, les études de coraux soulevés de l'archipel des Loyauté, de l'île des Pins, et de la partie méridionale de la Nouvelle-Calédonie (DUBOIS *et al.*, 1973a, 1974a) montrent que ce bombement existe mais qu'il est masqué par la ride des Loyauté, étant de toutes façons d'une ampleur réduite (120 m d'amplitude environ) par rapport à ceux que l'on observe en avant d'autres fosses de subduction.

### *angle de plongement de la zone de Benioff*

Nous avons vu (6 - Chap. II) que, bien que variable, l'angle de plongement de la zone de Benioff sous l'arc des Nouvelles-Hébrides est toujours très élevé (Fig. II-63) et même l'un des plus élevés au monde.

### *nature du volcanisme*

Ainsi que nous l'avons vu, la nature du volcanisme est très variée mais, dans l'ensemble, il y a peu d'andésites ce qui, dans l'hypothèse de MIYASHIRO (1975) correspond aux arcs jeunes dépourvus de croûte épaisse.

### *structure du flanc interne de la fosse*

Ni la morphologie, ni la sismique réflexion ne permettent d'établir l'existence d'un "prisme d'accrétion" au sens d'une construction due à l'accumulation de matériaux de la plaque plongeante qui s'entasseraient au pied de la pente interne. Par contre, la réfraction montre l'existence d'une importante couche de vitesse 4,7 à 5,1 km/s sous la pente interne de l'arc. Au sommet de la pente, on observe un "fore horst" parfois bien développé correspondant à une remontée de matériau relativement dense.

### *existence de terrasses coralliennes soulevées*

Ces terrasses sont surtout développées au niveau de la zone d'Entrecasteaux sur les îles d'Espiritu Santo et Mallicolo (voir Chap. IV). On les observe, cependant, également sur Efaté, Erromango et Tanna.

### *existence des fossés arrière-arc*

Les fossés situés en arrière de l'arc sont interprétés comme des fossés d'effondrement témoignant du régime de contraintes en tension de l'arc.

L'ensemble des caractères décrits est donc en faveur d'une subduction de type "Mariannes" sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir des forces de compression. Cette observation est en accord avec le modèle de MOLNAR et ATWATER (1978). En effet, l'âge de la lithosphère subductée (50 M.A. environ) serait suffisamment élevé pour que celle-ci plonge facilement dans l'asthénosphère. Par contre, l'hypothèse du mouvement relatif vers l'est de l'asthénosphère par rapport à la lithosphère dans le cas du "slab ancré" (DICKINSON, 1978 ; UYEDA and KANAMORI, 1979) ne s'applique pas ici, compte tenu de l'inversion de polarité de l'arc des Nouvelles-Hébrides.

Enfin, il reste à expliquer l'existence des mouvements verticaux positifs déduits de la présence des terrasses coralliennes soulevées de l'archipel des Nouvelles-Hébrides. Ce caractère serait, en effet, selon les auteurs (UYEDA and KANAMORI, 1979) dû à l'existence de forces de compression qui, ici, ne sont pas compatibles avec les autres caractères décrits. L'origine de ces mouvements verticaux pourrait être recherchée dans des mécanismes de réajustement dus à l'enfoncement de la croûte océanique. En effet, nous admettons que l'ensemble de la lithosphère, croûte comprise, plonge sous l'arc. Suivant l'hypothèse du cisaillement visqueux (LOUAT *et al.*, 1979), on peut imaginer qu'à une certaine profondeur, il y a découplage de la partie supérieure de la lithosphère et donc accumulation de matériau relativement peu dense en profondeur. Cette accumulation serait instable et susceptible de réajustements pouvant provoquer des mouvements verticaux. Dans cette hypothèse, l'accrétion se ferait non pas horizontalement pour constituer l'empilement classique du prisme d'accrétion, mais verticalement à partir du bas. Un tel schéma est parfaitement compatible avec l'existence, à l'emplacement des flancs internes des anciennes fosses, de séries métamorphiques plus ou moins chaotiques et déformées.

## STRUCTURE PROFONDE DE L'ARC

Les travaux de sismique réfraction effectués sur les arcs insulaires ont montré que la structure de la croûte et du manteau supérieur était différente de celle observée sur les continents (croûte continentale) et dans les bassins océaniques (croûte océanique). La notion de croûte, elle-même, définie par l'existence d'une discontinuité de vitesse des ondes P au voisinage de 8 km/s (MOHO) n'est pas toujours adaptée à la description de la partie supérieure de la lithosphère ; c'est le cas, par exemple, au voisinage des dorsales actives. Cependant, par commodité, on conserve toujours le terme de croûte surmontant le manteau supérieur, même si l'accroissement de la vitesse est progressif et si, à proprement parler, il n'existe pas de Moho. Il est évident que, dans ce cas, il faut être prudent en étudiant la structure des arcs insulaires, dans les comparaisons que l'on peut effectuer avec des croûtes typiques océaniques ou continentales. Nous avons regroupé dans un tableau (Tabl. II-15) l'épaisseur maximale de la croûte, la vitesse des ondes P dans le manteau supérieur et une indication sur la position du maximum d'épaisseur (V = arc volcanique ; P = pente interne ; F = fosse) dans les différents arcs du Pacifique Nord et Ouest. La référence bibliographique est indiquée pour chaque groupe de valeurs.

On constate, dans ce tableau, que les valeurs d'épaisseurs maximales de la croûte sont très variables (de 16,5 à 40 km). La valeur de 26 km rencontrée aux Nouvelles-Hébrides, est une valeur moyenne. Si l'on reporte sur un graphique (Fig. II-79) l'épaisseur de la croûte en fonction de l'âge de la subduction, on remarque que l'on peut considérer deux populations d'arcs :

- d'une part, les arcs fonctionnant depuis plus de 75 M.A. qui ont une croûte d'épaisseur supérieure à 35 km,

- d'autre part, les arcs fonctionnant depuis moins de 50 M.A. dont la croûte a une épaisseur inférieure à 30 km.

A R C	Epaisseur (km)	Vitesse km/s	Position max. epais.	R E F E R E N C E S
ALEOUTIENNES	25	7,8	V	GROW (1973)
KAMTCHATKA	35	8,1	P	RODNIKOV (1973)
KURILES	37	7,8	P	KOMINSKAYA ZVEREV (1968) UYEDA (1974)
HONSHU	38	8,0	V	RESEARCH GROUP FOR EXPLO SEISMOLOGY (1973)
IZU BONIN	21	8,0	F	SEGAWA TOMODA (1976)
MARIANNES	16,5	8,0	V	MURAUCHI et al. (1968)
SUNDA	40		P	KIECKHEFER et al. (1980)
NOUVELLE-BRETAGNE	40	8,3	V	FURUMOTO et al. (1973)
SALOMON	≈ 15 ?	7,5 - 7,0 ?	V	FURUMOTO et al. (1973)
NOUVELLES-HEBRIDES	26	7,9	V	PONTOISE et al. (1980)
TONGA	36 ? 16 ?		V	PONTOISE et al. (1980)
KERMADEC	18	8,1	V	SHOR et al. (1971)

v = arc volcanique  
P = pente interne  
F = fosse

Tabl. II- 15 - Epaisseur de la croûte sous les arcs insulaires du Pacifique Nord et Ouest.

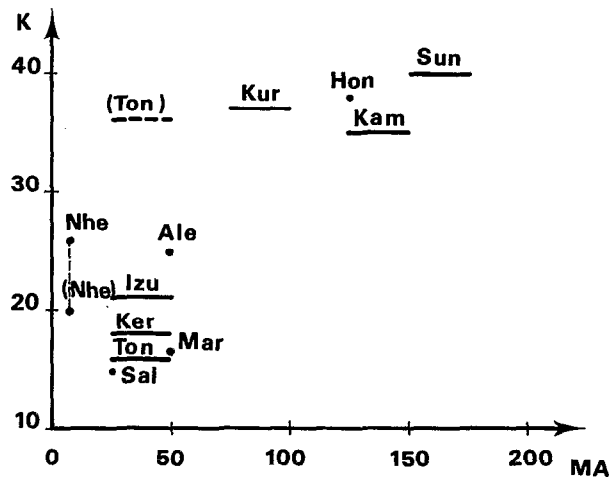


Fig. II-79 - Épaisseur de la croûte (en km) sous les arcs insulaires, en fonction de l'âge (en M.A.) de la subduction. Nhe = Nouvelles-Hébrides ; Sal = Salomon ; Ton = Tonga ; Ker = Kermadec ; Izu = Izu ; Mar = Mariannes ; Ale = Aléoutiennes ; Kur = Kouriles ; Hon = Honshu ; Kam = Kamtchatka ; Sun = Sunda. Les âges sont ceux indiqués par DICKINSON (1973). Les épaisseurs de croûte sont extraites de Nhe : PONTOISE *et al.*, 1980 ; Sal : FURUMOTO *et al.*, 1973 ; Ton : PONTOISE *et al.*, 1980 ; Ker : SHOR *et al.*, 1971 ; Izu : SEGAWA et TOMODA, 1976 ; Mar : MURAUCHI *et al.*, 1968 ; Ale : GROW, 1973 ; Kur : KOSMINSKAYA et ZVEREV, 1968 ; Hon : YASUI *et al.*, 1968 ; Kam : RODNIKOV, 1973 ; Sun : KIECKHEFER *et al.*, 1980.

Le cas particulier des Tonga est évoqué par PONTOISE *et al.* (1980) : au vu de ce diagramme, il semblerait que l'on doive préférer pour Tonga une croûte de 16 km d'épaisseur, même si la vitesse du manteau supérieur n'est que de 7,6 - 7,7 km/s, à l'épaisseur de 36 km indiquée dans le modèle de TALWANI *et al.* (1961). On peut, alors, admettre qu'il existe une tendance à l'épaississement de la croûte des arcs avec l'âge de la subduction.

Pour l'arc des Nouvelles-Hébrides, la valeur de 26 km est, toutefois, plutôt élevée, compte tenu de l'âge attribué à l'arc. On peut avancer plusieurs explications :

1 - La valeur de 26 km n'est pas correcte et le modèle se rapproche du modèle B de COLLOT et MALAHOFF (5 - Chap. II). L'épaisseur de la croûte est plutôt de l'ordre de 20 km.

2 - La forte épaisseur de la croûte sous l'arc est à rapprocher de l'épaisseur anormalement élevée de la croûte océanique de la plaque plongeante (4 - Chap. II).

3 - L'âge attribué à la zone de subduction actuelle n'est pas forcément celui de l'ensemble de l'arc qui pourrait être plus ancien et lié à une subduction antérieure.

## CONCLUSION

La zone de subduction des Nouvelles-Hébrides a été choisie, en raison de son extrême jeunesse, comme le témoin du stade juvénile du phénomène de subduction. L'étude de cette zone de subduction par les diverses méthodes géophysiques montre que si l'arc présente des caractères indiscutablement liés à sa jeunesse, il n'en possède pas moins des caractères propres qui rendent difficile la comparaison avec d'autres arcs pris comme stades plus évolués du phénomène. Les variations observées le long de la zone de subduction elle-même sont suffisamment importantes pour rendre illusoire toute tentative de généralisation.

L'étude de l'exemple des Nouvelles-Hébrides n'en est pas moins intéressante en raison des nombreux problèmes particuliers qu'il pose, tels que ceux des Hébrides Centrales : disposition de la fosse, soulèvement des terrasses, existence de plusieurs bassins sédimentaires. Pour l'étude directe de la subduction, un programme de mesure en continu des déformations est déjà en cours, et un programme de mesure de la vitesse de subduction pourrait être envisagé soit entre les îles de l'archipel des Loyauté et les Hébrides du Sud (Fig. II-1) ou entre les hauts-fonds de la zone d'Entrecasteaux et les Hébrides Centrales.

*Manuscrit remis en janvier 1981*