

SUR LA SURRECTION ET LA DÉFORMATION D'UN ARC JEUNE : L'ARC DES NOUVELLES-HÉBRIDES

par Christian JOUANNIC, Frederick W. TAYLOR et Arthur L. BLOOM

INTRODUCTION

L'arc insulaire des Nouvelles-Hébrides (Fig. IV-1) est lié à la convergence des plaques Indo-australienne et Pacifique. La plaque Indo-australienne s'enfonce aujourd'hui à la vitesse de 10 (ROCA, 1978) à 12 cm/an (DUBOIS *et al.*, 1977 b) suivant une direction $N 75^{\circ} E \pm 11^{\circ}$ (PASCAL *et al.*, 1978). La subduction sous sa forme actuelle est estimée avoir débuté au Miocène moyen à supérieur (MITCHELL and WARDEN, 1971 ; KARIG and MAMMERICKX, 1972) ou au Miocène franchement supérieur (DUGAS *et al.*, 1977 a ; FALVEY, 1978 ; CARNEY and MACFARLANE, sous presse).

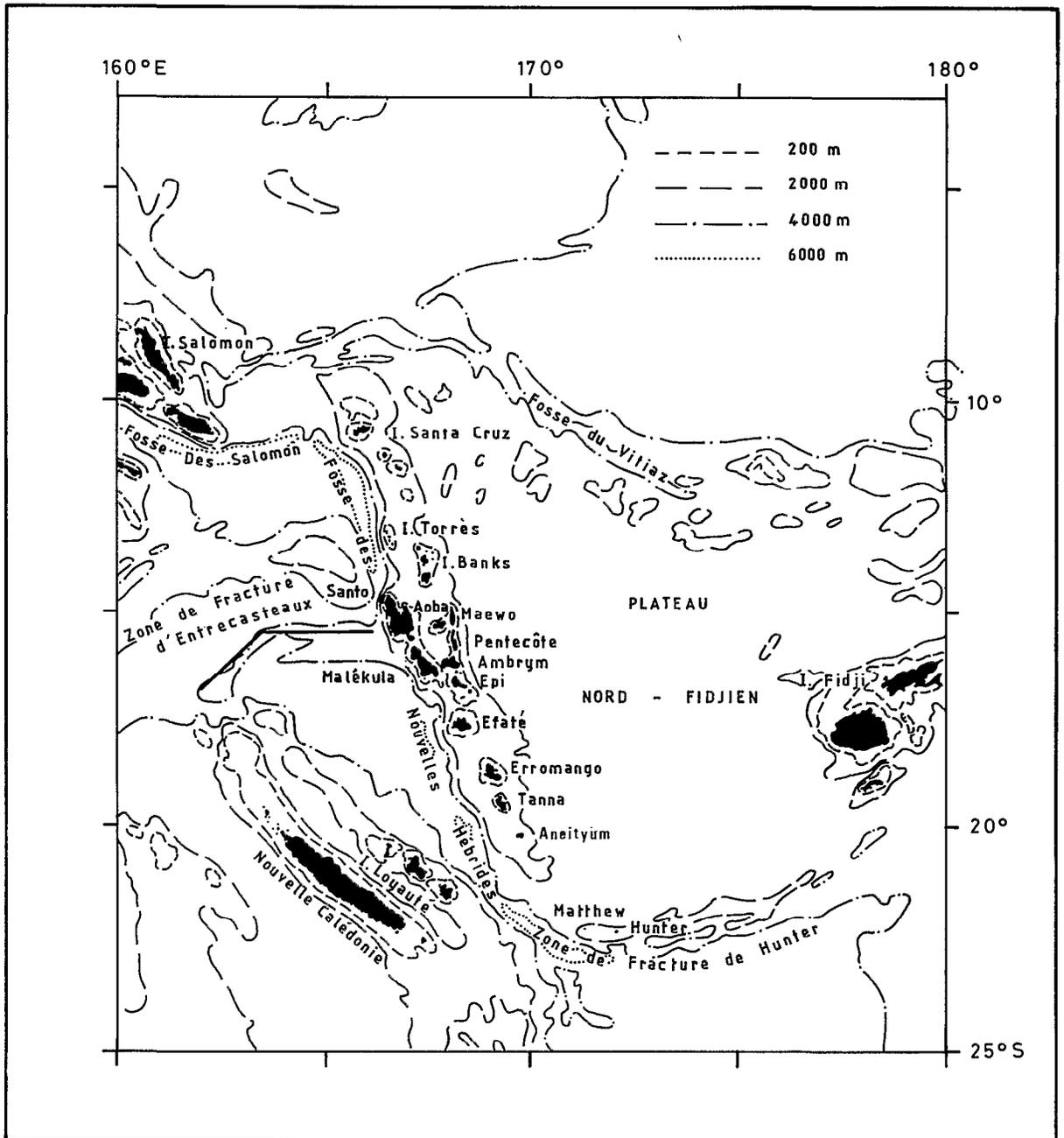


Fig. IV-1 - L'arc insulaire des Nouvelles-Hébrides et son contexte bathymétrique.

La structure de l'arc insulaire des Nouvelles-Hébrides n'est toutefois pas simple. Pour de nombreux auteurs en effet (MITCHELL and WARDEN, 1971 ; KARIG and MAMMERICKX, 1972 ; GILL and GORTON, 1973 ; FALVEY, 1978 ; CARNEY and MACFARLANE, sous presse), elle résulterait d'une inversion de polarité qui aurait affecté l'arc au Miocène moyen ou supérieur, accompagnée d'une rotation de celui-ci de l'ordre de 30° à la suite de l'ouverture et de l'expansion du bassin Nord-Fidjien. Ce schéma est rendu plus compliqué par certains auteurs (HUGHES, 1978 ; PARROT and DUGAS, 1980) qui font intervenir plusieurs inversions ; il est toutefois contesté par d'autres (LUYENDYK *et al.*, 1974 ; MALLICK, 1975 ; ROCA, 1978).

Dans la partie centrale de l'archipel, on observe trois chaînes émergées (Fig. IV-2) qui correspondent à trois phases volcaniques majeures (MITCHELL and WARDEN, 1971 ; MALLICK, 1975 ; CARNEY and MACFARLANE, sous presse) :

- une chaîne occidentale, d'âge Oligocène supérieur à Miocène moyen, comprenant les îles de Malekula, Santo et des Torrès : cette chaîne aurait fonctionné en tant qu'arc volcanique lié à la subduction, à cette époque, de la plaque Pacifique sous la plaque Indo-australienne ; elle se trouverait placée aujourd'hui en position d'arc frontal à la suite de l'inversion de polarité ;

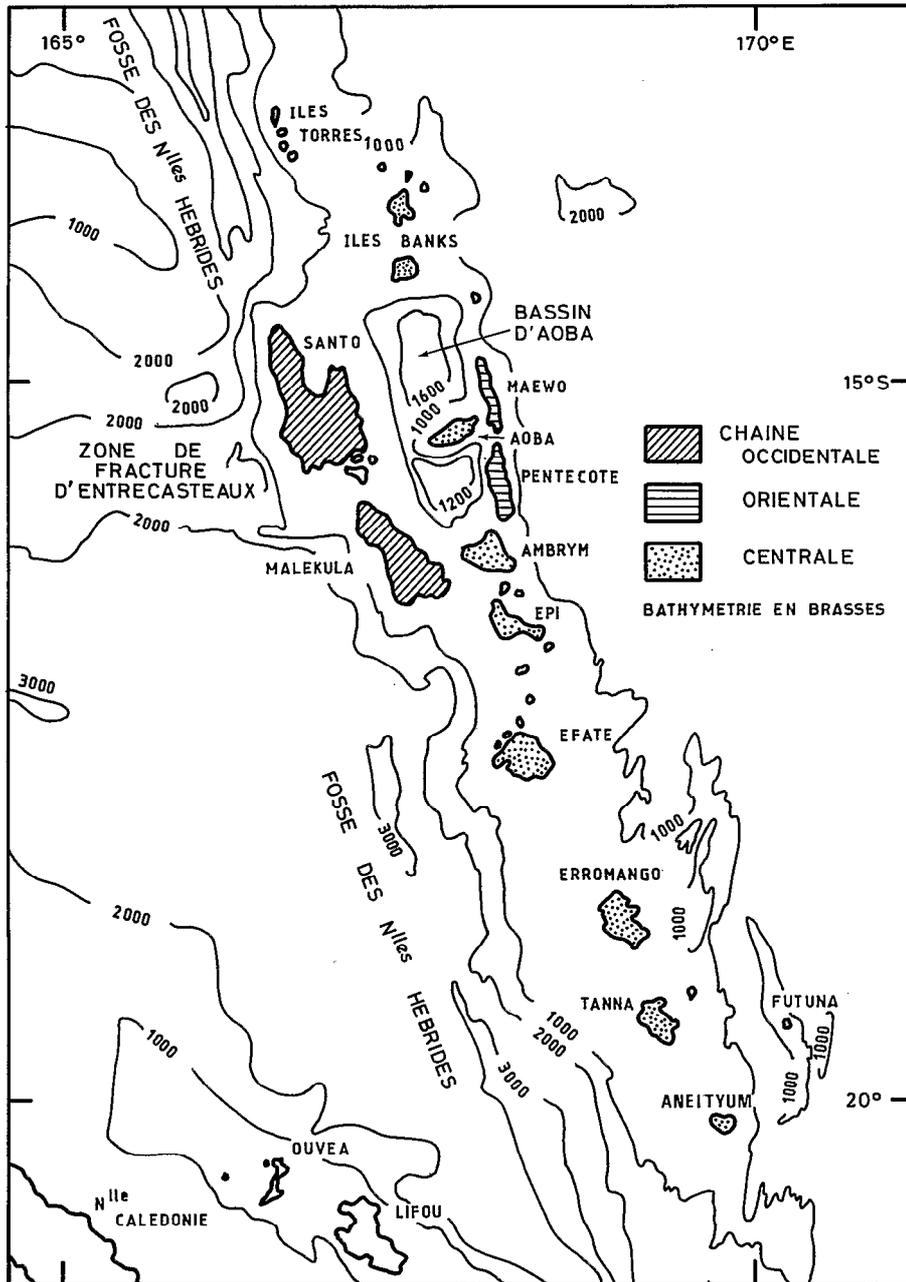


Fig. IV-2 - L'archipel des Nouvelles-Hébrides.

- une chaîne orientale, d'âge Miocène supérieur à Pliocène inférieur, constituée essentiellement par les îles de Pentecôte et Maewo : cette chaîne se serait trouvée liée entre 7 et 4 millions d'années à la subduction sous sa forme actuelle (plongement de la plaque Indo-australienne sous la plaque Pacifique) ;

- une chaîne centrale, d'âge Pliocène supérieur à actuel, comprenant plusieurs volcans actifs, et qui constitue la ligne volcanique aujourd'hui associée à la subduction actuelle.

Par ailleurs, la fosse des Nouvelles-Hébrides est interrompue dans sa partie centrale, au niveau des îles de Santo et de Malekula. La partie occidentale de l'île de Santo, en particulier, se trouve presque dans l'axe général de la fosse. KARIG et MAMMERICKX (1972) interprètent la position anormale de Santo et Malekula par la dérive vers l'ouest des deux îles par suite de l'ouverture et de l'expansion d'un bassin inter-arc, correspondant à l'actuel bassin Central (ou bassin d'Aoba). RAVENNE *et al.* (1977 b) estiment qu'une telle expansion est incompatible avec les données de sismique réflexion et suggèrent, à la suite de PASCAL (1974), que l'interruption de la fosse et la position anormale de Santo et Malekula sont dues à la subduction de la ride d'Entrecasteaux, un accident majeur de la plaque plongeante (DANIEL *et al.*, 1977), sismiquement inactif, et qui s'enfonce sous l'arc des Nouvelles-Hébrides à la hauteur des deux îles (Fig. IV-1 et 2). Cette seconde interprétation est reprise par CHUNG et KANAMORI (1978 b), qui attribuent à la partie déjà consommée de la ride d'Entrecasteaux un effet de remontée, venant perturber ainsi la lithosphère supérieure. De même, ROCA (1978) montre que le passage de la ride d'Entrecasteaux provoque un changement d'orientation de la contrainte compressive, qui devient rayonnante autour de la ride, du moins dans sa zone d'influence (entre 13°30' et 18° S). Toutefois, la géométrie du plan de Benioff ne semble pas être affectée au niveau du plongement de la ride d'Entrecasteaux et reste relativement uniforme le long de l'ensemble de l'arc des Nouvelles-Hébrides (PASCAL *et al.*, 1978).

Des complexes récifaux se sont largement développés durant le Quaternaire au-dessus du substrat volcanique des Nouvelles-Hébrides. Soulevés - parfois considérablement - dans la plus grande partie des îles de l'archipel, ils témoignent de mouvements verticaux importants ayant affecté l'arc durant cette période. C'est le cas notamment de la chaîne occidentale (Torrès, Santo, Malekula) : il y a là, en raison de la position anormalement proche de cette chaîne occidentale par rapport à l'axe de la fosse, et aussi de son éloignement par rapport à la ligne volcanique actuelle, qui exclut par conséquent toute interférence des phénomènes volcaniques, une occasion particulièrement intéressante de mesurer les déformations verticales entraînées sur la lithosphère supérieure par la subduction d'une ride asismique.

Les terrasses récifales que l'on observe aux Nouvelles-Hébrides ont été depuis longtemps décrites. Il y a lieu de citer notamment les travaux du Geological Survey des Nouvelles-Hébrides (aujourd'hui Vanuatu), en particulier les études régionales publiées par GREENBAUM *et al.* (1975) sur les Torrès, par ROBINSON (1969) et MALLICK et GREENBAUM (1977) sur Santo, par MITCHELL (1966, 1971) sur Malekula, par ASH *et al.* (1978) sur Efaté. Néanmoins, ces terrasses n'avaient été jusqu'ici l'objet que de datations rares et dispersées (LAUNAY et RECY, 1972 ; KAPLIN *et al.*, 1975 ; LADD, 1976 ; NEEF and VEEH, 1977), et les auteurs en étaient le plus souvent réduits à spéculer sur leur âge.

Trois études de terrain ont été effectuées conjointement par l'Université de Cornell et l'ORSTOM avec l'aide très efficace du Service des Mines de Port-Vila en 1976, 1977 et 1979. Elles ont porté essentiellement sur les Torrès, Santo et Malekula, ainsi que sur Efaté : cette dernière, bien qu'elle appartienne à la chaîne centrale, présente l'avantage, outre sa grande facilité d'accès, d'être relativement plus proche de l'axe de la fosse - 80 à 110 km - que le reste de cette chaîne centrale - 130 à 160 km - dans son ensemble (ASH *et al.*, 1978). Les échantillons ont été datés soit par la méthode du C¹⁴, soit par celle du Th/U aux laboratoires de W.S. BROECKER et J.G. GODDARD (1), de J.-Ch. FONTES (2) et de M. BERNAT et C. GAVEN (3).

(1) - Lamont-Doherty Geological Observatory, Palisades, NY, USA.

(2) - Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie isotopique, Université de Paris-Sud, Orsay, France.

(3) - Laboratoire de Géologie structurale, Université de Nice, France.

Cet article fait le point des premiers résultats, dont le détail a déjà fait l'objet de publications dans le cas d'Efaté (BLOOM *et al.*, 1978) et de Santo et Malekula (GAVEN *et al.*, 1980 ; TAYLOR *et al.*, 1980 ; JOUANNIC *et al.*, 1980). Toutefois, l'étude des Torrès est encore en cours : il ne sera donc question ici que des trois premières îles.

LES TERRASSES PLÉISTOCÈNES

Des formations calcaires récifales soulevées, relativement peu disséquées par l'érosion, d'âge essentiellement Pléistocène, s'étendent sur de grandes surfaces dans les îles de Santo, Malekula et Efaté (ROBINSON, 1969 ; MITCHELL, 1966, 1969, 1971 ; MALLICK and GREENBAUM, 1977 ; ASH *et al.*, 1978). Elles s'élèvent jusqu'à des altitudes atteignant 600 m sur Efaté et le Nord-Malekula, 860 m dans le Sud-Malekula et plus de 1000 m dans l'Ouest-Santo (MALLICK, 1970 b). Ces formations calcaires récifales constituent sur leur bordure externe des séries de terrasses surplombant une plate-forme littorale elle-même d'origine récifale et d'âge Holocène (cf. *infra*).

Santo

L'île de Santo (Fig. IV-3) se compose de deux unités géomorphologiques fondamentales, d'importance à peu près égale (ROBINSON, 1969 ; MALLICK and GREENBAUM, 1977). A l'ouest, une chaîne montagneuse, volcanique, parallèle dans son ensemble à l'axe général de la fosse des Nouvelles-Hébrides, est constituée de blocs semi-indépendants surélevés ou affaissés, où les roches sont fortement inclinées ou intensément faillées : les failles majeures sont pour la plupart parallèles à l'axe de la fosse ou suivent une direction NE-SW. A l'est, un plateau formé de terrasses calcaires récifales repose sur des sédiments pliocènes et un substrat volcanique oligo-miocène. La carte géologique de Santo au 1/100.000e publiée par le Geological Survey des Nouvelles-Hébrides montre que ces terrasses sont légèrement inclinées vers l'est ou l'ENE au nord d'une ligne passant par Wusi (sur la côte ouest), le mont Tabwemasana (1879 m) et le mont Tankara, 784 m (plateau de Boutmas), et vers l'ESE au sud de cette ligne ainsi que dans les îles de Malo et de Toutouba.

Des mesures d'altitude ont été faites sur la crête externe de ces terrasses à l'aide de deux altimètres Wallace et Tiernan (l'un, fixe, enregistrant les variations de la pression barométrique). La précision de ces mesures est estimée à ± 3 m, compte tenu de la dérive instrumentale et surtout de l'imprécision quant à l'estimation du point à mesurer sur une terrasse donnée, les crêtes externes des terrasses n'étant pas toujours bien définies sur le terrain.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau IV-1. Huit coupes ont été effectuées dans la presqu'île de Queiros, qui forme le NE de Santo (Fig. IV-3), et deux dans le sud de l'île : ces dix coupes viennent s'ajouter à deux coupes préalablement publiées par MALLICK (1970 a) sur le plateau de Walraoul (Queiros) et sur le Tomébou (un paléo-îlot soulevé du sud de Santo, aujourd'hui situé à l'intérieur des terres).

Jusqu'à huit terrasses ont été observées dans la presqu'île de Queiros au-dessus de la plate-forme littorale. Parmi elles, la seconde à partir du bas (39-46 m), la septième (182-190m) et la huitième (218-253 m) sont morphologiquement les terrasses les plus distinctes. En particulier la dernière forme l'essentiel de la surface des plateaux du Queiros. Dans le sud de Santo, il n'est pas possible de corréler les terrasses entre elles. Il est à remarquer toutefois que les terrasses du Tomébou présentent des altitudes comparables à celles de la presqu'île de Queiros, notamment à celles de la localité d'Avatao (qui constitue la coupe la plus complète et la plus représentative de la péninsule).

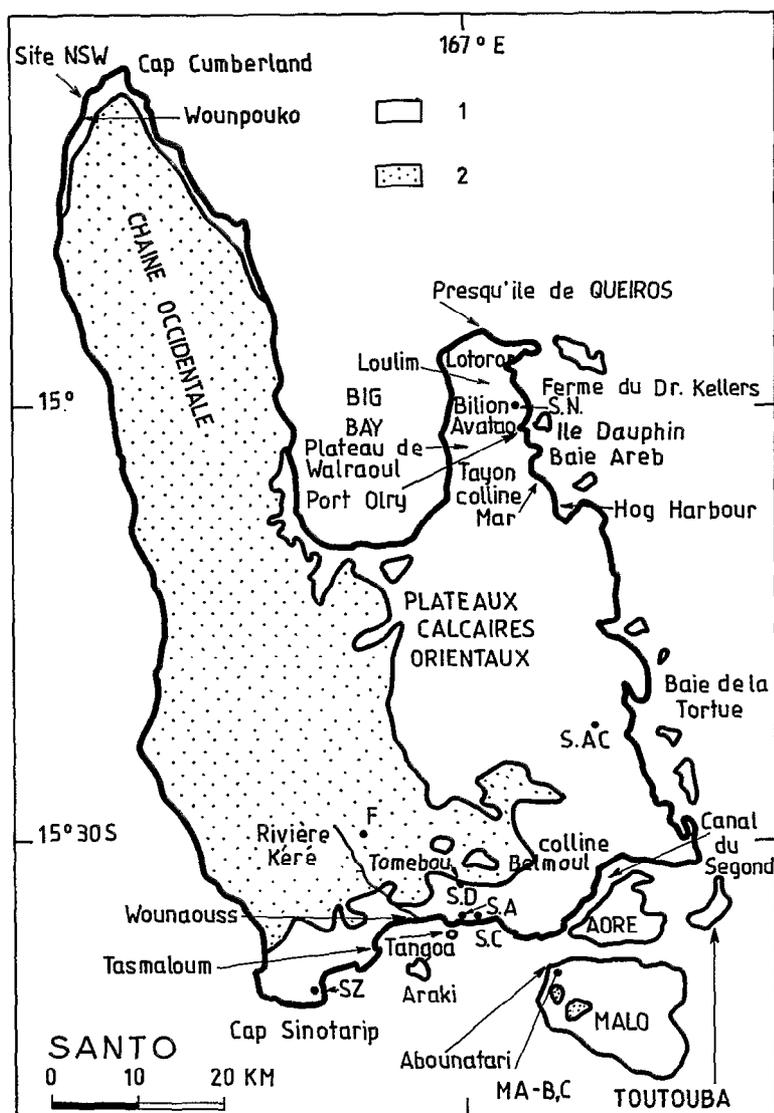


Fig. IV-3 - L'île de Santo : toponymie et localisation des échantillons datés. 1 : récifs calcaires soulevés et dépôts associés Quaternaires et Plio-Pléistocènes. 2 : autres roches sédimentaires anté-Quaternaires et roches ignées (d'après la carte géologique des Nouvelles-Hébrides au 1/1.000.000 ème).

Quatre datations (Tabl. IV-2) ont été effectuées sur les hautes terrasses de Santo et de Malo (JOUANNIC *et al.*, 1980). Deux d'entre elles, parfaitement concordantes, datent à 37 et 38.000 ± 200 ans la terrasse de 41 m du Tomébou (Fig. IV-3). Deux autres mesures donnent des âges de 55.000 ± 400 et 223.000 ± 4.400 ans pour deux terrasses de Malo, respectivement situées à 43 m et 53 m d'altitude, au-dessus d'Abounatari. La première s'accorde relativement bien à un âge de 60.000 ans publié par NEEF et VEEH (1977) pour une terrasse de Malo de 49 à 55 m. Ces mêmes auteurs publient par ailleurs un âge de 130.000 ans pour une terrasse supérieure ($94-98$ m).

Les terrasses récifales que l'on observe aujourd'hui émergées se sont développées essentiellement lors des hauts stationnements du niveau marin résultant des oscillations glacio-eustatiques de la mer, à un moment où le taux de remontée de la mer devenait comparable au taux de surrection tectonique régionale, entraînant une approximative stabilité du niveau relatif marin. On connaît aujourd'hui

Localisation des coupes (fig. 3)	Altitude x 10 m (au-dessus du niveau moyen des basses mers)																																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
NE SANTO																																				
Lotoror	11 m												127	133		161																				232
Bilion	9	18	32	40																																
Dr. Keller's farm	14	24	39	(53)																																
Avatao	13		42	(60)	(92)					121		145				185				218			240	260												
Walraoul plateau (Mallick, 1970)	7		30				70									160		190						253											317	
W. Queiros (Loulim)		19		46		63									154			189																		
W. Queiros (Tayon)	15										136							182																		
Dolphin island	10	(21)																173																		
Mar hill	13		42								128																									
SUD SANTO																																				
Belmoul hill		(29)								106		136				164																				
Tombou	14		41	(64)	90									154	170										240											
Tombou (Mallick, 1970)		27	35				85							153											240 m											

Note : les altitudes entre parenthèses indiquent des terrasses peu distinctes correspondant plutôt à des simples ruptures de pente.

Tabl. IV-1 - Mesures d'altitude effectuées sur les hautes terrasses de Santo (en mètres).

N° échantillons et localités (fig. 3)	% aragonite	U ppm	U^{234}/U^{238}	Th^{230}/U^{234}	Age ($\times 10^3$ ans)	Altitude de la terrasse correspondante	Correction de l'altitude en fonction du niveau marin de l'époque (BLOOM et al., 1974)	Taux moyen de soulèvement (en mm/an)
S-D-1 *	100 %	$3,44 \pm 0,07$	$1,13 \pm 0,02$	$0,30 \pm 0,01$	38 ± 2	41 m	+ 38 m	2
S-D-2 *	100 %	$3,58 \pm 0,09$	$1,13 \pm 0,02$	$0,29 \pm 0,01$	37 ± 2	41 m	+ 38 m	2
MA-B-2 **	100 %	$2,72 \pm 0,05$	$1,07 \pm 0,02$	0,89	$223 + 44 - 33$	53 m	?	?
MA-C-3 **	100 %	$2,85 \pm 0,05$	$1,15 \pm 0,02$	0,40	55 ± 4	43 m	+ 28 m	1,2

* Datations effectuées par BROECKER W.S. et GODDARD J.G., Lamont-Doherty Geol. Obs., N.Y., U.S.A.

** Datations effectuées par BERNAT M. et GAVEN C., Geol. Structurale, Univ. de Nice, France

Tabl. IV-2 - Ages obtenus sur les hautes terrasses de Santo et de Malo par la méthode du Th/U.

relativement bien les fluctuations du niveau marin, au moins pour ce qui est des dernières 140.000 années, à la suite notamment des travaux de MESOLELLA *et al.* (1969) et de BENDER *et al.* (1979) dans les Caraïbes et de BLOOM *et al.* (1974) en Nouvelle-Guinée (presqu'île de Huon). Ces auteurs ont mis en évidence les principaux hauts stationnements de la mer au cours de cette période : 28, 40, 60, 82, 103 et 125.000 ans, ainsi que la différence de niveau qui caractérise ces hauts stationnements marins par rapport au niveau actuel de la mer (—41, —38, —28, —13, —15 et + 6 m respectivement, BLOOM *et al.*, 1974).

Si l'on applique ce principe du développement des terrasses récifales lors des hauts stationnements marins au cas des terrasses de Santo, il devient possible de voir dans la terrasse de 41 m d'altitude du Tomébou, datée à 37 et 38.000 ans, l'équivalent du paléoniveau marin d'il y a 40.000 ans. Compte tenu du niveau relatif de la mer à cette époque (—38 m, cf. ci-dessus), c'est à environ 79 m que l'on peut estimer le soulèvement de cette terrasse, à raison par conséquent d'un taux moyen de surrection de 2 mm/an.

De même, sur Malo, la terrasse située à 43 m d'altitude au-dessus d'Abounatari et datée à 55 et 60.000 ans correspond très vraisemblablement au haut stationnement marin d'il y a 60.000 ans, estimé avoir été de 28 m plus bas que le niveau actuel de la mer (cf. ci-dessus). Cette terrasse se serait donc élevée de 71 m au total, à raison d'un taux moyen de surrection de 1,2 mm/an. L'âge de 134.000 ans publié par NEEF et VEEH peut correspondre au paléoniveau marin d'il y a 125.000 ans, estimé s'être trouvé 6 m au-dessus du niveau actuel de la mer. La terrasse correspondante, haute aujourd'hui de 94 à 98 m, se serait donc élevée de 90 m environ, à raison d'un taux moyen de surrection de 0,7 mm/an. L'âge de 223.000 ans obtenu sur la terrasse haute de 53 m est plus problématique, d'autant qu'en fait cette terrasse de 53 m apparaît sur le terrain nettement plus fraîche que celle de 43 m datée de 55.000 ans. Une inversion d'échantillons n'est pas à exclure : un âge de 55.000 ans pour la terrasse de 53 m serait même plus en accord avec les observations de NEEF et VEEH. Quoi qu'il en soit, cette terrasse de 223.000 ans, si du moins l'âge en est confirmé, peut s'être développée au moment d'un bas stationnement relatif du niveau marin, ce qui expliquerait son altitude relativement faible malgré son ancienneté.

Il doit d'autre part être rappelé ici un âge de 25.280 ± 460 ans (LADD, 1976) obtenu par la méthode du C^{14} sur un corail trouvé dans un lit fossilifère situé aujourd'hui à environ 70 m d'altitude, le long de la rivière Kéré dans le sud de Santo (Fig. IV-3). L'analyse de la faune associée (en particulier d'une abondante faune de mollusques) montre que le dépôt a dû se former par une profondeur d'au moins 50 m. A cette époque, la mer est estimée s'être trouvée quelques 50 m au-dessous de son niveau actuel (BLOOM *et al.*, 1974). Il apparaît donc y avoir eu un soulèvement d'au moins 170 m, ce qui requiert un taux de surrection élevé de 7 mm/an.

Puisque les terrasses récifales soulevées se sont, en principe, essentiellement développées au moment des hauts stationnements du niveau marin au cours du temps, il est logique de s'attendre à retrouver dans la morphologie, des séries de terrasses correspondant aux paléoniveaux de 28, 40, 60, 82, 103 et 125.000 ans. Dans le cas du Tomébou, où le niveau 40.000 ans a été repéré, il devient alors possible d'identifier les autres terrasses. Reprenant une méthode déjà utilisée dans les Ryu Kyu par KONISHI *et al.* (1970), on peut tenter de définir par le calcul l'altitude où l'on devrait théoriquement observer les différentes terrasses : cela suppose toutefois que l'on admette que le taux de surrection n'ait pas varié au cours de l'intervalle de temps considéré (125.000 ans). Le détail du calcul est donné dans le tableau IV-3.

Le tableau IV-3 montre qu'il existe effectivement une nette concordance entre les altitudes théoriques des terrasses du Tomébou et les altitudes réellement mesurées sur le terrain. Il semble par conséquent possible de conclure que le sommet du Tomébou correspond au paléoniveau marin d'il y a 125.000 ans, et que les terrasses intermédiaires de 90, 154 et 170 m sont respectivement vieilles de 60, 82 et 103.000 ans. Les altitudes mesurées des deux terrasses supérieures apparaissent être un peu faibles cependant par rapport aux altitudes théoriques. Dans le cas de l'avant dernière, haute de 170 m à

l'endroit de notre coupe, il y a lieu de remarquer que cette terrasse est réellement haute de 190 m sur le flanc nord du Tomébou. Néanmoins, les altitudes plus faibles que prévu des deux terrasses supérieures du Tomébou peuvent traduire un taux de surrection moins élevé à cette époque (103-125.000 ans) dans cette localité. Quant à la terrasse de 28.000 ans, que l'on devrait observer vers + 15 m, elle se trouve en fait masquée par la plate-forme littorale holocène dont l'altitude est équivalente (+ 14 m) au pied du Tomébou (cf. *infra*).

Il a été dit plus haut que les terrasses du Tomébou et celles de la localité d'Avatao, dans la presqu'île de Queiros, présentaient des altitudes comparables. On peut donc penser que le taux moyen de surrection a été semblable dans les deux localités. On peut alors à nouveau comparer les altitudes mesurées à Avatao à celles théoriques, calculées à un taux de surrection de 2 mm/an (cf. Tabl. IV-4).

Hauts stationnements du niveau marin (BLOOM et al., 1974)	Soulèvement théorique calculé sur la base d'un taux constant de 2 mm/an	Position des paléoniveaux marins correspondants par rapport au niveau marin actuel (BLOOM et al., 1974)	Altitudes des terrasses du TOMEBOU	
			calculées	mesurées
28.000 ans	+ 56 m	- 41 m	+ 15 m	+ 14 m
40.000 "	80 m	- 38 m	42 m	41 m
60.000 "	120 m	- 28 m	92 m	(64 m)
82.000 "	164 m	- 13 m	151 m	90 m
103.000 "	206 m	- 15 m	191 m	154 m
125.000 "	250 m	+ 6 m	256 m	170 (à 190m)

Tabl. IV-3 - Comparaison entre les terrasses du Tomébou et les hauts stationnements du niveau marin, tels qu'ils sont définis par BLOOM *et al.* (1974). Hypothèse : taux de surrection constant de 2 mm/an, déduit de l'âge de la terrasse du Tomébou de 41 m (voir texte). Les altitudes entre parenthèses marquent une terrasse peu distincte, correspondant plutôt à une rupture de pente.

Hauts stationnements du niveau marin	Altitudes des terrasses d'AVATAO	
	calculées (voir Tabl. IV-3)	mesurées
28.000 ans	+ 15 m	+ 12 m
40.000	42 m	+ 42 m
60.000	92 m	(60 m)
82.000	151 m	(92 m)
103.000	191 m	121 m
125.000	256 m	145 m
		185 m
		218 m

Tabl. IV-4 - Comparaison des terrasses d'Avatao (Queiros) avec les hauts stationnements du niveau de la mer, tels que définis par BLOOM *et al.* (1974). Hypothèse : taux de surrection constant de 2 mm/an. Les altitudes entre parenthèses marquent une terrasse peu distincte, correspondant plutôt à une rupture de pente.

Il y a là à nouveau bonne concordance entre altitudes calculées et mesurées dans le cas des terrasses d'Avatao. Deux remarques doivent être faites toutefois à propos du tableau IV-4.

1 - Deux niveaux sont observés à Avatao à 60 et 121 m sans qu'ils correspondent dans le tableau IV-4 à l'un des principaux hauts stationnements du niveau marin tels qu'ils sont définis par BLOOM *et al.* (1974). Il y a par contre correspondance entre le niveau 60 m d'Avatao et le niveau 64 m du Tomébou, lui aussi observé sans pouvoir être a priori corrélié à un âge connu. Mais en fait, l'époque 40 à 50.000 ans semble avoir été complexe (BLOOM *et al.*, 1974) et les niveaux 60 et 64 m de Santo peuvent correspondre à l'une des terrasses de ce complexe. Le niveau 121 m d'Avatao n'a pas, quant à lui, d'équivalent sur le Tomébou. Il peut par contre être corrélié (voir Tabl. IV-1) au sommet de la colline Mar ou à une terrasse assez bien développée de Lotoror (Fig. IV-3). Le niveau 121 m d'Avatao peut représenter un événement intervenu entre 60 et 82.000 ans. Il peut correspondre également à une terrasse plus ancienne qui se serait développée au moment d'un bas stationnement relatif du niveau marin, comme dans le cas de la terrasse datée de 223.000 ans sur l'île de Malo.

2 - La terrasse supérieure à Avatao a été mesurée sur le terrain à 218 m, ce qui est faible par rapport aux 253 m théoriques. Mais en fait, la mesure a été effectuée sur le rebord oriental de la terrasse, sans doute abaissé à cet endroit, car la carte IGN au 1/100.000e de Santo indique qu'autour d'Avatao, la terrasse se situe entre 230 et 260 m. On peut donc bien corréler la surface du plateau de Walraoul au paléoniveau marin de 125.000 ans.

La carte IGN de Santo au 1/100.000e montre que cette surface du plateau de Walraoul correspond géomorphologiquement à la surface des autres plateaux calcaires qui recouvrent la moitié est de l'île de Santo : la majeure partie de cette moitié est de Santo apparaît avoir donc émergé il y a 125.000 ans.

Malekula

L'île de Malekula est formée d'un socle volcanique miocène, profondément disséqué par l'érosion, et en partie recouvert, surtout dans le nord, par des terrasses calcaires récifales, qui atteignent une altitude maximum de 614 m (MITCHELL, 1969, 1971). Ces terrasses consistent en une série de six terrasses majeures, numérotées de 1 à 6 par MITCHELL (1971), avec localement jusqu'à 4 terrasses supplémentaires (Fig. IV-4). Elles s'étendent largement vers le nord, ainsi que le long de la côte NE, particulièrement dans le cas de la terrasse n° 3 (de la numérotation de MITCHELL). Elles ne sont plus distinctes par contre 10 km au sud de Tenmaru, où elles sont intersectées par une série de failles NW-SE (région de la pointe de l'Eléphant). Elles réapparaissent de façon continue dans la région de West bay et s'étendent vers le sud jusqu'à la baie de Tisvel.

Dans la partie nord de Malekula, les terrasses récifales pendent vers le NE, c'est-à-dire perpendiculairement au tracé de la côte est de l'île (Fig. IV-4), avec un axe de soulèvement maximum NW-SE passant approximativement par Tenmaru et Brenwé. Au sud d'une ligne passant par la région de West bay et celle de Norsup, par contre, les terrasses pendent faiblement vers le SE (Fig. IV-4). Dans la partie sud de Malekula les terrasses calcaires soulevées sont dans l'ensemble nettement moins développées. Le long de la côte est se développent dans cette partie sud de larges platiers récifaux actuels, avec formations de mangroves dans le fond des baies, ce qui n'apparaît pas, en tout cas beaucoup moins, dans la partie nord de l'île (TAYLOR *et al.*, 1980).

Le Nord-Ouest-Malekula

Des mesures d'altitude ont été effectuées le long de 2 coupes sur les terrasses dominant les villages de Malua Bay et de Npénavèt, dans le NW de Malekula, et sont présentées dans le tableau IV-5, venant ainsi s'ajouter aux résultats d'une coupe publiée par MITCHELL en 1969, effectuée elle-même entre ces deux localités.

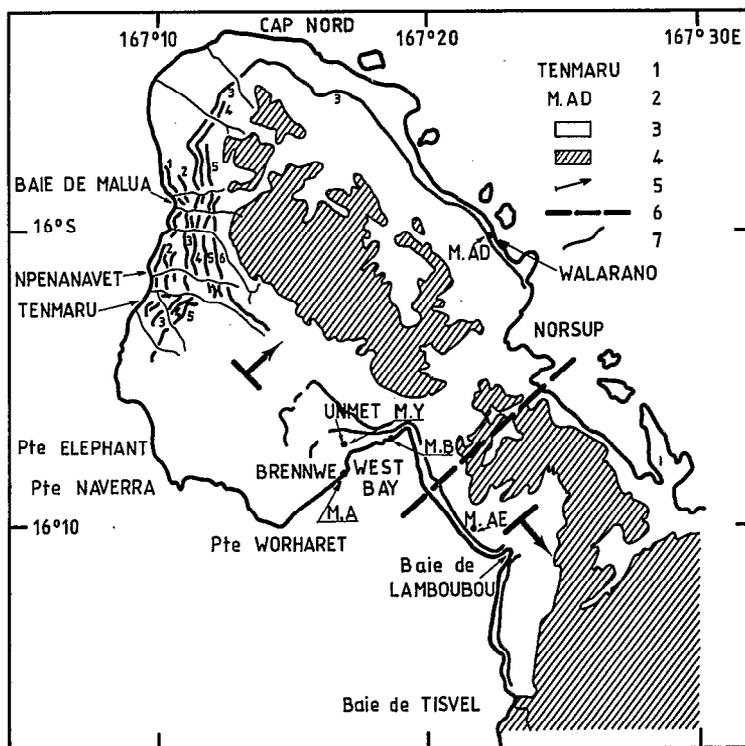


Fig. IV-4 - Le Nord-Malekula : toponymie et localisation des échantillons datés. 1 : villages ou lieux-dits. 2 : échantillons datés. 3 : terrains Plio-Quaternaires (essentiellement calcaires récifaux Quaternaires). 4 : substratum volcanique et volcanosédimentaire Miocène. 5 : direction du pendage des terrasses. 6 : discontinuité tectonique séparant le nord et le sud de Malekula. 7 : rebord externe des terrasses récifales soulevées avec leur numérotation (d'après MITCHELL, 1971).

N° des terrasses (d'après MITCHELL, 1971)	La coupe de MITCHELL (1969)	Malua Bay	Npénanavèt
6	240 m	223-240 m	353 m
5	215	204	(289)
4	180	160	231
3	120	122	173
2 a	-	(89)	154
2	75	71	(113)
1	45	37	57 et 68

Tabl. IV-5 - Mesures d'altitude sur les hautes terrasses du Nord-Malekula. Les altitudes entre parenthèses marquent une terrasse peu distincte, correspondant plutôt à une rupture de pente.

La terrasse n° 1 se situe à 37 m d'altitude à Malua Bay, à 68 m à Npénavèt. Toutefois, au-dessus de Npénavèt, la terrasse n° 1 se dédouble localement en une terrasse principale supérieure à 68 m et une petite terrasse inférieure à 57 m d'altitude.

Deux séries de datations ont été effectuées sur les hautes terrasses du NW de Malekula (Fig. IV-5). Une première série (Tabl. IV-6) a été d'abord obtenue (JOUANNIC *et al.*, 1980) ;

- un échantillon en provenance de la terrasse n° 1 au-dessus de Malua Bay est daté de 60.000 ± 400 ans (M-P-3) ;

- deux échantillons appartenant à la partie supérieure de la terrasse n° 1 de Npénavèt (68 m) sont datés à 55.000 ± 400 et 57.000 ± 200 ans respectivement (M-G-3 et M-G-4) ;

- un échantillon appartenant à la partie inférieure de la terrasse n° 1 de Npénavèt (57 m) est daté de 47.000 ± 200 ans (M-I-3). (Un 2ème échantillon, M-I-2, prélevé sur la même falaise au-dessus de Npénavèt donne un âge de 1.700 ans : il est considéré comme tout à fait aberrant et n'est pas retenu).

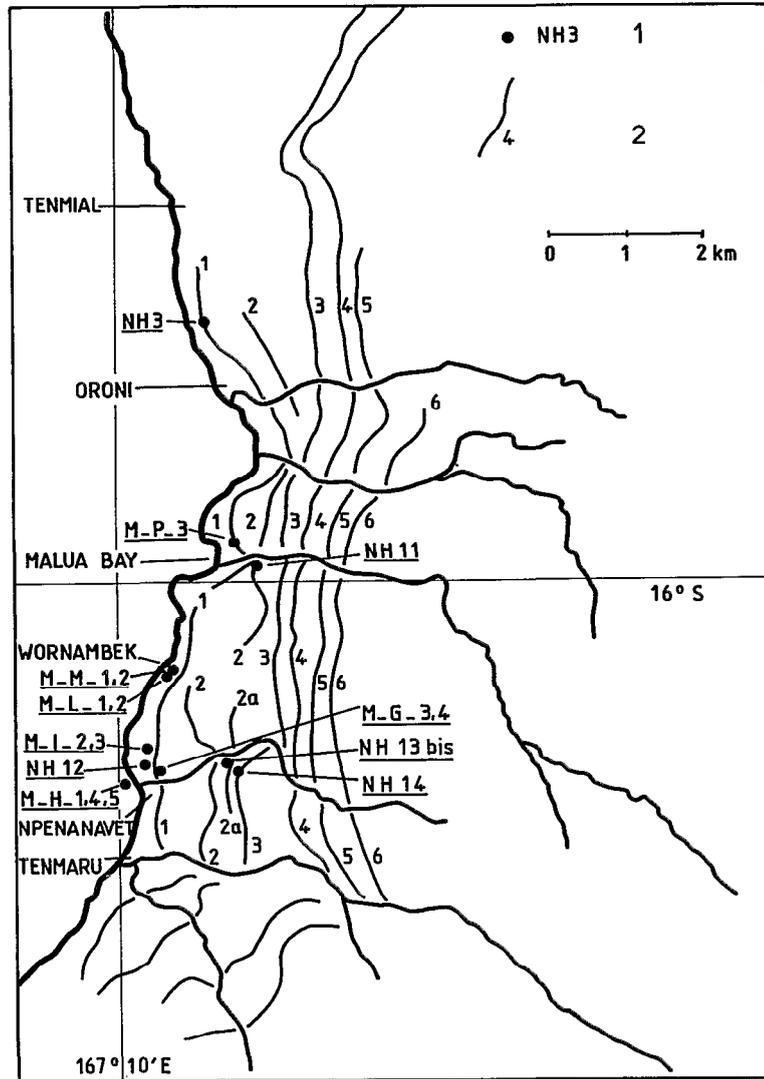


Fig. IV-5 - Le nord-ouest de Malekula : toponymie et localisation des échantillons datés. 1 : localisation des échantillons. 2 : rebord externe des terrasses récifales soulevées (numérotation d'après MITCHELL, 1971).

N° échantillons et localités (fig. 5)	% aragonite	Uppm	U^{234}/U^{238}	Th^{230}/U^{234}	Age ($\times 10^3$ ans)	Altitude de la terrasse correspondante	Correction de l'altitude en fonction du niveau marin de l'époque (BLOOM et al., 1974)	Taux moyen de soulèvement (en mm/an)
M-G-3 *	100 %	$2,76 \pm 0,08$	$1,12 \pm 0,03$	$0,40 \pm 0,02$	55 ± 4	68 m	+ 28 m	1,6
M-G-4 *	100 %	2,73	1,11	0,41	57 ± 2	68 m	+ 28 m	1,6
M-I-2 *	100 %	$2,60 \pm 0,06$	$1,12 \pm 0,02$	$0,016 \pm 0,004$	$1,7 \pm 0,5$	57 m	aberrant	aberrant
M-I-3 *	100 %	3,35	1,13	0,35	47 ± 2	57 m	voir texte	voir texte
M-P-3 *	100 %	$2,89 \pm 0,07$	$1,13 \pm 0,02$	$0,43 \pm 0,02$	60 ± 4	37 m	+ 28 m	1,1
M-AA-2 **	100 %	$3,19 \pm 0,09$	$1,08 \pm 0,03$	0,60	98 ± 14 $- 11$	30 m	+ 15 m	0,45 (voir texte)
M-AD-4 **	100 %	$3,16 \pm 0,05$	$1,13 \pm 0,02$	0,49	$72,5 \pm 5$	30 m	+ 13 m	0,6 (voir texte)
M-AE-1 *	100 %	$2,97 \pm 0,09$	$1,11 \pm 0,02$	$0,50 \pm 0,015$	75 ± 4	60 m	+ 13 m	0,9 (voir texte)

* Datations effectuées par BROECKER W.S. et GODDARD J.G., Lamont-Doherty Geol. Obs. N.Y., USA

** Datations effectuées par BERNAT M. et GAVEN C, Géol. Structurale, Univ. de Nice, France

Tabl. IV-6 - Première série d'âges obtenus sur les hautes terrasses de Malekula par la méthode du Th/U (JOUANNIC *et al.*, 1980).

Les âges de 60, 57 et 55.000 ans obtenus conduisent à admettre que la terrasse n° 1 de MITCHELL correspond au haut stationnement du niveau marin d'il y a 60.000 ans. Ce paléoniveau marin étant estimé avoir été 28 m plus bas que l'actuel (BLOOM *et al.*, 1974), la terrasse n° 1 se serait en fait soulevée de 65 et 96 m respectivement à Malua Bay et Npénanavèt, à raison de taux moyens de surrection de 1,1 et 1,6 mm/an.

Si l'on fait ici le même calcul qu'à propos des terrasses du Tomébou et d'Avatao, on obtient les deux tableaux suivants (Tabl. IV-7 et 8).

On trouve ici également une bonne correspondance entre hauteurs de terrasses mesurées sur le terrain et hauteurs calculées. Les terrasses n° 2, 2 a et 3 de la numérotation de MITCHELL se sont donc développées selon toute vraisemblance lors des hauts stationnements du niveau marin d'il y a 82, 103 et 125.000 ans. Une telle corrélation entre la terrasse n° 3 et le paléoniveau de 125.000 ans est tout à fait compatible, vu l'extension morphologique importante de cette terrasse n° 3 dans le nord et NE de Malekula.

Ici comme sur Santo, toutefois, on peut remarquer que la terrasse de 125.000 ans est un peu basse par rapport à son altitude théorique. Cela peut signifier qu'il y a eu ici aussi une légère diminution du taux de surrection du nord de Malekula au cours des cent derniers milliers d'années.

Une seconde série de mesures d'âges (Tabl. IV-9) a été publiée ultérieurement (GAVEN *et al.*, 1980). Cette série est toutefois particulière. Les échantillons avaient en effet été prélevés sur le terrain au cours d'une visite préliminaire faite sur Malekula en 1975 par l'un d'entre nous, et les altitudes correspondantes avaient à l'époque été non pas mesurées mais estimées sur la carte topographique IGN au 1/100.000e, ce qui en restreint bien sûr la précision. Ces échantillons avaient donné lieu à une première série d'âges incohérents les uns avec les autres et on pouvait s'interroger sur leur validité. Repris récemment, ils donnent une 2ème série d'âges nettement plus cohérents, qui permet de recouper les hypothèses faites à propos des premiers résultats obtenus et discutés ci-dessus.

Hauts stationnements du niveau marin (BLOOM et al., 1974)	Soulèvement total calculé sur la base d'un taux constant de 1,1 mm/an	Position des paléoniveaux par rapport au niveau marin actuel (BLOOM et al., 1974)	Altitude des terrasses au-dessus de Malua Bay	
			calculées	mesurées
28.000 ans	31 m	- 41 m	- 10 m	-
30.000 "	44 m	- 38	+ 6 m	+3m; 8-11 m
60.000 "	66 m	- 28	38 m	37 m
82.000 "	90 m	- 13	77 m	71 m
103.000 "	113 m	- 15	98 m	99 m
125.000 "	137 m	+ 6	143 m	122 m

Tabl. IV-7 - Comparaison des terrasses de Malua Bay avec les hauts stationnements du niveau marin, tels que définis par BLOOM *et al.* (1974). Hypothèse : taux de surrection constant de 1,1 mm/an (voir texte).

28.000 ans	45 m	- 41 m	+ 4 m	3m; 7-12m
40.000 "	64 m	- 38 m	26 m	(23 m à Wornabek)
60.000 "	96 m	- 28 m	68 m	68 m
82.000 "	131 m	- 13 m	118 m	113 m
103.000 "	165 m	- 15 m	150 m	154 m
125.000 "	200 m	+ 6 m	206 m	173 m

Tabl. IV-8 - Comparaison des terrasses de Npénavèt avec les hauts stationnements du niveau marin, tels que définis par BLOOM *et al.* (1974). Hypothèse : taux de surrection constant de 1,6 mm/an (voir texte).

N° échantillons et localités (fig. 5)	% aragonite	U^{238} (dpm/g)	U^{234} (dpm/g)	U^{234}/U^{238}	Erreur statistique de comptage	Th^{230} (dpm/g)	Age ($\times 10^3$ ans)	Altitude de l'échantillon (2)
NH 3 (1)	> 99 %	1,957	2,219	1,13	0,04	0,715	42 \pm 4	40m ? (voir texte)
NH 12 (1)	> 99 %	1,757	2,001	1,14	0,02	0,707	47 \pm 5	40 m (3)
NH 11 (1)	> 99 %	2,145	2,339	1,09	0,02	1,186	77 \pm 4	75 m
NH 13 bis (1)	> 99 %	1,694	1,909	1,12	0,03	1,142	98 \pm 7	110 m (voir texte)
NH 14 (1)	> 99 %	1,570	1,705	1,09	0,02	1,148	119 \pm 8	180 m

(1) Datations effectuées par BERNAT M. et GAVEN C., Géol. Structurale, Univ. de Nice, France
(2) Estimée d'après la lecture de la carte IGN
(3) L'altitude de 55 m publiée dans GAVEN et al. (1980) est erronée (à la suite d'une erreur de lecture sur la carte IGN) et doit être remplacée par 40 m.

Tabl. IV-9 - Deuxième série d'âges obtenus sur les hautes terrasses de Malekula (GAVEN *et al.*, 1980).

Les échantillons NH 14 et NH 11, prélevés respectivement au-dessus des localités de Npénanavèt et de Malua Bay à des altitudes de 180 et 75 m et datés de 119.000 ± 8.000 et de 77.000 ± 4.000 ans, sont particulièrement intéressants : si l'on compare en effet le tableau IV-9 aux tableaux IV-7 et 8 on voit qu'ils s'accordent correctement en altitude et en âge avec les résultats obtenus auparavant. Il convient de noter toutefois que c'est à l'état d'éboulis au pied de la falaise n° 3 que l'échantillon NH 14 a été trouvé, ce qui en limite quelque peu la validité : la concordance en âge est cependant bonne et tend à confirmer l'âge de 125.000 ans attribué à la terrasse n°3.

L'échantillon NH 13 bis, prélevé au-dessus de Npénanavèt, est également intéressant, car, daté de 98.000 ans, il tend à confirmer l'existence de la terrasse 103.000 ans. L'altitude retenue pour cet échantillon, 110 m (cf. Tabl. IV-9), ne concorde pas cependant avec l'altitude de la terrasse de 103.000 ans, qui est de 154 m au-dessus de Npénanavèt (Tabl. IV-8). Néanmoins une erreur de 40 m est très possible dans l'estimation sur le fond de carte topographique d'un cheminement en dehors du sentier indiqué sur la carte, et qui comportait notamment la traversée du torrent de Npénanavèt.

Les échantillons NH 3 et NH 12, datés de 42 et 47.000 ans, sont un peu plus problématiques. Ils viennent en fait s'ajouter à l'échantillon M-I-3, daté de 47.000 ans, et publié dans la 1ère série (Tabl. IV-6). NH 12, comme M-I-3, a été prélevé au-dessus de Npénanavèt dans la falaise sous-jacent la partie inférieure de la terrasse n° 1 à une altitude d'environ 40 m. NH 3 a été trouvé dans les éboulis apparemment en provenance du toit effondré d'une grotte profonde creusée dans la falaise n° 1, entre les villages d'Oroni et de Tenmial (Fig. IV-5), au nord de Malua Bay. Il y a là 3 âges, 42 et deux fois 47.000 ans, qui sont jeunes par rapport à l'âge supposé de la terrasse n° 1, 60.000 ans. Mais en fait, il a été rappelé plus haut que l'histoire du haut stationnement marin de 40.000 ans apparaît avoir été complexe (BLOOM *et al.*, 1974). Si la chute du niveau marin semble s'être bien produite à 40.000 ans, c'est entre 50 et 40.000 ans que le niveau de la mer était remonté, avec de possibles oscillations mineures entre ces deux âges. Au taux de surrection de 1,6 mm/an à Npénanavèt, et si l'on admet entre 50 et 45.000 ans un niveau de la mer semblable à celui proposé pour 40.000 ans, soit 38 m environ au-dessous du niveau actuel, c'est entre 42 et 34 m que l'on pourrait trouver sinon une terrasse correspondante (l'instabilité plus ou moins affirmée du niveau relatif marin à cette époque n'aurait pas permis son développement), du moins des coraux témoins du stationnement de la mer à cette époque, tels que NH 12 ou M-I-3.

Le Nord-Est et le Sud-Malekula

Par ailleurs, dans le NE de Malekula, un échantillon (M-AD-4) en provenance d'une terrasse haute de 30 m dans la localité de Walarano (Fig. IV-4) est daté de 72.500 ± 500 ans (Tabl. IV-6). Si l'on assimile cette terrasse au paléoniveau de 82.000 ans, on obtient un taux moyen de surrection de 0,6 mm/an : un tel faible taux de surrection dans le NE de l'île est logique si l'on considère le pendage général vers le NE qui caractérise l'ensemble du nord de Malekula.

Dans la partie sud de Malekula, deux âges ont été obtenus sur les terrasses pléistocènes (Tabl. IV-6) :

- un échantillon (M-AE-1) prélevé au-dessus de la baie de Lamboubou (Fig. IV-4) sur une terrasse de 60 m d'altitude est daté à 75.000 ± 400 ans. Comme précédemment, cette terrasse peut être assimilée au paléoniveau marin de 82.000 ans et par conséquent un taux de surrection de 0,9 mm/an en est déduit ;

- un corail (M-AA-2) prélevé au-dessus de la baie de Tisman (SE de Malekula, Fig. IV-8) sur une terrasse haute de 30 m donne un âge de 98.000 ± 1.100 ans. Cette terrasse a tout lieu de correspondre au paléoniveau marin de 103.000 ans, ce qui requiert un taux moyen de surrection de 0,45 mm/an dans cette localité.

Ces deux valeurs confirment le soulèvement nettement plus lent qui affecte la partie de Malekula qui se trouve au sud de la discontinuité tectonique, avec toutefois une sorte de maximum non loin de cette discontinuité (région de Lamboubou bay), ce qui tend à montrer que le soulèvement qui affecte la partie nord de Malekula affecte également au moins partiellement la partie sud de l'île (TAYLOR *et al.*, 1980).

Efaté

Les terrasses calcaires récifales recouvrent une grande partie d'Efaté (500 km² environ sur un total de 770 km²) reposant en discordance sur un socle volcanique plio-pléistocène, qui affleure principalement dans le centre montagneux de l'île (ASH *et al.*, 1978).

La présente étude a porté, en ce qui concerne les terrasses pléistocènes d'Efaté, essentiellement sur le site de Port-Havannah, situé dans le NW de l'île (Fig. IV-6). Des mesures d'altitudes faites le long d'une coupe sur ce site ont été publiées par BLOOM *et al.* (1978). Au-dessus de la plate-forme littorale, 4 terrasses principales, très distinctes géomorphologiquement, sont observées à Port-Havannah : 55-65 m, 85-95 m, 110-130 m (où l'on observe un net dédoublement de la terrasse sur son rebord externe), et 220-245 m, qui forme le sommet d'un escarpement important ; au-dessus, les terrasses calcaires montent en pente douce jusqu'au Mont Erskine (392 m).

La première haute terrasse (55-65 m) est datée (Tabl. IV-10) à 76.000 ± 5.000 , 86.000 ± 4.000 et 92.000 ± 5.000 ans, âges auxquels doit être rajouté celui de 81.000 ans publié par NEEF et VEEH (1977) pour une altitude de 55 m à propos du même site de Port-Havannah. La terrasse 55-65 m correspond donc très vraisemblablement au paléoniveau marin d'il y a 82.000 ans. Un taux moyen de surrection de 0,9 mm/an en est déduit.

On doit alors s'attendre, en fonction de ce qui a été dit plus haut à propos de Santo et de Malekuka, à ce que les deux terrasses immédiatement supérieures (85-95 m et 110-130 m) correspondent aux paléoniveaux de 103 et 125.000 ans. Au taux de surrection de 0,9 mm/an, ces deux terrasses devraient se trouver à des altitudes de 78 et 116 m sur le terrain, soit légèrement plus bas qu'elles ne sont en réalité. Un taux de surrection de 1 mm/an serait en fait plus approprié dans leur cas.

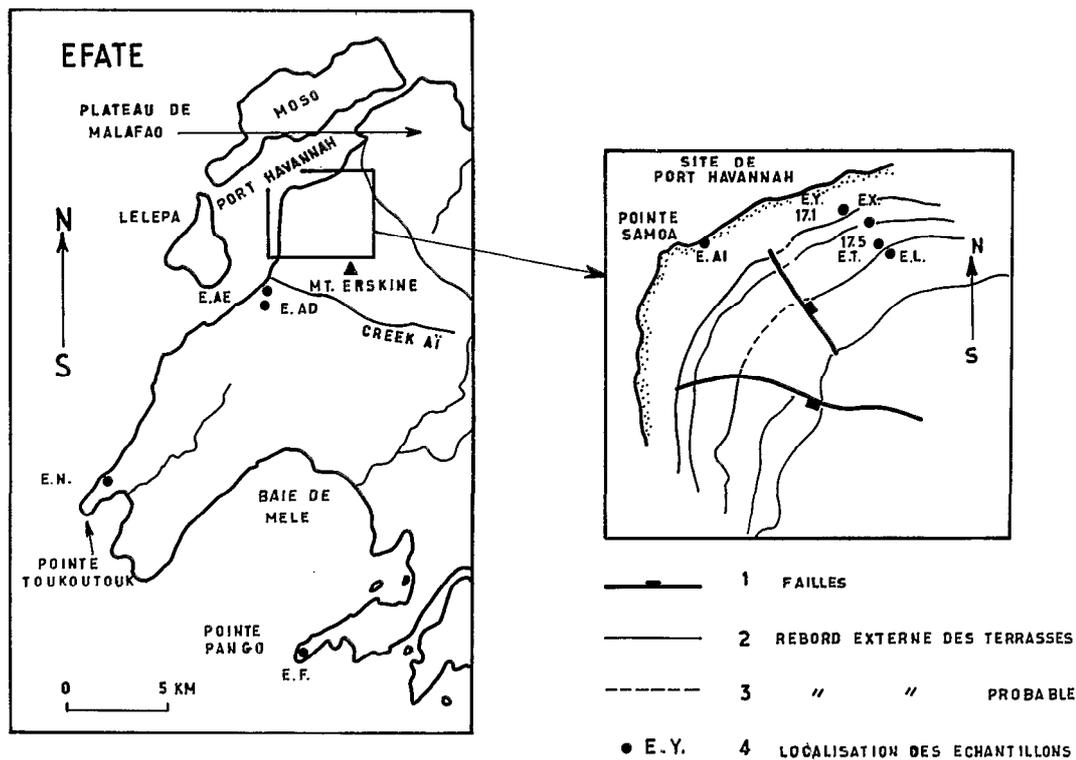


Fig. IV-6 - L'Ouest-Efaté et le site de Port-Havannah : toponymie et localisation des échantillons datés.

N° échantillons et localités (fig. 6)	% aragonite	U _{PPm}	U ²³⁴ /U ²³⁸	Th ²³⁰ /U ²³⁴	Age (x 10 ³ ans)	Altitude de la terrasse correspondante	Correction de en fonction du niveau marin de l'époque (BLOOM et al., 1974)	Taux moyen de soulèvement (en mm/an)
17-1	99 %	(2,67 ± 0,06 2,74 ± 0,06)	1,11 ± 0,03 1,10 ± 0,02	0,51 ± 0,02 0,50 ± 0,02	77 ± 5 } 75 ± 5 }			
E-Y-1	100 %	2,70 ± 0,05	1,15 ± 0,02	0,58 ± 0,02	92 ± 5	55-65 m	+ 13 m	0,9 mm/an
E-AK-1	100 %	3,55 ± 0,10	1,11 ± 0,02	0,55 ± 0,015	86 ± 4		(voir texte)	
E-X-2	100 %	2,60 ± 0,05	1,12 ± 0,02	0,71 ± 0,02	130 ± 7	85-95 m	+ 15 m	1 mm/an
E-X-4	99 %	2,45 ± 0,05	1,12 ± 0,02	0,66 ± 0,02	114 ± 6		(voir texte)	
17-5	100 %	2,42 ± 0,05	1,13 ± 0,02	0,69 ± 0,02	124 ± 7			
E-L-1	98,5 %	2,35 ± 0,05	1,07 ± 0,02	0,71 ± 0,03	131 ± 11	110-130 m	- 6 m	1 mm/an
E-L-3	100 %	2,43 ± 0,05	1,10 ± 0,02	0,74 ± 0,02	141 ± 8		(voir texte)	
E-T-2	99 %	2,09 ± 0,05	1,12 ± 0,03	0,74 ± 0,02	141 ± 8			
E-N-5	>99 %	3,61 ± 0,08	1,13 ± 0,02	0,47 ± 0,02	68 ± 3	18 m	+ 28 m	0,8 mm/an

Datations effectuées par BROECKER W.S. et GODDARD J.G., Lamont-Doherty Geol. Obs., N.Y., USA

Tabl. IV-10 - Ages obtenus sur les hautes terrasses d'Efaté par la méthode du Th/U.

Pourtant, la terrasse supposée vieille de 103.000 ans est datée à 114.000 et 130.000 ans, ce qui apparaît élevé. En première hypothèse, pour des raisons de géomorphologie et malgré le résultat de ces premières datations, il sera retenu un âge de 103.000 ans pour la terrasse 85-95 m de Port-Havannah : des datations complémentaires néanmoins sont nécessaires pour vérifier le bien-fondé de cette hypothèse.

La terrasse 110-130 m, supposée a priori vieille de 125.000 ans, est datée à 124.000 ± 7.000, 131.000 ± 11.000 et deux fois 141.000 ± 8.000 ans. NEEF et VEEH (1977) par ailleurs publient un âge de 118.000 ans pour une terrasse de 100 m d'altitude à Port-Havannah, qui a tout lieu de correspondre à notre terrasse 110-130 m. Cet ensemble d'âges, bien que relativement dispersés, tend à confirmer l'âge de 125.000 ans attribué à cette terrasse (et par contre-coup celui de 103.000 ans de la terrasse inférieure, 85-95 m). En fait, le dédoublement géomorphologique observé sur la terrasse 110-130 m indique vraisemblablement une époque relativement complexe (comme dans le cas de l'époque de 50 à 40.000 ans), caractérisée par de faibles oscillations d'un haut niveau marin durant la période 140-125.000 ans : le dédoublement observé à Port-Havannah peut être l'équivalent de celui décrit dans la péninsule de Huon à propos des terrasses VII a et VII b (BLOOM *et al.*, 1974).

Il n'a pas par contre été retrouvé de traces le long de notre coupe d'une terrasse inférieure correspondant à l'âge de 60.000 ans : on devrait l'observer, à raison d'un taux de surrection de 0,9 à 1 mm/an, aux environs de 30 m. Il est à noter toutefois que KAPLIN *et al.* (1975) ont bien observé une terrasse de 60.000 ans entre 29 et 35 m dans le nord d'Efaté, mais l'emplacement exact de leurs prélèvements n'est pas connu. Quant à la terrasse de 40.000 ans, si elle existe, elle devrait se trouver aux environs du niveau marin actuel et donc être plus ou moins confondue avec la plate-forme littorale.

Notons par ailleurs un taux moyen de surrection de 0,8 mm/an observé sur une terrasse de 18 m d'altitude située à la pointe de Toukoutouk (extrême ouest de l'île) et datée de 68.000 ± 300 ans (E-N-5). De même, des taux de surrection de 0,7 à 0,8 mm/an sont calculés à la suite d'âges publiés par NEEF et VEEH (1977) sur les terrasses du plateau de Malafao (81.000 ans pour une terrasse de 55 m) et du Creek Aï (134.000 ans pour une terrasse de 100 m) (Fig. IV-6). Ces taux de surrection sont voisins de celui observé sur le site de Port-Havannah, et c'est apparemment d'une manière lente et régulière qu'Efaté semble s'être soulevée au cours de la dernière centaine de milliers d'années. Néanmoins toute corrélation d'une série de plateaux à l'autre dans l'île d'Efaté doit être considérée avec prudence, car les terrains sont, à l'échelle de l'île, recoupés par de nombreuses failles qui rendent les terrasses discontinues et diversement inclinées (ASH *et al.*, 1978).

LA TERRASSE HOLOCÈNE

Une plate-forme littorale d'une largeur pouvant varier de quelques dizaines de mètres à plusieurs kilomètres, le plus souvent de l'ordre de quelques centaines de mètres, s'étend de façon quasi-continue le long des côtes est et sud de Santo, autour du nord de Malekula et tout autour d'Efaté. Lorsqu'elle est étroite, cette plate-forme littorale est formée de récifs frangeants soulevés : subhorizontale dans l'intérieur des terres, elle présente une faible pente du côté mer, se terminant par une falaise moderne haute de quelques mètres, qui domine un récif frangeant actuel. Lorsque la plate-forme littorale s'élargit, elle est en général très plate, horizontale et consiste principalement en dépôts de type lagunaire (sables ou graviers coralliens, très riches en débris d'*Acropora* sp. et renfermant de nombreux micro-atolls de *Porites*).

Santo

La plate-forme littorale s'étend tout le long de la côte est de Santo ainsi que le long de la majeure partie de la côte sud, où elle n'est interrompue qu'entre Tasmaloun et Tangoa (Fig. IV-3) par un alluvionnement important. Inexistante le long de la plus grande partie de la côte ouest de Santo, elle réapparaît dans le NW entre Wounpouko et le cap Cumberland. Son altitude varie de manière relativement irrégulière de 8 à 18 m au-dessus du niveau moyen des basses mers.

Dix-huit datations ont été effectuées sur cette plate-forme littorale (Tabl. IV-11 et 12). S'étalant entre 545 et 7.460 ans B.P., ces âges indiquent que cette plate-forme calcaire littorale est holocène. Les taux de surrection correspondants, calculés en tenant compte du fait qu'avant 5.200 ans B.P. la mer n'avait pas encore atteint son niveau actuel (BLOOM, 1977 ; CLARK *et al.*, 1978), varient de 1,4 à 5,5 mm/an : ils présentent donc une dispersion considérable. On suppose a priori que les coraux vivaient à la surface de l'eau, ce qui n'est pas toujours le cas ; aussi quand, dans une même terrasse ou un groupe de terrasses, des taux de surrection différents sont calculés, le taux le plus élevé est considéré comme correct, les coraux donnant des taux moins élevés ayant probablement vécu à une certaine profondeur sous la surface de l'eau.

N° échantillons et localités (fig. 3, 5 et 6)		% aragonite	Uppm	U^{234}/U^{238}	Th^{230}/U^{234}	Age (en années B.P.)	Altitude de la terrasse correspondante	Correction de l'altitude en fonction du niveau marin de l'époque (CLARK <i>et al.</i> , 1978)	Taux moyen de soulèvement (mm/an)
S A N T O	S-A-1*	100 %	2,52 ± 0,07	1,12 ± 0,03	0,045 ± 0,005	5.000 ± 600	18 m	-	3,6
	S-A-3**	99 %	-	1,14	0,04	6.500 ± 700	18 m	+ 4 m	3,3
	S-N-1*	100 %	2,75 ± 0,06	1,15 ± 0,02	0,063 ± 0,003	7.100 ± 400	13 m	+ 6 m	voir C ¹⁴ (XII)
	S-Z-5**	100 %	-	1,17	0,03	3.200 ± 300	10 m	-	3,1
	S-AC-1*	100 %	2,73 ± 0,05	1,14 ± 0,02	0,051 ± 0,004	5.700 ± 500	9 m	+ 2 m	voir C ¹⁴ (XII)
	NWS-C-1**	99 %	2,78 ± 0,05	1,10 ± 0,02	0,04	4.500 ± 300	10 m	-	2,2
	NWS-D-1**	100 %	2,52 ± 0,05	1,13 ± 0,03	0,03	3.500 ± 300	16 m	-	4,6
M A L E K U L A	M-L-1*	99 %	2,89 ± 0,07	1,14 ± 0,03	0,035 ± 0,004	3.900 ± 500	11 m	-	2,8
	M-L-2**	99 %	-	1,14	0,03	5.800 ± 300	11 m	+ 2 m	2,2
	M-M-1**	100 %	-	1,13	0,03	9.500 ± 600	11 m	+ 25 m (?)	suspect
	M-M-2*	100 %	2,34	1,13	0,036	4.000 ± 250	11 m	-	2,75
	M-Y-2*	100 %	2,64 ± 0,07	1,13 ± 0,02	0,050 ± 0,004	5.600 ± 500	19,5 m	+ 1 m	3,6
E F A T É	E-F-4*	>99 %	2,60 ± 0,05	1,12 ± 0,02	0,052 ± 0,003	5.800 ± 400	5 m	+ 2 m	1,2
	E-AD-2*	>99 %	2,95 ± 0,06	1,18 ± 0,02	0,061 ± 0,003	6.800 ± 400	6 m	+ 3,5 m	voir C ¹⁴ (XII)

* Datations effectuées par BROECKER W.S. et GODDARD J.G., Lamont-Doherty Geol. Obs., N.Y., USA
 ** Datations effectuées par BERNAT M. et GAVEN C., Geol. Structurale, Univ. de Nice, France.

Tabl. IV-11 - Ages obtenus sur les plates-formes littorales de Santo, de Malekula et d'Efaté par la méthode du Th/U.

N° échantillons et localités (fig. 3,5,6)	% aragonite	Age (en années B.P.)	Altitude de la terrasse correspondante	Correction de l'altitude en fonction du niveau marin de l'époque (CLARK et al., 1978)	Taux moyen de soulèvement (mm/an)
S-B-1*	100	4.180 ± 130	13 m	-	3,1
S-C-2**	100	1.415 ± 100	2 m	-	1,4
S-C-4**	100	1.055 ± 80	2 m	-	1,9
S-N-1*	100	7.460 ± 230	13 m	+ 9 m	3,0
S-AC-1*	100	5.940 ± 190	9 m	+ 2,5 m	1,9
NWS-A-1**	100	6.700 ± 150	10 m	+ 5 m	2,2
NWS-A-5**	100	5.745 ± 200	10 m	+ 2 m	2,1
NWS-B-1**	100	545 ± 90	3 m	-	5,5
NWS-B-2**	100	650 ± 95	3 m	-	4,6
AK-A-1**	99	5.470 ± 160	27 m	+ 1 m	5,2
AK-G-2**	100	5.430 ± 200	27 m	+ 1 m	5,2
M-A-6**	100	1.250 ± 80	5 m	-	4
M-A-7**	100	1.155 ± 90	5 m	-	4,3
M-A-8**	100	2.530 ± 100	5 m	-	2
M-H-1**	100	6.900 ± 180	3	+ 5 m	1,2
M-H-4**	100	2.475 ± 100	3	-	1,2
M-H-5**	100	2.865 ± 130	7,5 m	-	2,6
M-M-2*	100	3.810 ± 140	11 m	-	2,9
M-X-2**	100	2.970 ± 200	1 m	-	0,3
E-N-2**	100	2.865 ± 110	4 m	-	1,4
E-AD-2*	100	6.350 ± 200	6 m	+ 3,5 m	1,5
E-AE-2**	100	5.245 ± 280	6 m	+ 0,5 m	1,2
E-AI-1**	100	4.600 ± 190	4 m	-	0,8

* Datations effectuées par BROECKER W.S. et GODDARD J.G., Lamont-Doherty Geol. Obs., N.Y., USA.
** Datations effectuées par FONTES J.-Ch., Hydrologie et Géochimie isotopique, Univ. Paris-Sud, France

Tabl. IV-12 - Ages obtenus sur les plates-formes littorales de Santo, de Malekula et d'Efata par la méthode du C¹⁴.

Il convient de rappeler ici, d'autre part, un âge de 2.650 ± 100 ans B.P. publié par LAUNAY et RECY (1972). Cet âge a été obtenu sur un échantillon prélevé à 0,5 m du sommet d'une falaise marine haute de 3 m au-dessus du niveau de la mer, en bordure de la plate-forme holocène. De même, un âge de 4.000 ± 500 ans B.P. a été publié par NEEF et VEEH (1977) à propos d'un échantillon en provenance d'une terrasse de 4,5 m d'altitude sur l'île de Malo. Un taux de soulèvement de 1,1 mm/an est déduit de ces deux formations holocènes.

Les taux de surrection ainsi obtenus sur la plate-forme holocène se répartissent en fait de façon elliptique autour d'une zone maximum qui correspond à la chaîne montagneuse de l'Ouest-Santo (Fig. IV-7), ce qui semble logique, cette chaîne étant tectoniquement très active. Une telle disposition est en concordance avec le pendage général des terrasses de l'île. Le taux de surrection élevé (7 mm/an) observé près de la rivière Kéré dans le sud de Santo sur une période de temps de 25.000 ans (cf. plus haut) est compatible avec un tel modèle.

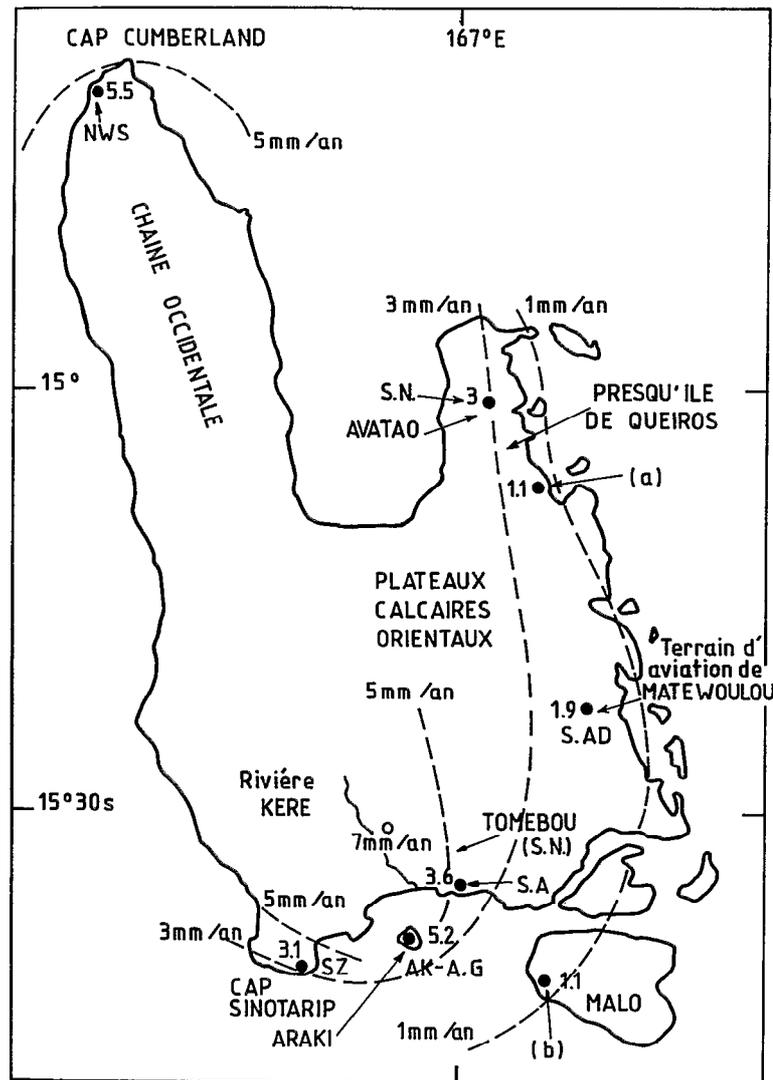


Fig. IV-7 - Taux de soulèvement holocènes sur Santo. (a) échantillon daté par LAUNAY et RECY (1972). (b) échantillon daté par NEEF et VEEH (1977).

On observe par contre une différence assez nette entre les taux moyens de surrection ayant prévalu au Tomébou ou à Avatao (presqu'île de Queiros) pendant une centaine de milliers d'années (2 mm/an, cf. plus haut) et les taux de surrection holocènes calculés dans le voisinage de ces régions (3,6 mm/an au site S-A, près du Tomébou, 3 mm/an au site S.N., près d'Avatao, Fig. IV-7) : il semble y avoir eu un net accroissement du taux de surrection depuis l'époque Holocène.

Malekula

Du village de Vunmavis, au sud de la baie de Lamboubou sur la côte ouest de Malekula, jusqu'à la baie de Tisman, sur la côte est, en passant par le nord, la plate-forme littorale ne disparaît pratiquement que sur 3 km entre les pointes de Naverra et de l'Eléphant (Fig. IV-4 et 8).

Géomorphologiquement, la plate-forme littorale comprend, au moins sur la côte ouest :

- un platier récifal surélevé de quelques décimètres à un mètre au-dessus du niveau moyen des basses mers à la suite d'un événement sismique intervenu en 1965 ;

- une terrasse élevée de 4 à 6 m autour de West bay, de 2 à 3 m dans la région de Npénavèt et de la baie de Malua ;

- une terrasse haute de 12 m environ à West bay (Brenwé, site M-B), un complexe de terrasses s'élevant en pente douce et plus ou moins continue de 6 à 11-12 m dans la région de Npénavèt, Wornambek et la baie de Malua ;

- une large terrasse, haute de 19,5 m à Unmet (West bay) ;

- enfin, les restes de ce qui semble être une terrasse à 23 m, à Wornambek.

Treize datations ont été effectuées sur les différentes terrasses de la plate-forme littorale, indiquant, comme dans le cas de Santo, un âge Holocène pour l'ensemble de la plate-forme (Tabl. IV-11 et 12). Des taux de surrection allant jusqu'à 4,3 mm/an sont calculés dans la région de West bay (site M-A) et jusqu'à 2,9 mm/an dans la région Npénavèt - baie de Malua.

Par ailleurs, un taux de surrection peu élevé (0,3 mm/an) provient d'un échantillon (M-X-2) prélevé in situ à 1 m d'altitude dans Crab bay, sur la côte est de Malekula (Fig. IV-8).

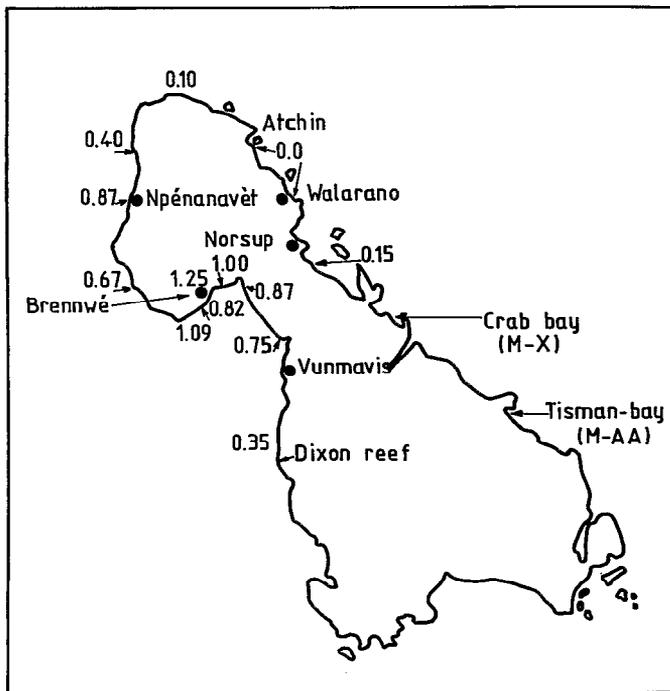


Fig. IV-8 - Evaluation en mètres du soulèvement consécutif au séisme d'août 1965 dans le Nord-Malekula.

Efaté

La plate-forme littorale qui ceinture Efaté a été décrite par ASH *et al.* (1978). Son altitude varie irrégulièrement de 2 à 10 m. Trois datations ont été publiées par KAPLIN *et al.* (1975), une par NEEF et VEEH (1977) et 5 par BLOOM *et al.* (1978). Les résultats varient de 1.500 à 7.000 ans, démontrant, comme dans les autres îles, l'âge Holocène de cette plate-forme littorale (Tabl. IV-11 et 12).

Les taux de surrection calculés sur nos 5 échantillons se situent entre 1,2 et 1,5 mm/an pour 4 d'entre eux et est égal à 0,8 mm/an pour le 5ème, ce qui tend à indiquer un accroissement du taux de surrection à l'Holocène, toutefois moins net sur Efaté que sur Santo et Malekula.

LA TERRASSE 1965

Un évènement sismique majeur, comportant entre autres trois séismes de magnitude supérieure à 7 dans l'échelle de Richter (BENOIT and DUBOIS, 1971 ; JOHNSON and MOLNAR, 1972) affecta les Nouvelles-Hébrides centrales, et tout particulièrement Malekula du 11 au 13 août 1965. Il provoqua le soulèvement instantané du NW de Malekula. Les traces d'un soulèvement semblable, c'est-à-dire très récent, peuvent être observées dans le sud de Santo près de la pointe de Tasmaloum (+ 0,30 m environ) et dans l'île de Malo : il reste toutefois à vérifier qu'il s'agit bien du même évènement d'août 1965.

Ce soulèvement se traduit autour de la côte nord-ouest et ouest de Malekula par l'existence d'un platier émergé à marée basse, situé en bordure de la plate-forme holocène, et dont les coraux sont aisément repérables, vu leur état de bonne conservation, par rapport à ceux de la plate-forme holocène.

L'élévation de ce platier 1965 a été calculée en mesurant à chaque endroit visité la différence d'altitude existant entre les plus hautes têtes coralliennes attribuées au platier 1965 et les plus hautes têtes coralliennes actuellement vivantes (colonies d'*Acropora* le plus souvent). La précision d'une telle méthode peut être estimée à une dizaine de centimètres.

Les mesures sont reportées sur la figure IV-8. On peut observer (TAYLOR *et al.*, 1980) sur cette figure un axe de soulèvement maximum passant par Brenwé (West bay) et Npénavèt, le soulèvement étant toutefois plus fort dans la région de Brenwé (jusqu'à 1,25 m mesuré en 1977, soit 12 ans après l'évènement) que dans celle de Npénavèt (0,87 m).

Le soulèvement de 1965 peut être observé jusque vers le cap nord de Malekula, où il tend à disparaître, ainsi que vers le sud au moins jusqu'à Dixon reef, où on peut encore l'estimer à une trentaine de centimètres. On ne l'observe pas de manière évidente sur la côte est de l'île, si ce n'est à l'état de traces (0,15 m) dans la baie située juste au sud de Norsup, près du terrain d'aviation.

Ces mesures ont été faites à partir de 1976 seulement. Elles ne concordent pas toujours avec celles faites peu de temps après l'évènement et publiées par MITCHELL (1971) et BENOIT et DUBOIS (1971). On peut donc penser a priori à un phénomène de subsidence post-sismique qui affecterait ou aurait affecté la région soulevée, ainsi qu'on peut l'observer au Japon par exemple (YONEKURA, 1972, 1975). Or, en fait, une étude préliminaire faite sur les bandes de croissance de coraux qui se sont retrouvés à moitié émergés seulement par suite de l'évènement dans la région de Norsup montre que le terrain ne semble pas avoir bougé depuis 1965, au moins dans cette localité (TAYLOR *et al.*, 1979, 1980). Une étude plus complète par cette méthode de sclérochronologie est en cours sur l'ensemble de la zone soulevée en 1965.

DISCUSSION

Les résultats des datations effectuées sur les terrasses calcaires récifales qui recouvrent Santo, Malekula et Efaté montrent par conséquent qu'une partie importante de ces îles a émergé au cours des 125.000 dernières années. Ceci est tout particulièrement le cas de Santo, où la terrasse de 125.000 ans constitue l'essentiel de la moitié orientale de l'île. Sur Malekula et Efaté, toutefois, les terrasses formées antérieurement à 125.000 ans sont bien développées : vu leur état de bonne conservation, tout à fait comparable à celui des terrasses de moins de 125.000 ans, elles ont néanmoins tout lieu d'être également relativement jeunes, c'est-à-dire Pléistocène supérieur. Par ailleurs, l'omni-présence de la terrasse holocène, les âges très récents obtenus sur cette terrasse, et tout particulièrement le soulèvement de 1965 indiquent que le processus d'émersion de l'archipel est aujourd'hui encore tout à fait actif.

Les inclinaisons et les taux de surrection moyens observés sur les terrasses pléistocènes de Santo, Malekula et Efaté montrent que le soulèvement de ces îles ne se fait pas toutefois de manière simple et régulière tout au long de l'arc. Si l'inclinaison des terrasses calcaires est relativement parallèle à la direction de subduction ($N 75 \pm 11^\circ E$) dans le cas de l'est et du nord-est de Santo (E à ENE), il n'en est pas de même dans le sud de l'île et les îles voisines telles que Malo (E à ESE), ni à Malekula (franchement NE dans la partie nord, SE dans la partie sud), ni sur Efaté (nombreuses failles qui rendent les terrasses diversement inclinées). Les îles se conduisent donc d'une manière à première vue indépendante les unes des autres. Elles peuvent même être subdivisées en plusieurs blocs jouant indépendamment ou au moins semi-indépendamment les uns par rapport aux autres : Malekula en est le plus bel exemple, où nord et sud de l'île se soulèvent différemment de part et d'autre d'un axe passant par West bay et Norsup. Il semble en être de même sur Santo de part et d'autre d'une ligne grossièrement est-ouest passant par Wusi et les monts Tabwemasana et Tankara (cf. *supra*).

Si l'on compare les soulèvements subis à l'époque Holocène, c'est-à-dire récents, et même ceux tout à fait récents tels que celui qui a affecté Malekula en 1965, à la surrection à plus long terme des îles, c'est-à-dire au cours de la dernière centaine de milliers d'années, on constate qu'il existe une nette similitude entre le court terme et le long terme. C'est ainsi qu'à Santo, la répartition géographique des taux de surrection obtenus sur la plate-forme holocène s'accorde relativement bien avec le modèle structural de l'île : une zone à taux de surrection holocène élevé correspond à la chaîne montagneuse de l'ouest de Santo, alors qu'à l'est les taux de surrection holocènes, décroissant vers l'est, correspondent aux plateaux calcaires récifaux eux-mêmes inclinés vers l'est. Si, sur Malekula, les taux de surrection holocènes obtenus ne permettent pas du fait de leur répartition géographique limitée dans l'espace de définir un modèle de soulèvement, le modèle observé à propos du soulèvement de 1965 montre une assez bonne concordance avec le modèle structural pléistocène (TAYLOR *et al.*, 1980) : il présente notamment un axe de soulèvement maximum passant par Npénanavèt (tout près de Tenmarou) et Brenwé (sur West bay). Dans le détail, il existe cependant de petites différences : sur la côte est de l'île, le soulèvement de 1965 n'est observé qu'à l'état de traces, alors que le long terme indique une surrection moyenne de 0,6 mm/an (région de Walarano, cf. plus haut) ; de même le soulèvement de 1965 est plus marqué vers le sud (région de Dixon reef) que ne le laisserait prévoir le long terme. Tout semble se passer en fait comme si le soulèvement observé aux Nouvelles-Hébrides depuis au moins le Pléistocène supérieur ne présente que la somme de petits soulèvements survenant par à-coups, chacun d'entre eux s'écartant plus ou moins du modèle tectonique à long terme : c'est ainsi que la somme d'événements comparables à celui qui affecta Malekula en 1965 aboutit à la constitution de l'actuelle plate-forme holocène. Il a été calculé (TAYLOR *et al.*, 1980) que, dans la mesure où il n'y a pas de subsidence entre chaque séisme, il faudrait un événement de l'importance de celui de 1965 tous les 340 ans sur Malekula pour que le taux de surrection holocène moyen observé dans le Nord-Malekula (3 mm/an) soit respecté.

L'observation des taux de surrection montre qu'il y aurait une tendance assez nette à l'accroissement de ces taux depuis la période Holocène, particulièrement sur Santo et Malekula. On peut raisonnablement penser que, les oscillations de la mer au cours des 140.000 dernières années étant relativement bien connues aujourd'hui, l'identification des terrasses pléistocènes de Santo, Malekula et Efaté, reposant dans chacune de ces îles sur la datation d'une terrasse de manière suffisamment convaincante, est correcte. L'étude de la terrasse holocène, portant sur un laps de temps beaucoup plus court, est plus délicate, les erreurs pouvant y être plus fréquentes. Cependant le relativement grand nombre de nos mesures sur cette terrasse est un bon argument pour admettre la validité des phénomènes observés.

La raison d'un accroissement du taux de surrection à l'Holocène peut traduire un changement du taux de convergence des plaques Indo-australienne et Pacifique. Une telle hypothèse n'est pas a priori impossible mais reste toutefois à vérifier. Une explication plus simple peut résider dans la subduction de la ride d'Entrecasteaux, ce relief appartenant à la plaque plongeante et dont on peut s'attendre, à la suite de PASCAL (1974), RAVENNE *et al.* (1977 b), CHUNG et KANAMORI (1978 b), ROCA (1978), à ce qu'il provoque des irrégularités majeures dans le processus de subduction. De fait, les taux de surrection sont nettement plus élevés sur Santo et sur Malekula, c'est-à-dire juste au niveau de la ride,

qu'ils ne le sont à Efaté, située nettement plus au sud, ou même que dans le sud de Malekula. De même, l'accroissement du taux de surrection à l'Holocène semble plus net sur Santo et Malekula qu'à Efaté : on peut voir également l'influence de la ride d'Entrecasteaux. D'un autre côté, on peut remarquer que, depuis la période Holocène, c'est-à-dire une dizaine de milliers d'années, à raison d'un taux de convergence estimé de 10 (ROCA, 1978) à 12 cm/an (DUBOIS *et al.*, 1977 b), la ride ne se serait enfoncée que de 1 à 1,2 km seulement. C'est relativement peu : c'est néanmoins peut-être suffisant pour que les irrégularités mêmes de la ride provoquent au fur et à mesure de son enfoncement des variations du taux de surrection.

En fait, comme il est noté plus haut à propos du soulèvement de Malekula de 1965, on peut très bien avoir affaire à des variations à court terme du mouvement de surrection des îles, qui, intégrées dans le plus long terme, n'en changent pratiquement pas le taux moyen.

CONCLUSION

Il reste à s'interroger sur le pourquoi de cette surrection en cours aux Nouvelles-Hébrides, lorsque l'on constate par exemple que dans le cas d'un arc insulaire voisin, celui des Tonga, où la subduction est également tout à fait active, on n'observe pas de soulèvement apparent des terres émergées depuis au moins 125.000 ans, si ce n'est à l'Holocène dans les îles voisines de Tongatapu et d'Eua, ce qui reste très localisé par rapport à l'ensemble de l'arc des Tonga (TAYLOR, 1978). L'exemple des Tonga montre que le processus de subduction n'entraîne pas ipso facto la surrection de l'arc insulaire qui lui est associé.

L'une des causes possibles de la surrection d'un arc insulaire peut être attribuée a priori à la faible capacité de la lithosphère plongeante de s'enfoncer. Mais apparemment aussi, les irrégularités topographiques de cette plaque plongeante perturbent-elles le phénomène de subduction, entraînant un accroissement plus ou moins localisé dans l'espace et dans le temps de la surrection de l'arc correspondant (VOGT *et al.*, 1976 ; voir Chap. V).

Dans le cas des Nouvelles-Hébrides, la ride d'Entrecasteaux constitue une irrégularité majeure. Il serait intéressant, dans cette hypothèse, de déterminer les variations longitudinales du phénomène de surrection du nord au sud des Nouvelles-Hébrides comme l'a fait ROCA (1978) à propos du champ des contraintes et de la pétrologie. Dans cette hypothèse, les résultats obtenus aux îles Torrès seront intéressants. Il serait également intéressant de connaître les modalités de surrection d'îles comme Erromango et Tanna, situées au sud d'Efaté, donc de plus en plus éloignées de la zone d'influence de la ride d'Entrecasteaux. Il est à remarquer dès à présent que si ces deux îles sont en voie d'émersion (on y observe des terrasses récifales soulevées, toutefois moins développées dans le cas de Tanna), cela ne semble pas être le cas d'Aneityum, l'île située le plus au sud, où l'on n'observe pas, de manière évidente du moins, de terrasses calcaires soulevées.

Manuscrit remis en mars 1980
Manuscrit révisé en juin 1981