

# Étude géomorphologique de l'île Tubuaï (Australes)

R. BROUSSE <sup>(1)</sup>, J. P. CHEVALIER <sup>(2)</sup>, M. DENIZOT <sup>(3)</sup>,

B. RICHER DE FORGES <sup>(4)</sup> et B. SALVAT <sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> Laboratoire de Pétrographie, Faculté des Sciences, 91400 Orsay.

<sup>(2)</sup> Institut de Paléontologie, Museum national d'Histoire naturelle,  
8, rue de Buffon, 75005 Paris.

<sup>(3)</sup> Institut de Botanique, Faculté des Sciences,  
5, rue Auguste-Broussonet, 34000 Montpellier.

<sup>(4)</sup> Laboratoire des Arthropodes, Museum national d'Histoire naturelle,  
61, rue de Buffon, 75005 Paris.

<sup>(5)</sup> École pratique des Hautes Études, Museum national d'Histoire naturelle,  
55, rue Buffon, 75005 Paris.

## RÉSUMÉ

L'île Tubuaï est le reste d'un double appareil volcanique en partie effondré et disséqué et qui a subi une forte subsidence. Elle est entourée par un récif barrière d'une grande largeur qui, à l'Ouest, n'est séparé du littoral que par un petit chenal. La pente externe, faible, montre des témoins d'anciens niveaux marins. Le lagon peu profond (15 m maximum) est encombré de pâtés coralliens dont certains sont rubannés et en voie d'ensablement. Une hypothèse est avancée pour expliquer la physiographie de l'île : après la construction volcanique et une phase importante de subsidence durant laquelle la construction récifale a été faible, s'est constituée une large plate-forme en bordure de laquelle les organismes constructeurs ont édifié un complexe récifal sans doute de faible épaisseur.

Fondation Singer-Polignac, 43, avenue Georges-Mandel, 75016 Paris.  
Cahiers de l'Indo-Pacifique, Volume 2, n° 3, 1980, p. 1-54; ISSN 0180-9954.

## ABSTRACT

Tubuai Island is the remaining of a double volcano apparatus, partly destroyed and dislocated, and sunk by a strong subsidence. The island is surrounded by a long barrier reef, which, at the west is separated from the coast by a narrow channel. Ancient marine levels can be seen on the slow outer slope. The shallow lagoon (up to 15 m), crowded by ribbon-patch-reefs, is partly silt up. To explain the island physiography we proposed as a working hypothesis the following scheme: a volcanic construction and a strong subsidence phase, during which the reef build up was slow. Then the establishment of a large platform along which the organic builders have erected a reef complex probably not very thick.

## AVANT-PROPOS

Fidèle à son programme d'investigations scientifiques en Polynésie française, le Comité scientifique du Service mixte de Contrôle biologique proposa d'entreprendre des recherches dans l'Archipel des Australes encore peu exploré à ce jour. En vue de réaliser ce projet, la Direction des Centres d'Expérimentations nucléaires décida, en accord avec le Museum national d'Histoire naturelle et divers autres organismes de Recherches et d'Enseignement, d'envoyer, dans un premier temps, une mission dans l'île de Tubuāi, la plus importante des Australes, où séjournèrent en mai 1979 six chercheurs œuvrant dans différentes disciplines :

R. Brousse : pétrographie des roches volcaniques, morphologie insulaire.

J. P. Chevalier : géomorphologie récifale et Coraux.

M. Denizot : récifs et flore marine.

N. Hallé : flore terrestre.

Y. Plessis : Ichtyologie.

B. Salvat : récifs, substrats meubles, Malacologie.

Le *Marara*, navire équipé en vue d'études océanographiques, participa les premiers jours à cette campagne et B. Richer de Forges fut chargé de la conduite des dragages et des études de la pente externe.

Les participants à cette mission sont heureux d'associer dans un même témoignage de reconnaissance M. le Professeur Fontaine, Membre de l'Institut et Président du Comité scientifique du SMCB, le Général de Corps d'Armée Dubost et le Général de Corps aérien Rouyer qui se sont succédés en 1979 et 1980 dans la Direction des Centres d'Expérimentations nucléaires, le chef du Service mixte de Contrôle biologique, le Médecin-

Colonel Fuhrer et son adjoint le Médecin-Colonel Ehrhardt. Notre gratitude s'adresse également à tous ceux qui, à Paris comme à Tahiti, ont procédé aux préparatifs de cette Mission et qui, par leur dévouement et leur compétence, nous ont rendu cette campagne agréable; nous pensons tout particulièrement au Commandant Bernadac et à ses collaborateurs. Nos remerciements vont aussi à la Météorologie nationale et au Service hydrographique de la Marine qui, tous deux, nous ont apporté leur concours en nous fournissant des informations précieuses sur la région.

Pour les recherches sur le terrain, aussi bien dans l'île que sur les formations récifales, nous avons consulté les photos aériennes au 1/10 000 réalisées par l'Aéronautique navale française en septembre 1969.

## I. SITUATION ET HISTORIQUE

Située par 149°29' de longitude Ouest à la latitude (23°22') du Tropique du Capricorne, Tubuaï est la plus grande île de l'Archipel des Australes (45 km<sup>2</sup>). Elle est placée au nord de l'Archipel qui selon un alignement SE-NW s'étend depuis le récif du Président Thiers jusqu'à l'île Maria avant de se poursuivre dans l'Archipel des Cook. Tubuaï est située à 688 km au sud de Tahiti et à 200 km de Raevavae, l'île la plus proche.

L'île est grossièrement elliptique, ne présente aucune découpure, ni baie, ni péninsule. Elle mesure 9,5 km d'Est en Ouest et 5,5 km du Nord au Sud. Avec les formations récifales qui l'entourent, elle mesure 16 km sur 10,5 km. Le lagon (85 km<sup>2</sup>) est presque deux fois plus étendu que les terres émergées de l'île, et le récif barrière entourant l'île s'étire sur environ 36 km (*fig. 17*).

L'île comprend deux massifs de montagne. Le plus important à l'Est culmine au Mont Taita (422 m); l'autre à l'Ouest ne comprend qu'une série de collines dont la plus élevée est le Mont Hanarého (325 m). Entre ces deux parties élevées de l'île, se situe le col de Huahine permettant facilement le passage Nord-Sud.

### 1. Population

Trois communes, Mahu, Mataura et Toabuaia, ont respectivement (recensement de 1977) 313, 668 et 568 habitants répartis sur les 1 180,

2 030 et 1 290 ha de leurs surfaces émergées. Ainsi Tubuaï, avec 1 549 habitants pour 45 km<sup>2</sup> a une faible densité d'occupation (34 habitants par kilomètre carré) mais cette densité n'est guère représentative car, seules ou presque, les plaines sont occupées alors qu'elles ne couvrent qu'un quart de Tubuaï, les marais occupant un quart de la superficie de l'île tandis que les montagnes en couvrent environ la moitié (*fig. 1*).

Comme dans toutes les îles Australes, la première venue humaine y est récente, faite depuis Tahiti, en l'an 1 000 et 1 300, c'est-à-dire du XI<sup>e</sup> au XIII<sup>e</sup> siècle (SUGGS, 1960; EMORY, 1963; EMORY et SINOTO, 1964).

Nombre de maraes témoignent des anciennes pratiques incantatoires au « Dieu Suprême » Taio Aia et aux « Dieux-Seconds » Terii Rerehiti et Rua Paauri. Ces maraes sont conçus sur un plan rectangulaire, ouvert d'un côté, et généralement du côté mer, alors que sur leurs trois autres côtés se dressent des pierres jusqu'à 2 m de hauteur apparente. Ces blocs presque toujours en phonolites naturellement sculptées doivent peser jusqu'à 4 t.

Actuellement cinq religions sont suivies à Tubuaï : le catholicisme est la religion des Tanaris, le protestantisme est celle des anglo-saxons (premiers évangélistes en juin 1822), les mormons (premier missionnaire le 21 octobre 1825) et les sanitos se recommandent des américains et les adventistes de la Nouvelle-Zélande (ILARI, 1973, p. 151).

## 2. Historique

Tubuaï fut découvert par Andria y Varela en 1775 qui passa au large de l'île seulement. Cook, deux ans plus tard, y débarqua. L'île porta d'abord le nom de isla de los Pajaros avant de retrouver son nom polynésien. La géomorphologie de l'île et de ses formations récifales n'a pour ainsi dire jamais été étudiée, les grandes expéditions scientifiques de la fin du siècle dernier et du début du XX<sup>e</sup> siècle l'ayant laissée à l'écart. On peut seulement mentionner les toutes premières reconnaissances de l'île par J. P. IDDINGS (1916), P. MARSHALL (1918), J. P. IDDINGS et E. W. MORLEY (1918), L. J. CHUBB (1927), W. C. SMITH et L. J. CHUBB (1927). Les travaux de A. LACROIX (1927 à 1933) ont ensuite porté sur la nature des laves jusqu'aux études de terrain de J. M. OBELLIANNE (1955), de E. AUBERT DE LA RUE (1959) et, récemment, de G. MOTTAY (1976).

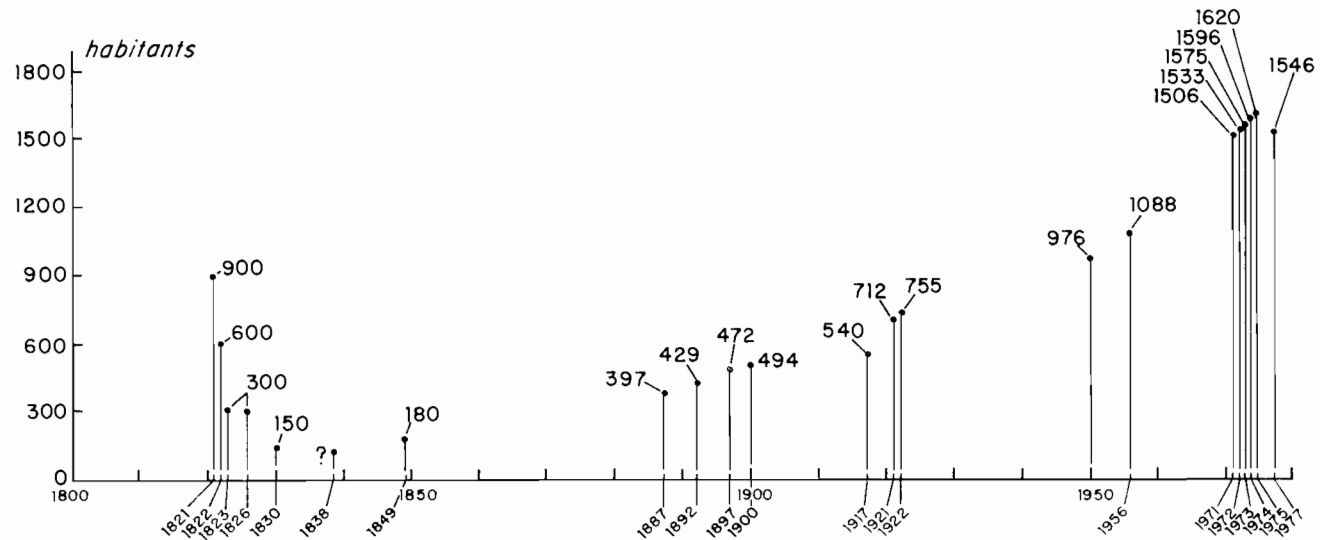


Fig. 1. — Évolution de la population de Tubuaï d'après les estimations de divers auteurs. Le minimum d'occupation aux alentours de 1840 est confirmé par DUPETIT THOUARS (1844) qui ne signale pour 1838 que de rares habitants. Dès 1951 : chiffres du recensement officiel.

## II. DONNÉES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES

### 1. *Données climatiques*

L'île Tubuaï est soumise à un climat tropical humide, mais, étant située à la latitude du Tropique du Capricorne, les deux saisons chaude (décembre à mars) et fraîche (mai à septembre), sont bien tranchées. Durant la saison fraîche, de fréquentes expulsions d'air froid provenant des perturbations du front polaire austral parviennent jusqu'à l'île.

a) *Température*. Le tableau I suivant indique les températures relevées dans l'île durant la période de 1966 à 1970.

La moyenne annuelle (23,0°C) est sensiblement plus faible que celle des îles Gambier situées plus à l'Est mais presque à la même latitude (H. CHÈVRE, 1974) et nettement inférieure à celle des îles de la Société. La température moyenne du mois le plus chaud est de 25,4°C, celle du mois le plus frais de 20,8°C.

b) *Précipitations*. Il tombe en moyenne 2 m d'eau par an, sensiblement plus qu'à Rikitea (îles Gambier), beaucoup plus que sur les atolls. L'été austral (décembre à mars) est sensiblement plus pluvieux que l'hiver. Le tableau II donne la répartition mensuelle au cours de deux décennies : 1951-1970.

La moyenne annuelle à 2 m d'eau est cependant encadrée par des extrêmes différant de 1 m (minimum à 1,6 m pour un maximum à 2,6 m). C'est dire qu'il y a des années très pluvieuses avec 16 jours de pluie par mois (21 à 24 maximum de décembre à avril) alors que la moyenne est à 12 jours de pluie par mois (2 à 5 minimum en octobre-novembre).

c) *Humidité relative*. Durant l'année elle est de 83 % (moyenne annuelle pour la période 1966-1970) c'est-à-dire sensiblement plus qu'aux Gambier (79 %) et qu'à Tahiti (78 % à Faavaa).

d) *Pression atmosphérique*. La pression moyenne annuelle est 1 014,6 mbars.

e) *Manifestations orageuses*. On compte en moyenne 15 journées d'orage par an, c'est-à-dire sensiblement plus qu'aux îles Gambier mais moins qu'à Tahiti.

f) *Vent au sol*. En toutes saisons les vents dominants sont les Alizés qui soufflent de l'Est avec une dominante E-NE (*fig. 2*). Les vents sont

TABLEAU I (1)

Température	Mois												Année (Moyenne)
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Moyenne des maximums.....	27,7	27,6	27,9	27,0	25,4	24,2	23,4	23,2	23,6	24,0	25,6	26,7	25,5
Moyenne des minimums.....	22,6	22,8	22,8	22,0	20,0	18,9	18,2	18,3	18,4	19,0	20,5	21,5	20,4
Moyenne mensuelle...	25,2	25,2	25,4	24,5	22,7	21,6	20,8	20,8	21,0	21,5	23,1	24,1	23,0
Maximum absolu.....	30,0	29,8	30,0	30,1	29,8	26,7	27,3	26,0	26,2	26,4	27,8	29,6	30,1
Minimum absolu.....	17,1	19,5	16,9	17,2	14,6	12,0	12,2	11,6	11,4	11,7	14,6	14,3	11,4

(1) Ces documents et les suivants nous ont été aimablement communiqués par M. G. Euillet (Direction de la Météorologie, Services météorologiques d'Outre-Mer.

TABLEAU II

Mois												Total annuel (moyenne)
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Moyenne (mm) : 1961-1970												
179,0	221,6	249,9	215,5	138,5	88,9	161,1	156,3	145,8	158,6	151,6	232,7	2 099,5
Moyenne (mm) : 1951-1960												
264,8	215,3	228,6	164,4	131,2	90,1	110,4	181,5	148,8	59,4	135,6	275,9	2 006,0

TABLEAU III

	Profondeur (m)												
	Surface	25	50	100	200	300	400	500	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
Été...	26°	23,5°	22,5°	21,5°	19,5°	16,5°	12,5°	9°	4,5°	2,3°	1,8°	1,5°	1,2°
Hiver.	23°	22,5°	22,5°	21°	19,5°	16°	13°	9°	4,5°	2,3°	1,8°	1,5°	1,2°

généralement de force modérée et 57 % des vents ont une vitesse égale ou inférieure à  $4 \text{ m.s}^{-1}$ .

g) *Cyclones*. L'île Tubuaï est peu affectée par les dépressions cycloniques, moins que les Tuamotu. Quelques cyclones qui ont occasionné d'importants dégâts en Polynésie ont touché l'île cependant. Le cyclone de février 1865 occasionna une forte marée de tempête qui anéantit un ou deux villages.

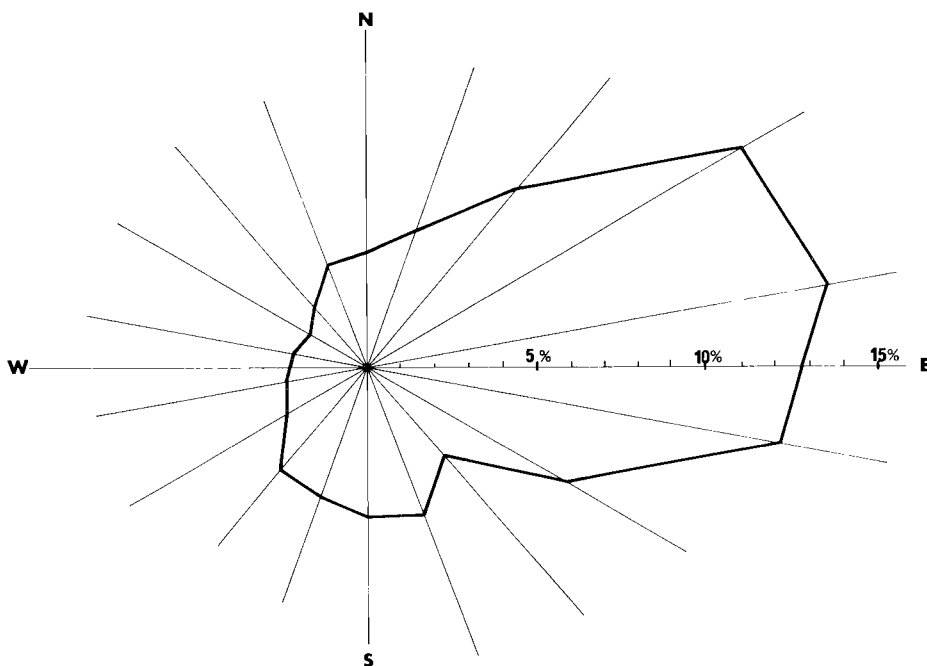


Fig. 2. — Pourcentage de direction des vents observés à Tubuaï de 1966 à 1970 (d'après les archives de la Météorologie nationale).

En août 1933 (période anormale pour les cyclones; dû à une brusque invasion d'air froid originaire du front polaire austral), un cyclone de direction WNW-ESE atteignit l'île, causa de forts dégâts à la suite d'une marée de tempête qui amena l'eau à monter de 1,5 m. En février 1937, un cyclone de direction NW-SE toucha Tubuaï; la mer démontée envahit la côte NE où l'eau monta de 1 m. Un autre cyclone affecta l'île en février 1940. (RAVET, 1934; GIOVANELLI, 1936, 1940).

Des montées anormales du niveau de l'eau dues à des phénomènes d'origine sismique se produisent quelquefois à Tubuaï (TALANDIER, 1979).



## 2. Données hydrographiques

a) *Température de l'eau.* Au voisinage de Tubuaï, d'après les documents aimablement fournis par le Service hydrographique de la Marine, les températures de l'Océan en surface et en profondeur sont indiquées tableau III.

b) *Courants océaniques.* D'après les cartes fournies par le Service hydrographique de la Marine, l'île Tubuaï est baignée par le courant Sud-Équatorial de direction NE-SW ou E-W, mais au voisinage des Australes, il subit fréquemment des perturbations. En effet, durant la plus grande partie de l'année, une branche de ce courant, après avoir circulé dans les Tuamotu et les îles de la Société, s'infléchit vers le Sud à l'Ouest de Tubuaï (de mars à août c'est au niveau des îles Cook que se produit ce changement d'orientation), puis entre le Tropique et le 30° latitude Sud il prend une orientation NW-SE ou W-E. Après avoir baigné l'île ou ses abords méridionaux, ce courant se dirige ensuite souvent vers le Nord. Ainsi, presque toute l'année, l'île Tubuaï est entourée par un courant océanique circulaire dirigé en sens inverse des aiguilles d'une montre et qui se déplace, suivant les saisons, vers le Nord (ou le Sud) et vers l'Est (ou l'Ouest).

c) *Courants de lagon.* Nous ne possédons aucune étude sur la circulation de l'eau dans le lagon. Cependant, d'après nos observations et les cartes aériennes, nous sommes parvenus aux conclusions suivantes :

Les communications entre le lagon et l'Océan sont faciles par dessus le récif barrière par suite de l'absence de larges zones émergées. En outre, du fait de la réduction du lagon dans la partie occidentale, la houle qui arrive sur le récif dans cette région parvient au rivage et de là, l'eau s'écoule suivant deux directions : a) au Sud, dans la partie interne du lagon, existe un courant dirigé en sens inverse des aiguilles d'une montre et qui atteint la passe Nord où se trouve un courant sortant; b) au Nord, le courant circule en sens inverse du précédent jusqu'à la passe. Partout l'eau qui pénètre dans le lagon au-dessus du récif barrière suit cette circulation générale (*fig. 3*). Les deux petites passes du Sud-Ouest ne jouent qu'un rôle de vidange très local.

Il semble que le faible déferlement de la houle sur la bordure externe du récif, conditionné ici par la faiblesse de la pente externe, aboutisse plus que dans les atolls à pente forte et à crête algale haute, à une dénivellée peu importante entre l'Océan et le lagon. Il existe d'ailleurs un

courant de retour inhabituellement fort sur la crête même, de sorte que les masses d'eau qui pénètrent dans le lagon sont peu importantes et que la circulation esquissée plus haut est relativement faible. Il en résulte que le lagon de Tubuaï serait ainsi stagnant, du moins à une certaine profondeur, ce qui est en accord avec la richesse en bactéries sulfato-réductrices qui se manifeste nettement dans la partie externe de ce lagon où les influences terrigènes sont les plus faibles. Sur la crête, la faiblesse relative du déferlement se traduit par la prolifération des Cyanophycées au fond des sillons, fait rare sur les atolls mais bien connu par contre, et très localement, à Scilly (îles de la Société).

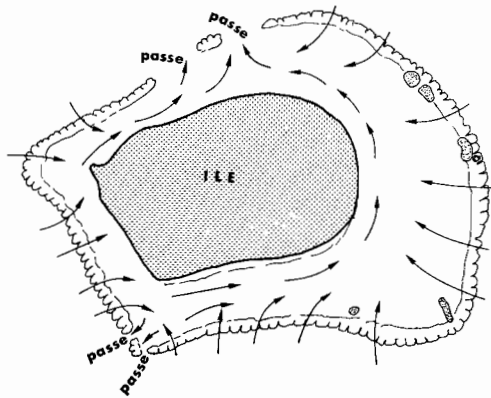


Fig. 3. — Schéma de la circulation des eaux de surface dans le lagon de l'île Tubuaï.

### III. L'ILE HAUTE VOLCANIQUE

#### 1. *Le volcan de Tubuaï*

Tubuaï est installée sur le socle océanique du Crétacé supérieur âgé d'environ 75 M. A. (carte géologique du Pacifique) et profond alors de — 4 500 m. La base elliptique a 150 km suivant la direction NO-SE sur 100 km pour le petit axe. Autrement dit, le volume de l'île assimilé à un cône, est de 78 500 km<sup>3</sup>. Le volume actuellement émergé et en relief de 7 km<sup>3</sup>, ne représente donc que 1/10 000<sup>e</sup> du volume total (*fig. 4*).

Le volcan est fortement abaissé et disséqué par l'érosion (*pl. I, fig. 1*) en raison de sa faible altitude (Taïta à 422 m), de l'importance du récif frangeant et du lagon (1,4 à 5 km), de l'importance aussi des criques

limitant les bassins versants des rivières. Le profil en long des ruisseaux est typiquement en L renversé, la plus grande partie du cours aval a une très faible pente alors, qu'à l'inverse, la partie amont est redressée et subverticale (cascade sous le Mont Herane). L'obtention d'un tel profil est bien la marque d'une longue évolution. Les rivières de Tubuaï ont toujours de l'eau. Elles fonctionnent cependant en torrents occasionnels

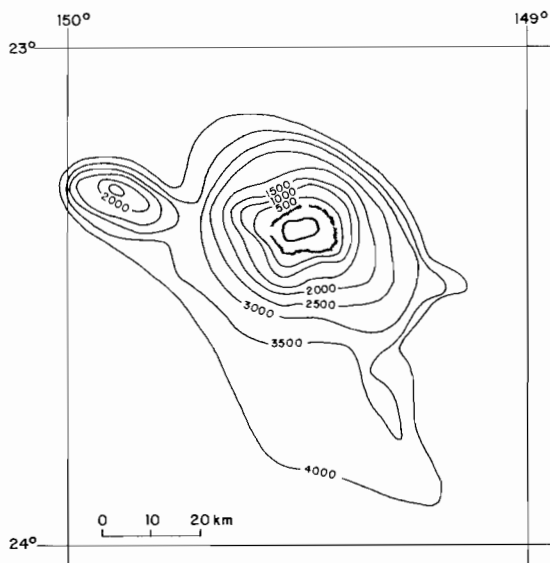


Fig. 4. — Bathymétrie des environs de l'île Tubuaï (d'après la carte bathymétrique de l'île, CNEXO, 1974).

capables de déplacer des blocs (parfois de plus de 1 m de diamètre) et leur lit n'est qu'un amas de rochers qui masque totalement le bed-rock (exemple de la rivière en amont du décanteur d'adduction d'eau 1969 de Mataura). Bien que très érosives et transportant à la fois des blocs et les argiles du mamu d'altération, les rivières ont largement le temps de se décanter dans la traversée des marécages et de la plaine côtière où elles font de nombreux méandres lorsqu'elles ne s'y perdent pas. A leur arrivée au lagon, elles ne sont donc que peu ou pas chargées de matériaux détritiques et devraient être insuffisantes à interdire la croissance corallienne; il n'y a pas de passes dans le récif barrière face à leur déversion. Pour la même raison, l'apport de sable volcanique noir est faible et toutes les plages de Tubuaï ont un sable blanc peu mêlé.



## PLANCHE I

Fig. 1. — L'île Tubuāi vue depuis la lèvre Nord de la passe Sud-Ouest. Le récif barrière

Fig. 2. — L'île Tubuāi vue depuis Motu Ofai, îlot volcanique.

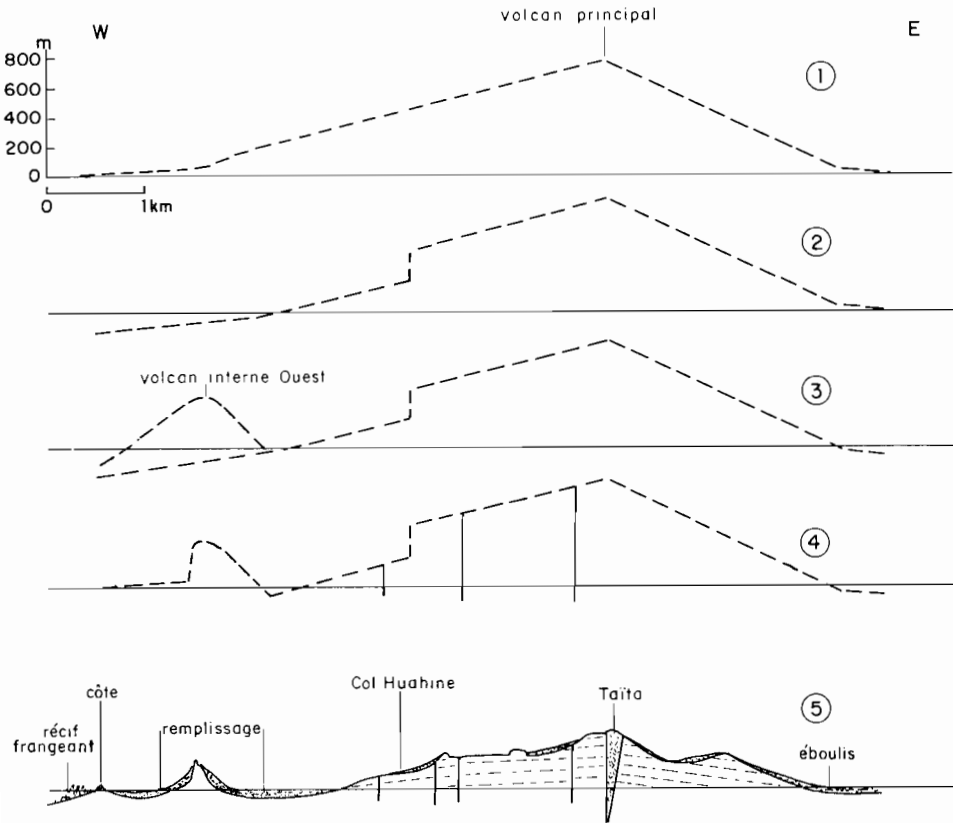


Fig. 5. — Proposition d'évolution en 5 stades des deux volcans de Tubuaï.

Il existe clairement deux volcans séparés par le col de Huahine (OBELLIANNE, 1955), volcans anciens pour lesquels les parts revenant à la morphologie initiale et à l'érosion sont difficiles à identifier. Les 5 stades d'évolution, présentés en une coupe Est-Ouest (fig. 5), sont donc largement interprétatifs.

Au premier stade, semble s'édifier un volcan régulier, fait de coulées empilées, que recoupe des dykes Est-Ouest et quelques necks de phonolite.

Au second stade, le secteur Nord-Ouest paraît s'être effondré.

Au troisième stade, un volcan régulier (?), se serait élevé dans l'enceinte effondrée.

Le quatrième stade serait celui de l'effondrement à l'Ouest du nouveau volcan.

Le cinquième stade conduit à la morphologie actuelle par érosion, éboulis au bas des pentes et remplissage des cuvettes internes.

## 2. *Les mouvements relatifs île-océan*

Tubuāi présente bien des caractéristiques spécifiques. Toutes les côtes y sont basses et il existe même une assez large plaine côtière prolongée par d'importants marais. Au delà, la montagne débute progressivement et il n'y a pas de falaises. Ces faits militent en faveur d'une longue persistance d'un niveau marin au-dessous du niveau actuel suivie d'une lente remontée. La présence d'un paléorécif frangeant n'est toutefois pas assurée car les sondages (BECKER et GUILLEN, 1977-1978) bien qu'ayant atteint 35 m à la hauteur de Mataura n'ont pas été jusqu'au substrat volcanique. Par ailleurs dans l'épaisseur forée, seules des argiles détritiques, grises à noires, ont été rencontrées. Elles sont horizontales depuis la cote 0 de surface jusqu'à — 24 m puis au-dessous elles sont inclinées de 30°; en réponse peut-être à un mouvement tectonique (?) (*fig. 6*).

## 3. *Érosion et altération*

Un étrange aspect des phonolites est communément présenté par celles-ci qu'elles soient en place dans l'île (Taïta...), le lagon (Motu Ofai) ou en éboulis.

Tous les rochers à nu sont en effet découpés en profonds et étroits sillons parallèles, séparés par des crêtes acérées, elles-mêmes déchiquetées. Toutes les phases de création de ces sillons existent avec, au départ des alignements de petites cuvettes (quelques centimètres à 10 cm). L'érosion alvéolaire éolienne a pu créer et développer de tels sillons (BROUSSE, 1979) aux dépens d'une roche poreuse possédant les fissures superficielles nécessaires pour que l'eau et les embruns salés puissent s'infiltrer. On sait que l'eau se fraye ensuite un chemin dans la pierre en direction des faces de celle-ci sur lesquelles l'évaporation est la plus rapide, c'est-à-dire là où le vent souffle le plus fort et le plus souvent. L'évaporation de l'eau saline qui laisse des cristaux engendrant des tensions se fait à l'intérieur des pores,

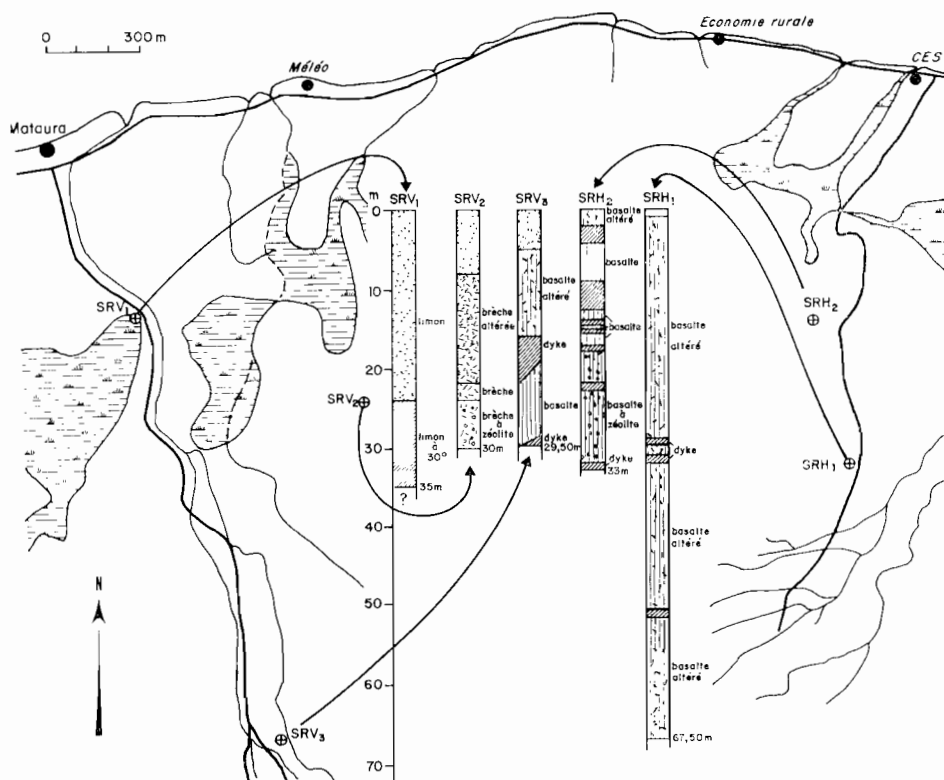


Fig. 6. — Emplacement et log. des forages faits pour l'approvisionnement en eau de Tubuaï (sur fond topographique d'après l'assemblage cadastral établi en 1943-1944) (d'après BECKER et GUILLEN, 1977-1978).

à quelques millimètres sous la surface. Une première cavité se crée alors par corrosion sous tension; elle n'a plus qu'à s'agrandir rapidement.

Cette hypothèse n'explique pas pour autant les raisons qui font que les phonolites de Tubuaï soient en priorité sculptées, beaucoup plus, par exemple, que celles de Ua Pou (îles Marquises) pourtant placées dans le même environnement océanique bien venté.

De plus, il y a lieu de se poser le problème de l'origine des énormes blocs (plus de 3 m de diamètre) répartis au pied des reliefs phonolitiques et notamment du Mont Taïta sur tout le versant dit du C.E.S. et jusqu'à la côte, peut-être même jusqu'au Mont Ofai (aucun critère stratigraphique n'a permis de distinguer le caractère de l'affleurement en place ou déplacé).

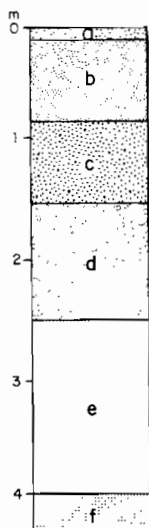


Fig. 7. — Coupe du « minerai de fer » de Tubuaï (selon OBELLIANNE, 1955) : (a) grenaille avec un peu d'humus; (b) grenaille et terre rouge ferrugineuse; (c) terre jaune d'ocre avec des concrétions blanches; (d) banc du pisolitique grossier avec quelques poches de terre ocre; (e) terre ocre; (f) roche-mère en voie d'altération. Les grenailles (analyses 203 + 205) et les blocs plus durs (204) du « minerai de fer » marquent la fixation de fer alors que les « rognons blancs » en accidents dans la masse (analyse 206) marquent la fixation d'alumine; c'est ce que montrent encore les trois analyses (207-208-209) des roches-mères basaltiques en cours d'altération et déjà enrichies en fer et alumine.

	203	205	204	206	207	208	209
SiO <sub>2</sub> .....	2,52	1,20	1,68	6,32	35,52	35,20	34,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	6,74	5,20	6,40	56,47	31,35	28,62	26,12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	73,52	75,18	71,87	6,69	9,04	9,54	8,92
FeO.....	tr.	0,78	0,59	tr.	7,02	8,02	7,62
CaO.....	tr.	0,25	0,35	tr.	8,35	8,97	8,74
MgO.....	tr.	0,34	0,32	tr.	2,72	2,54	7,97
TiO <sub>2</sub> .....	1,30	2,20	2,24	0,96	2,60	2,56	2,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	1,27	1,35	1,23	0,37	1,13	1,25	1,19
So <sub>3</sub> .....	0,13	—	—	0,13	0,07	0,10	0,10
Mn.....	0,22	0,10	0,10	0,02	0,20	0,22	0,20
Pb.....	—	—	—	—	—	0,33	0,43
Zn.....	—	—	—	—	tr.	0,20	0,30
H <sub>2</sub> O.....	14,20	13,38	15,10	29,05	1,90	2,40	1,20
TOTAL.....	99,90	99,98	99,88	100,01	99,90	99,95	99,97



Si l'éboulis s'est fait sur une pente continentale encore a-t-il fallu que celle-ci soit très humide et totalement dépourvue de végétation. Une autre hypothèse peut regarder les éboulis comme s'étant produits en falaises marines alors que la mer battait à près de 400 m au-dessus du niveau actuel. L'érosion cupulaire des phonolites aurait alors été acquise en milieu marin sous l'effet des courants réguliers et des organismes fousseurs. Cette hypothèse séduisante exige toutefois un important mouvement de relèvement de l'île de 400 m et, par ailleurs, ni plages soulevées ni débris coralliens élevés n'ont pu être reconnus.

Bien évidemment l'altération actuelle est intense dans toute l'île de Tubuaï créant un manteau de latérite rouge qui sous climat sans alternance très marquée des saisons n'a pas d'horizon d'accumulation ferrugineuse - la mamu.

Partout l'altération est intense, rapide et totale. A l'exception des calcaires de la plaine côtière et des tourbes des marécages, les roches sont décomposées en mamu rouge, dur, compact, parfois teinté, aux contacts des dykes, en rose et violacé. Sur ce mamu, et en dehors des forêts-galeries qui serpentent le long des ruisselets poussent essentiellement les fougères gleicheniacées — *Dicranopteris* (Anuhe) — auxquelles se mêlent les lycopodes — *Lycopodium cernuum* (Maiutafai). Le tapis de fougères atteint fréquemment près de 2 m de hauteur et il rend les progressions difficiles et pénibles. La profondeur atteinte par l'altération est variable, de 2 m dans le sondage 8 RH<sub>2</sub> (fig. 6) à 16 m (SRV<sub>3</sub>) et 22 m (SRV<sub>2</sub>). L'exceptionnelle altération argileuse et zéolitique jusqu'à plus de 67,5 m au sondage SRH<sub>1</sub> est à mettre au compte de l'exercice d'une paléozone thermique. Il faut ajouter qu'une cuirasse pédologique fossile persiste à l'altitude de 40 à 50 m, à l'Ouest et au centre de l'île; 2 à 4 m d'accumulations ferrugineuses (OBELIANNE, 1955) dites « minerais de fer » (RUSSEL, 1935) représentent un horizon d'accumulation fossile créé sous des conditions climatiques différentes des conditions actuelles présentant alors une période sèche. L'âge de formation de cette latérite comme celui de l'érosion des horizons superficiels jusqu'à faire apparaître la cuirasse n'a pas été précisé (fig. 7).

#### 4. Le rivage

Le rivage portant le lagon est partout constitué de sables où la proportion d'éléments récifaux l'emporte en général sur les éléments terrigènes et

volcaniques. Il n'y a que deux endroits où se rencontrent des rochers en zone intertidale; il s'agit de « rochers noirs » volcaniques, l'un au Sud-Ouest, à Tepu, l'autre près de la Station Météo à Tahaureia au Nord-Est.

#### IV. LES FORMATIONS RÉCIFALES

##### 1. *Le récif barrière*

Le récif barrière s'étend sur une distance de 36 km environ et forme une couronne continue interrompue seulement par une grande passe au Nord de l'île et deux passes mineures au Sud-Ouest. Sa bordure est plus rapprochée du rivage à l'Ouest (en moyenne 1,5 km, parfois à peine 1 km) qu'à l'Est (moyenne 4,5 km). Il encerre un lagon de faible profondeur et par places devient presque frangeant (à l'Ouest). Sa limite est dans quelques secteurs imprécise.

Dans l'ensemble, le récif barrière est très large : dans le Sud, sa largeur moyenne est de 800 m mais il peut atteindre 1 300 m; dans l'Est, il est de 500 m mais peut s'abaisser à 400 m; à l'Ouest sa largeur atteint par places 1 400 m et un petit chenal peu profond le sépare du rivage; par contre de part et d'autre de la passe le récif barrière s'amenuise lentement et souvent ne dépasse pas 200 m.

Du lagon vers l'Océan, le récif barrière comprend :

- la pente interne,
- le platier;
- la pente externe.

A. Platiers et pente interne. Nous prendrons différents exemples autour de l'île.

1. Exemple de récif barrière dans la partie méridionale (non loin de l'îlot Plat). Depuis l'Océan, on observe (*fig.* 8 A, B) :

a) Une bordure externe (10 m environ de largeur), formée d'une crête algale assez bien développée qui comprend nettement deux zones :

— une crête à Lithothamniées en position externe, émergeant d'environ 40 à 50 cm à marée basse et formée essentiellement de *Porolithon* (en particulier *P. onkodes*). Cette crête est entaillée par un système de sillons et d'éperons peu développés; les sillons très irréguliers ont environ 1

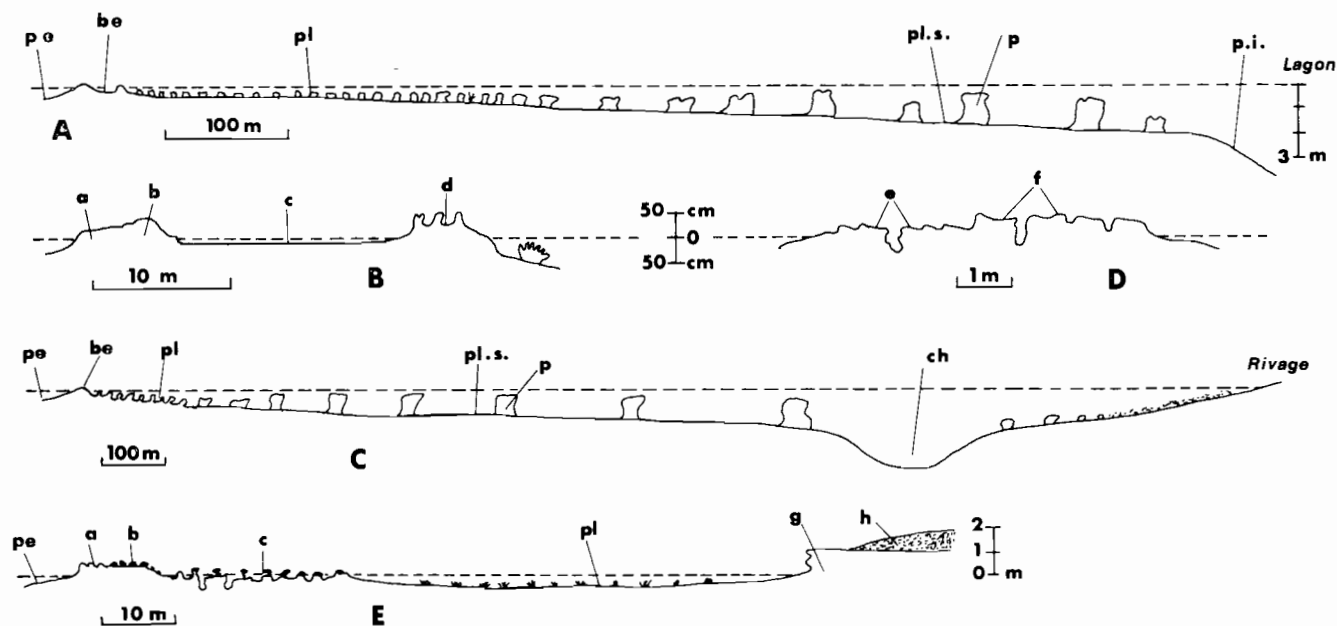


Fig. 8. — Différentes sections à travers le récif barrière de l'île Tubuai : A, Coupe dans la partie méridionale de l'île près de l'îlot Plat; B, détail de la bordure externe de la coupe précédente; C, Coupe à travers les formations récifales depuis l'île jusqu'au bord externe au S-E; D, bordure externe de la coupe précédente; E, le récif barrière devant l'îlot Motu Roa; p.e., pente externe; b.e., bordure externe; pl., platier récifal; pl.s., platier sableux; p.i., pente interne; a, crête à *Porolithon*; b, crête à *Lithophyllum*; c, petit platier externe; d., ancien platier en voie d'érosion; p., pâtés coralliens; ch., chenal d'embarcation; e., crête externe basse à *Lithothamnium*; f., crête algate fossile; g., complément récifal ancien; h., débris meubles récents.

à 2 m de largeur, sont peu profonds, largement ouverts vers l'Océan et n'entaillent que faiblement la crête algale; ils sont séparés par des éperons de 2 à 3 m de largeur qui n'avancent que faiblement vers l'Océan.

— une crête à *Lithophyllum* en position interne, nettement distincte de la précédente, plus développée devant les sillons mais non entaillée par ces derniers.

La bordure externe ne renferme que très peu de Coraux.

b) Platier qui comprend plusieurs parties :

— un platier externe large d'une trentaine de mètres, situé sous 10 à 30 cm d'eau maximum à marée basse. C'est une dalle à *Porolithon* sur laquelle le recouvrement corallien vivant n'exède pas 5 %. Les coraux sont d'ailleurs moins abondants dans la partie interne où la dalle supporte un riche biotope à *Pocokiella*.

La bordure interne de cette zone est en saillie; large de quelques mètres, elle constitue les vestiges d'un ancien platier en voie d'érosion, discontinu, émergeant de 40 cm au-dessus des basses mers et formé à la fois de Lithothamniées et de Coraux. Il s'agit sans doute d'un ancien platier et non d'une ancienne crête algale. Cette formation couverte d'Algues molles est selon toute vraisemblance, le témoin d'un ancien niveau marin plus haut de 40 à 60 cm que l'actuel. Cette zone est séparée de la suivante par une petite dénivellation de 50 cm présentant quelques faibles rentrants et saillants, très irréguliers, dus à l'érosion.

— un platier interne, large d'environ 900 m, situé sous 90 cm d'eau à 1 m en moyenne dans sa partie externe, mais s'approfondissant lentement jusqu'à 2 m environ au bord interne du platier face au lagon.

Dans sa partie interne (environ 200 m de largeur), ce platier supporte de nombreuses colonies coralliennes (le recouvrement par les coraux est estimé à 40 % environ). Les têtes coralliennes s'espacent progressivement et dans sa moitié interne, le platier est une dalle couverte de sable récifal et supportant des pâtés isolés de plus en plus espacés vers le lagon. Les têtes coralliennes et les pâtés forment souvent des alignements grossièrement perpendiculaires au front récifal (sous l'influence de la houle) mais, parfois aussi, vers le lagon, les pâtés s'alignent suivant une orientation sensiblement parallèle au front récifal. Les ensembles coralliens sont alors distants d'une cinquantaine de mètres. Beaucoup sont richement couverts de Bénitiers (*Tridacna maxima*) dont les coquilles sont abondantes à proximité des pâtés. Parmi les éléments biodétritiques constituant le

sédiment, on note la particulière abondance en certains lieux de valves de *Codakia*, espèce endogée des sédiments.

c) Pente interne faible (angle de 40° environ) couverte de sables et sans constructions récifales.

Les divers aspects morphologiques reconnus dans la coupe précédente présentent des variations d'un point à l'autre. Ainsi :

a) la bordure externe :

— plus à l'Est, dans la région de l'îlot de sable, presque à l'angle S-E, la crête algale basse (n'émergeant que de 20 cm à marée basse) ne comprend qu'une seule zone à *Porolithon* (*P. onkodes*, *P. craspedium*) accompagnée par un recouvrement de 5 à 10 % maximum de coraux encroûtants (en particulier *Millepora*). Les *Lithophyllum* sont présents mais rares, l'arrière crête étant marquée par des *Pocockiella* et *Chlorodesmis* de localisation tout à fait comparable aux observations faites à Tahiti ou à Moorea (pl. IV, fig. 3).

— au sud de Mahu, la crête externe présente la disposition suivante : α) la partie antérieure de la crête, entaillée par de nombreuses cavités ne renferme que relativement peu d'Algues actives sauf dans les trous. Cette partie porte d'assez nombreuses Algues molles; β) en arrière, la crête est plus régulière : c'est une zone de gazons brunâtres avec peu d'Algues calcaires. La présence de certains genres d'Algues notamment *Hydroclathrus*, *Liagora* et même *Dictyosphaeria* est à confronter avec leur localisation dans les atolls où ces Algues ne sont présentes ou ne dominent que sur la partie antérieure du platier. Les *Pocockiella* sont également abondantes mais leur localisation est plus vaste. Cette zone représente une ancienne crête érodée couverte d'Algues molles.

Dans ces deux exemples, le système d'éperons et de sillons est peu développé comme dans la coupe située près de l'îlot Plat. Cependant au sud de Mahu, existent çà et là quelques sillons plus forts entaillant presque complètement la bordure externe.

b) Platier. Dans les autres régions de la bordure méridionale du récif barrière, nous n'avons pas reconnu les restes d'un ancien platier plus élevé comme dans la région de l'îlot Plat.

Dans la région de l'îlot de sable et au sud de Mahu, le platier est en pente très douce jusqu'au lagon. Derrière la crête algale, il se trouve 10 à 40 cm d'eau et au bord interne sous 1 à 1,5 m d'eau. Dans sa partie

externe, il renferme de nombreuses colonies et têtes coralliennes mais le recouvrement vivant est variable : près de l'îlot de sable (angle S-E de la couronne récifale) il n'excède pas 10 % par suite de nombreux apports détritiques rejetés lors des tempêtes, et le substratum est colonisé par des Algues molles; ce platier est plus ou moins caverneux; les cavités sont remplies de galets et de sables non consolidés souvent remaniés. Peu à peu les colonies s'espacent et, dans la partie interne, le platier présente une morphologie proche de celle observée devant l'îlot Plat : les pâtés sont de plus en plus dispersés vers le lagon. Le platier interne est fréquemment un platier sableux.

c) La pente interne est partout douce et sableuse aboutissant au fond du lagon situé sous quelques mètres d'eau.

2. Exemple de récif barrière dans la partie occidentale. Une radiale a été reconnue au SW de la couronne récifale au Nord des deux petites passes. On y observe la zonation suivante (*fig.* 8 C, D).

a) Une bordure externe de quelques mètres de longueur formée d'une crête à Lithothamniées à peine émergée à marée basse (ou au plus de 15 cm) bien vivante; les Lithothamniées sont en forme de microatolls ou de croissants à convexité tournée vers la mer (pl. II). Dans les cavités profondes de 1 à 2 m, vivent, outre des Algues calcaires, quelques coraux; ces cavités ont tendance à se refermer à leur partie supérieure par suite de la croissance des Algues. Le système d'éperons et de sillons n'entaille que faiblement la bordure externe (pl. III, *fig.* 1).

En arrière de cette zone vivante, existe une crête algale morte montrant d'anciennes constructions rubannées ou en croissant de Lithothamniées élevées de 30 à 40 cm au-dessus des basses mers (donc situées à un niveau plus haut que les constructions actuelles) : c'est l'ancienne crête algale, indice d'un ancien niveau marin plus haut de quelques décimètres que l'actuel.

b) Platier (200 m environ de largeur) situé sous 20 à 60 cm d'eau, d'aspect très irrégulier, recouvert de Coraux (15 à 25 % du substratum); entre les colonies, la dalle supporte des passées sableuses de sédiments relativement grossiers.

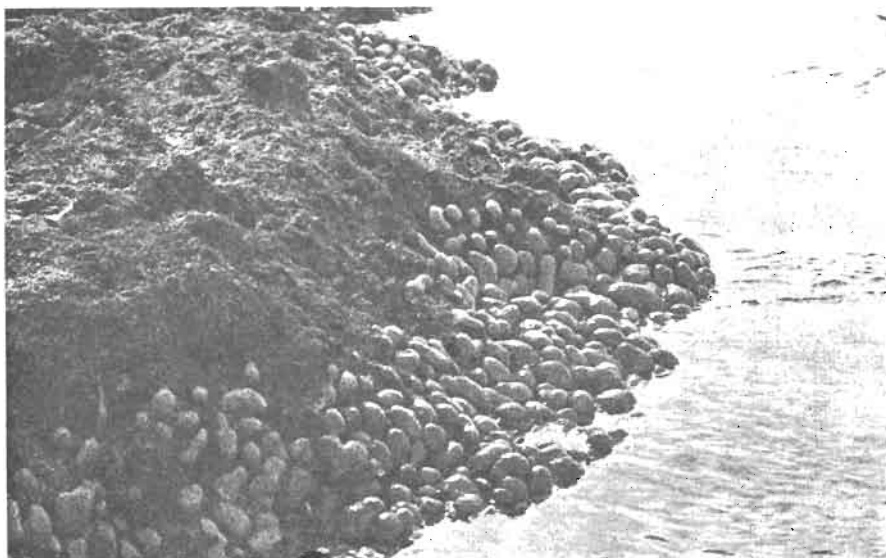
c) Platier interne sableux très large (environ 900 m) sous 1,5 à 2 m d'eau dans sa partie la plus profonde, en pente très douce, supportant de petits pâtés coralliens plus nombreux au voisinage de la zone précédente. Ces



PLANCHE II

Fig. 1. — Le récif barrière à la lèvre Nord de la passe Sud-Ouest.

Fig. 2. — Détail des constructions algaires recouvertes à la base par *Palythoa*.



## PLANCHE III

Fig. 1. — La crête algale du récif barrière au SW de l'île; petit sillon.

Fig. 2. — Arrière-crête algale avec *Palythoa* au SW de l'île.



pâtés sont allongés, alignés perpendiculairement au front récifal mais aussi parallèlement à celui-ci.

d) Pente interne très faible sableuse descendant jusqu'au fond du lagon représenté ici par un chenal profond de 4 m seulement.

A l'extrémité occidentale de la couronne récifale, la crête algale basse n'émerge pas et renferme outre des Algues calcaires des Coraux encroûtants. A l'arrière, la dalle non constructrice est recouverte de nombreux débris et de blocs détritiques apportés par la tempête (certains ont jusqu'à 1,5 m de diamètre) par suite de la convergence de la houle sur le récif dans cette zone. Le platier interne présente la même disposition que dans la radiale précédente mais le lagon n'est pas ici nettement individualisé; on passe insensiblement à une zone située sous 2 à 4 m d'eau (supportant des pâtés coralliens isolés) se relevant lentement et aboutissant en pente douce au rivage (pente sableuse ne supportant que de petites constructions coralliennes très dispersées et peu vivantes). Le récif barrière est ici presque frangeant. Dans cette région, les pâtés coralliens du platier sableux sont fréquemment alignés et plus ou moins soudés sur de longues distances (plusieurs centaines de mètres) suivant une direction perpendiculaire au front récifal.

### 3. Exemple de récif barrière dans la partie orientale, face aux Alizés.

Près du Motu Roa, on a la radiale suivante (*fig. 8 E* en partie).

a) Bordure externe, large d'environ 10 m et comprenant :

— une crête à Lithothamniées (essentiellement *Porolithon onkodes* et *P. craspedium*) dont les constructions sont discontinues, séparées par des zones plus basses où vivent quelques colonies de Madréporaires. Cette crête émerge de 40 cm environ à marée basse.

— une zone à *Lithophyllum* à peine moins émergée, irrégulière où vivent aussi, à côté de ces Algues, *Porolithon* et des Coraux dont le recouvrement atteint 30 à 35 % de la surface. Les niveaux les plus élevés de cette zone sont couverts d'un fin gazon algal.

— une zone interne toute locale peut être définie comme zone à *Halimeda*.

La bordure externe est faiblement entaillée par un système d'éperons et de sillons peu marqués. Parfois cependant, certains sillons peu nombreux sont étroits et coupent la crête algale sur plusieurs mètres de largeur. Dans toute cette bordure externe, les grands Vermets (*Vermetus maximus*)

dont les tubes, de plus de 25 cm, sont tous soudés au substrat, sont bien représentés.

b) Platier récifal. Dans sa partie externe (largeur : 50 à 80 m) il est constitué d'une dalle située sous 10 à 20 cm d'eau supportant des colonies coralliennes dont beaucoup sont mortes et couvertes d'Algues calcaires (le recouvrement vivant par les Coraux n'excède pas 5 %). La dalle renferme des cavités de 50 cm à 1 m de profondeur et supporte de nombreux débris récifaux grossiers (quelques blocs) apportés par les tempêtes. Cette zone est fréquemment soumise à une houle modérée qui ne permet pas une installation durable et importante des colonies de Scléactiniaires. En revanche, parmi les organismes constructeurs, on peut encore citer les grands Vermets (*Vermetus maximus*) qui sont parfois très abondants sur la dalle (SE de l'îlot Motihia):

— un platier interne relié insensiblement à la zone précédente, large de 100 m environ, sous 30 à 50 cm avec des colonies coralliennes assez nombreuses alignées perpendiculairement au front récifal et de plus en plus espacées vers le lagon;

— on passe assez rapidement à un platier sableux large de 400 m environ, profond de 1 à 2 m et supportant des pâtés coralliens dispersés.

c) Pente interne sableuse descendant très doucement vers le lagon.

Une coupe semblable peut être reconnue au sud du Motu Motihia. C'est dans cette région sans doute que la crête est la plus belle face à la houle de l'Est (pl. IV, *fig.* 1-2).

4. Exemple de récif barrière dans la partie septentrionale. A l'Est de la passe, une radiale montre une disposition morphologique sensiblement identique à celle de l'extrémité occidentale; cependant la largeur du récif est plus faible.

a) Bord externe de quelques mètres de largeur formé d'une crête algale basse n'émergeant que de 10 à 20 cm au plus à marée basse renfermant des Lithothamniées faiblement constructrices; les Algues molles sont nombreuses, les Coraux présents mais peu abondants. Le système d'éperons et de sillons est peu développé et irrégulier; les sillons, larges de 2 à 3 m, n'entailent que faiblement la crête algale mais se prolongent parfois jusqu'au platier interne par des canaux où les *Millepora* et les Mollusques *Vermetus* sont abondants et tapissent les parois.

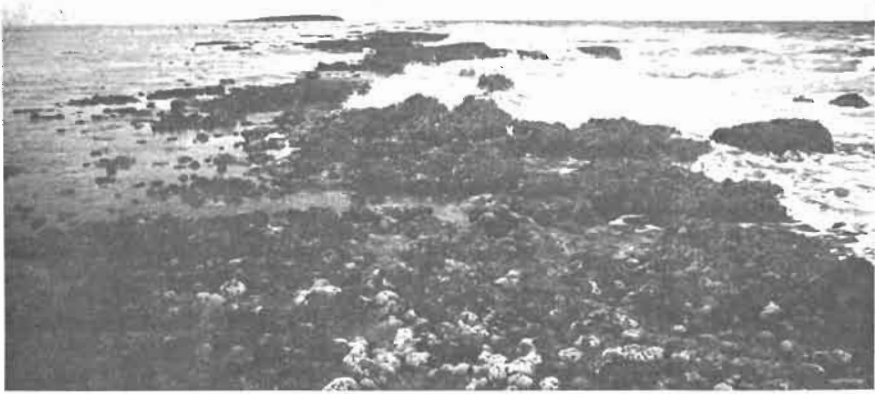


PLANCHE IV

Fig. 1. — Le bord externe du récif barrière au nord de Motu Motihia.

Fig. 2. — Crête algale du récif barrière au sud de Motu Motihia.

Fig. 3. — Bord externe du récif barrière près de l'îlot de Sable.

b) Platier interne avec recouvrement de nombreuses colonies coralliennes (le recouvrement vivant n'excède pas 10 %) faisant place assez vite à une dalle couverte d'éboulis grossiers supportant de petits pâtés coralliens. La bordure interne est située sous 2 m d'eau.

c) Pente interne sableuse, douce.

B. Îlots du récif barrière. Les îlots représentent des dépôts biodétritiques anciens ou récents, cimentés ou non, déposés sur le platier lors des tempêtes et des cyclones. Ils sont peu nombreux et leur situation et leur morphologie est en relation très nette avec la forte houle de l'Est et du Sud-Est. Ils sont en effet pour la plupart localisés dans cette région, principalement aux changements d'orientation du front récifal où la houle converge.

On distinguera donc :

a) grands îlots stabilisés couverts de végétation. Ce sont les suivants :

α) Motu Motihia : îlot de 600 m de longueur, 250 m de largeur, en forme de haricot, à convexité tournée vers l'Océan et situé à 80 m au moins de ce dernier. Il est situé plein Est et comprend les formations suivantes :

— à la base : un conglomérat récifal ancien formé de grosses colonies coralliennes et accessoirement de débris d'Algues, de Mollusques et de Foraminifères. Il émerge d'environ 30 cm au-dessus des hautes mers et est visible sur presque toute la bordure de l'île côté Océan et particulièrement au Sud-Est. On sait (CHEVALIER *et al.*, 1968; BROUSSE *et al.*, 1974) que ce conglomérat récifal constitue le soubassement de tous les îlots de la couronne récifale des atolls des Tuamotu et des récifs barrières (GAMBIER, etc.). A Mururoa il est daté 3 000 à 4 000 ans avant l'Actuel. Aucune datation n'a été faite sur cette formation aux Gambier mais, selon toute vraisemblance, il serait sensiblement contemporain. Ce conglomérat se prolonge à sa base par une dalle corallienne érodée qui assure à l'angle Sud-Est de l'îlot la transition avec la platier extérieur.

— au-dessus : sédiments récifaux meubles grossiers plus récents ayant subi un classement sommaire : les éléments les plus gros se trouvent au Sud-Est de l'îlot où ils constituent un petit rempart de 2 à 3 m de hauteur formé surtout de Coraux et de valves de bénitiers. Côté Océan, les débris sont grossiers mais de plus en plus fins vers l'extrémité Nord-Ouest; côté lagon, ils sont bien plus fins et recouvrent totalement l'assise précédente qui n'émerge pas. C'est la houle du Sud-Est qui apporte ces sédiments meubles.



PLANCHE V

Fig. 1. — L'îlot de Sable.

Fig. 2. — Motu Motihia et beach rock (côté Océan).

Fig. 3. — Récif barrière (zone Sud-Ouest) : *Palythoa* et *Caulerpa* sur la platier.

Outre ces deux assises, devant l'île, face à l'Océan, existent des plaques de beach rock (pl. V, *fig.* 2).

β) Motu Roa. Constitue un double îlot de 900 m de longueur, de 100 à 300 m de largeur, situé à 100 m au moins du front récifal, présentant (surtout l'îlot Sud) une forte concavité vers l'Océan; la concavité des îlots est orientée vers le Nord-Ouest. Comme l'îlot précédent, il est formé d'une assise conglomératique ancienne qui émerge d'environ 1 m et est visible seulement du côté Océan, surmontée de débris récifaux meubles.

b) Un îlot en voie de stabilisation, Motu One, boisé mais à flore réduite à neuf espèces. Située dans la partie septentrionale du récif barrière, cette caye, d'aspect ovoïde, a une centaine de mètres de longueur, 20 de largeur, 1 m de hauteur. Le sable grossier ou même assez fin au centre est flanqué au Nord (côté Océan) et au Sud (côté lagon) de bancs de beach rock couverts de Cyanophycées qui, côté Océan, atteignent 80 cm à 1 m d'épaisseur.

A son niveau inférieur, ce beach rock présente un horizon très net et très dense à Vermets; ce fait mérite d'être souligné car ce peuplement, à ce niveau, est unique en Polynésie française, à notre connaissance. Ces Vermets participent ici activement à la construction. Notons que l'horizon à Vermets n'existe que du côté Océan. Le conglomérat récifal ancien n'est pas visible à Motu One.

La bordure Est de l'îlot, sableuse, présente au niveau de haute mer une petite falaise de 1 à 1,5 m, témoin des remaniements sédimentaires permanents dus aux actions hydrodynamiques.

c) Ilots sans végétation. Ces îlots sont des cayes de débris plus ou moins grossiers, non consolidés, reposant sur le platier bien en arrière de la crête externe. Ils sont loin d'être stabilisés et évoluent à chaque forte tempête. On distingue :

α) l'îlot de sable presque à l'angle Sud-Est du lagon dans la partie interne de la couronne récifale (pl. V, *fig.* 1). C'est une caye très allongée, d'orientation SSE-NNW de 700 m environ de longueur, 50 m de largeur, n'émergeant pas ou à peine au Sud, plus développée au Nord où à son extrémité elle émerge de 0,5 m environ. Cet îlot est nettement dissymétrique : à l'Est il est formé d'une simple ou double (à l'extrémité Nord) accumulation de bénitiers, et à l'Ouest il est constitué de débris plus fins. On observe donc une nette influence de la houle de l'Est et du Sud-Est.

Entre la pointe Sud de l'île et le front récifal, sur une distance de 250 m environ, le récif barrière est couvert de nombreux débris grossiers, en particulier de quelques mégablocs (negro heads) (*fig. 9*).

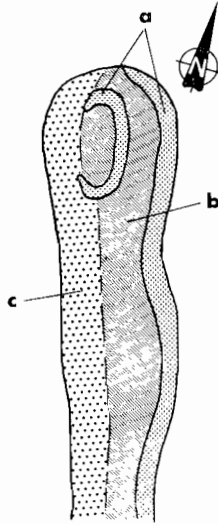


Fig. 9. — Schéma indiquant les différentes formations observées à l'extrémité interne de l'îlot de sable : a, accumulation de Tridacnes; b, débris récifaux très grossiers; c, sables grossiers.

β) l'îlot Plat. Situé dans la partie méridionale de l'île, dans la partie interne de la couronne récifale à 600 m du front récifal. Sa morphologie et sa composition pétrographique sont sous l'influence de la houle de l'Est et du Sud-Est, les sédiments meubles étant plus grossiers à l'Est qu'à l'Ouest. Il est constitué à la base par une accumulation de bénitiers anciens qui renferment quelques éléments basaltiques et subissent un début de cimentation, cette assise est surmontée par une accumulation de Tridacnes à l'Est et de sables grossiers à l'Ouest (*fig. 10*). Sur sa bordure plein Sud, face à l'Océan, l'assise de l'îlot formée de bénitiers cimentés se présente sous forme d'une falaise haute de 1,7 m actuellement en voie d'érosion. Tout semble indiquer une érosion au Sud et un accroissement de l'îlot au Nord. Notons que cet îlot possède une maigre végétation dans sa partie Nord : un *Tournefortia* vivant, quelques *Scaevola* assez bien développés, une bande de *Lepturus* (Graminées).

$\gamma$ ) Motu Mautoro. Caye d'environ 300 m de longueur, 250 m de largeur d'orientation sensiblement N-S, constituée de sable corallien et bordée au Nord (côté Océan) par des bancs de conglomérat récifal en voie d'érosion. Ces bancs émergent de 80 cm et ont une orientation NW-SE ou N-S sauf le plus interne bordant l'îlot qui a une forme semi-circulaire. Ces formations constituent les restes de passées détritiques anciennes cimentées et en voie d'érosion active.

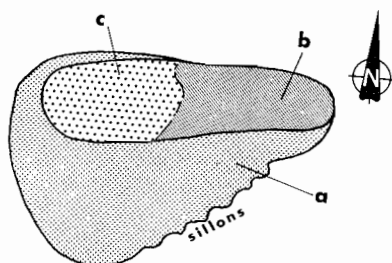


Fig. 10. — Schéma indiquant les différentes formations de l'îlot Plat. a, accumulation ancienne de Tridacnes consolidés à zonation de Cyanophycées; vers l'ouest zone davantage sableuse; b, accumulation récente de Tridacnes; c, sables grossiers.

Outre ces îlots, en certains endroits de la couronne récifale, en particulier aux « angles » où le front récifal change d'orientation, le platier supporte des débris récifaux importants et des mégablocs pouvant atteindre jusqu'à 1,5 m de diamètre (angle SE, Ouest...).

Les îlots ne modifient pas la structure récifale au bord externe. Par contre, à leur voisinage, le platier sur lequel ils se sont établis ne supporte qu'un nombre réduit d'organismes constructeurs (Coraux ou Algues calcaires).

C. Pente externe. Autour de la couronne récifale, la pente est en moyenne très faible. En se fiant aux données du Service hydrographique de la Marine, l'isobathe 20 m se trouve entre 200 et 900 m du front récifal (en moyenne : 600 m), l'isobathe 100 m à 1 km de moyenne et l'isobathe 1 000 m à 3-4 km du front récifal. La pente n'est d'ailleurs pas uniforme. Elle paraît très faible jusqu'à 20 m puis un peu plus forte entre 20 (ou 25) et 50 m. Au delà, les dragages réalisés par le *Marara* entre 50 et 300 m ont montré un fond très accidenté, en particulier vers 150 m où la pente est très abrupte. Ensuite la pente s'affaiblit nettement jusqu'à des fonds situés sous 1 500 m d'eau.



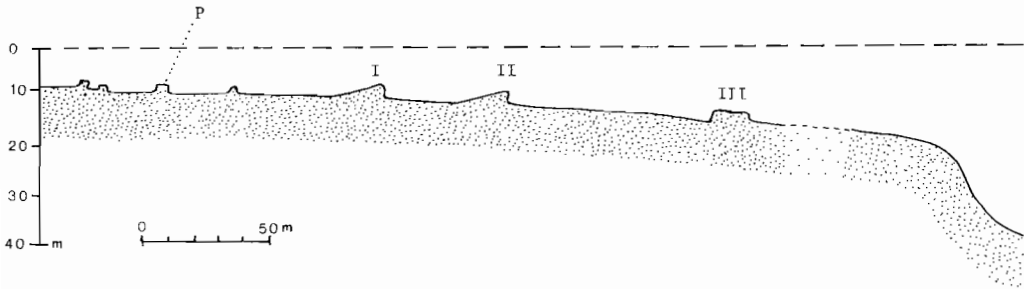


Fig. 11. — Profil de la pente externe du récif barrière à l'ouest de l'île. I, II : les 2 systèmes de mamelons considérés comme d'anciennes bordures externes; III : large pâte corallien; p. : petits pâtes coralliens (cf. description dans le texte).

La pente externe a été reconnue dans les régions suivantes :

a) dans la partie SW de la couronne récifale au NW des deux petites passes (pl. VI, fig. 2-3). Sur la bordure occidentale de la couronne récifale et sur une distance de 1 ou 2 km sur la bordure méridionale (à l'Est des deux passes), la pente externe, très faible et régulière, est surmontée vers 9 m et 15 m de profondeur de pâtes coralliens de 2 m environ de hauteur, riches en Coraux. Sous 10 et 11 m d'eau, existent deux élévations parallèles s'étendant parallèlement au front récifal sur toute la région et qui rappellent nettement les bordures externes des récifs barrières. Leur forme est un peu irrégulière, comme corrodée. Ces mamelons couverts de nombreuses Algues calcaires et molles sont entaillés par un système d'éperons et sillons. Les éperons atteignent 2 m de dénivellée avec les sillons correspondants et mesurent environ 4 m de largeur. Ils tranchent nettement sur les sillons observables sur toute la zone, sillons qui mesurent 1 m de profondeur au maximum. Ces petits sillons ont peu de rapports avec ceux des formations reconnues à la profondeur de 10 et 11 m et semblent bien appartenir à un système différent. Selon toute vraisemblance, les deux formations de 10 et 11 m représentent d'anciennes bordures externes et correspondent donc à des niveaux moins anciens situés plus bas que l'actuel, mais une morphologie plus précise n'a pu être décelée car elles sont couvertes d'organismes constructeurs actifs (fig. 11).

Il est à noter que les Algues caractéristiques des hauts de tombants dans d'autres îles (Tahiti, Moorea, Hawaii) ont été trouvées ici notamment le genre *Gifsmithia*. A Moorea et à Tahiti ce genre semble être lié, comme à Tubuaï, aux abords des sorties de passes.



## PLANCHE VI

Fig. 1. — Pente externe devant la passe Nord (profondeur : environ 30 m).

Fig. 2. — Pente externe au SW près des petites passes (profondeur : environ 30 m).

Fig. 3. — Pente externe au SW près des petites passes (profondeur : environ 35 m).

Au delà de 25 m de profondeur, la pente plus forte peut atteindre 40 à 60 % jusqu'à 40-45 m, profondeur au delà de laquelle elle devient de nouveau plus faible. Les organismes constructeurs (surtout Scléactiniaires) sont abondants entre 15 et 25 m; ils sont plus rares ensuite.

b) Dans la partie septentrionale de la couronne récifale, à l'Ouest de la passe et au niveau de la passe (p. VI, *fig. 1*). Pente très douce jusqu'à 25 m. Le fond est constitué d'une dalle recouverte par places de sables récifaux grossiers et supportant dans d'autres d'abondants pâtés et constructions coralliens. Les sillons peu marqués du bord externe se prolongent sous l'eau; ils sont faibles, irréguliers, discontinus et interrompus parfois par de petits pâtés; le fond des sillons est couvert de sables et de quelques colonies coralliennes. Les parois des éperons sont couverts d'un riche revêtement de Coraux qui couvrent environ 70 % du substratum.

Au delà de 25 m de profondeur, la pente, plus forte, atteint 45°. Elle est d'ailleurs très irrégulière, entaillée par des sillons larges de 3 m environ, séparant des éperons aux parois raides verticales sur une hauteur atteignant parfois 5 m. La rupture de pente très nette à 25 m pourrait donc correspondre, à titre d'hypothèse, à un ancien niveau marin.

Au delà de 45 à 50 m, la pente externe est de nouveau faible. Elle est couverte d'une riche croissance corallienne vers une cinquantaine de mètres de profondeur. A 65 m, la drague a remonté un sable gris bleuté coquiller avec débris coralliens. Les constructeurs deviennent ensuite plus rares. Vers 200 à 250 m de profondeur, la pente supporte des sables à *Halimeda*.

D. Les passes. La couronne récifale est interrompue par deux sortes d'accidents :

a) une grande passe située au NW face au village de Mataura. Elle a une largeur de plus de 2,5 km mais forme un seuil de profondeur oscillant entre 1,5 et 4 m et encombré de pâtés coralliens dont un grand patch reef à fleur d'eau. Seule une zone étroite (de 300 m environ de largeur) où les fonds oscillent entre 4 et 15 m de profondeur est accessible aux navires de faible tonnage.

b) à l'angle Sud-Ouest de l'atoll, présence de deux petites passes accessibles seulement aux petites embarcations; elles n'ont qu'une centaine de mètres de largeur. L'Océan et le lagon y sont séparés par un seuil qui n'a que 2 m de profondeur en moyenne. Côté Océan, la pente externe est douce.

La grande passe sert de vidange aux eaux lagunaires qui s'écoulent vers le Nord (*cf.* plus haut, p. 9). Les deux petites passes ne jouent qu'un rôle local. La grande passe correspond sans doute à une croissance bien plus lente des organismes constructeurs sous l'influence des courants de vidange. Les deux petites passes du Sud-Est peuvent aussi avoir cette

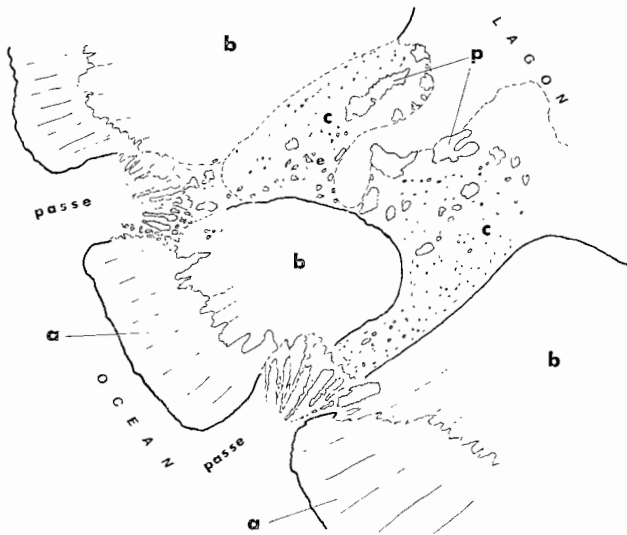


Fig. 12. — Représentation un peu schématisée du récif barrière au niveau des deux petites passes du Sud-Est. *a*, partie externe du récif; *b*, platier sableux submergé (avec pâtés coralliens); *c*, partie peu profonde du lagon au voisinage des passes, encombrée de pâtés coralliens *p*.

origine ou bien prennent leur origine à partir de fissures du récif qui ont été agrandies par érosion subaérienne lors de l'une des phases glaciaires alors que tout le système récifal actuel était émergé.

Dans l'axe même de la passe Nord, la pente externe est très douce et, jusqu'à 20 m et même au delà, constituée de sables coquilliers plus ou moins grossiers. Les rides de fond provoquées par la houle sont bien visibles et conditionnent la localisation d'une flore et d'une faune de milieux meubles; certaines espèces proviennent du lagon et ne se maintiennent là qu'en survie provisoire. La pente présente un réseau de sillons.

Au niveau des passes du Sud-Est, existent de nombreux pâtés qui présentent des alignements disposés en éventail et convergeant vers l'axe de la passe, disposition due à l'influence des courants (*fig.* 12).

E. Conclusions. Des observations précédentes, on peut tirer les conclusions suivantes :

1) Autour de l'île, le récif barrière est très large, indice sans doute d'une longue stabilité relative de l'île par rapport à l'Océan.

2) La pente externe est presque partout en pente douce si l'on excepte un brusque ressaut de 20-25 m jusqu'à 45 m environ et la présence de falaises vers 150 m au Nord de l'île. La faiblesse de la pente externe est celle d'une île volcanique et, selon toute vraisemblance, les récifs ne constituent qu'une pellicule de faible épaisseur sur l'ancien appareil volcanique. Il semble exister plusieurs anciens niveaux marins situés actuellement sous l'eau entre 10 et 15 m de profondeur pour les plus récents et sous 25 m d'eau pour le plus ancien.

3) La faiblesse de la pente externe qui allonge le déferlement de la houle sur le récif barrière, est sans doute la cause d'une certaine homogénéité dans la morphologie et la constitution de la bordure externe. Il existe en effet relativement peu de différences d'une région à l'autre. La crête externe est une crête à Lithothamniées basse ou peu élevée (dans les régions exposées à la forte houle, au Sud et à l'Est) qui dans les zones les plus exposées comprend une crête à *Porolithon* externe et une crête à *Lithophyllum* interne. Les Scléractiniaires ne contribuent que faiblement à l'édification de la bordure externe. Quelques différences existent bien entendu dans la constitution de cette dernière même dans des régions proches, en relation sans doute avec de légères modifications physiographiques ou hydrodynamiques d'un point à l'autre. Cependant à Tubuaï, il n'est pas possible de distinguer, selon l'exposition du récif aux vents ou à la houle dominante, des types bien tranchés de crête externe.

Pour les mêmes raisons, le système éperons-sillons, si caractéristique des récifs barrières et des atolls, est ici sensiblement uniforme autour de l'île et peu développé. Les sillons n'entament que faiblement la bordure externe et sont peu profonds et irréguliers. Ils se prolongent loin sous l'eau sur la pente externe car selon toute vraisemblance, ils sont reliés à un ancien système de radiés autrefois fonctionnels lorsque le niveau de l'Océan était plus bas qu'actuellement.

4) Le platier récifal proprement dit, très large, présente une structure sensiblement identique en tous les points du récif barrière. Il comprend essentiellement deux zones :

a) une zone externe sous quelques décimètres d'eau comprenant de nombreuses têtes coralliennes, plus ou moins espacées et vivantes suivant les régions et alignées perpendiculairement au front récifal. Cette zone est irrégulière, parsemée de nombreuses cavités. Sa structure résulte de l'activité sécrétrice des organismes calcaires, particulièrement des Coraux. Dans la partie la plus proche de l'Océan, les constructions récifales ont une nette tendance à se souder. Les cavités sont dues, à l'origine, à une croissance différentielle. Cependant, à l'heure actuelle, sans doute à la suite d'un léger et récent abaissement du niveau de la mer, le recouvrement du récif par les organismes constructeurs est dans l'ensemble assez faible, et l'érosion chimique et biologique tend à prendre le pas sur la construction;

b) un platier sableux submergé en pente douce, un peu plus profond, se raccordant insensiblement au précédent et supportant des pâtés coralliens dispersés alignés perpendiculairement au front du récif ou vers le lagon, allongés et en files presque parallèles au front récifal. Ce platier a tendance à s'élargir par apports biodétritiques; à sa limite interne, on discerne nettement l'ensablement de pâtés coralliens.

5) En quelques points, nous avons pu reconnaître l'existence d'un ancien platier situé à quelques décimètres au-dessus de l'actuel, indice sans doute d'un léger abaissement récent du niveau de la mer.

6) Très peu d'îlots recouvrent le récif barrière, caractère observé déjà aux îles Gambier. Le conglomérat récifal ancien n'est visible qu'au niveau de certains îlots. Pourtant ailleurs, il n'apparaît pas. Toutefois, selon toute vraisemblance, le soubassement de la partie interne du platier submergé est constitué en grande partie par des matériaux bioclastiques cimentés.

Le récif barrière de l'île Tubuaï présente avec celui des Gambier une grande analogie; dans les deux îles, il a une grande largeur, il est submergé dans sa partie interne et sa pente externe est faible.

## 2. *Le lagon*

A. *Les récifs frangeants.* L'île est entourée par un récif frangeant sensiblement continu mais qui se présente sous deux aspects essentiels :

a) dans la partie septentrionale, depuis le Nord de la Pointe Tepu jusqu'à Tahueia au Nord de l'île, le récif frangeant presque continu présente sa largeur maximale au SW de Mataura où il atteint 150 m.

Il émerge de 20 à 30 cm à marée basse et est entièrement recouvert à marée haute. Il est constitué de Lithothamniées (surtout *Porolithon* très abondant et bien vivant dans la région périphérique) recouvert par toutes sortes d'autres Algues calcaires ou non (*Turbinaria*, *Caulerpa*). Près du rivage, le platier est compact mais dans sa moitié externe, il est entaillé

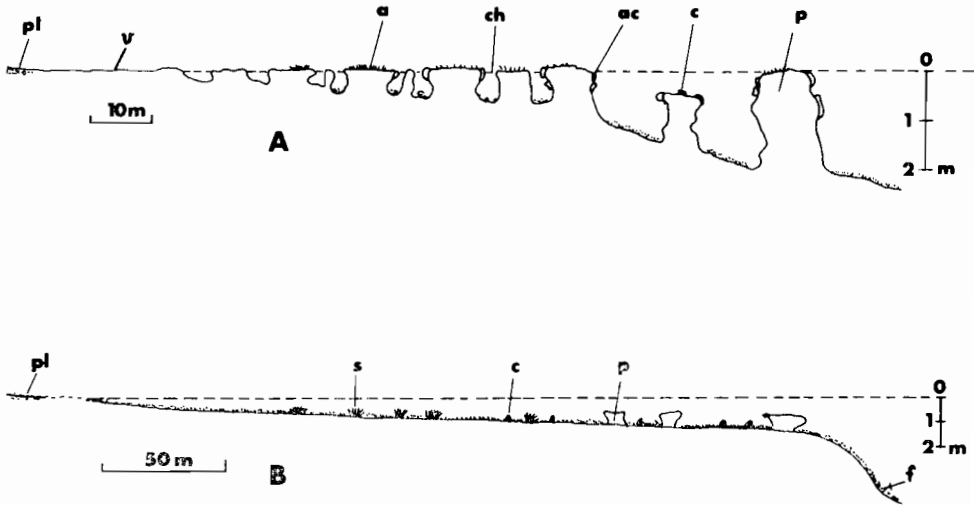


Fig. 13. — Section à travers deux récifs frangeants. A, à Mataura (Nord. de l'île); B, près de Mahu (Sud de l'île). a, Algues molles en particulier *Turbinaria*; a.c., Algues calcaires; c, colonies coralliennes isolées avec *Halimeda*; ch, chenaux; f, fond à Cyanophycées; p, pâtes; pl, plage; s, Sargasses et *Caulerpes*; U, Ulves, *Padina*, Sargasses et gazons d'algues.

par des cuvettes et des chenaux ramifiés très irréguliers, de plus en plus nombreux et larges vers la bordure externe, profonds de 50 cm à 2 m au bord du lagon. Les bords des chenaux et des cavités sont couverts d'Algues et le fond est parsemé de débris récifaux ou de sables. Au bord du lagon, s'élèvent devant le récif depuis des fonds situés à 2 ou 2,5 m sous l'eau, de petits pâtes très nombreux, disposés sans ordre, couverts d'Algues et de rares Coraux. Il semble que le revêtement algal ne constitue qu'une croûte superficielle reposant sur un platier formé de Coraux et d'Algues calcaires. Ce tapis de Lithothamniées s'est installé parce que le récif a atteint sa croissance maximale en hauteur; les Coraux ne peuvent se fixer et seules les Algues parviennent à croître dans une zone découvrant largement à chaque marée basse (fig. 13).

Le récif frangeant présente en certains endroits des discontinuités. Au SW de Mataura, il s'interrompt et est remplacé par de petits pâtés aux contours irréguliers, serrés et situés à faible distance du rivage, recouverts d'Algues calcaires et de Coraux peu nombreux.

Vers la partie NW de l'île, la bordure du récif frangeant est plus régulière et les petits pâtés récifaux s'alignent perpendiculairement au front récifal.

b) dans les parties occidentale, orientale et méridionale, les récifs frangeants se présentent d'une manière différente. Ils sont constitués d'un platier plus ou moins large en pente douce en grande partie envasé ou ensablé. C'est au Sud de l'île qu'il présente sa largeur maximale (250 à 400 m); à l'Est ainsi qu'à l'Ouest, il est étroit et ensablé.

Dans la région située à l'Ouest de Mahu (bordure méridionale), nous avons relevé la coupe suivante (*fig.* 13 B) depuis le rivage :

- plage de sables volcaniques et de sables coralliens grossiers;
- platier en pente douce, correspondant à la dalle corallienne érodée sur laquelle existent de place en place des cuvettes de quelques centimètres de profondeur avec dépôts sableux. Vers la partie externe ce platier comporte des touffes très parsemées de Sargasses et de *Halimeda*. On notera sur ce platier un peuplement caractéristique et originel du Vermet *Spiroglyphus annulatus* dont les tubes de 2 à 3 cm de longueur recouvrent des débris coralliens cimentés au substrat de la dalle. Ce peuplement est originel car nous ne l'avons rencontré qu'à Tubuaï parmi la trentaine d'îles maintenant étudiées en Polynésie française. Les colonies coralliennes n'apparaissent qu'à 150 m du rivage et sont très espacées. A 200 m du rivage, s'élèvent quelques pâtés morts ou recouverts d'un très faible pourcentage d'organismes constructeurs.

- A 300 m du rivage, la pente externe douce du récif est couverte de sables récifaux.

*En conclusion*, autour de Tubuaï se sont édifiés des récifs frangeants dont certains étaient très développés. Actuellement ils ne s'accroissent plus, les organismes constructeurs étant faiblement représentés sauf sur la bordure septentrionale où les Algues calcaires jouent un rôle actif. Partout ailleurs, les platiers constitués en grande partie de Coraux (comme il est possible de l'observer à la faveur de travaux de dragages) ont été érodés et la dalle restante en grande partie ensablée. En certains endroits (à l'Ouest comme à l'Est), les récifs disparaissent totalement sous les sédiments meubles. Ces phénomènes sont dus sans doute à une grande stabilité de



l'île ou plutôt à un léger retrait de la mer par rapport à l'île, mouvement qui aurait favorisé l'érosion de celle-ci.

B. *Le lagon*. Entre le récif barrière et les récifs frangeants, le lagon a le plus souvent une faible profondeur. C'est dans sa partie orientale entre l'îlot Plat et l'îlot Motihia qu'il atteint sa profondeur maximale, une vingtaine de mètres. De là sa profondeur diminue dans la partie septentrionale et dans la partie méridionale où elle ne dépasse guère 8 m. A l'Ouest, le lagon diminue très nettement de largeur, réduit à un chenal d'embarcation de 3 à 4 m de profondeur dont les limites sont difficilement discernables, les pentes du récif barrière et du récif frangeant étant très faibles.

La plus grande largeur du lagon est de 5 km au Sud-Est de l'île.

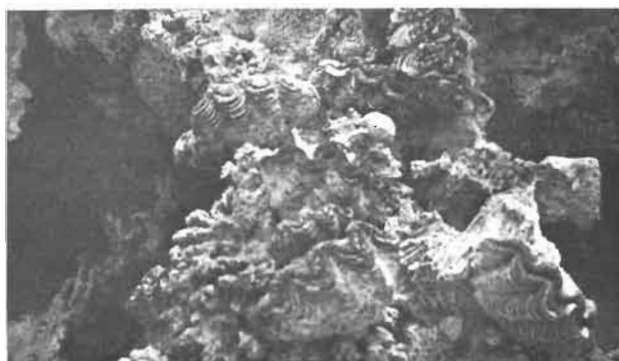
Le fond du lagon est constitué par une dalle irrégulière couverte de sables récifaux. En plusieurs points du lagon cependant, les roches volcaniques affleurent, basaltiques dans la partie septentrionale du lagon, ou phonolitiques comme au Motu Ofai situé à 1 400 m de l'île. Selon les pêcheurs, près de la bordure externe, à mi-chemin entre Motu One et Motu Mautaro (à 2 km environ du rivage) existeraient des affleurements basaltiques surmontés d'organismes constructeurs. Nous n'avons pu retrouver ces formations qui prouveraient, si elles étaient confirmées, que les matériaux organogènes construits ou détritiques ne forment qu'une couche calcaire de faible épaisseur reposant sur le soubassement volcanique.

### C. *Constructions récifales du lagon* (pl. VII).

Sauf dans sa partie Sud-Est, le lagon est encombré par un très grand nombre de pâtés coralliens dont beaucoup atteignent la surface et rendent la navigation délicate même pour les petites embarcations.

Les pâtés et pinacles ont les formes les plus diverses; ils sont allongés ou non, leurs parois sont verticales ou inclinées et leur sommet très irrégulier ou subhorizontal lorsqu'ils atteignent la surface de la mer. Les organismes constructeurs ne les recouvrent jamais à plus de 60 % (ce qui est exceptionnel) et, souvent, les pâtés du lagon sont peu vivants. Certaines zones, plus ou moins étendues, paraissent dépourvues ou presque de constructions coralliennes.

Les pâtés coralliens sont disposés sans ordre ou au contraire s'alignent suivant quelques directions remarquables : dans la partie Sud ou Sud-Est, ils s'allongent et s'alignent suivant une direction Nord-Sud ou NW-SE. Dans la partie septentrionale ou Nord-Est, cet allongement ou cet aligne-



## PLANCHE VII

- Fig. 1. — Colonie de *Porites obata* au bord du lagon devant Motu Motihia.  
Fig. 2. — Récif rubanné près de l'îlot Plat.  
Fig. 3. — Bordure de petit lagon enclavé près de l'îlot Plat.

ment suit une direction N-S et SW-NE; dans la partie orientale, il est E-W (c'est-à-dire que souvent les pâtés ont très grossièrement un alignement perpendiculaire au front récifal). En outre, à la bordure interne du récif barrière, existent fréquemment des pinacles allongés parallèlement au front récifal, plus ou moins discontinus. Il peut exister parfois des systèmes complexes de pâtés comme celui situé à l'Est de l'îlot Plat (*fig. 14*) où

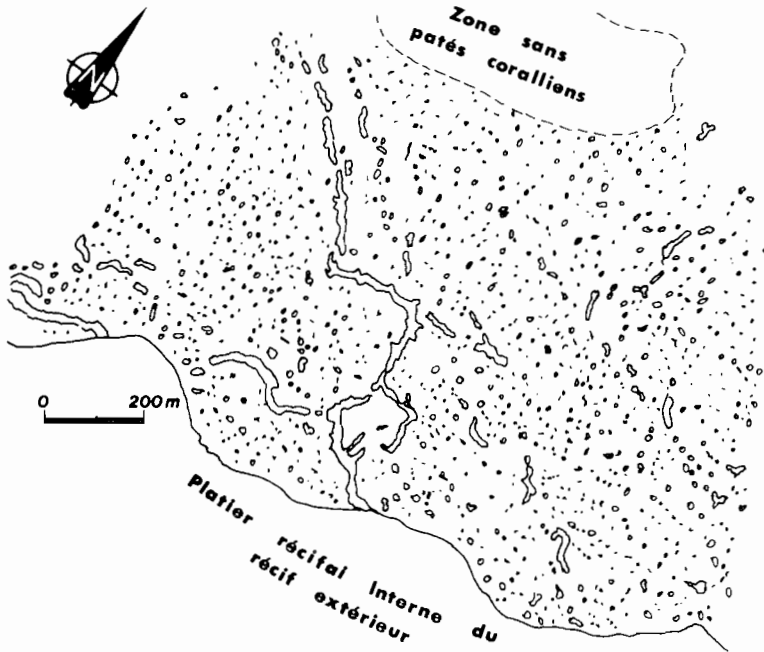


Fig. 14. — Carte (d'après les photos aériennes) indiquant la répartition et la morphologie des principaux pâtés coralliens au bord externe du lagon à l'est de l'îlot Plat.

il est possible d'observer des récifs rubannés parallèles au front récifal près du récif extérieur, ou grossièrement orientés SW-NE (*fig. 14, 15*); ces récifs s'anastomosent parfois pour créer de petites cuvettes enclavées, presque dépourvues de pâtés et où se déposent des sédiments meubles.

Ces zones enclavées sont assez fréquentes dans le lagon notamment au Sud-Est. Chacune est constituée d'un anneau plus ou moins complet (avec une, deux, ou trois ouvertures) de constructions calcaires qui affleurent à basse mer, dont le diamètre varie de 50 à 200 m. La pente

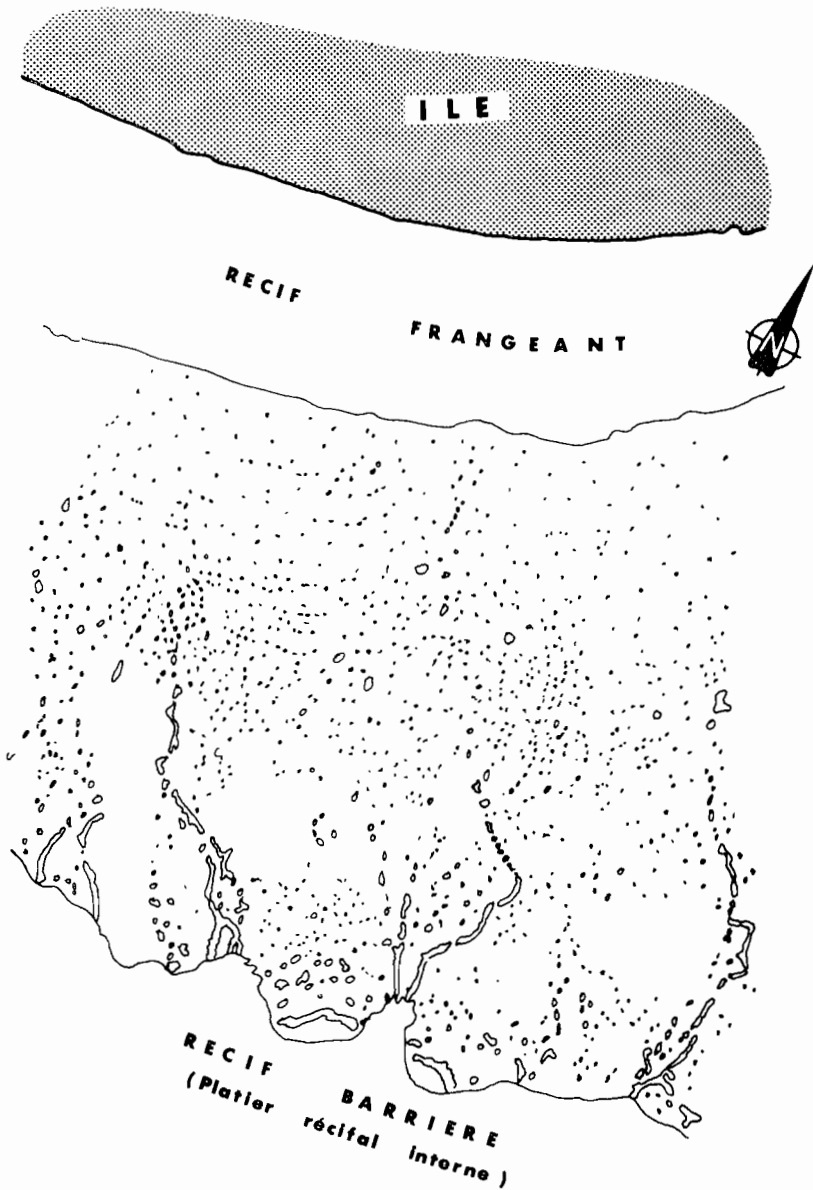


Fig. 15. — Carte (d'après les photos aériennes) indiquant la répartition et la morphologie des principaux pâtés coralliens dans la partie méridionale au sud de Mahu.

externe de ces récifs est relativement forte et amène à des fonds de près d'une dizaine de mètres alors que la profondeur au centre de la cuvette enclavée n'est que de 2 ou 3 m. Le centre est occupé par une dalle surmontée de sédiments.

La disposition rubannée des récifs, leur orientation suivant certaines directions en même temps que l'alignement des pâtés peuvent avoir plusieurs causes :

1) Les organismes constructeurs (Coraux principalement mais également les Algues calcaires) se sont installés sur d'anciens affleurements basaltiques. Cette explication nous semble cependant insuffisante.

2) L'installation et la croissance des constructeurs sont soumises à l'influence de la houle ou des courants dominants. Dans le lagon la circulation d'eau vient de l'Est ou du Sud-Est.

3) Les récifs rubannés avec ou sans cuvette enclavée ne sont pas exceptionnels dans les lagons. Ils existent en Nouvelle-Calédonie, aux Fidji (Lakemba, Lau), dans divers atolls des Tuamotu (en particulier à Hao où ils portent le nom local de *kaua*). SMITH et HENDERSON (1973) les ont mentionnés dans l'atoll de Canton (îles Phenix) où semble exister un réseau complexe de récifs linéaires anastomosés. On remarquera que, dans la plupart des cas, ces récifs allongés prennent toujours racine sur la bordure interne de la couronne récifale ou près de celle-ci. Aussi, pensons-nous, que les organismes constructeurs s'installent, d'une manière plus favorable sur les passées de sédiments détritiques qui sont apportés dans la partie externe du lagon lors des tempêtes, dépôts sans doute en partie remaniés par les agents hydrodynamiques propres au lagon. Cette explication nous paraît la plus vraisemblable. A l'atoll de Hao, on observe très nettement que les pâtés allongés (ou *kaua*) reposent sur des alignements de conglomérat anciens perpendiculaires au rivage et qui correspondent à des apports très anciens consolidés secondairement. Dans le cas de lagons presque totalement ensablés, des alignements coralliens allant du récif barrière au rivage ont été observés comme à Kabara (archipel des Lau, Fidji); ces « flèches transversales » (cf. GALZIN *et al.*, 1979) cloisonnent le lagon comblé dont la profondeur n'excède pas 2 à 4 m. Elles seraient le témoin d'anciennes formations analogues aux *kaua* et aux récifs rubannés. Remarquons cependant que tous les récifs rubannés du lagon de Tubuaï ne prennent pas appui sur la bordure interne du récif barrière : peut-être faut-il imaginer dans ce cas que les récifs lagunaires d'abord isolés se sont soudés entre eux.

D. *Sédimentologie du lagon*. Le lagon paraît voué à l'ensablement et les nombreux pâtes forment des pièges à sédiments. L'eau du lagon d'ailleurs est trouble, souvent chargée de particules en suspension.

La sédimentation présente les caractères suivants :

a) une sédimentation presque exclusivement carbonatée.

La sédimentation dans la totalité du lagon est presque exclusivement organogène. Sur le platier récifal comme dans le lagon très peu profond, comme sur la plupart des plages, la teneur en carbonate de calcium est supérieure à 99 %. Cette sédimentation biodétritique est d'ailleurs révélée par la blancheur des sédiments. Toutefois, dans les zones frangeantes et sur certaines plages, le sable a une couleur rouille qui n'est pas due à la présence de Foraminifères (tel que les Miliolidae très fréquents dans certains sédiments de lagons d'atolls comme Takapoto, Tuamotu) mais à l'existence d'une faible fraction d'éléments terrigènes; ceux-ci sont extrêmement fins et leur nature chimique a permis une certaine imprégnation des éléments biodétritiques qui au lieu d'être blancs sont donc légèrement bruns à rouille. Sur certaines plages, au niveau intertidal moyen, la teneur en éléments non calcaires ne dépasse même pas 1 % : plage de Tepu au Sud-Ouest de l'île, Tehaureia au Nord-Est;

b) la composition biodétritique des sédiments.

Il s'agit en majorité de débris coralliens et de tests, de Mollusques ce qui est très apparent si l'on examine la fraction grossière des sédiments où ils se trouvent et quelle que soit leur granulométrie. Les Foraminifères, présents, ne sont jamais très abondants au point de constituer une fraction pondéralement importante et au point de « colorer » le sédiment. Les Algues calcaires contribuent à la sédimentation; on peut trouver par places des sédiments où les thalles d'*Halimeda* sont abondants. Mais ceci est exceptionnel et l'on ne rencontre pas dans le lagon de Tubuaï des « sables à *Halimeda* » comme il en a été cité dans de nombreux atolls micronésiens ou comme nous avons eu l'occasion d'en décrire dans le lagon des Gambier (BROUSSE *et al.*, 1974). Les quelques sables à *Halimeda* du lagon de Tubuaï se rencontrent au pied de pâtes très dégradés de la pente externe du récif frangeant, là où débute la partie navigable du lagon.

Les sédiments des plages, dont nous avons vu qu'ils sont eux aussi essentiellement biodétritiques, comportent une fraction grossière dans laquelle les fragments de Coraux et de Mollusques sont très reconnaissables. Parmi ces derniers les espèces les plus communes du lagon apportent une

contribution majeure : *Tridacna maxima*, *Gafrarium pectinatum*, *Isognomum sulcata*, *Quidnipagus palatum*, qui sont tous des Bivalves. Les sédiments grossiers sur le platier externe renferment davantage de tests de gastropodes (*Conus*, *Cypraea*, *Drupa* et *Morula*) mais aussi des bivalves (*Tridacna*).

c) La composition granulométrique.

Sur les plages les sédiments sont moyens. A la plage de Tepu, au Sud-Est, les sédiments des niveaux de haute mer, niveau moyen et basse mer ont respectivement des diamètres médians de 285, 445 et 680  $\mu\text{m}$  et des fractions fines (inférieures à 40  $\mu\text{m}$ ) toujours inférieures pondéralement à 0,02 %. Les caractéristiques granulométriques de ces sédiments sont indiquées dans le tableau A.

Sur le platier récifal externe les dépôts sont généralement grossiers avec un diamètre médian toujours supérieur à 500  $\mu\text{m}$  et souvent à 1 000  $\mu\text{m}$  mais fréquemment avec des fractions plus fines non négligeables et des fractions grossières importantes, de telle sorte que leurs coefficients de classement (rapport du troisième au premier quartile sont 75 et 25 %) sont toujours supérieurs à 2 et très souvent à 3, comme il est habituel dans ces zones où alternent actions hydrodynamiques violentes et calmes.

Dans le lagon, les caractéristiques granulométriques des sédiments sont en rapport avec la profondeur. Nous choisissons d'exposer deux séries sédimentaires allant de la plate-forme sableuse du platier externe au fond du lagon. Chaque série comporte trois prélèvements : a) la plate-forme sableuse en général sous 1 à 2 m d'eau; b) la pente interne descendant à 30 ou 40° vers le fond du lagon — prélèvement effectué par 4 m de profondeur dans un cas et par 6 m dans l'autre; c) le fond du lagon par 10-11 m de profondeur. Les caractéristiques granulométriques des sédiments de ces deux séries sont portées dans le tableau A. La première série concerne la pente interne et le lagon près de l'îlot Plat (transect îlot Plat-Tamatoa), et la seconde série près de l'îlot de Sable (transect îlot de Sable, Motu-Ofai). On constate que les sédiments de la plate-forme et de la pente, entre 2 et 6 m de profondeur, sont relativement grossiers avec des diamètres médians de 400 à 800  $\mu\text{m}$  et peu classés (coefficient de classement variant de 2,6 à 3,0). En revanche, au fond du lagon, les sédiments sont très fins et d'autres études granulométriques montrent les mêmes caractéristiques : diamètre médian entre 120 et 180  $\mu\text{m}$  et très bon coefficient de classement (1,5 à 2,2). Le sédiment est compacté et l'on notera que les peuplements sont peu diversifiés (*Cerithidae* et *Tellinidae* mais moins d'une demi-

TABLEAU A

*Caractéristiques granulométriques de quelques sédiments du lagon de Tubuai.*

Localité, milieu	Niveau ou profondeur	Premier quartile Q <sub>1</sub>	Diamètre médian	Troisième quartile Q <sub>3</sub>	Coefficient de classement Q <sub>3</sub> /Q <sub>1</sub>	% inférieur à 40 µm	Mode (s) (µm)
Plage de Tepu (Sud-Ouest) zone intertidale.....	Haute mer	170	285	425	2,5	0,02	160-200 400-500
	Niveau moyen	325	445	660	2,0	0,02	400-500
	Basse mer	470	680	1 365	2,9	0,02	630-800
	– 20 cm	130	280	740	5,7	0,07	100-125
Transect Ilot Plat-Tamatoa...	Plate-forme platier – 2 m	275	435	740	2,7	0,12	400-500
	Pente interne – 6 m	370	620	1 100	3,0	0,10	400-500 800-1 000
	Fond du lagon – 11 m	105	130	180	1,7	0,65	
Transect Ilot de Sable-Motu Ofai.....	Plate-forme platier – 1 m	520	820	1 410	2,7	0,14	400-500
	Pente interne – 4 m	500	820	1 290	2,6	0,21	800-1 000
	Fond du lagon – 8 m	105	160	225	2,1	0,38	100-125 250-315



douzaine d'espèces au total) et les bivalves de la famille des *Pinnidae* pouvant habiter de tels sédiments sont totalement absents. En revanche, on note parfois la présence de petits balanoglosses en zone superficielle du sédiment. Les caractéristiques granulométriques de ces sables de fond de lagon attestent la sédimentation fine de mode calme correspondant à une décantation des eaux d'ailleurs turbides d'un lagon en cours de comblement.

## V. CONCLUSIONS

### *Esquisse de l'histoire géomorphologique*

D'après les données exposées précédemment, on peut esquisser, à titre d'hypothèse, les grandes lignes de l'histoire de l'île.

1) Phases volcaniques. Les cinq stades de construction volcanique sont relatifs à la partie aérienne d'un volcan dont l'essentiel est sous-marin. Les premiers âges de l'activité aérienne, semblent correspondre à d'abondantes émissions basaltiques en coulées recoupées par des dykes, de même nature, aux alentours de 25 M.A. (KRUMMENACHER et NOETZLIN, 1966; DALRYMPLE *et al.*, 1975; BROUSSE, 1979). Ceci est suivi par la construction du volcan principal entre 25 et 17 M.A., puis par celle du volcan Ouest entre 16 et 9 M.A.

2) Formations des récifs. DAVIS (1928) qui n'avait pas visité Tubuaï expliquait sa morphologie par une forte subsidence qui aurait abouti à la formation de baies secondairement comblées par des dépôts deltaïques. OBELLIANNE (1955) adopte ces vues sans discussion.

Contrairement à beaucoup d'îles hautes voisines (Gambier, Rapa...), les côtes de Tubuaï ne présentent aucune indentation; elles sont basses; en outre à l'intérieur de l'île, les premiers contreforts montagneux ne sont marqués par aucune falaise ancienne. Malgré cette physiographie, la morphologie actuelle de l'édifice volcanique ne peut s'expliquer que par une profonde érosion et une subsidence importante qu'il est impossible d'évaluer dans l'état actuel de nos connaissances. Elle a dû commencer, il y a longtemps, mais n'a pas été suivie, pensons-nous, par l'édification d'un complexe récifal épais. En effet, nous avons signalé précédemment

la présence dans le lagon d'affleurements de roches volcaniques (Motu Ofai, pointements non loin du bord externe de l'atoll au nord) qui, joints à la faiblesse de la pente externe, sont interprétés ici comme la preuve d'une faible épaisseur des formations construites. Celles-ci ne constituent, sans doute, qu'une pellicule sur les matériaux volcaniques. Les raisons de cette disposition peuvent être variées : la subsidence a été trop rapide pour permettre l'édification d'un important récif autour de l'île, ou bien les conditions écologiques n'étaient pas favorables aux constructeurs (températures trop fraîches pour une croissance rapide, gêne occasionnée par des apports détritiques importants...).

Il semble difficile, à première vue, de concilier les idées émises ci-dessus avec un trait physiographique important du récif barrière, à savoir sa grande largeur. Celle-ci s'explique sans doute par une phase de quasi-stabilité assez longue qui a permis la formation d'une large plate-forme d'abrasion peu profonde autour de l'île sur les matériaux volcaniques, au-dessus de laquelle s'est élevé le récif.

*En conclusion*, après l'arrêt des phases de construction volcanique, l'île a subi à la fin du Tertiaire (?) une subsidence importante qui a ennoyé une grande partie de l'édifice, peut-être même le volcan tout entier. En bordure, des récifs peu importants ont été édifiés, sur les pentes externes, à certaines périodes ou d'une manière continue sans atteindre cependant une grande ampleur. A une époque relativement récente (Pléistocène supérieur ou Holocène) une période de stabilité a favorisé la constitution d'une plate-forme d'abrasion en bordure de laquelle le récif barrière s'est construit. Enfin, récemment, le niveau de l'Océan a subi un léger abaissement qui a favorisé le remblaiement des fonds de vallée, la constitution d'une petite plaine littorale et l'émersion de quelques récifs (sur la couronne récifale); il a entravé le développement des constructeurs qui actuellement ne sont guère florissants sur les platiers et dans le lagon. Les étapes du développement du récif barrière sont marquées par les différentes terrasses sous-marines ou supposées telles discernées entre — 9 et — 25 m (*cf.* plus haut). Il est toutefois difficile de dire si elles correspondent à un stade d'arrêt dans le mouvement de subsidence ou à des oscillations du niveau de l'Océan (niveaux eustatiques) (*fig.* 16).

Il est remarquable que, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne trouve aucune trace sous l'eau des anciens niveaux de la mer lors des phases glaciaires, mais les pentes externes n'ont pas été étudiées avec précision.

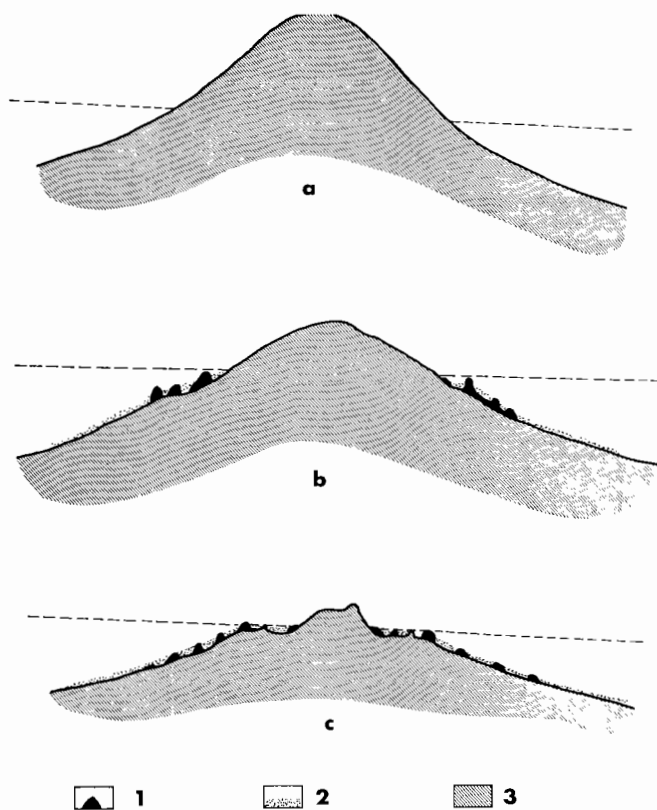


Fig. 16. — Diagramme illustrant l'hypothèse envisagée pour la formation de l'île Tubuaï et de son complexe récifal. I. L'île volcanique à la fin de la période éruptive. II. Subsidence au cours de laquelle se sont édifiés de petits récifs sur la pente externe. III. Formation d'une plate-forme d'abrasion et du récif barrière : 1, formations construites; 2, formations biodétritiques; 3, roches volcaniques. Nous n'avons pas tenu compte dans la phase II de l'idée avancée plus haut (p. 50) d'une éventuelle émergence totale de l'édifice volcanique, hypothèse basée sur la présence sur les pentes de la montagne d'éboulis non représentés ici et attribués avec doute à l'érosion marine.

Un point reste obscur dans l'esquisse que nous venons de donner : si le récif barrière repose sur une plate-forme d'abrasion quaternaire suivant les vues d'Agassiz (mais contrairement aux idées de cet auteur, cette plate-forme n'aurait pris naissance qu'après une longue évolution de l'île au cours de laquelle la subsidence aurait été importante ce que niait l'auteur

américain), pourquoi nulle part n'apparaissent dans l'île des falaises même mortes? Ce point est difficilement explicable.

L'histoire de Tubuaï présente une certaine analogie avec celle des Gambier (BROUSSE *et al.*, 1974) : les deux îles ont subi une subsidence importante qui a ennoyé une grande partie de l'édifice volcanique mais n'a pas permis l'édification d'un complexe récifal de grande épaisseur.

CHUBB (1927) expliquait la subsidence des îles Australes par la migration d'un pli monoclinale : sur les bords subsidents du pli, les îles s'enfoncent et permettent l'édification de récifs barrières, tandis que, dans l'axe du pli, les îles sont en voie d'élévation. Aux Australes, CHUBB distinguait ainsi trois alignements :

— Rurutu serait situé sur l'axe de cet anticlinal de direction SE-NW, donc sur la partie en voie d'élévation;

— le récif Neilson, Rapa, Marotiri sur les flancs subsidents de l'anticlinal;

— entre les deux Maria, Rimatara, Tubuaï, Raevavae, le banc du Président Thiers étaient d'abord sur la partie en voie d'élévation de l'anticlinal mais, lorsque la crête du pli a émigré vers le NNE, s'est produite la subsidence.

Cette hypothèse ne peut être ni confirmée ni infirmée. Actuellement cependant on invoque, dans le cadre de la tectonique des plaques, une migration des îles volcaniques depuis le « Hot spot » (ou point chaud) du volcan Mac Donald.



Fig. 17. — Carte de l'île Tubuai.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT DE LA RUE (E.), 1959. — *Étude géologique et prospection minière de la Polynésie française*. Inspection Générale des Mines et de la Géologie, Paris, 43 p.
- BECKER (M.) et GUILLEN (J.), 1977-1978. — *Ile de Tubuaï, secteur de Mataura. Reconnaissance hydrogéologique* (1<sup>re</sup> phase, 1977, 7 p.); (2<sup>e</sup> phase, 1977, 7 p.); (3<sup>e</sup> phase, 1978, 5 p.), Lab. Trav. Publics Polynésie, ronéotypé.
- BROUSSE (R.), 1979. — Ile Tubuaï. Rapport de Mission. S.M.C.B., DIRCEN (inédit).
- BROUSSE (R.), CHEVALIER (J. P.), DENIZOT (M.) et SALVAT (B.), 1974. — Étude géomorphologique des îles Gambier. *Cahiers du Pacifique*, **18**, 1, 9-119.
- CAILLOT (A. C. E.), 1910. — *Histoire de la Polynésie orientale*, Paris.
- CHEVALIER (J. P.), DENIZOT (M.), MOUGIN (J. L.), PLESSIS (Y.) et SALVAT (B.), 1968. — Étude géomorphologique et bionomique de l'atoll de Mururoa. *Cahiers du Pacifique*, **12**, 11-144.
- CHÈVRE (H.), 1974. — Aperçu sur la météorologie des îles Gambier. *Cahiers du Pacifique*, **18**, 1, 143-158.
- CHUBB (L. J.), 1927. — The geology of the Austral or Tubuaï Islands (Southern Pacific). *Quart. Journ. Geol. Soc.*, **83** (2), 291-316.
- DALRYMPLE (G. B.), JARRARD (R. D.) et CLAGUE (D. A.), 1975. — Potassium-Argon Age of some volcanic rocks from the Cook and Austral Islands. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **86**, 1463-1467.
- DAVIS (W. M.), 1928. — The Coral Reef Problem. *Am. Geogr. Soc.*, Sp. Publ., **9**, 596 p.
- DUNCAN (R. A.) et Mc DOUGALL (I.), 1976. — Linear Volcanism in French Polynesia. *Journ. Volcan. Geothermal Res.*, **1**, 197-227.
- DUPETIT THOUARS (A.), 1841-1846. — *Voyage autour du monde sur la frégate La Venus pendant les années 1836-1839*, Paris, 2 tomes, 457-458, t. 2 pour Tubuaï.
- EMORY (K.), 1963. — East Polynesian relationships. *Journ. Polyn. Soc.*, **72**, 78-100.
- EMORY (K.) et SINOTO (Y.), 1964. — Préhistoire de la Polynésie. *Journ. Soc. Océanistes*, **20**, 39-42.
- GALZIN (R.), RICARD (M.), RICHARD (G.), SALVAT (B.) et TOFFART (J. L.), 1979. — Le complexe récifal de Kabara (Lau, Fidji). Géomorphologie, Biologie et Socio-Écologie. *Ann. Inst. Ocean.*, Paris, **55** (2), 113-114.
- GIOVANELLI (J. L.), 1936. — Le cyclone des 24-27 août 1933 en Océanie. *Ann. Phys. du Globe de la France d'Outre-Mer*, **18**, 169-170.
- GIOVANELLI (J. L.), 1940. — Les cyclones en Océanie française. *Bull. Soc. Études Océaniques*, VI, **68**, 250-265.
- GUILCHER (A.), 1969. — *L'Océanie*, P.U.F., série Magellan, Paris, 295 p.
- HEYERDAHL (T.), 1951. — *L'expédition du « Kon Tiki »*. Albin Michel, Paris, 310 p.
- HEYERDAHL (T.), 1966. — Préhistoric culture in Oceania. XI<sup>e</sup> Pacific Science Congress, *Proceed.*, **9**, 16 p.
- IDDINGS (J. P.), 1916. — The petrology of some South Pacific Islands and its significance. *Proceed. Nat. Acad. Sc. Washington*, 413-419.
- IDDINGS (J. P.) et MORLEY (E. W.), 1918. — A contribution to the petrography of the South Sea Islands. *Proceed. Nat. Acad. Sc. Washington*, **4**, 110-177.
- ILARI (N.), 1973. — *Secrets tahitiens. Journal d'un popaa farani (1934-1973)*. 2<sup>e</sup> éd. 1978. Lib. Nouvelles, DEBRESSE, éd., Paris, 318 p.

- KRUMMENACHER (D.) et NOETZLIN (J.), 1966. — Ages isotopiques K/A de roches prélevées dans les possessions françaises du Pacifique. *Bull. Soc. Géol. France*, **8**, 173-175.
- LACROIX (A.), 1926. — La constitution minéralogique des îles volcaniques de la Polynésie australe. *Proc. Third Pan-Pacific Congr.*, Tokyo, 734-757.
- LACROIX (A.), 1927 a. — La constitution lithologique des îles volcaniques de la Polynésie australe. *Mém. Acad. Sc.*, **59**, 82 p.
- LACROIX (A.), 1927 b. — La constitution lithologique des volcans du Pacifique central austral. *C. R. Acad. Sc.*, Paris, **185**, 425-428.
- LACROIX (A.), 1928. — Nouvelles observations sur les laves des îles Marquises et de l'île de Tubuaï (Polynésie australe). *C. R. Acad. Sc.*, Paris, **187**, 397-401.
- LACROIX (A.), 1929. — La constitution minéralogique et chimique des laves intrapacifiques. *Proceed. Fourth Pacific Congr.*, Bandung, 941-950.
- LACROIX (A.), 1933. — Recent observations on the mineralogical and chemical constitution of the intrapacific lavas (South Central Pacific). *Proceed. Fifth Sc. Congr.*, **3**, 2538-2542.
- LUCETT, 1851. — *Rovings in the Pacific, from 1837 to 1849, with a glance at California by a merchant long resident at Tahiti*, London, 2 vol.
- MARSHALL (P.), 1918. — Notes on the geology of the Tubuaï Islands and of Pitcairn, New Zealand. *Inst. Trans. and Proceed.*, **1**, 278-279.
- MONTGOMERY (J.), 1831. — *Journal of voyages and travels of the Rev. Daniel Tyerman and George Bennet*, London.
- MOERENHOUT (J. A.), 1937. — *Voyages aux îles du Grand Océan*. Bil. A. MAISSONNEUVE éd., Paris, 2 tomes.
- MOTTAY (G.), 1976. — *Contribution à l'étude géologique de la Polynésie française. Archipel des Australes; Mehetia (Archipel de la Société)*. Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, Orsay, 217 p.
- OBELLIANNE (J. M.), 1955. — Contribution à l'étude géologique des îles des Établissements français de l'Océanie. *Sciences de la Terre*, **3** (4), 146 p., (Tubuaï, 23).
- RAVET (J.), 1934. — Le cyclone des 23-26 août 1933 aux îles Tubuaï (Océanie). *Ann. Phys. du Globe de la France d'Outre-Mer*, **4**, 117-118.
- RUSSELL (S.), 1935. — *Tahiti and French Oceania*, Sydney, 142 p.
- SERVICE HYDROGRAPHIQUE DE LA MARINE, *Ile de Tubuaï, Archipel Tubuaï, Océan Pacifique Sud (levée en 1894)* (publiée à l'échelle de 1/12 600<sup>e</sup> en 1896).
- Annales des Services météorologiques de la France d'Outre-Mer*, 2<sup>e</sup> vol., *Territoires français de l'Océan Indien, du Pacifique et de l'Amérique*, 1960.
- SITKEN (R. T.), 1930. — Ethnology of Tubuaï. *Bernice p. Bishop Museum, Bull.* 70, « Bayard Dominick Expedition », 169 p. (réimprimé Kraus Reprint Co. New York, 1971).
- SMITH (S. V.) et HENDERSON (R. S.), 1978. — Phoenix Island Report. I : An environment Survey of Canton Atoll Lagoon, 1973. *Atoll Research Bull.*, **221**, 183 p.
- SMITH (W. C.) et CHUBB (L. J.), 1927. — The Petrography of the Austral or Tubuaï Islands. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, **83** (2), 317-341.
- SUGGS (R. C.), 1960. — *Les civilisations polynésiennes*, Paris, 269 p.
- TALANDIER (J.), 1979. — Les Tsunamis en Polynésie française. *Lab. de Géophysique*, Papeete, Tahiti, 32 p.
- TESSIER (R.), 1969. — Les Cyclones en Polynésie. *Bull. Soc. Et. Océan.*, **XIX**, 5-6, 166, 156-235.
- Guide du Pacifique*, 1964. — Polynésie française, **3** (1). *Marine nationale*.