

P O L Y N E S I E   F R A N C A I S E

---

O R S T O M

ETUDE BATHYMETRIQUE DU LAGON DE L'ATOLL DE TIKEHAU

---

Par

X. LENHARDT

Centre ORSTOM de TAHITI - B.P. 529 - PAPEETE-TAHITI  
Polynésie Française

---



### RESUME

La carte bathymétrique de l'atoll de Tikehau (archipel des Tuamotu) a été réalisée à la suite de mesures sur le terrain. Le lagon se présente comme une cuvette aux bords "escarpés", où la profondeur atteint 38 m. Les données géométriques de base du lagon ont été calculées : Surface :  $400.10^6$  m<sup>2</sup>, Profondeur moyenne : 25 m.

### ZUSAMMENFASSUNG

Infolge Feldmessen in der Lagune von Tikehau Atoll (Tuamotu Inseln) wurden eine Tiefenkarte und Tiefenhistogramme gezeichnet. Die Lagune gleicht einem Becken mit "steilen" seiten und mit maximum Tiefe 38 m. Es wurden auch die geometrischen Grunddaten für Lagune geschätzt : Flächeninhalt :  $400.10^6$  m<sup>2</sup>, Durchschnitt Tiefe : 25 m.

Der Durchlass wurde auch beschreibt (Durchschnitt, Länge und Rauhe) für weitere studien.

### ABSTRACT

A bathymetric map of Tikehau lagoon (Tuamotu archipelago) was compiled using field measurements. The lagoon takes the form of a basin with "steep" sides and a maximum depth of 38 m. Basic geometrical data of the lagoon were also calculated : Surface area :  $400.10^6$  m<sup>2</sup>, average depth : 25 m. We also calculated some topographic characters of the pass. This calculation of section, length, roughness is a basis for future hydro-dynamics studies.

## INTRODUCTION

La bathymétrie constitue une donnée de base pour tous les domaines de recherche travaillant dans le cadre du programme ATOLL. La profondeur limite en particulier l'énergie lumineuse qui commande la photosynthèse. Elle est aussi un paramètre déterminant de la circulation des eaux. Cette étude a pour but de dresser une carte bathymétrique de l'atoll et calculer la surface, le volume, la profondeur moyenne et l'histogramme des profondeurs. La passe présentant un grand intérêt dans l'hydrodynamique du lagon, on s'est également attaché à la décrire la dans ses formes et la rugosité de son fond.

## I - MATERIEL ET METHODES

Une première série de 8 radiales bathymétriques fut réalisée en Juin-Juillet 86 à l'aide d'un sondeur acoustique SIMRAD EY-M (70 KHz Echelle 0/60 m) embarqué sur un bateau de type hors-bord.\*

Le bateau naviguait à une vitesse estimée constante voisine de 6 km/h. Le cap était maintenu manuellement sur le Nord ou le Sud magnétique (Déclinaison = 13°) lu au compas. On remarquera qu'étant donné les dimensions du lagon (25 km sur le grand axe) il est aisé de tenir un cap précis. Aucun autre relèvement n'a été réalisé sur ces radiales.

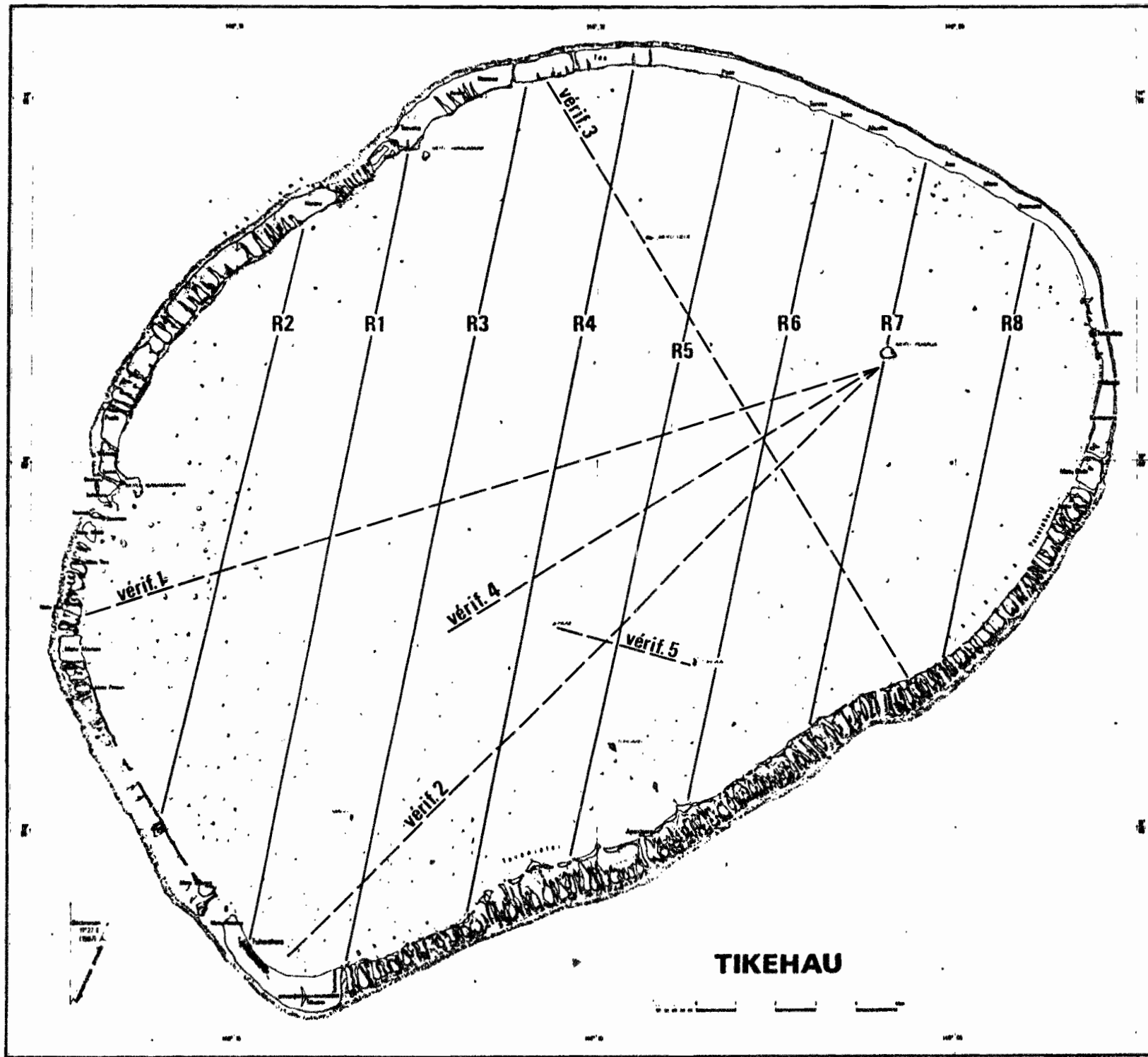
Les conditions d'environnement étant favorables (lagon peu agité, marnage faible = 0,03 m, pas d'ensachage notable) aucune correction n'a été effectuée pour prendre en compte ces phénomènes dont l'amplitude est négligeable devant l'incertitude afférant à la mesure elle même.

Les radiales présentées dans ce rapport ont servi de base à l'établissement de la carte bathymétrique, au tracé des histogrammes et au calcul du volume du lagon. Elles apparaissent sur la fig. 1 sous le nom de Rad 1, ... Rad 8.

---

\* Ces mesures furent réalisées par MM. ARNAUDIN H. et OREMPULLER J.

Fig. 1 - Disposition des radiales bathymétriques



On a ensuite pu recouper ces traits de sonde par d'autres radiales et d'autres relèvements réalisés en Mai 87 suivant le même mode opératoire, et par deux radiales plus anciennes effectuées par le N.O. TAINUI en 1983 (fig. 1).

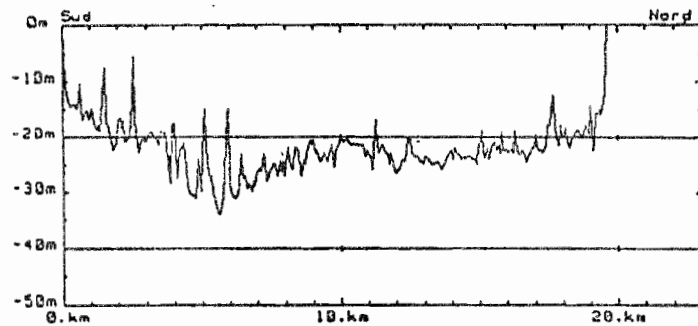
Dans la passe, les dimensions réduites et les conditions de navigation difficiles ont conduit à naviguer à vue, au plus près d'amers repérables sur photographie aérienne.

Les enregistrements ainsi obtenus ont été discrétisés (1 mesure tous les 80 m, environ) puis saisis sur ordinateur. Le rapport d'échelle a été calculé entre les isobathes - 5 m représentés sur la carte IGN. Les 8 radiales bathymétriques ont été lissées selon un procédé de moyennes glissantes calculées sur 19 valeurs successives affectées respectivement des coefficients 1, 2, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 5, 5, 5, 5, 4, 4, 4, 3, 3, 2, 1. Aux extrémités des radiales, seuls les niveaux submergés ont été pris en compte, et ils ont été affectés de coefficients répartis sur une séquence plus étroite : 1, 2, 3, 2, 1. On a ainsi pu faire disparaître les accidents très nombreux, et très "pointus", rencontrés tout au long des radiales, tout en conservant la forme de la pente interne. Ce lissage calculé sur 19 valeurs écrase les accidents de fond sur un intervalle glissant de 1500 m parfaitement compatible avec les 3000 m séparant deux radiales consécutives (fig. 2, 3, 4, 5).

Si les photographies aériennes permettent de repérer précisément les hauts fonds et les "motu", l'image LANDSAT du lagon de TIKEHAU ne nous est d'aucune utilité quant à la bathymétrie. En effet, le canal MSS4 du CCT de LANDSAT mesure la luminance d'un pixel. Pour une qualité d'eau homogène, la luminance est proportionnelle à la profondeur d'eau, si le satellite peut "voir" le fond du lagon. (PIRAZZOLI, 1984). Mais dans le cas de TIKEHAU, comme dans le cas de RANGIROA étudié par PIRAZOLLI, la turbidité de l'eau ne permet pas de "voir" profond, et surtout, le gradient de turbidité entre l'ouest et l'est du lagon ne permet en aucune manière de corrélérer luminance et profondeur. Aussi la carte établie à partir de l'image LANDSAT du 13/03/79 par P.A. PIRAZZOLI ne recouvre donc que très grossièrement les observations de terrain. (PIRAZZOLI, 1985).

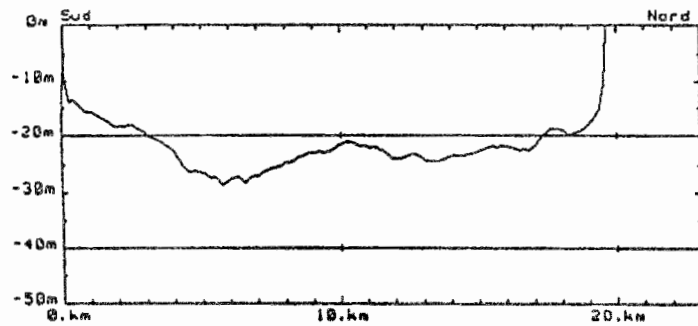
RADIALE N°1 PROFONDEURS REELLES

Profondeur moyenne : 21.89 m.  
Longueur de la radiale : 19.50 km.



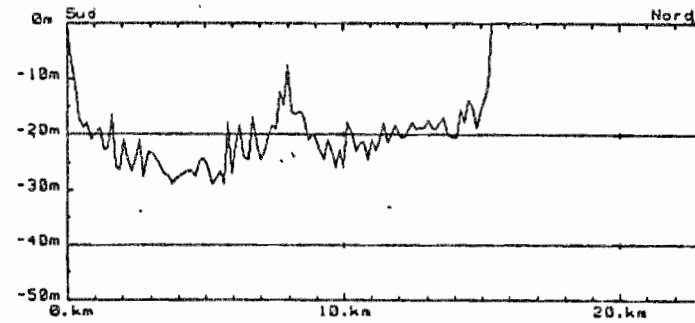
RADIALE N°1 PROFONDEURS LISSEES.

Profondeur moyenne : 21.96 m.  
Longueur de la radiale : 19.50 km.



RADIALE N°2 PROFONDEURS REELLES

Profondeur moyenne : 20.95 m.  
Longueur de la radiale : 15.10 km.



RADIALE N°2 PROFONDEURS LISSEES.

Profondeur moyenne : 20.97 m.  
Longueur de la radiale : 15.10 km.

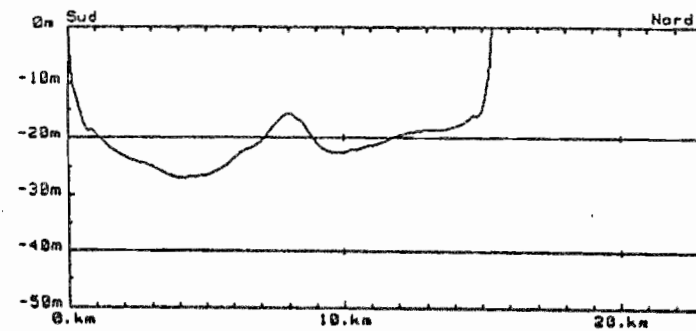
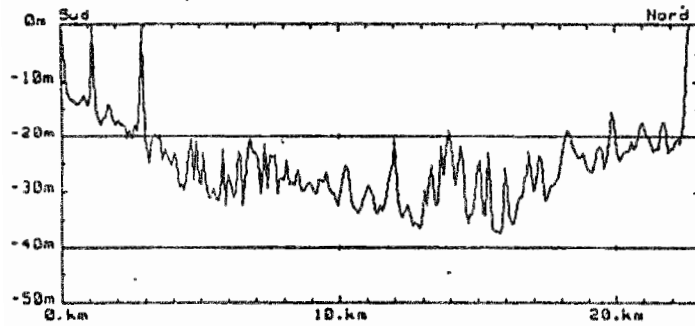


Fig. 2

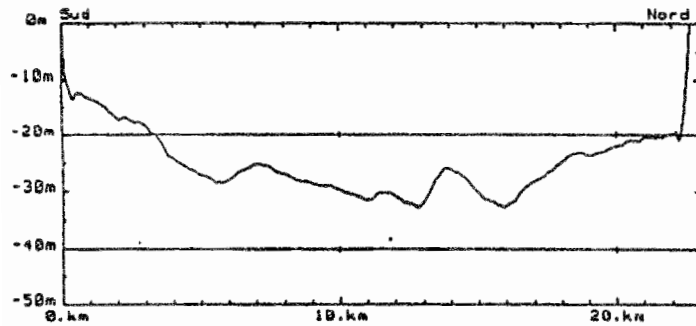
RADIALE N°3 PROFONDEURS REELLES

Profondeur moyenne : 25.19 m.  
Longueur de la radiale : 22.50 km.



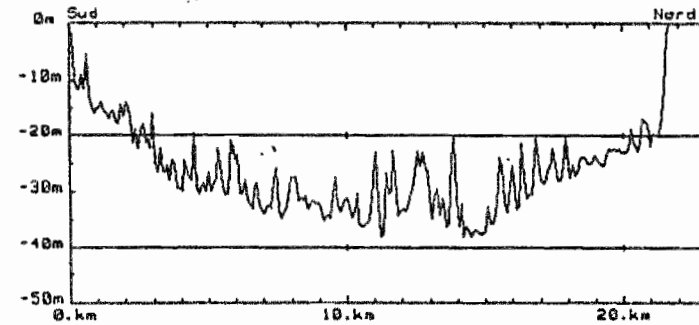
RADIALE N°3 PROFONDEURS LISSEES.

Profondeur moyenne : 25.09 m.  
Longueur de la radiale : 22.50 km.



RADIALE N°4 PROFONDEURS REELLES

Profondeur moyenne : 26.52 m.  
Longueur de la radiale : 21.50 km.



RADIALE N°4 PROFONDEURS LISSEES.

Profondeur moyenne : 26.47 m.  
Longueur de la radiale : 21.50 km.

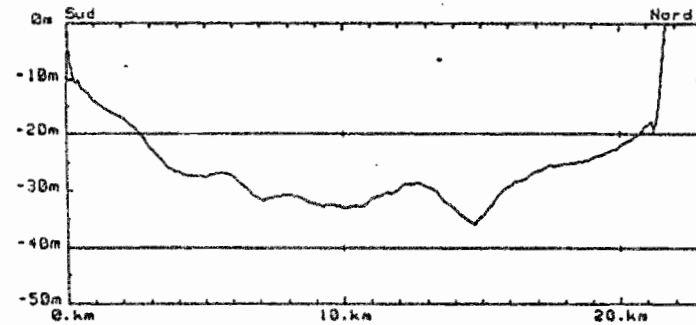
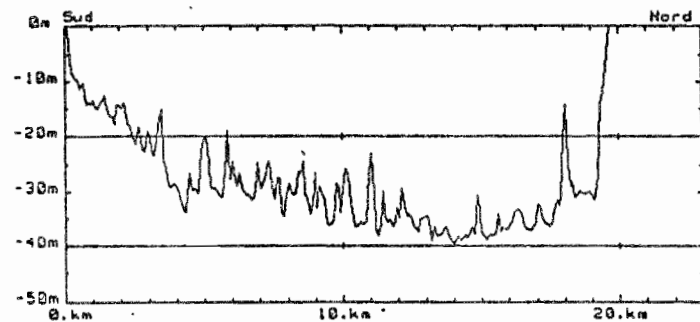


Fig. 3



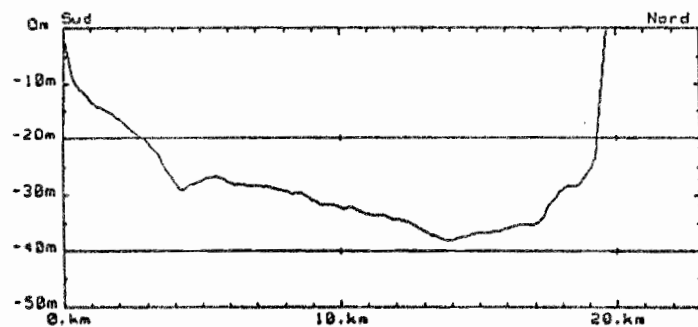
RADIALE N°5 PROFONDEURS REELLES

Profondeur moyenne : 28.70 m.  
Longueur de la radiale : 19.50 km.



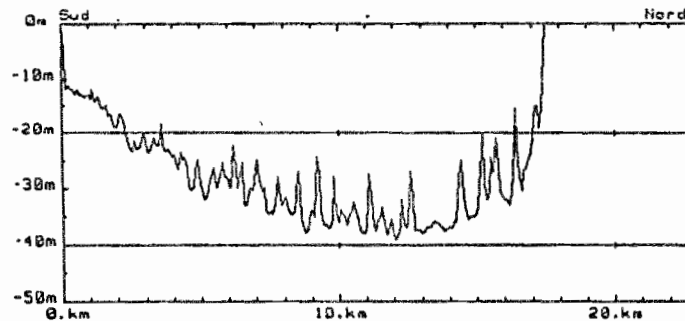
RADIALE N°5 PROFONDEURS LISSEES.

Profondeur moyenne : 28.57 m.  
Longueur de la radiale : 19.50 km.



RADIALE N°6 PROFONDEURS REELLES

Profondeur moyenne : 28.14 m.  
Longueur de la radiale : 17.35 km.



RADIALE N°6 PROFONDEURS LISSEES.

Profondeur moyenne : 28.06 m.  
Longueur de la radiale : 17.35 km.

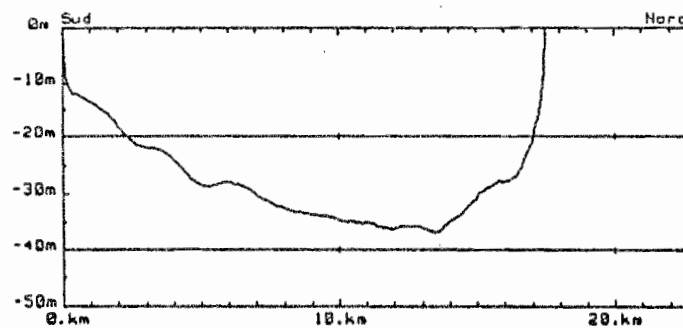
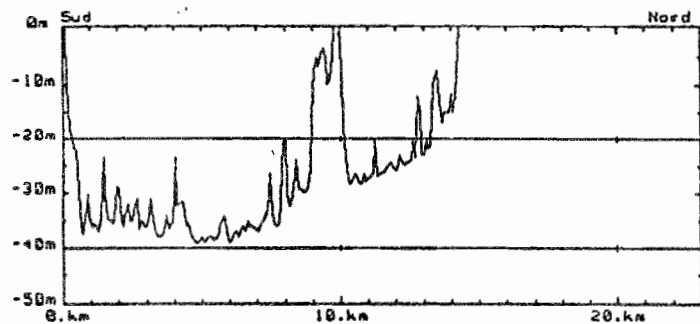


Fig. 4

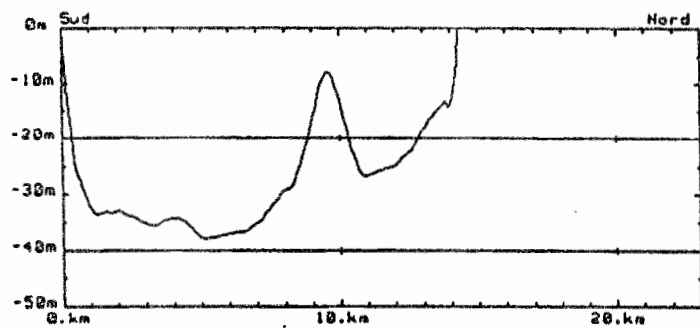
RADIALE N°7 PROFONDEURS REELLES

Profondeur moyenne : 27.49 m.  
Longueur de la radiale : 14.15 km.



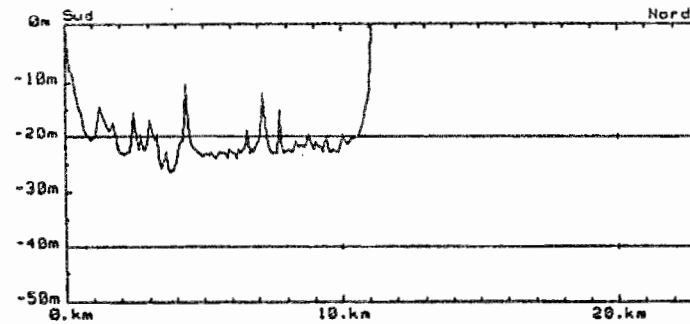
RADIALE N°7 PROFONDEURS LISSEES.

Profondeur moyenne : 27.23 m.  
Longueur de la radiale : 14.15 km.



RADIALE N°8 PROFONDEURS REELLES

Profondeur moyenne : 20.33 m.  
Longueur de la radiale : 11.00 km.



RADIALE N°8 PROFONDEURS LISSEES.

Profondeur moyenne : 20.16 m.  
Longueur de la radiale : 11.00 km.

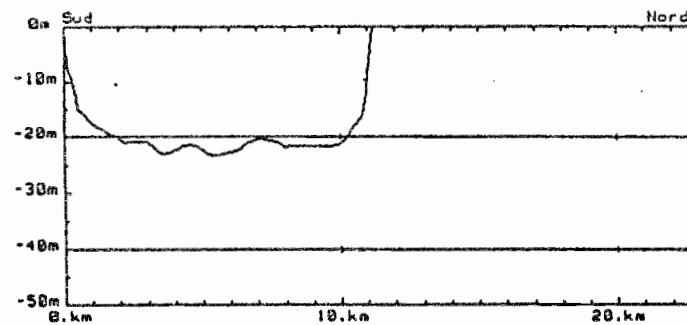


Fig. 5

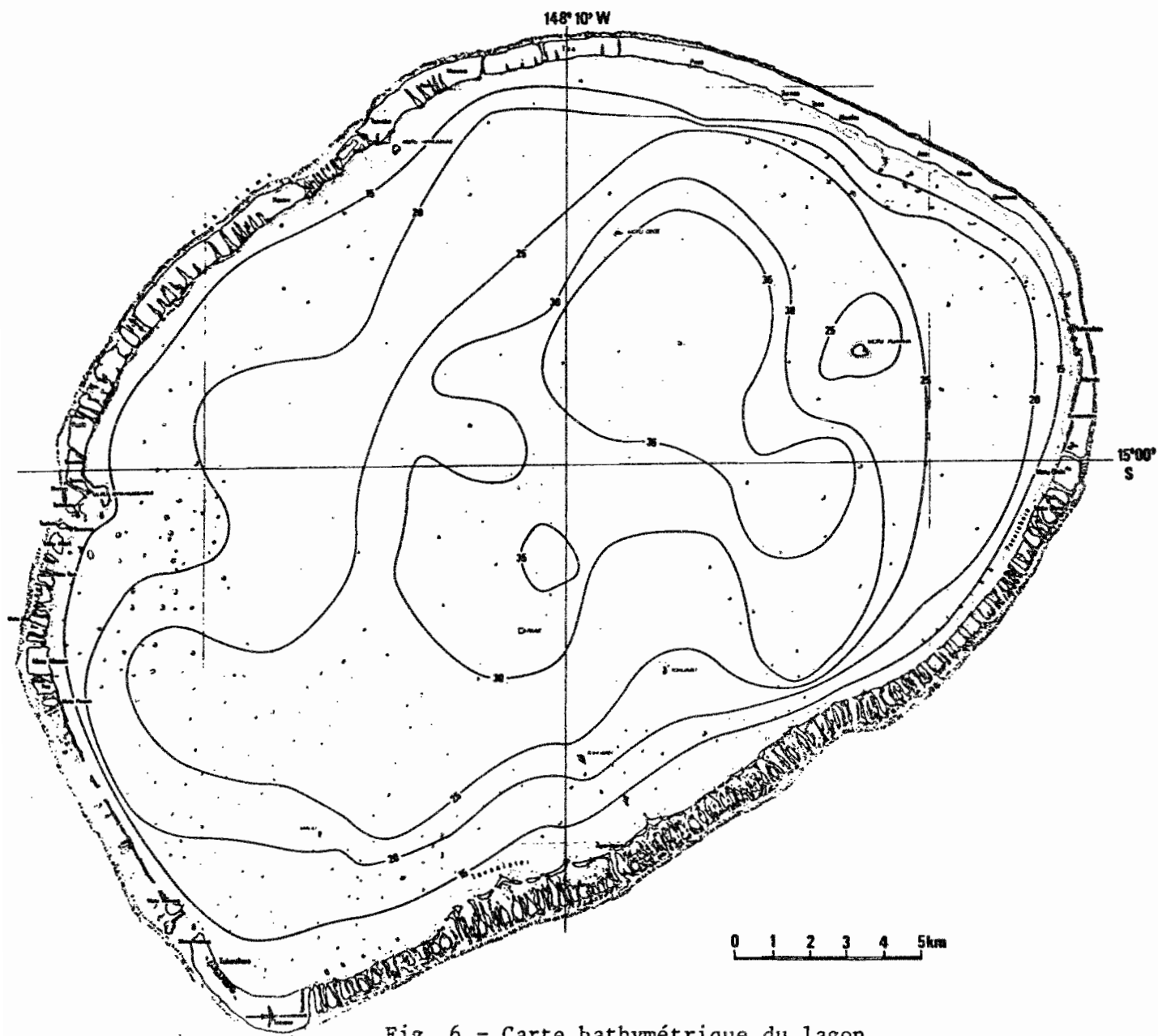


Fig. 6 - Carte bathymétrique du lagon de Tikehau.

## II - RESULTATS

### 1 - Carte bathymétrique

Les radiales, lissées suivant la méthode exposée, ont permis de tracer la carte bathymétrique des fonds moyens (fig. 6). La profondeur maximale rencontrée est de 38 m.

### 2 - Histogramme des profondeurs

On note sur le tracé des histogrammes (fig. 7) que la pente interne du lagon est très raide ; les profondeurs comprises entre 0 et 20 m ne représentent que 23 % de la surface du lagon.

On pourrait objecter que la méthode de dépouillement des coupes bathymétriques décrite plus haut occulte en partie la classe des profondeurs comprises entre 0 et 5 m puisque sur la pente interne les mesures commencent au-delà de 5 m de profondeur ; la classe des 0 à 5 m ne contient donc que les pinnacles. Cependant, la ligne des 5 m étant très proche de la côte (en général moins de 80 m), les pourcentages portés sur les histogrammes restent tout à fait représentatifs de la réalité du terrain.

### 3 - Données géométriques du lagon

Profondeur moyenne (P), surface (S) et volume du lagon (V) sont des données de base pour les études ultérieures : hydrodynamique, biologie, biochimie.

Notons :

P : Profondeur moyenne du lagon

V : Volume du lagon

S : Surface du lagon

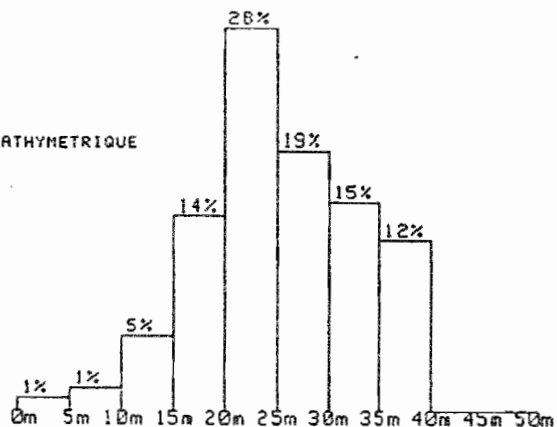
$L_1$  : Longueur de la bande de lagon représentée

$l_1$  : Largeur de la bande de lagon représentée par la radiale n° i.

HISTOGRAMME DES PROFONDEURS REELLES

POURCENTAGE DE SURFACE PAR TRANCHE BATHYMETRIQUE

|         |         |
|---------|---------|
| 0-5 m   | 1.04 %  |
| 5-10 m  | 1.77 %  |
| 10-15 m | 5.70 %  |
| 15-20 m | 14.66 % |
| 20-25 m | 28.74 % |
| 25-30 m | 19.53 % |
| 30-35 m | 15.68 % |
| 35-40 m | 12.87 % |
| 40-45 m | 0.00 %  |



HISTOGRAMME DES PROFONDEURS LISSEES

POURCENTAGE DE SURFACE PAR TRANCHE BATHYMETRIQUE

|         |         |
|---------|---------|
| 0-5 m   | 0.23 %  |
| 5-10 m  | 1.92 %  |
| 10-15 m | 5.40 %  |
| 15-20 m | 14.32 % |
| 20-25 m | 26.86 % |
| 25-30 m | 25.18 % |
| 30-35 m | 18.00 % |
| 35-40 m | 8.07 %  |
| 40-45 m | 0.00 %  |

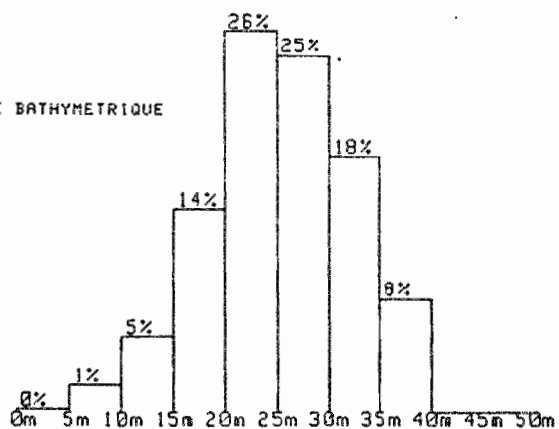


Fig. 7

Par définition  $P = \frac{V}{S}$

$$= \frac{\sum_{i=1}^8 P_i L_i l_i}{\sum_{i=1}^8 L_i l_i}$$

De par le tracé des radiales de sondeur :

$$l_i = l \text{ pour tout } i \in \{1, \dots, 8\} .$$

$$P = \frac{l_i \sum_{i=1}^8 P_i L_i}{l_i \sum_{i=1}^8 L_i}$$
$$= \frac{\sum_{i=1}^8 P_i L_i}{\sum_{i=1}^8 L_i}$$

soit  $P = 25,2 \text{ m}$ .

On peut affiner le calcul de  $P$  en mesurant, sur la carte, les surfaces  $S_i$  représentées par les radiales respectives  $Rad_i$ . Pour ce faire, on découpe le lagon en bandes centrées sur les radiales, sans recouvrement. Pour les radiales extrêmes, la bande ne s'étend pas jusqu'au bord qui, peut être considéré comme une radiale bathymétrique de profondeur nulle.

On peut alors calculer les largeurs de bande  $l_i$ , suivant  $l_i = \frac{S_i}{L_i}$

$$d'où  $l_1 = 10 \text{ km}$$$

$$l_2 = 10,8 \text{ km}$$

$$l_3 = 10 \text{ km}$$

$$l_4 = 10 \text{ km}$$

$$l_5 = 10 \text{ km}$$

$$l_6 = 10 \text{ km}$$

$$l_7 = 10 \text{ km}$$

$$l_8 = 9,4 \text{ km}$$

$$\text{On calcule alors } P = \frac{\sum_{i=1}^8 P_i L_i l_i}{\sum_{i=1}^8 L_i l_i}$$

$$\text{soit } P = 25,26 \text{ m}$$

La **profondeur moyenne** du lagon retenue, étant données les incertitudes tenant aux mesures, au mode opératoire et à la nature elle-même, est :  $P = 25 \text{ m}$ .

La **surface** du lagon lue sur la carte IGN à l'aide d'un planimètre électronique est  $S = 390.10^6 \text{ m}^2$   
 $\approx 400.10^6 \text{ m}^2$

Le **volume** du lagon est donc  $V = 10.10^9 \text{ m}^3$

La méthodologie employée constitue en l'état actuel des techniques, une approche rationnelle et raisonnable. L'incertitude sur les résultats peut être grossièrement évaluée à 5 %. Elle est tout à fait compatible avec les nécessités.

#### 4 - Bathymétrie de la passe

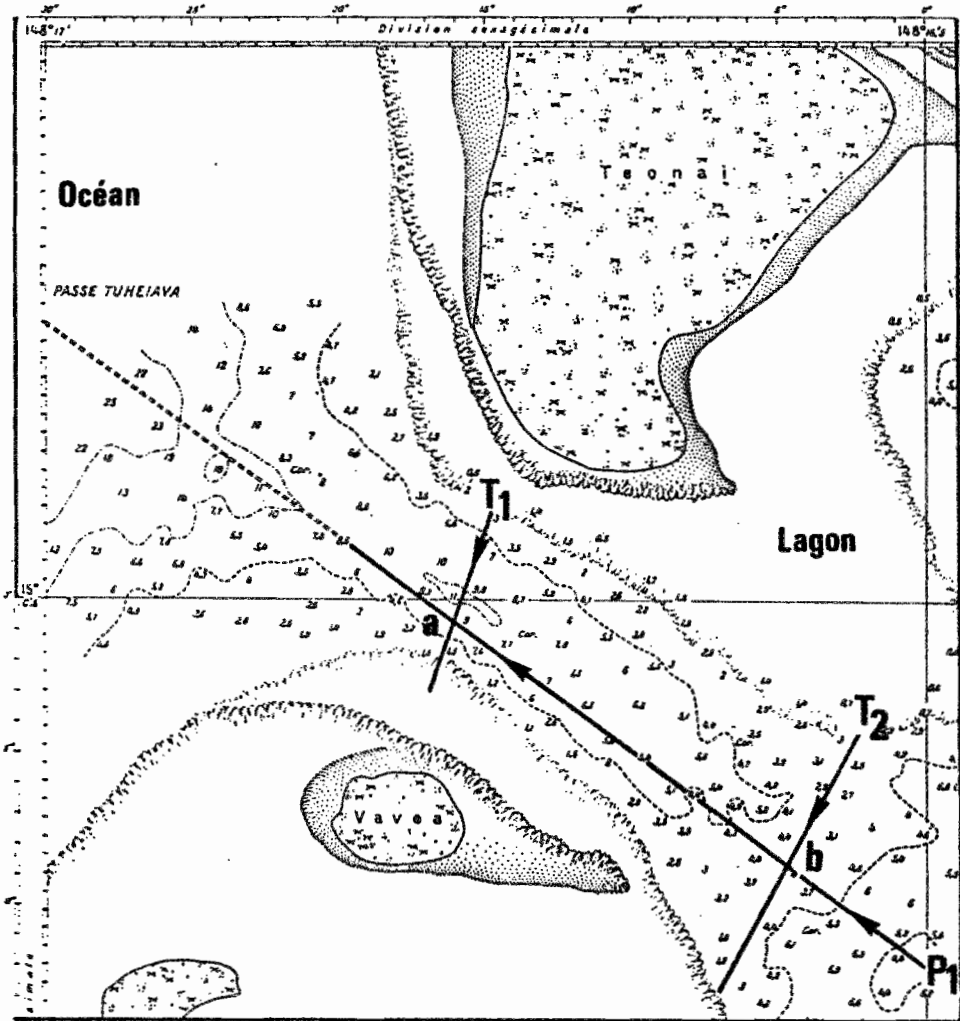
On ne retiendra de la passe que le profil longitudinal, la section au niveau du seuil et la section la plus étroite, qui est aussi la section à travers laquelle l'écoulement est le plus rapide (fig. 9).

Il apparaît que la passe présente un seuil à 4 m et que la section au niveau du seuil est sensiblement égale à la section la plus étroite.

section au seuil :  $s_1 = 1080 \text{ m}^2$

section étroite :  $s_2 = 1040 \text{ m}^2$

On adoptera comme valeur de la **section-passe**  $s = 1000 \text{ m}^2$ . La longueur de la passe est estimée à  $l = 600 \text{ m}$ .



RÉL: Carte SHOM n° 6363

Fig. 8 - Bathymétrie de la passe

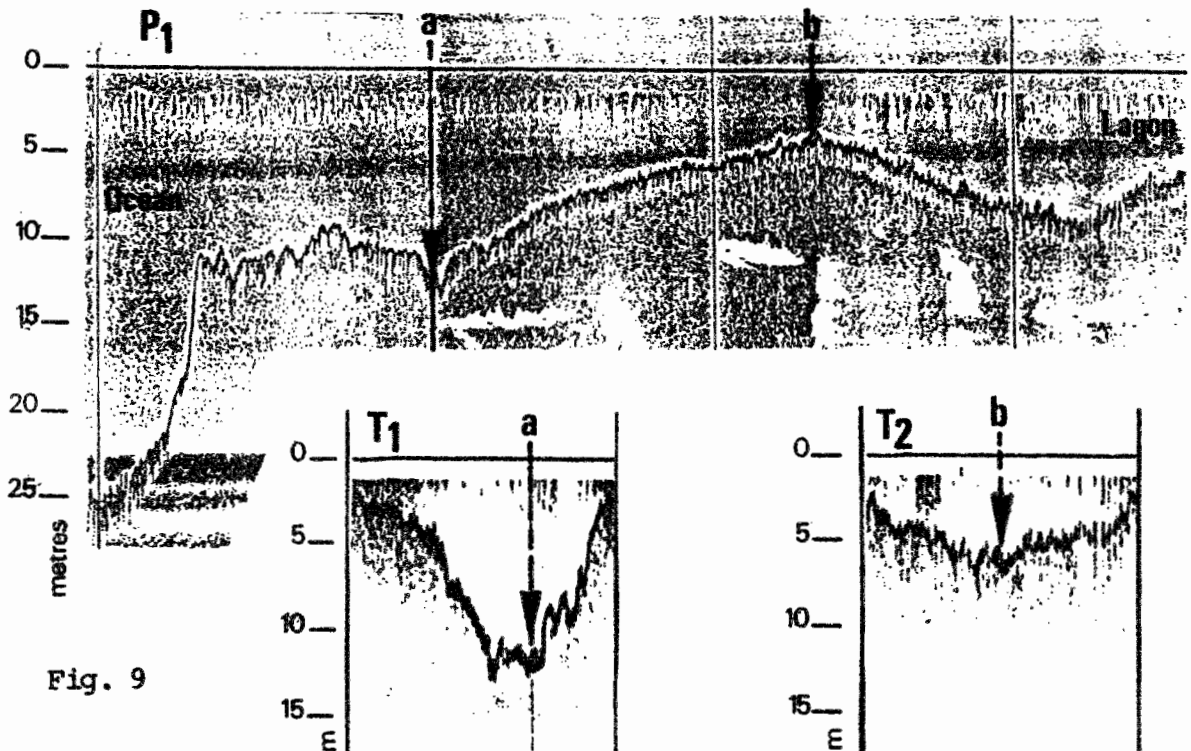


Fig. 9



Le périmètre mouillé, calculé sur les 2 sections retenues (fig. 8), est en moyenne 250 m. D'où la valeur du **rayon hydraulique**  $R_H = 4$  m. (Par définition :  $R_H = \text{section}/\text{périmètre mouillé}$ ).

La passe présentant un grand intérêt pour l'hydrodynamisme du lagon, on notera également que son lit et ses parois sont de corail arasé, ce qui laisse imaginer un coefficient de CHEZY  $C = 50 \text{ m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$ . (LENCASTRE, 1982). Un modèle numérique décrivant les échanges entre le lagon et l'océan (X. LENHARDT - Thèse à paraître) conduit à proposer un coefficient de CHEZY  $C = 40 \text{ m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

(Le coefficient de CHEZY caractérise la rugosité d'un lit d'écoulement. Il est utilisé pour le calcul de  $F_r$ , force de frottement par unité de masse du fluide :

$$F_r = \frac{g}{C^2 \cdot R_H} \cdot V^2$$

où  $g$  = accélération de la pesanteur

$V$  = vitesse moyenne du fluide dans la section

$R_H$  = rayon hydraulique de la section).

## CONCLUSION

Le lagon de Tikehau a la forme d'une cuvette aux bords escarpés et dont la profondeur maximale observée est 38 m. Les paramètres géométriques de base sont :

|                      |  |
|----------------------|--|
| Profondeur moyenne   | $P = 25$ m                                   |
| Surface du lagon     | $S = 400 \cdot 10^6$ m <sup>2</sup>          |
| Volume moyen         | $V = 10 \cdot 10^9$ m <sup>3</sup>           |
| Section de la passe  | $s = 1000$ m <sup>2</sup>                    |
| Longueur de la passe | $l = 600$ m                                  |
| Rayon hydraulique    | $R_H = 4$ m                                  |
| Coefficient de CHEZY | $C = 40 \text{ m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$ |

La précision de ces valeurs est limitée par la densité spatiale des mesures effectuées et par la qualité moyenne du procédé de localisation.

Pour étudier la bathymétrie des lagons, d'atoll, il est à regretter que l'outil satellitaire ne puisse être plus efficace. Ceci tient exclusivement à la turbidité permanente des eaux, ce qui restera un facteur limitant quelle que soit la taille de pixel ou la longueur d'onde utilisée.

#### BIBLIOGRAPHIE

LENCASTRE (A.), 1982.- Manuel d'hydraulique générale. Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'EDF. EYROLLES-Paris.

PIRAZZOLI (P.A.), 1984.- Cartographie des hauts fonds par télédétection dans l'archipel des GAMBIER.  
L'espace géographique n° 3, 277-284, 304.

PIRAZZOLI (P.A.), 1985.- Cartographie bathymétrique de récifs coralliens et d'atolls par satellite. Proceeding of the Fifth International Coral Reef Congress, Tahiti, vol. 6.