

RESULTATS DE LA MISSION TIK 013

(JUILLET 85)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER



Centre ORSTOM de TAHITI

Archives d'Océanographie

P O L Y N E S I E   F R A N C A I S E

---

Centre ORSTOM de TAHITI  
Archives d'Océanographie  
N° 86/10

RESULTATS DE LA MISSION TIK 013

(JUILLET 85)

PRODUCTIONS PHYTOPLANCTONIQUE ET MICROPHYTOBENTHIQUE

---

Par

Loïc CHARPY et Claude CHARPY-ROUBAUD

## INTRODUCTION

La mission TIK 013 s'est déroulée du 05/07/85 au 19/07/85 dans l'atoll de TIKEHAU (TUAMOTU). 7 stations ont été prospectées (Fig. 1). Ses objectifs étaient, dans le cadre des opérations MOPAT et ENVAT :

- étude de la production phytoplanctonique
- étude de la distribution de la matière organique particulaire
- étude des caractéristiques chimiques du lagon

En outre :

Des observations préliminaires ont été faites sur les caractéristiques chimiques de l'eau interstitielle des sédiments et la matière organique de ces derniers. En effet, une opération visant à étudier la production primaire benthique de TIKEHAU devait à court terme être insérée dans le programme ATOLL ; il apparaissait opportun de planifier "grossièrement" cette étude, dont l'importance n'est plus à démontrer dans celle, globale, de la production primaire d'un milieu littoral. Ainsi des zones de caractéristiques différentes (ex. : communication entre l'océan et le lagon, bord de plage, zones plus centrales du lagon) ont été prospectées et, à une station, une étude de la stratification de la M.O. a été faite (Fig. 1 bis).

## METHODOLOGIE

### a) Paramètres chimiques des eaux du lagon et interstitielles

Les analyses de phosphore minéral et organique dissous ont été réalisées sur place, selon la méthode de KOROLEFF (1976) pour  $PO_4$ , STRICKLAND et PARSONS (1972) pour FOD.

Les analyses de silicates ont été réalisées sur place selon MULLIN et RILEY (1955). L'eau interstitielle des sédiments a été obtenue par filtration par gravité.

b) Matière organique particulaire (MOP)

Les déterminations ont toutes été faites au laboratoire de TIKEHAU (pigments, phosphore particulaire) ou de PAPEETE après stockage au congélateur. Durée de stockage : maximum 3 semaines.

- La chlorophylle-a et la phéophytine-a ont été dosées après filtration de 100 à 300 ml d'eau sur filtre GF/F 25 mm et/ou Millipore 0,45  $\mu$ , 1,2  $\mu$  et 5  $\mu$ , conservation au congélateur et à l'obscurité et extraction par le méthanol, selon la méthode de YENTSCH et MENZEL (1963).

- L'ATP a été dosé après filtration de 250 à 500 ml d'eau sur GF/F et MILLIPORE 0,45  $\mu$ , extraction immédiate dans le TRIS bouillant, conservation des extraits au congélateur, selon la méthode de HOLM-HANSEN et BOOTH (1966).

- Le phosphore particulaire a été dosé après filtration de 500 ml d'eau de mer sur GF/F brûlé 4 heures à 500° C, rinçage avec HCl 0,1 N, conservation des filtres au congélateur, selon MENZEL et CORWIN (1965) et après modification de la méthode. Les analyses ont été effectuées au laboratoire ORSTOM de NOUMEA (Nouvelle-Calédonie).

- Le carbone et l'azote particulaire ont été dosés après filtration de 500 ml d'eau sur GF/F (brûlé 4 heures à 500° C), rinçage avec 1 ml de Hcl 0,01 N et combustion dans un analyseur CHN 185-B Hewlett-Packard à 720° C (GORDON et SUTCLIFFE, 1973), au laboratoire de NOUMEA (Nouvelle-Calédonie).

- Des traits verticaux de filet WP2 (200  $\mu$ m) ont été réalisés et le poids sec déterminé avec une précision de 1 mg.

c) Matière organique du sédiment

Les prélèvements de sédiment superficiel ont été obtenus par écrémage avec une pelle (raclage) pour les sédiments superficiels et par carottage pour celui destiné à une étude de stratification. Les

déterminations des paramètres ont été faites au laboratoire de TIKEHAU pour les pigments et le phosphore et à PAPEETE en ce qui concerne l'ATP. Les échantillons ont été pesés après séchage du sédiment.

- Pigments : chlorophylle-a active et phéophytine

L'extraction a été réalisée par 10 ml d'acétone, le dosage a été fait par fluorimétrie suivant la méthode de YENTSCH et MENZEL (1969), sur le surnageant obtenu par sédimentation durant l'extraction et filtré (échantillon :  $\approx$  200 mg de sédiment).

- ATP :

L'extraction a été réalisée par 10 ml de tris bouillant durant 5 mn avec agitation intermittente. Le dosage a été réalisé suivant la méthode de HOLM-HANSEN BOOTH (1966) (échantillon :  $\approx$  200 mg de sédiment).

- Phosphore total :

L'estimation du phosphore total a été faite après adjonction de 35 ml de persulfate à 4,5 g/l et passage à l'autoclave durant 1h30 (échantillon :  $\approx$  quelques g de sédiment).

d) Mesure des taux d'incorporation

. Solutions et activités

- Le  $^{14}\text{C}$  minéral est obtenu à partir d'ampoules stériles de 1 ml de carbonate de calcium en solution aqueuse d'activité totale 4  $\mu\text{ci}$  (CEA). Il est ajouté aux flacons à incubation à raison de 500  $\mu\text{l}$ , soit une activité présente de 2  $\mu\text{ci}$ .

Les comptages ont été effectués en scintillation liquide dans des "mini-vials", liquide scintillant Aquasol (NEM).

Tous les comptages ont été effectués à l'hôpital Jean-Prince (PAPEETE).

. Flacons à incubations

Les flacons utilisés étaient des bouteilles BOD en borosilicate de 295 ml de capacité moyenne, lavées à HCl 0,1 N. Elles étaient soit suspendues à une bouée aux niveaux choisis, soit placées dans un casier sur un fond de 50 cm de profondeur à proximité du laboratoire. Les temps d'incubations variaient entre 4 et 5 heures.

. Filtrations

Le contenu total des bouteilles est filtré sur GF/F et sur Millipore 0,45  $\mu$ , 1,2  $\mu$ , 5  $\mu$  dans le cas des études de production par classes de taille. Les filtres sont rincés avec quelques ml d'HCl 0,1 N.

En ce qui concerne l'étude du taux d'incorporation de  $^{14}\text{C}$  dans le sédiment, ce dernier a été ramassé par écrémage et placé sur une hauteur de 0,5 cm dans les bouteilles BOD. Le sable a été récupéré sur un filtre millipore et 10 ml d'aquasol II ont été ajoutés, les comptages ont été effectués à l'hôpital Jean-Prince.

- Calcul du taux d'incorporation de C dans le sédiment (I. C. Sed) :

$$I.C. Sed = \left[ \frac{{}^{14}\text{C}_i}{{}^{14}\text{C}_a} \times {}^{12}\text{C}_d - I {}^{12}\text{C}_{ph} \right] \times \frac{1}{S} \times \frac{1}{\Delta t}$$

${}^{14}\text{C}_i$  =  $^{14}\text{C}$  incorporé (dpm)

${}^{14}\text{C}_a$  =  $^{14}\text{C}$  ajouté (dpm) ; 2  $\mu\text{C} \Leftrightarrow 4.440.000$  dpm

${}^{12}\text{C}_d$  =  $^{12}\text{C}$  disponible ( $\text{mg} \cdot \text{t}^{-1}$ ) =  $23 \times 10^{-3} \times V_{\text{BOD}} = 6,9$  mg

$I {}^{12}\text{C}_{ph}$  =  $^{12}\text{C}$  incorporé par le phytoplancton dans BOD (bouteille d'incubation) pendant  $\Delta t$  (durée de l'incubation).

S = Surface du sédiment dans la BOD ( $\text{m}^2$ ) =  $3,4 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$



Les résultats apparaissent dans les tableaux 1, 2 et 3 et les profils verticaux dans les figures 2 à 10.

**Tableau 1 :** Intervalles de confiances de la moyenne des différents paramètres (coefficient de sécurité : 95 %) étudiés dans le lagon de Tikehau en juillet 1985.

Paramètres	Nombre d'observations	Intervalle de confiance
PO <sub>4</sub> (mmol. m <sup>-3</sup> )	20	0,19 ± 0,04
POD (mmol. m <sup>-3</sup> )	20	0,21 ± 0,04
SiO <sub>2</sub> (mmol. m <sup>-3</sup> )	20	0,66 ± 0,22
Chlorophylle-a (mg.m <sup>-3</sup> )	20	0,29 ± 0,09
Pheophytine-a (mg.m <sup>-3</sup> )	20	0,07 ± 0,03
% Chlorophylle active	20	84 ± 4
COP (mg.m <sup>-3</sup> )	20	1 85 ± 23
NOP (mg.m <sup>-3</sup> )	20	21 ± 4
POP (mg.m <sup>-3</sup> )	20	3,0 ± 0,5
Poids sec 200 pK (mg.m <sup>-3</sup> )	6	15,2 ± 4,6

**Tableau 2 :** Paramètres des droites de régressions entre les différentes variables étudiés à Tikehau en juillet 1985, présentant des corrélations significatives.

Régression	Nombre observation	Coefficient de corrélation	Pente de la droite	Ordonnée à l'origine	erreur moyenne de l'estimation
PO <sub>4</sub> /POD	24	- 0,60 <sup>***</sup>	- 0,38	0,28 mmol.m <sup>-3</sup>	0,87 mmol.m <sup>-3</sup>
Chlorophylle/Pheophytine	24	0,64 <sup>***</sup>	1,77	0,14 mg.m <sup>-3</sup>	0,15 mg.m <sup>-3</sup>
COP/NOP	24	0,93 <sup>***</sup>	6,10	52 mg.m <sup>-3</sup>	20 mg.m <sup>-3</sup>
COP/Chlorophylle	24	0,36 <sup>*</sup>	99,6	148 mg.m <sup>-3</sup>	51 mg.m <sup>-3</sup>
NOP/Chlorophylle	24	0,44 <sup>*</sup>	19	15 mg.m <sup>-3</sup>	7,5 mg.m <sup>-3</sup>

TABLEAU 3 :Caracteristiques chimiques et biologiques du lagon de TIKEHAU les 11/7/85  
 prof=m;P et Si dissous :mmol/m3;Pigments , C,N,P particulaire :mg/m3

date	stat	prof	PO4	SiO2	POD	Chlo	Pheo	%Chl	COP	NOP	POP	200 mg.m <sup>-3</sup>
9/7	7	0	.28	.19	.04	.19	.02	91	157.0	13.0	3.4	
9/7	7	10	.25	.14	.12	.22	.03	87	174.0	15.0	2.7	14.8
9/7	7	20	.13	.14	.38	.26	.06	82	166.0	18.0	2.3	
9/7	7	35	.17	.67	.22	.37	.31	55	245.0	26.0	3.9	
11/7	9	0	.16	.62	.17	.19	.02	91	137.0	17.0	2.4	
11/7	9	10	.12	.68	.24	.26	.01	95	151.0	19.0	2.5	12.0
11/7	9	27	.23	1.59	.24	.39	.15	73	168.0	19.0	1.9	
11/7	25	0	.08	.58	.25	.24	.04	85	129.0	16.0	2.2	
11/7	25	10	.05	.53	.30	.24	.04	85	136.0	15.0	2.3	12.5
11/7	25	20	.09	.33	.30	.25	.05	83	153.0	18.0	7.5	
11/7	25	35	.12	.72	.32	.17	.00	97	161.0	17.0	3.8	
11/7	24	0	.21	.56	.23	.14	.03	81	178.0	18.0	2.2	
11/7	24	10	.17	1.39	.18	.15	.02	89	180.0	21.0	3.0	15.3
11/7	24	24	.16	1.64	.19	.46	.10	82	170.0	22.0	2.9	
11/7	1	0	.35	1.11	.01	.10	.01	91	99.0	9.0	.3	
11/7	1	10	.29	1.05	.14	.08	.05	65	109.0	10.0	.9	2.3
11/7	1	20	.23	1.08	.62	.04	.07	39	131.0	14.0	1.3	
11/7	1	30	.35	1.05	.05	.08	.05	65	115.0	14.0	1.2	
11/7	3	0	.29	.35	.07	.18	.03	84	301.0	38.0	2.5	
11/7	3	10	.17	.37	.22	.18	.05	77	309.0	42.0	2.7	11.8
11/7	3	25	.25	1.51	.19	1.01	.21	83	236.0	34.0	3.0	
11/7	6	0	.35	.50	.02	.26	.04	88	165.0	20.0	2.8	
11/7	6	10	.20	.39	.31	.32	.04	88	194.0	25.0	2.7	24.5
11/7	6	20	.23	.36	.13	.33	.07	82	191.0	15.0	2.8	

Les concentrations en PO4 du lagon sont peu différentes de celles superficielles du large par contre celles en SiO2 (0,66 mmole.m<sup>-3</sup>). Le POD est plus abondant dans le lagon. La chlorophylle est 3 à 4 fois plus abondante dans le lagon par contre les concentrations en COP, NOP et POP du lagon ne sont que 2 fois supérieures à celles de l'océan.

Les particules de taille supérieure à 200 µm sont 7 fois plus abondantes dans le lagon qu'à l'extérieur ; la station 6 présentant une abondance 2 fois supérieures à celles des autres stations.



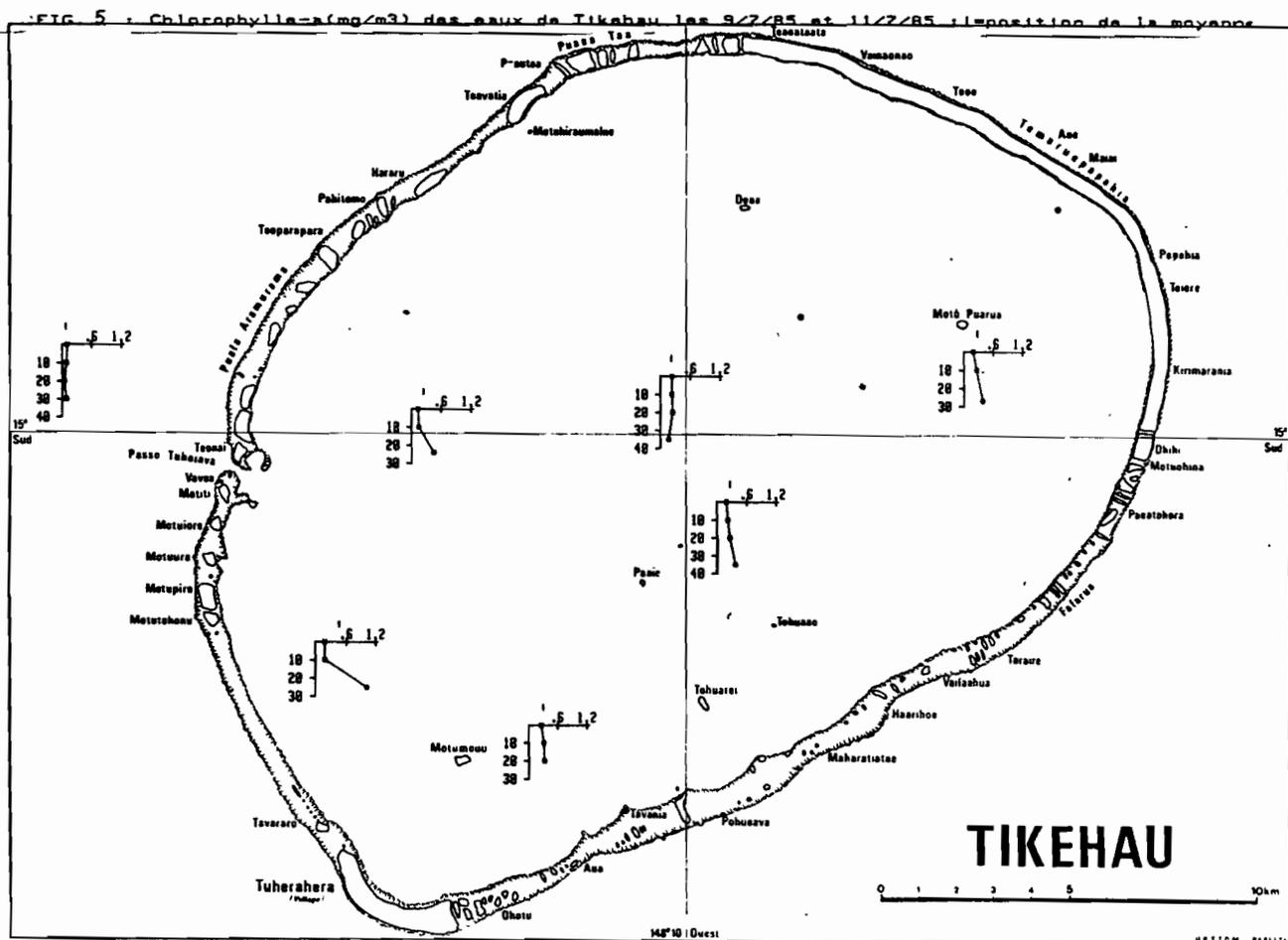
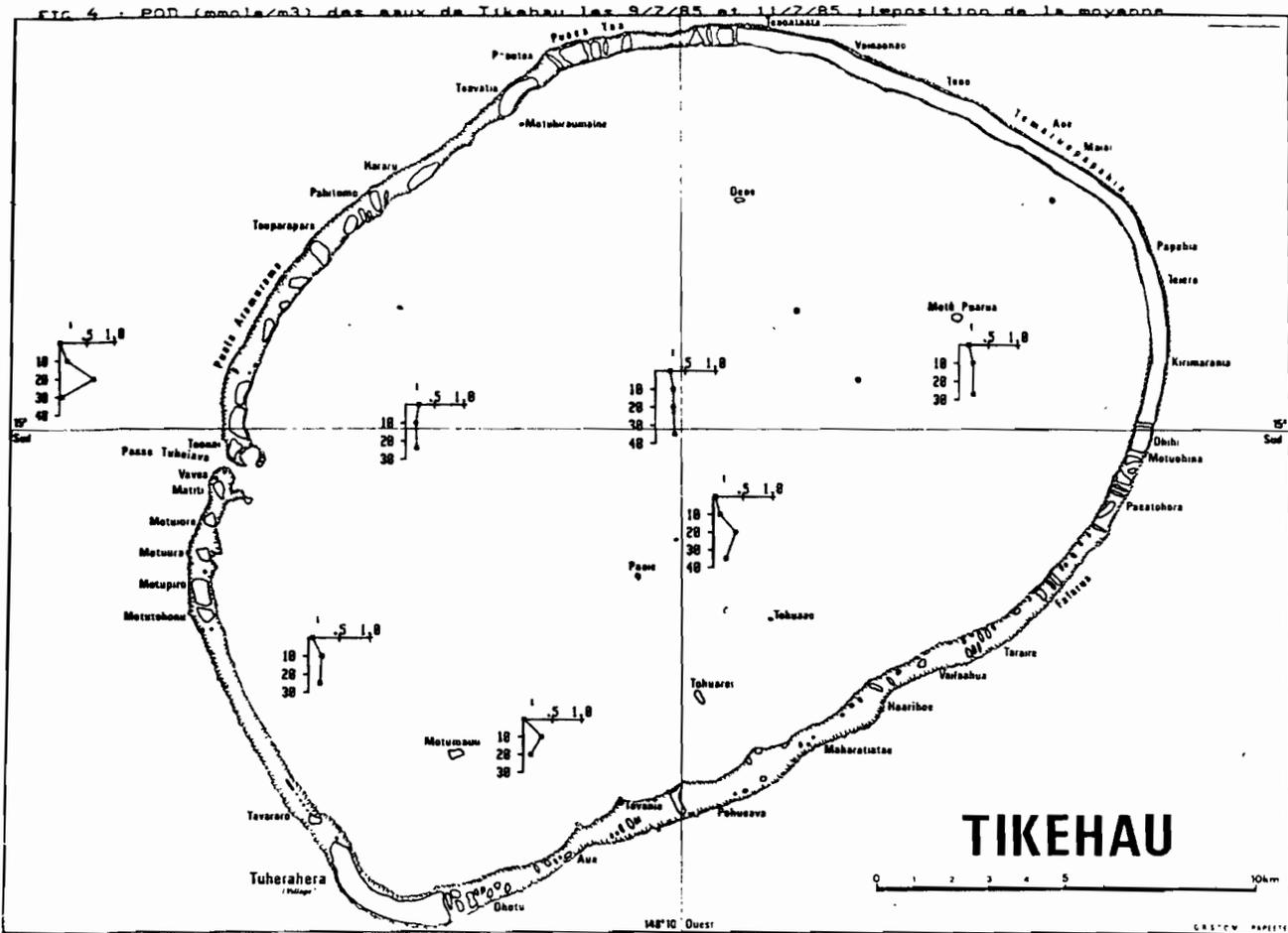








Tableau 4 : Mesures du taux d'incorporation du carbone IC ( $\text{mg.C.m}^{-3}.\text{h}^{-1}$ ) des eaux de la station Faufac enrichies en N et P le 11/7/85 ; Chl = Chlorophylle, T = Tétrains.

Profondeur (m)	Chl ( $\text{mg.m}^{-3}$ )	ATP ( $\text{mg.m}^{-3}$ )	POP	COP ( $\text{mg.m}^{-3}$ )	NOP	T	IC			T	IC / Chl		N+P
							N	P	N+P		N	P	
0	0,373	0,077	2,8	172	18	3,71	3,67	3,78	2,50	9,9	9,8	10,1	6,7
2	0,387	0,092	3,7	350	32	2,71	2,44	2,31	1,64	7,0	6,3	6,0	4,2
4	0,387	0,122	4,8	425	29	2,07	1,92	2,03	2,11	5,3	5,0	5,2	5,5
6	0,304	0,113	6,2	367	28	2,06	2,14	2,27	2,18	6,8	7,0	7,5	7,2
8	0,400	0,144	4,8	395	23	2,24	1,89	1,87	1,79	5,6	4,7	4,7	4,5
10	0,400	0,106	4,4	373	32	1,65	1,69	1,50	1,43	4,1	4,2	3,8	3,6
15	0,400	0,154	3,8	284	25	1,80	1,75	2,74	1,90	4,5	4,4	6,8	4,8

On constate que le taux d'incorporation (IC) de carbone est maximal en surface mais que l'ajout de N et P n'a aucune influence sur lui. Le délai entre l'enrichissement et la mesure de IC est probablement trop court.

### 1.3. Composition élémentaire et moléculaire et taux d'incorporation du carbone de 2 classes de tailles de particules

Les eaux de la station FAUFAA ont été préfiltrées sur 50  $\mu\text{m}$  et 5  $\mu\text{m}$  et la composition des particules comprise entre 0,8 et 5  $\mu\text{m}$  et celles entre 0,8 et 50  $\mu\text{m}$  a été suivie toutes les 2 heures pendant 8 heures d'incubation à 50 cm de profondeur. Les résultats apparaissent dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 5 : Concentrations en carbone particulaire (COP), azote particulaire (NOP), Phosphore particulaire (POP), Chlorophylle-a (Chl-a), Pheophytine-a (Pheo-a) et ATP en  $\text{mg.m}^{-3}$  des eaux du lagon de Tikehau préfiltrées sur 50  $\mu\text{m}$  et 5  $\mu\text{m}$  le 12/7/85.

Taille de maille	COP	NOP	POP	Chl-a	Pheo-a	ATP
50 $\mu\text{m}$	162	19	3,4	0,290	0,199	0,170
5 $\mu\text{m}$	57	6	1,0	0,166	0,068	0,001
% de 5 $\mu\text{m}$	35	32	29	57	34	0,6

Tableau 6 : Mesures du taux d'incorporation du carbone (IC) et variations des teneurs en chlorophylle (Chl.) et ATP en fonction du temps et de la taille des particules le 12/7/85.

Heure d'incubation	O H	2 H	4 H	6 H	8 H
Taille					
IC < 5 µm (mgC.m <sup>-3</sup> )	0	1,59	2,53	5,34	4,37
< 50 µm	0	7,57	17,83	24,05	30,91
%		21	14	22	14
ATP < 5 µm (mg.m <sup>-3</sup> )	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
< 50 µm	0,170	0,172	0,145	0,087	0,148
Chl < 5 µm (mg.m <sup>-3</sup> )	0,166	0,138	0,138	0,212	0,184
< 50 µm	0,290	0,295	-	0,529	0,588
%	57	47		40	31

On constate que 57 % du phytoplancton présente au début de l'incubation une taille 5 µm, ce % tombe à 31 % en fin d'incubation. L'activité photosynthétique des cellules de taille inférieure à 5 µm représentant de 14 à 22 % de l'ensemble du phytoplancton. La MDP estimée à partir de C, N, P de taille inférieure à 5 µm représente entre 29 et 35 % de l'ensemble des particules comprises entre 0,8 et 50 µm.

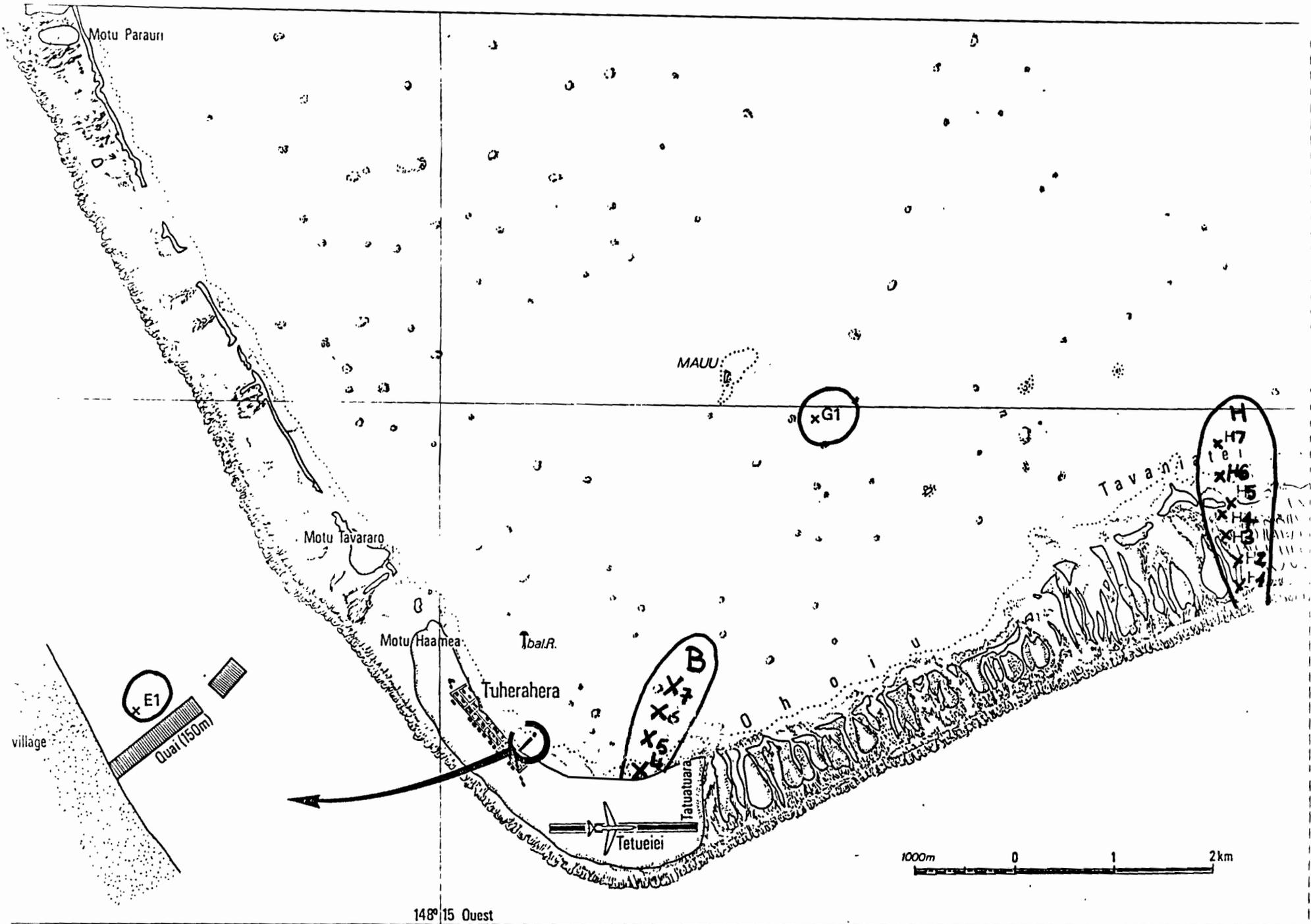
## 2 - CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DE L'EAU INTERSTITIELLE ET M.O. DES SEDIMENTS

### 2.1. Résultats du 14/07/85 radiale dans le lagon

5 stations ont été couvertes, du motu du village vers le centre du lagon (Fig. 1 bis).

Tableau 7 : Résultats du 14/07/86 portant sur une radiale dans le lagon.

Station	Z (m)	$h\nu_2$ (µE.cm <sup>-2</sup> .S <sup>-1</sup> )	Chl.a µg/g	Pheo. µg/g	% Chl.a	A.T.P. µg/g
B4	0.2	2000	2.7	0.19	93	0,117
B5	1.0	1800	1.9	0.05	97	0,045
B6	2.0	1500	3.8	0.60	87	0,215
B7	6.0	850	2.5	0.62	80	0,022
B8	16.0	470	4.0	1.49	73	0,003



148° 15 Ouest  
Position des stations prospectées en juillet 1985.

La chlorophylle varie entre 2 et 4 µg/g de sédiment. La station la plus riche est celle située le plus loin de la plage. L'ATP varie entre 0,003 et 0,2 ug/g de sédiment. ATP et chlorophylle ne présente pas de corrélation.

## 2.2. Résultats du 15/07/85

Etude des productions phytoplanctoniques et microphytobenthiques et caractéristiques des eaux et des sédiments à la station FAOFAA (G<sub>1</sub>).

Tableau 2 : Mesure du taux d'incorporation du C de 8h30 à 12h15 et caractéristiques physiques et biologiques des eaux et du sédiment le 15/07/85 à la station FAOFAA.

Z (m)	hv (µE.cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	P-P04	POD (mmole.m <sup>-3</sup> )	Si	Chl-a	Phéo. (mg.m <sup>-3</sup> ou.kg)	ATP	PP	% Chl-a	C (mg.m <sup>-3</sup> )	N	IC (mgC.h <sup>-1</sup> .m <sup>-3</sup> .m <sup>-2</sup> )
0	2000	0.17	0.20	1.3	0.29	0.07	0.029	4.4	80	123	.17	2.96
10	500	0.17	0.15	1.4	0.26	0.06	0.107	2.6	82	139	11	1.31
15	350	0.17	0.18	1.3	0.25	0.05	0.068	/	83	101	11	0.80
19 (sédiment)	320	2.05	0.86	18.3	4.26	1.07	0.092	240.0	80	-	-	2.2

Avec une moyenne de <sup>14</sup>C<sub>1</sub> égale à 28 000 dpm, un T de 5,6 h et un I <sup>12</sup>CpH, estimé à partir de mesures de I <sup>14</sup>C pH de 1,3 x 10<sup>-3</sup> mgC la production du microphytobenthos est estimée à 2,2 mgC.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>.

Ces résultats, bien qu'obtenus en s'appuyant sur des expériences trop peu nombreuses, correspondent à de très faibles valeurs de production benthique si l'on tient compte que la production phytoplanctonique estimée ce même jour et par la même méthode est de 31,4 mgC.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, soit 14 fois plus. Très probablement ce fait est imputable au "quenching" dû aux gra s de sédiment et non corrigible par la méthode

du rapport des canaux. La solution envisagée pour le futur a été d'estimer la production microphytobenthique à partir des bilans d'O<sub>2</sub>.

2.3. Résultats du 16/07/85 radiale dans un hoa et sa sortie

Tableau 9 : Caractéristiques chimiques et matière organique des sédiments d'un "Hoa" le 16/07/85.

Station	Z (m)	P-PO <sub>4</sub> (mmol.m <sup>-3</sup> )	Si (mmol.m <sup>-3</sup> )	Chl.a µg/g	Pheo. µg/g	% Chl.a	A.T.P. µg/g	P. total (mg.kg <sup>-1</sup> )
H1	0.2	3.01	18.7	6.4	0.99	87	0,144	177
H2	0.15	0.7	18.7	0.5	0.03	93	0,041	123
H3	0.40	0.4	13.5	0.3	0.05	84	0,050	123
H4	0.30	0.8	12.2	1.4	0.23	86	0,059	204
H5	0.20	3.0	/	2.2	0.06	97	0,156	163
H6	2.5	2.0	10.7	0.9	0.13	87	0,124	393
H7	11.0	1.9	8.2	2.0	0.50	80	0,014	227

5 stations ont été faites dans le hoa et 2 à sa sortie (Fig. 1 bis).

Les teneurs en PO<sub>4</sub> de l'eau interstitielle sont plus élevées au début et à la fin du hoa, les valeurs les plus faibles s'observant au milieu. Les silicates, abondants au début du hoa, décroissent régulièrement de l'océan vers le lagon.

En ce qui concerne la matière organique :

- la chlorophylle est maximale, avec une valeur élevée, à la station H<sub>1</sub>, située au début du hoa ; elle est minimale au milieu du hoa.

- l'ATP est maximal à cette même station H<sub>1</sub> et également en H<sub>5</sub>, à la sortie du hoa.

- le P. total est maximal également à la sortie du hoa, en H<sub>6</sub>.

2.4. Résultats du 18/07/85 profil vertical dans du sédiment récolté près du môle

Tableau 10 : Profil de matière organique dans les sédiments à la station E1 le 18/07/85.

(Z) (cm)	Chl.a µg/g	Pheo. µg/g	% chl.a	A.T.P. µg/g	P Total µg/g
0 - 1	1.30	0.12	91	0	417.6
1 - 2	1.46	0.11	93	0	1186.2
2 - 3.5	1.13	1.16	87	0,062	428.1
3.5 - 4	1.36	0.27	83	0,012	222.2
4 - 5	2.50	1.88	57	0,005	1040.9
5 - 6.2	2.95	0.46	87	0,011	264.6
6.2 - 7.2	0.68	0.15	81	0	154.6
7.2 - 9.2	1.08	0.46	70	0	660.1
10.7 - 11.7	1.91	0.00	100	0	320.3
13.7 - 14.9	0.20	0.03	87	0	220.6
17.4 - 18.4	0.01	0.00	94	0	139.5
19.9 - 20.9	0.01	0.00	84	0	212.4

On observe un pic de chlorophylle-a à 5 cm de profondeur dans le sédiment, alors que le maximum d'ATP est situé à 3 cm. Le phosphore total présente deux valeurs maximales : à 1,5 et 4,5 cm dans le sédiment.

CONCLUSION SUR L'EBAUCHE D'ETUDE DES SEDIMENTS

Les résultats obtenus doivent être considérés en fonction du but qu'ils visaient, à savoir tester l'application des méthodes d'étude des sédiments aux substrats de TIKEHAU. Ils ne peuvent en aucun cas être considérés comme premiers résultats à insérer dans une étude ultérieure. Il en ressort cependant que cette étude peut être entreprise. Toutefois, la production ne peut être estimée par le taux d'incorporation de C et le dosage de l'ATP doit être testé avec une autre méthode que celle utilisée.

**BIBLIOGRAPHIE**

- GORDON (D.C.) Jr. et SUTCLIFFE (W.H.) Jr., 1973 - A new dry combustion method of the simultaneous determination of total organic carbon and nitrogen in sea water. Mar. Chem., 1 : 231-244.
- HOLM-HANSEN (D.) et BOOTH (C.R.), 1966 - The measurement of adenosine triphosphate in the ocean and its ecological significance. Limnol. Oceanogr., 11 : 510-519.
- KOROLEFF (F.), 1976 - Determination of phosphorus, p. 117-126, in Methods of Sea Water Analysis, K. GRASSHOFF (ed.). Verlag Chemie, Weinheim, RFA.
- MENZEL (D.) et CORWIN (J.), 1965 - The measurement of total phosphorus in sea water based on the liberation of organically bound fraction by persulfate oxydation. Limnol. Oceanogr., 10, 2 : 280-282.
- MULLIN (J.B.) et RILEY (J.P.), 1955 - The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. Anal. Chim. Acta 12, 162-170.
- STRICKLAND (J.D.H.) et PARSONS (T.R.), 1972 - A practical handbook of sea water analysis. Fish. Res. Board of Canada, 167 : 310 p.
- YENTSCH (C.S.) et MENZEL (D.W.), 1963 - A method for determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin fluorescence. Deep-Sea Res., 10 : 221-231.