

RESULTATS DE LA MISSION TIK 014
PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE, MOP ET
CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

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 O R S T O M de TAHITI

Archives d'Océanographie

N° 86-14

RESULTATS DE LA MISSION TIK 014
PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE, MOP ET
CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

Par

L. CHARPY *

O. CHARLAND **

* Centre ORSTOM de TAHITI

** Laboratoire Etude et Surveillance
de l'Environnement de TAHITI

INTRODUCTION

La mission TIK 014 s'est déroulée du 09/08/85 au 23/08/85 dans l'atoll de TIKEHAU (TUAMOTU).

Ses objectifs étaient :

- étude la production phytoplanctonique
- étude de la distribution de la Matière Organique Particulaire
- étude des caractéristiques chimiques du lagon

METHODOLOGIE

a) Paramètres physiques

T° et S ‰. ont été mesurées à l'aide d'une sonde T/S, l'énergie lumineuse en profondeur avec un quantum mètre LI-COR muni d'un senseur sphérique et d'un câble de 30 m ; celle en surface à l'aide d'un solarimètre LI-COR dont le temps d'intégration a été de 30' et 1 h.

b) Paramètres chimiques

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 POD.

Les eaux destinées à l'analyse de l'azote total ont été irradiés immédiatement en présence de 50 ul d' H_2O_2 .

Les analyses de NO_3 , NO_2 ont été effectués ultérieurement par le laboratoire d'Etude et Surveillance de l'Environnement (les échantillons ayant été conservés a - 20° C).

Les analyses de silicates ont été réalisées sur place selon MULLIN et RILEY (1955).

c) Matière Organique Particulaire (MOP)

Les déterminations ont toutes été faites au laboratoire de PAPEETE après stockage au congélateur - Durée du 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 u, 1,2 et 5 u, 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 u, 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 filets WP2 (200 µm de taille de maille) ont été réalisées et le poids sec déterminé avec une précision de 1 mg.

d) Mesure des taux d'incorporation

. Solutions et activités

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

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

Tous les comptages ont été effectués au laboratoire de NOUMEA (Nouvelle-Calédonie).

. 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 μ , 1,2 μ , 5 μ dans le cas des études de production par classes de taille. Les filtres sont rincés avec quelques ml d'HCl 0,1 N.

La porosité des GF/F est évaluée au pire à 0,7 μ , mais son pouvoir de rétention est en fait bien meilleur et croît avec le volume filtré.

RESULTATS DISCUSSIONS

1 - ETUDE DE LA PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE PAR CLASSE DE TAILLE

Les incubations en présence de ^{14}C (2 μCi en 500 μl) ont été réalisées en double à la station FAUFAA entre 9h30 et 14h30 le 13/08/85 aux niveaux 0, 2, 4, 6, 8, 10 et 15 m. Les classes de tailles 0,8 μm - 5 μm et 0,8 μm - 50 μm ont été séparées à l'aide de filtre MILLIPORE 5 μm et d'une toile de polyamide 50 μm .

Les valeurs obtenues pour les répliques de ^{14}C sont très proches l'une de l'autre aussi les tableaux 1 et 2 rendent compte des moyennes de taux d'incorporation de carbone obtenues pour chaque niveau et chaque classe de taille ainsi que des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de la station FAUFAA.

Tableau 1 : Mesure du taux d'incorporation du carbone (IC : $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$) et caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de la colonne d'eau à la station Faufaa le 13/8/85. E_i = Energie lumineuse au début de l'incubation ($\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) ; E_r = Energie reçue pendant l'incubation ($\text{E}\cdot\text{m}^{-2}$) ; Chl = Chlorophylle-a ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$). t incub. = 5 heures

Prof.	Taille particules	E _i	E _r	PO ₄	POD	NO ₂	NO ₃	NOD	SiO ₂	Chl.	ATP	POP	IC	IC/Chl.	IC/(Chl.E _r /5)
						mmol/m ³					mg/m ³				
0	< 5 μm	2300	20,8	0,04	0,29	0,01	0,10	-	-	0,057	0,014	2,7	0,28	4,9	1,2
	< 50 μm												2,07	10,2	2,5
2	< 5 μm	1600	14,5	0,03	0,37	0,01	0,03	4,85	1,50	0,042	0,013	4,1	0,19	4,5	1,6
	< 50 μm												1,37	5,5	1,9
4	< 5 μm	1300	11,7	0,04	0,38	0,01	0,03	4,51	1,30	0,054	0,012	1,8	0,31	5,7	2,4
	< 50 μm												1,54	7,9	3,4
6	< 5 μm	1000	9,0	0,06	0,37	0,01	0,04	2,40	1,13	0,047	0,007	1,9	0,21	4,5	2,5
	< 50 μm												1,37	8,2	6,6
8	< 5 μm	750	6,8	0,07	0,32	0,01	0,04	2,50	1,06	0,049	0,012	1,3	0,20	4,1	3,0
	< 50 μm												1,12	7,0	5,1
10	< 5 μm	650	5,9	0,06	0,29	0,01	0,02	2,47	1,06	0,042	0,013	0,8	0,24	5,7	4,8
	< 50 μm												0,85	4,7	4,0
15	< 5 μm	440	4,0	0,07	0,34	-	-	5,77	1,14	0,047	0,008	1,4	0,12	2,6	3,3
	< 50 μm												0,65	3,3	4,1

TABLEAU 2 - Contribution (%) des particules de taille $5 \mu\text{m}$ au seston et au taux d'incorporation du carbone le 13/08/85.

IC = taux d'incorporation du carbone.

Prof.	Pp	ATP	Chlr.	IC
0	52	30	28	14
2	14	18	17	14
4	20	17	28	20
6	15	18	28	15
8	18	17	30	18
10	28	17	23	28
15	18	24	24	18
Moyenne	24	20	25	18

2 - EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES DE LA MOP EN FONCTION DU TEMPS ET DES CLASSES DE TAILLES

Les eaux de surface de la station FAUFAA ont été préfiltrées sur $50 \mu\text{m}$ et $5 \mu\text{m}$ puis incubés à 50 cm de profondeur le 14/08/85 en présence de ^{14}C ($2 \mu\text{ci}$). Les évolutions des divers paramètres sont consignées dans le tableau 3.

Les valeurs de IC sont données en mgC.m^{-3} incorporés pendant la période d'incubation ; les valeurs d'IC au temps 0 (0h45) représentent la rétention de ^{14}C due à l'absorption sur les particules.

On observe que le phytoplancton de taille inférieur à $5 \mu\text{m}$ ne supporte pas l'incubation à cette profondeur : diminution de la chlorophylle et de l'ATP, pas d'incorporation de ^{14}C après 2 heures d'incubation.

Tableau 3 : Mesure du taux d'incorporation du carbone (IC) et variations des teneurs en ATP, Chlorophylle-a (Chl), phosphore particulaire (POP) et oxygène dissous (O₂) en fonction du temps d'incubation et de la taille des particules le 14/8/85 (PO₄ = 0,10 mmol.m⁻³, PO₄ = 0,31 mmol.m⁻³, NO₃ = .06 mmol.m⁻³, NO₂ = .01 mmol.m⁻³, NOD = 4.1 mmol.m⁻³).

	8H15	10H15	12H15	14H15	16H15
Energie lumineuse E.cm ⁻²	7,64	9,61	8,15	4,34	
IC _{< 5µm} (mgC.m ⁻³)	0,08	0,51	0,32	-	0,13
IC _{< 50µm}	0,08	2,41	5,20	6,79	14,11
ATP _{< 5µm} (ng.m ⁻³)	0,017	0,007	0,001	0,001	0,001
ATP _{< 50µm}	0,088	0,085	0,073	0,034	0,001
Chl _{< 5µm} (ng.m ⁻³)	0,081	0,053	0,030	0,008	0,004
Chl _{< 50µm}	0,219	0,180	0,099	0,102	0,055
POP _{< 5µm} (ng.m ⁻³)	3,4	4,7	5,7	4,5	6,4
POP _{< 50µm}	4,6	8,5	5,9	5,6	8,4
O ₂ mg.l ⁻¹ _{< 50µm}	5,82	5,96	6,67	4,94	6,35

3 - EFFETS DE L'ENRICHISSEMENT DES EAUX DU LAGON EN AZOTE ET PHOSPHORE

Les eaux de surface de la station FAUFAA ont été préfiltrées sur 50 µm puis incubées à 50 cm de profondeur du 16/08/85 à 10h15 au 17/08/85 à 12h30. Les eaux ont été enrichies à 10 h le 16/08/85 et présentaient les concentrations en N-NO₃ et P-PO₄ suivantes :

Enrichissement	P-PO4	N-NO3
	mmol.m ⁻³	
T = témoin	0,1	0,1
N = +NO3	0,1	30
P = +PO4	6	0,1
N+P = +NO3 +PO4	6	30

2 uci de ¹⁴C en 500 ul ont été ajoutés 2 heures après le début d'incubation (12h15) ; les mesures de taux d'incorporation du carbone et des caractéristiques de la MDP ont été réalisées à 16h15. Le 17/08, à 8h30 2 uci de ¹⁴C sont ajoutés aux flacons incubés depuis la veille arrêt des incubations à 12h30. Les caractéristiques de la MDP et les mesures du taux d'incorporation horaire du carbone sont consignés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Mesures du taux d'incorporation du carbone (IC) et variation des teneurs en MDP, Chlorophylle-a (Chl.) et phosphore particulaire (POP) des eaux de la station Faufa enrichies en azote (N), en phosphore (P), en N+P et sans enrichissement T, le 16 et 17/8/85.

Heure	12h15 (+ ¹⁴ C)				16h15				8h30 (+ ¹⁴ C)				12h30			
	T	N	P	N+P	T	N	P	N+P	T	N	P	N+P	T	N	P	N+P
IC mgC.m ⁻³ .h ⁻¹	0,02	0,02	0,02	0,02	1,79	0,89	1,49	1,82	0,02	0,02	0,02	0,02	1,04	0,91	0,91	2,07
MDP mg.m ⁻³	0,006	0,001	0,001	0,048	0,001	0,043	0,001	0,001	0,065	0,161	0,086	0,001	0,005	0,001	0,001	0,064
POP mg.m ⁻³	3,3	3,1	6,7	5,3	5,6	4,3	6,8	7,9	9,3	8,4	12,0	9,0	6,0	6,0	7,0	8,5
Chl. mg.m ⁻³	0,159	0,184	0,145	0,148	0,156	0,148	0,148	0,124	0,240	0,198	0,290	0,212	0,191	0,233	0,191	0,251
IC/Chl. mgC.mgChl ⁻¹ .h ⁻¹					11,5	6,0	10,1	14,7					5,4	3,9	4,8	8,2
Heure requise pendant les incubations (h.m ⁻¹)	← 19,8 →								← 17,5 →							

On constate que l'action des ajouts en N et P n'apparaît qu'après 24h d'incubation ; seul l'ajout simultané de N et P provoque une différence significative de IC (100 %) de POP (25 %) de chlorophylle (31 %).

4 - MESURE DU TAUX D'INCORPORATION IN SITU DU CARBONE

Les eaux de la station FAUFAA ont été incubées le 20/08/85 de 10h15 à 14h15 en présence de 2 uci de ^{14}C aux niveaux 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15 mètres (2 bouteilles par niveau).

Les caractéristiques des eaux et les résultats des incubations (moyenne des 2 bouteilles par niveau) sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Mesure du taux d'incorporation du carbone (IC : $\mu\text{gC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$) et caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de la colonne d'eau à la station Faufaa le 20/8/85 ; Ei = Energie lumineuse au début de l'incubation ($\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) ; Er = Energie reçue pendant l'incubation ($\text{E}\cdot\text{m}^{-2}$) ; Chl = Chlorophylle ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). t incub. = 4 heures.

Prof.	Ei	Er	PO ₄	POD	NO ₂ mmol / m ³	NO ₃	NOD	SiO ₂	Chl.	ATP	POP mg / m ³	COP	NOP	IC	IC/Chl.	IC/(Chl.Er/4)
0	2000	18,8	0,12	0,35	.01	.08	3,98	0,72	0,143	0,078	6,6	190	12	1,72	12,0	2,6
2	1600	15,0	-	-	-	-	-	-	0,193	0,060	4,9	-	-	1,20	6,2	1,7
4	1300	12,2	-	-	-	-	-	-	0,183	0,054	4,5	-	-	1,46	8,0	2,6
6	1100	10,3	-	-	-	-	-	-	0,178	0,061	6,6	-	-	1,45	8,1	3,1
8	950	8,9	-	-	-	-	-	-	0,183	0,080	3,5	-	-	1,16	6,3	2,8
10	800	7,5	0,18	0,35	.02	.09	8,89	0,67	0,176	0,084	4,2	268	21	0,91	5,2	2,8
15	600	5,6	0,18	0,35	.02	.13	5,72	0,23	0,213	0,089	4,9	191	15	0,45	2,1	1,5

5 - DISTRIBUTION DE LA MOP ET CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU LAGON

Six stations ont été réalisées dans le lagon et une à l'extrême (Fig. 1) à 3 ou 4 niveaux selon la profondeur de la station.

Les résultats apparaissent dans le tableau 6, les moyennes des différents paramètres dans le tableau 7 et les paramètres des droites de régressions entre variables présentant une corrélation significative dans le tableau 8. Les figures montrant les profils verticaux des caractéristiques chimiques et biologiques du lagon dans les figures 2 à 12.

On observe :

Les concentrations en NO_2 et NO_3 , PO_4 et SiO_2 sont nettement plus élevée dans le lagon qu'à l'extérieur par contre elles sont identiques pour PO_4 .

Les concentrations en chlorophylle-a P, Pr, ATP et Poids sec des particules 200 μm sont 3 fois plus importantes dans le lagon qu'à l'extérieur.

On observe une distribution relativement homogène de l'ensemble des paramètres dans le plan horizontal et vertical.

On observe cependant une augmentation de 2,5 du poids sec en particules de taille supérieure à 200 μm à la station 6 par rapport aux autres stations.

6 - ENERGIE LUMINEUSE INCIDENTE : (Résultats dans les figures 13 à 24)

FIG 1 Positions des stations

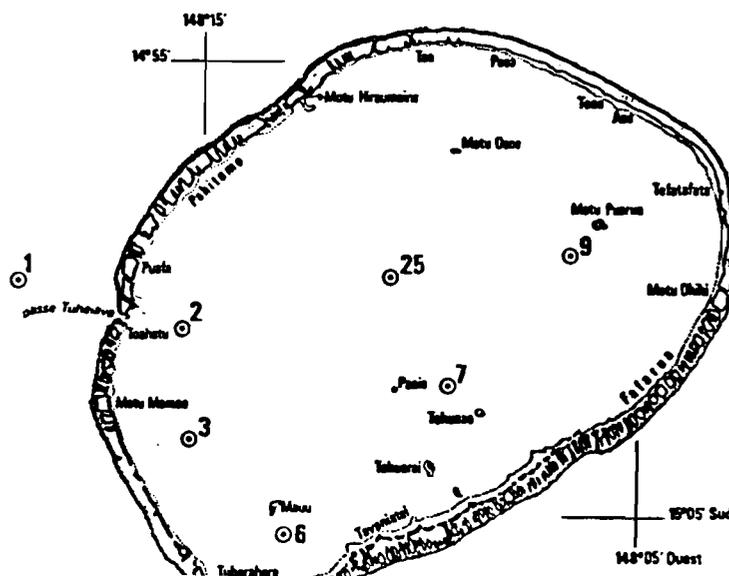


TABLEAU 6 : Caractéristiques chimiques et biologiques du lagon de TIKEHAU les 19/8/85
 prof: N, P et Si dissous : mmol/m³; Pigments, P particulaire et ATP : mg/m³

date	stat	prof	NO2	NO3	PO4	SiO2	NOD	POD	Chlc	Pheo	%Chl	POP	ATP	
19/ 8	3	0	.03	.18	.10	.65	2.55	.50	.17	.06	75	3.1	.07	
19/ 8	3	10	.03	.06	.22	.67	4.00	.30	.13	.07	65	2.6	.07	27.6
19/ 8	3	10	.03	.07	.22	.70	5.01	.32	.14	.08	63	2.5	.09	
19/ 8	1	0	.01	.07	.34	.20	2.26	.23	.06	.04	60	1.4	.04	
19/ 8	1	10	.01	.07	.29	.32	2.04	.30	.06	.03	65	1.1	.02	9.6
19/ 8	1	30	.01	.11	.25	.33	5.44	.31	.05	.04	57	1.6	.03	
19/ 8	24	0	.01	.12	.16	.04	4.22	.34	.10	.06	65	3.2	.10	
19/ 8	24	10	.09	.17	.10	.01	5.47	.32	.13	.05	70	1.9	.10	22.8
19/ 8	24	20	.01	.07	.10	.00	5.51	.33	.14	.00	63	2.9	.03	
19/ 8	25	0	.09	.56	.16	.70	5.76	.46	.14	.06	69	2.6	.21	
19/ 8	25	10	.01	.07	.13	.95	9.79	.04	.17	.09	67	2.2	.01	25.2
19/ 8	25	23	.01	.06	.09	.07	5.59	.32	.22	.00	73	3.2	.01	
19/ 8	9	0	.03	.19	.16	.00	2.75	.32	.21	.00	73	2.2	.06	
19/ 8	9	10	.02	.24	.16	.70	5.00	.33	.21	.07	75	1.4	.09	18.0
19/ 8	9	26	.03	.12	.16	.70	4.02	.30	.25	.06	79	3.3	.09	
19/ 8	7	0	.09	.54	.16	.65	7.91	.40	.19	.09	69	4.1	.06	
19/ 8	7	10	.06	.36	.15	.67	5.92	.35	.15	.00	67	2.2	.04	16.8
19/ 8	7	20	.01	.11	.13	.65	4.18	.43	.22	.00	73	3.3	.05	
19/ 8	7	36	.02	.21	.24	.67	4.77	.30	.20	.05	60	3.7	.07	
19/ 8	6	0	.01	.00	.12	.72	3.90	.35	.14	.06	72	6.6	.00	
19/ 8	6	10	.02	.09	.10	.67	0.89	.35	.10	.07	71	4.2	.00	57.6
19/ 8	6	15	.02	.13	.10	.23	5.72	.30	.21	.05	00	4.9	.09	

Tableau 7 : Intervalles de confiance de la moyenne des différents (coefficient de sécurité : 95 %) étudiés dans le lagon de Tikehau le 19/8/85.

Paramètre	Nombre d'observation	Intervalle de confiance
N-NO ₂ (mmol/m ³)	19	0,03 ± 0,01
N-NO ₃ (mmol/m ³)	19	0,18 ± 0,07
SiO ₂ (mmol/m ³)	19	0,71 ± 0,07
P-PO ₄ (mmol/m ³)	19	0,16 ± 0,02
NOD (mmol/m ³)	19	5,37 ± 0,87
POD (mmol/m ³)	19	0,35 ± 0,04
Chlorophylle-a (mg/m ³)	19	0,17 ± 0,02
Pheophytine-a (mg/m ³)	19	0,07 ± 0,01
% Chlorophylle active	19	70 ± 2
POP (mg/m ³)	19	2,9 ± 0,6
ATP (mg/m ³)	19	3,2 ± 0,5
Poids sec ZOO PK (mg.m ⁻³)	6	28,0 ± 14,4

FIG. 12 : RTP (mg/m³) des eaux de Tikehau le 19/8/85 imposition de la moyenne

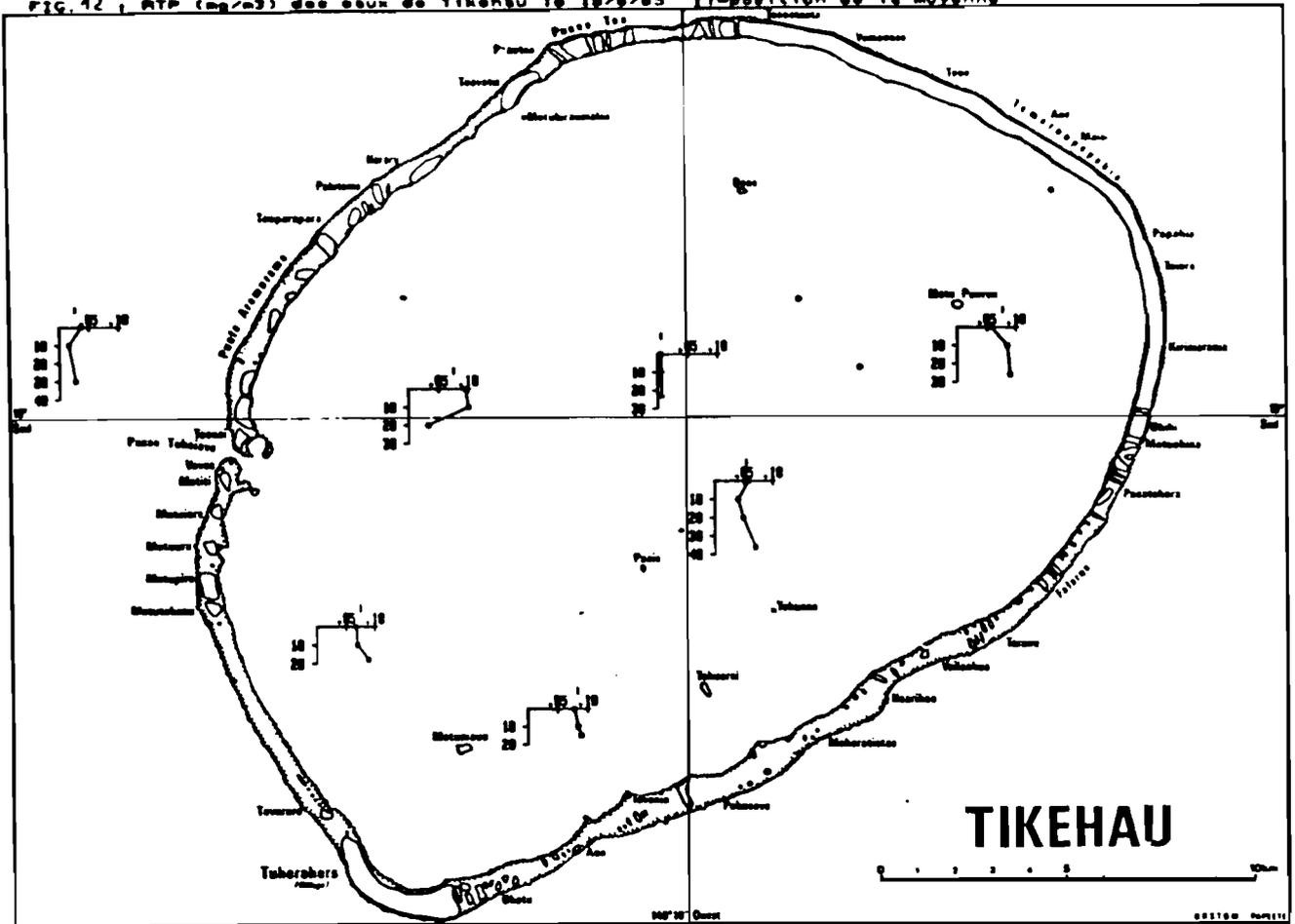


Tableau 8 : Paramètres des droites de régressions entre les différentes variables étudiées à Tikehau le 19/8/85, présentant des corrélations significatives. * = significatif, ** = hautement significatif, *** = très hautement significatif

Régression	Nombre d'observation	Coefficient de corrélation	Pente de la droite	Ordonnée à l'origine	Erreur moyenne de l'estimation
N-NO ₃ / N-NO ₂	22	0,81***	4,25	0,04 mmol/m ³	0,09 mmol/m ³
P-PO ₄ / SiO ₂	22	- 0,67**	- 0,21	0,32 mmol/m ³	0,05 mmol/m ³
Chlorophylle/Pheophytine	22	0,67**	2,19	0,01 mg/m ³	0,04 mg/m ³
POP / Chlorophylle	22	0,41*	9,45	1,44 mg/m ³	1,19 mg/m ³

Fig. 13 ENERGIE LUMINEUSE(E/M2) A TIKERAU LE 10/8/85

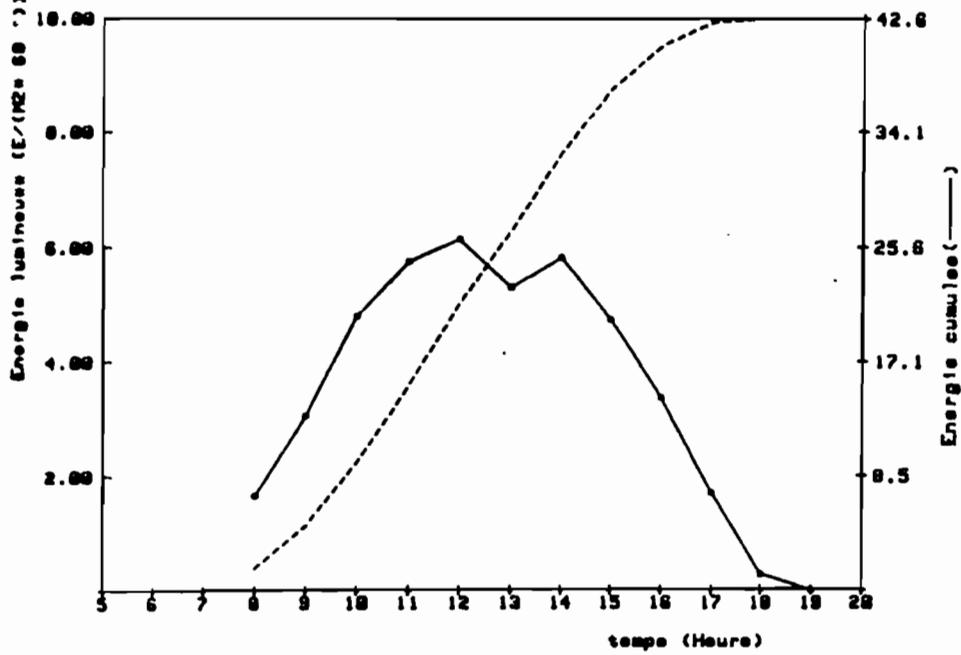


Fig. 15 ENERGIE LUMINEUSE(E/M2) A TIKERAU LE 12/8/85

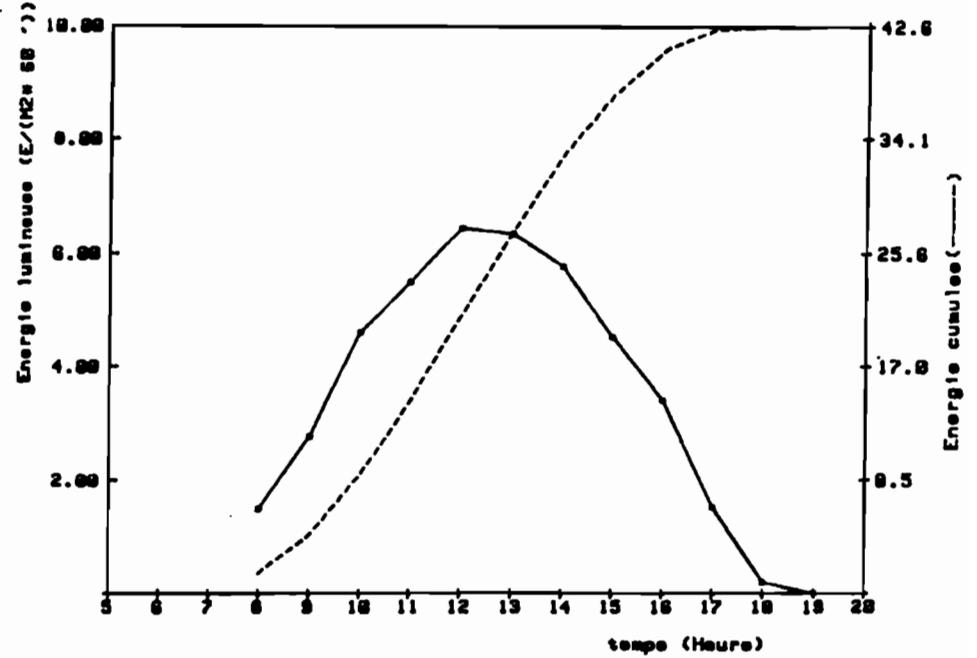


Fig. 14 ENERGIE LUMINEUSE(E/M2) A TIKERAU LE 11/8/85

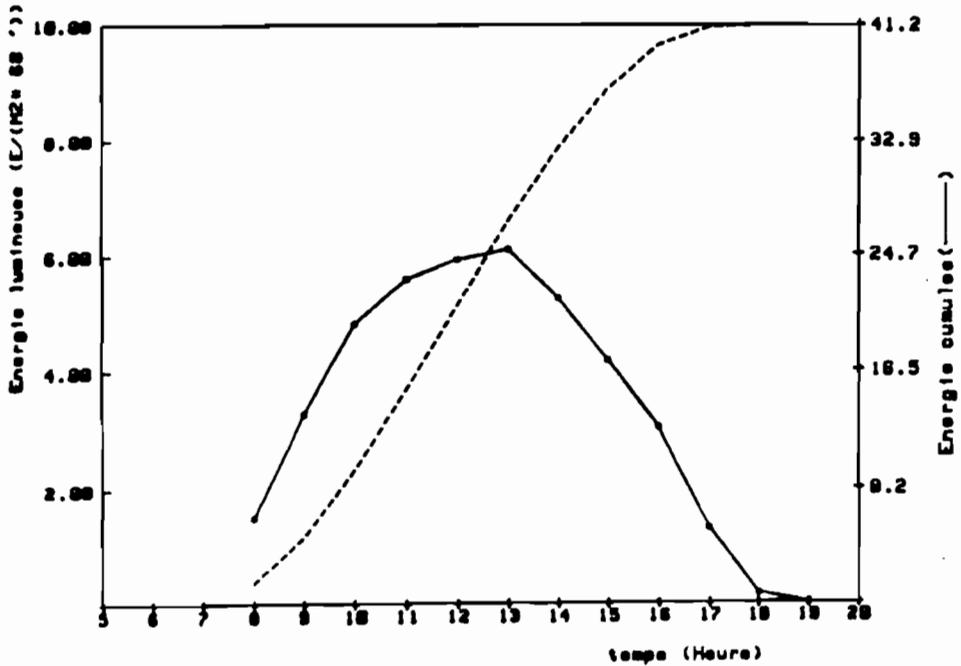


Fig. 16 ENERGIE LUMINEUSE(E/M2) A TIKERAU LE 13/8/85

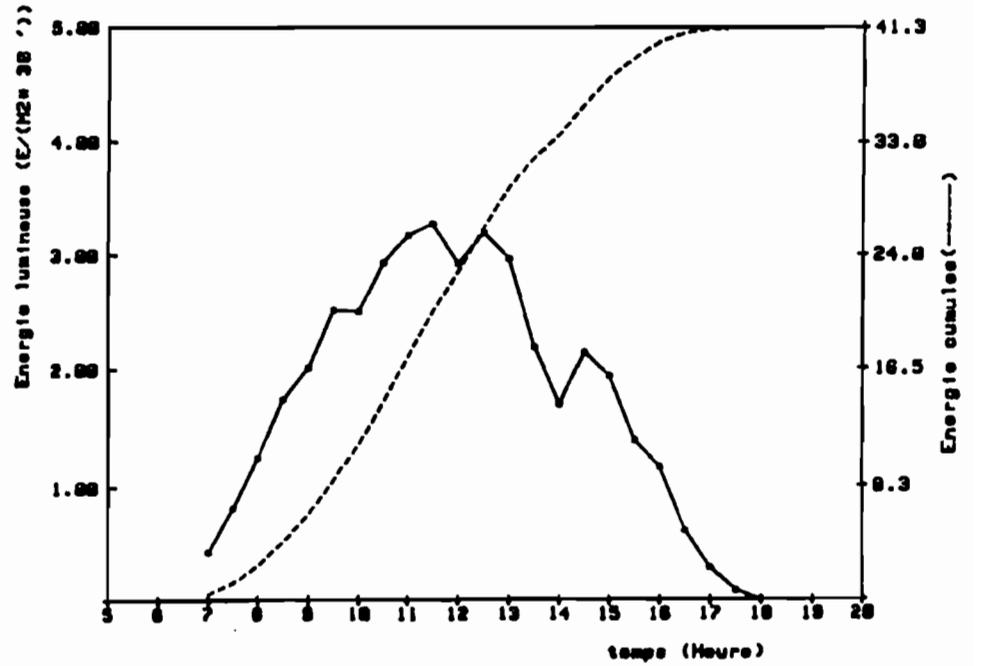


Fig. 17 ENERGIE LUMINEUSE (E/M2) A TIKEHAU LE 14/8/85

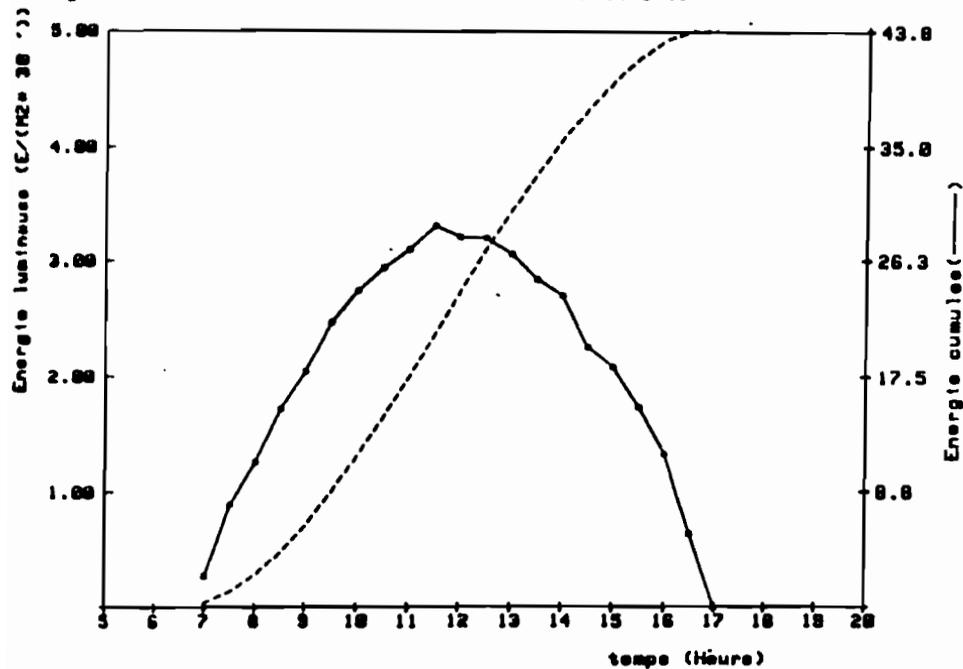


Fig. 19 ENERGIE LUMINEUSE (E/M2) A TIKEHAU LE 16/8/85

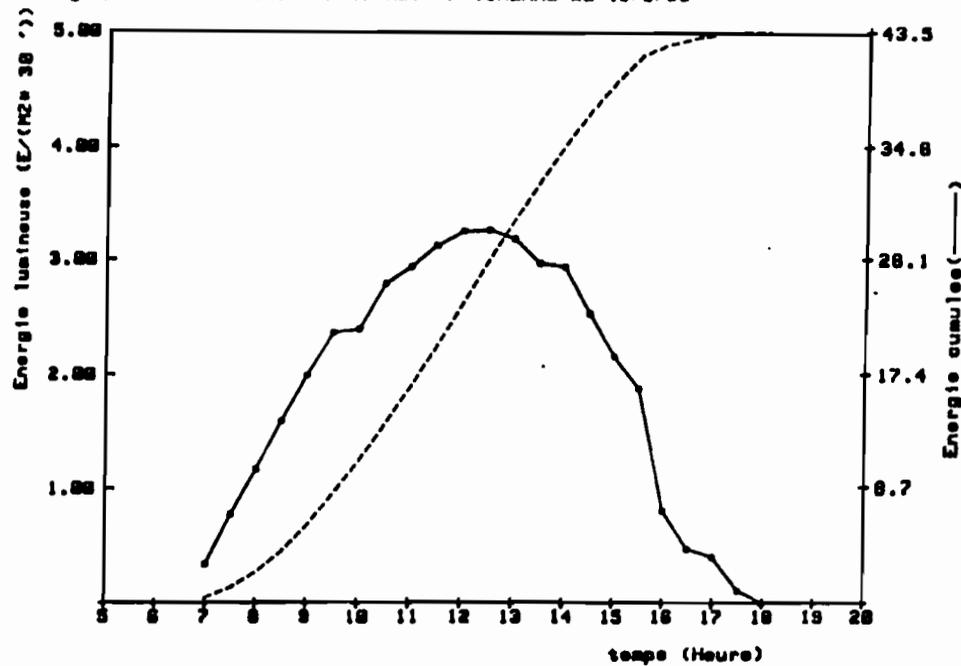


Fig. 18 ENERGIE LUMINEUSE (E/M2) A TIKEHAU LE 15/8/85

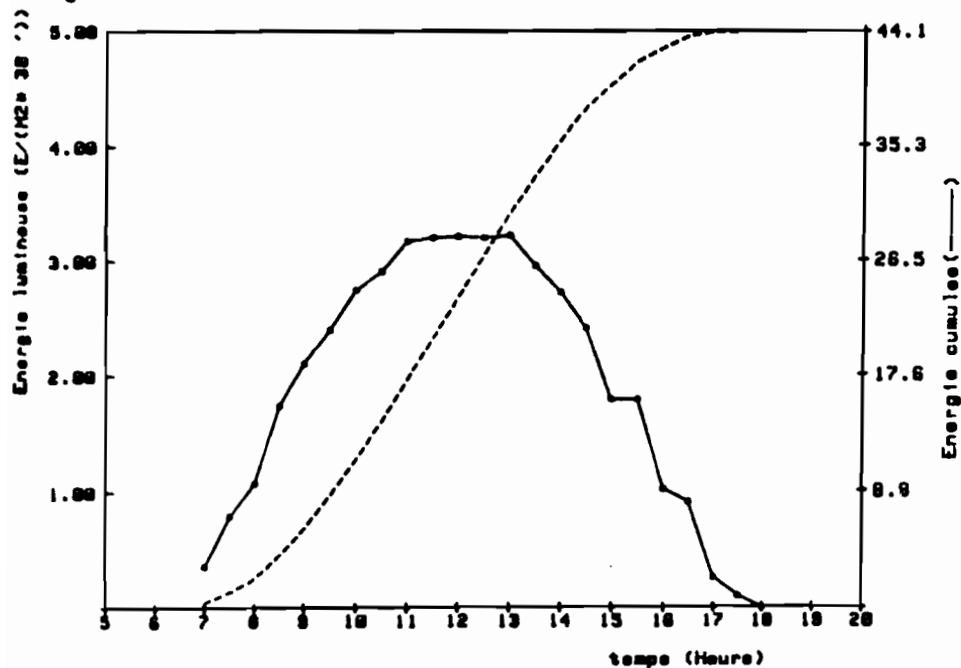


Fig. 20 ENERGIE LUMINEUSE (E/M2) A TIKEHAU LE 17/8/85

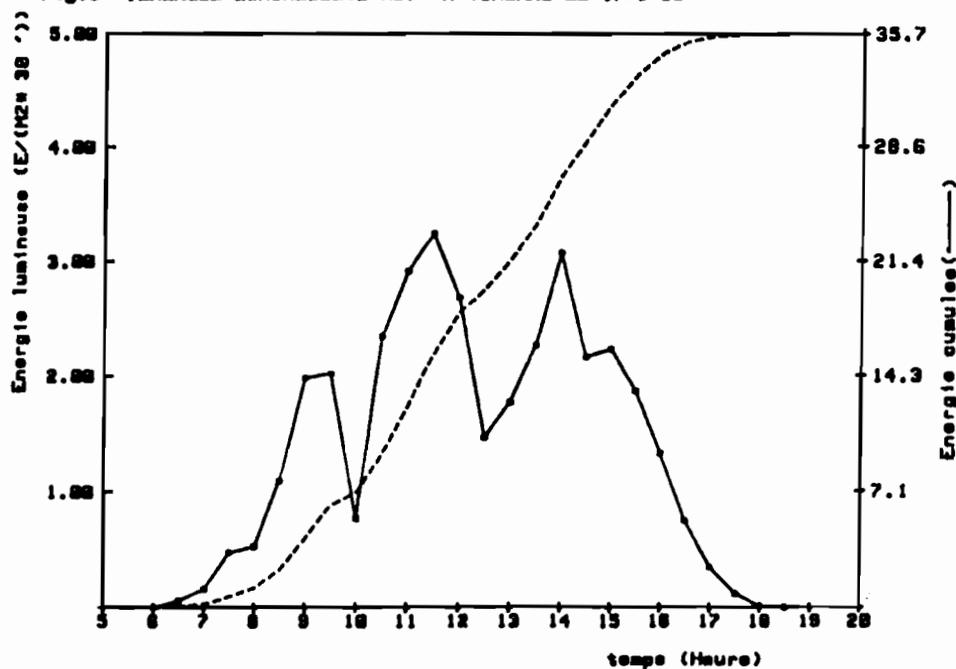


Fig.23 ENERGIE LUMINEUSE(E/M2) A TIKEHAPU LE 20/8/85

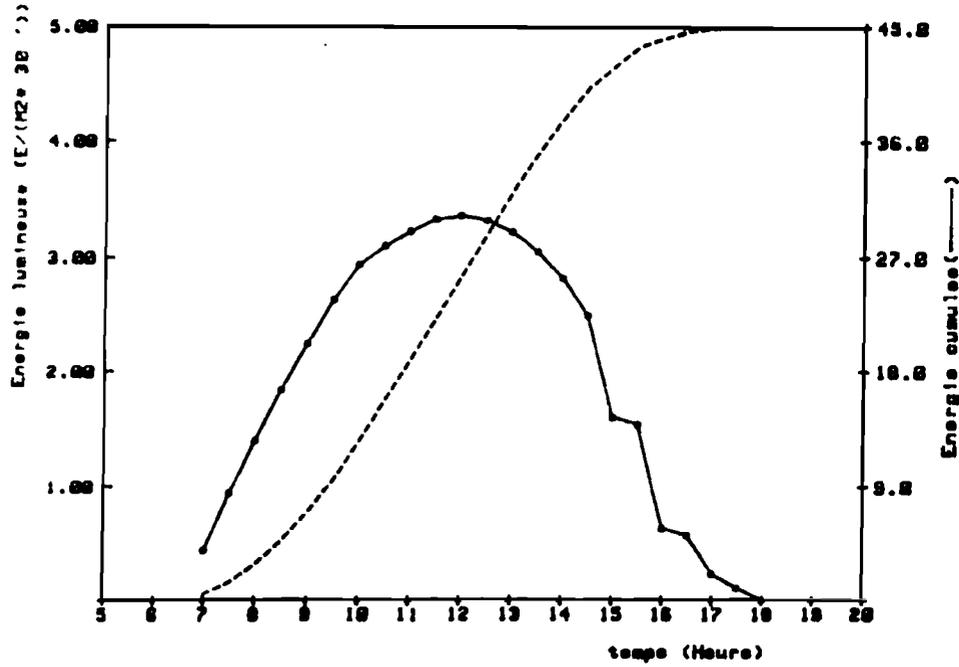


Fig.21 ENERGIE LUMINEUSE(E/M2) A TIKEHAPU LE 10/8/85

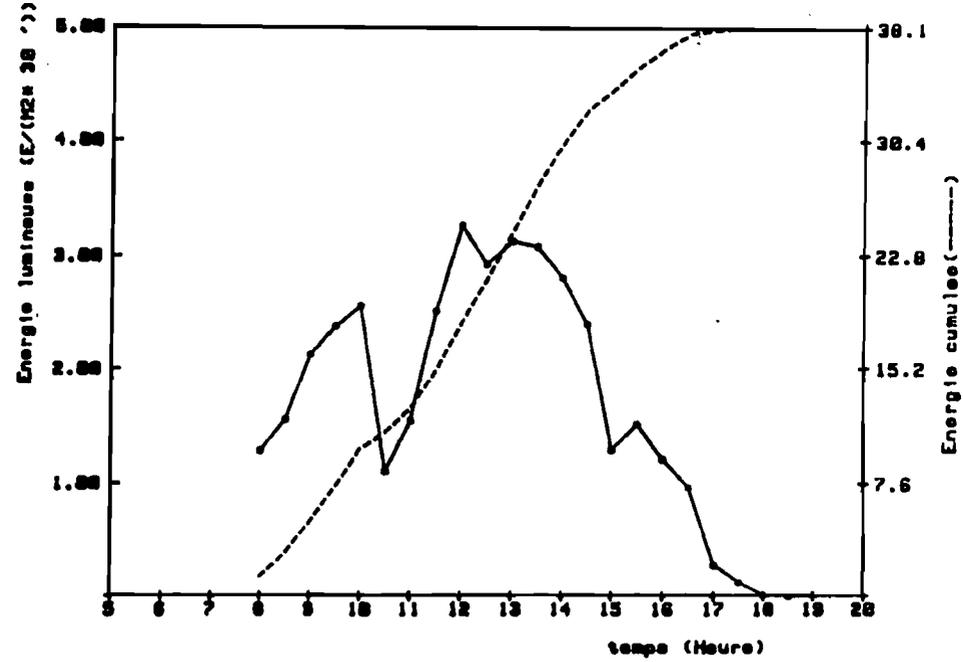


Fig.24 ENERGIE LUMINEUSE(E/M2) A TIKEHAPU LE 21/8/85

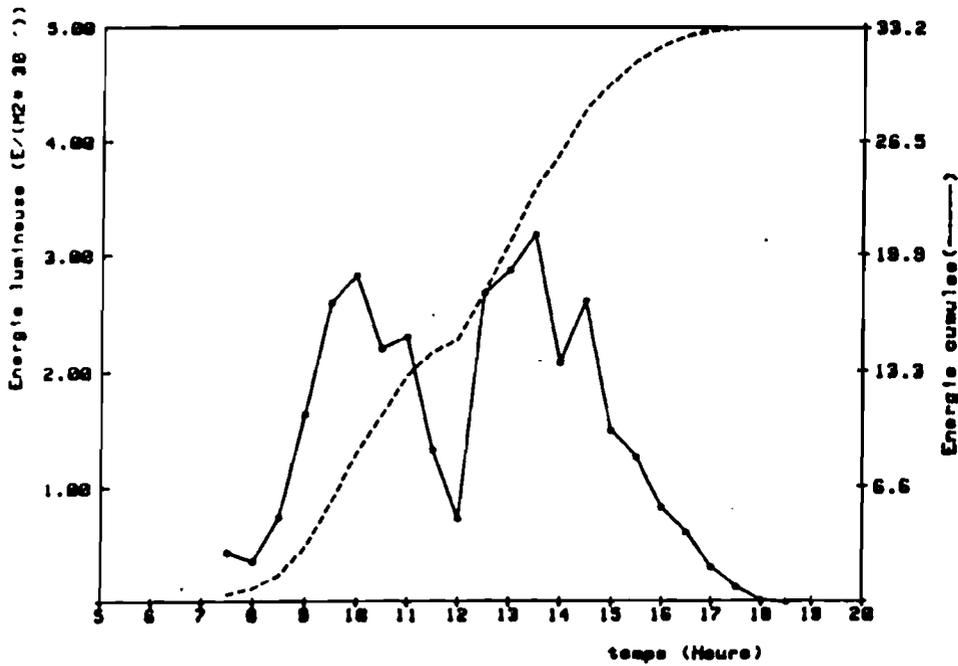
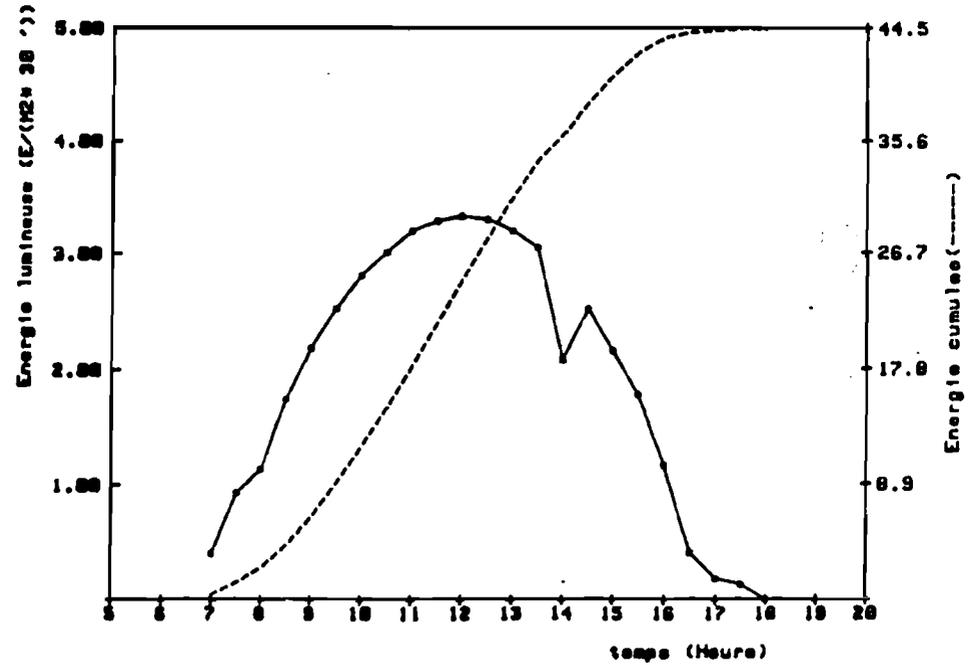


Fig.22 ENERGIE LUMINEUSE(E/M2) A TIKEHAPU LE 19/8/85



BIBLIOGRAPHIE

- GORDON (D.C.) Jr. et SUTCLIFFE (W.H.) Jr., 1973 - A new dry combustion method for the simultaneous determination of total organic carbon and nitrogen in sea water. Mar. Chem., 1 : 231-244.
- HDM-HANSEN (D.) et BOOTH (C.R.), 1966 - The measurement of adenosine triphosphate in the ocean and its ecological significance.
Limnol. Oceanogr. 11 : 510-519.
- KORDLEFF (F.), 1976 - Determination of phosphorus, p 117-126, in Methods of sea water Analysis, K. GRASSHOFF (ed) Verlag chemie, Weinheim, RFA.
- KORDLEFF (F.), 1976 - Determination of ammonia, p. 126-133, 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.
- STRICKLAND (J.D.H.) et PARSONS (T.R.), 1972 - A practical handbook of sea water analysis. Fish. Res. Board of Canada, 167 : 310 p.
- VOLLENWEIDER (R.A.), 1974 - A manual on methods for Measuring Primary Production in Aquatic Environment IBP Handbook n° 12, 225 p.
- YENTSCH (C.S.) et MENZEL (D.W.), 1963 - A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and pheophytin by fluorescence. Deep-Sea Res., 10 : 221-231.