

P O L Y N E S I E   F R A N C A I S E

---

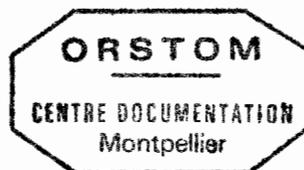
ORSTOM

LE MICROPHYTOBENTHOS : II. PRODUCTION PRIMAIRE  
(PREMIERS RESULTATS)

---

Par

C.J. CHARPY-ROUBAUD\*



\* Centre ORSTOM de Tahiti - B.P. 529 - PAPEETE - TAHITI

## RESUME

La production primaire benthique des sédiments de l'atoll de Tikehau a été étudiée au cours de trois missions réparties sur quatre mois (décembre 85 - mars 86) : des bilans d' $O_2$  ont été établis à partir de différentes méthodes de mesures d' $O_2$  dans des bouteilles BOD dans et des cloches. La validité et la représentativité des résultats obtenus sont discutées à partir d'expériences de "cinétique de production" conduites sur 24, 36 ou 48 heures. La présence de phanérogames du genre Halophila peut représenter une contribution prépondérante dans la production primaire benthique du lagon. Aucune photoinhibition n'est observée, même aux stations de très faible profondeur. La corrélation est très élevée entre la production nette horaire et l'énergie horaire correspondante ; une équation est établie entre ces deux paramètres. La production nette journalière moyenne benthique est de  $0,8 \pm 0,2$  g  $O_2/m^2/j$ . Pour l'ensemble du lagon elle est 2 à 3 fois plus faible que la production phytoplanctonique mais elle peut devenir 35 fois plus élevée que cette dernière aux stations de faible profondeur. Le temps de doublement de la biomasse phytobenthique estimé à 6,1 heures.

**ABSTRACT**

The phytobenthic production of TIKEHAU lagoon (French Polynesia) was studied from december 85 to march 86 by measuring production and respiration rates in terms of oxygen in B.O.D. and bell jars. Validity and representativity of results were discussed from "production cinetic" experiments lasting 24 or 36 or 48 hours. Sea grass Halophila represents preponderant contribution to the benthic primary production of the lagoon. No photoinhibition was observed, even at shallow stations. Correlation is very high between net hourly production and light energy. The average of net daily benthic production is  $0,8 \pm 0,2 \text{ mgO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ . The turn over time is estimated at 6.1 hours. For the whole lagoon, this production is 2 to 3 times lower than phytoplanktonic production but becomes 35 times high at the shallow stations.

## INTRODUCTION

L'environnement et la matière organique particulière planctonique lagonaire sont étudiés dans l'archipel des Tuamotu depuis 1982 par le centre ORSTOM de Tahiti, dans le cadre du programme ATOLL. L'objectif final de ce programme est la modélisation de la production lagonaire et de sa dynamique. Dans cette optique, afin de compléter les connaissances déjà acquises dans le fonctionnement de ces écosystèmes, une étude du compartiment végétal benthique a été entreprise ; dans ces lagons qui ont une faible profondeur et bénéficient d'un éclairage maximal, les producteurs primaires benthiques devraient jouer un rôle capital. Les différentes phases de l'opération PROBAT (production primaire benthique) ont été mentionnées dans un précédent travail exploitant les données obtenues à Tikehau sur la biomasse phytobenthique par le biais de l'étude des pigments chlorophylliens et de l'ATP des sédiments (CHARPY-ROUBAUD, 1986). Le présent travail traite de la production primaire, dans son concept dynamique.

Les méthodes les plus répandues employées pour étudier la production primaire sont les bilans d' $O_2$  et le taux d'incorporation de  $^{14}C$ . Mais que ce soit pour l'une ou l'autre méthode, les protocoles méthodologiques ne sont pas standardisés. Dans la présente étude, seuls les résultats obtenus par les bilans d' $O_2$  seront présentés. Aussi a-t-on réalisé une étude de la validité et de la représentativité des résultats obtenus.

## MATERIEL ET METHODES

Les méthodes les plus couramment employées pour estimer la production primaire sont respectivement dites "de l'oxygène" (mesures des bilans d' $O_2$ ) et du " $^{14}C$ " (mesure du taux d'incorporation du  $^{14}C$ ). La production primaire microphytobenthique a été étudiée, de décembre 1985 à mars 1986, par la "méthode de l'oxygène". Déjà employée par POMEROY (1959), HARGRAVE (1969), PLANTE CUNY et BODOY (comm. pers.), elle consiste à retourner des cloches claires et des noires sur les sédiments et à mesurer la teneur en  $O_2$  de l'eau incubée à l'aide d'une sonde.

Les manipulations ont été faites en scaphandre autonome ou à pied, selon la profondeur des stations. Ces dernières, ainsi que leur situation, apparaissent dans le tableau 1 et les figures 1 et 1 bis. Les secteurs étudiés ont été prospectés au cours d'une étude parallèle de la biomasse microphytobenthique (CHARPY-ROUBAUD, 1986). Les incubateurs étaient soit des bouteilles B.O.D. soit des cloches, suivant des étapes méthodologiques qui seront décrites plus loin.

Les incubations ont duré 4 - 5 h en moyenne. De plus, des études que l'on peut appeler "cinétiques de production" ont été faites à des stations de faible profondeur (0.30 m à 2 m) du secteur E : les cloches ont été laissées à poste durant 24, 36 ou 48 h, et des mesures d' $O_2$  ont été faites toutes les 2 h en moyenne durant les heures d'éclairement (6h30 - 18 h). En parallèle, pour une de ces expériences, des incubateurs (clair et noir) ont, après les mesures d' $O_2$ , été enlevés et remis juste à côté de leur ancien emplacement.

#### Etapas méthodologiques

1) Au cours de la mission TATU effectuée en novembre 1985 dans les lagons de plusieurs atolls toutes les incubations ont été faites dans des bouteilles BOD de 295 ml, remplies in situ et sur une hauteur de 0,5 cm environ avec du sédiment superficiel prélevé avec une pelle. Les résultats (qui seront publiés ultérieurement) sont apparus fiables.

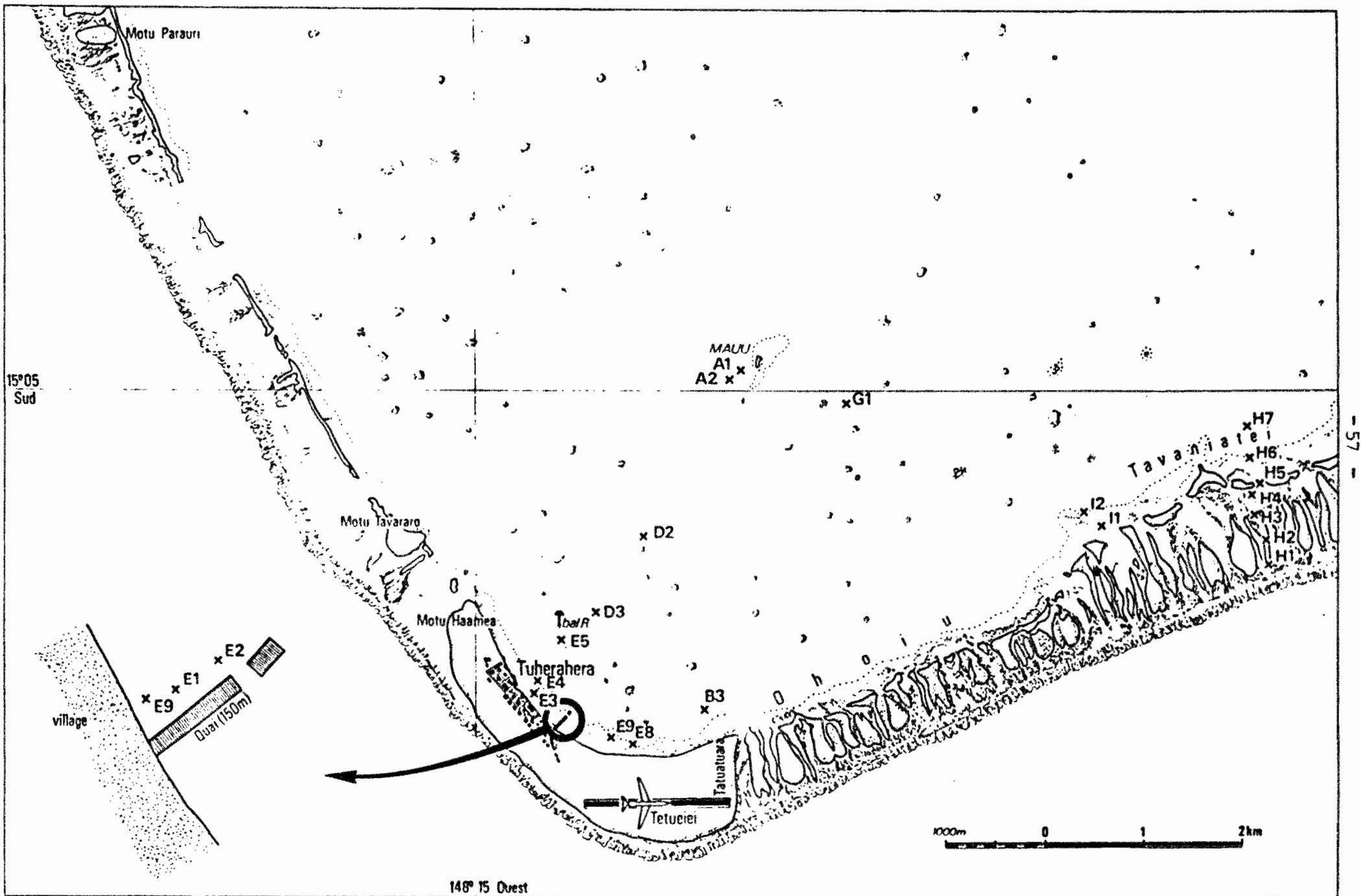
2) En décembre 1985, 4 cloches étaient confectionnées. Une expérience a montré (Tableau 2) que les résultats obtenus en utilisant comme incubateurs les cloches et les B.O.D. sont du même ordre de grandeur.

Les bilans d' $O_2$  ont alors été calculés à partir des incubations faites dans les cloches pour toutes les stations de profondeur < 12 m, le cable de la sonde mesurant 15 m, et dans des bouteilles B.O.D. pour les autres stations.

Tableau 1 : Position des stations prospectées au cours des mois de décembre 85 et janvier, février et mars 1986 dans le lagon de Tikehau.

Secteur	Localisation	Profondeur de la station (m)	Station
A	Motu Mauu - sous le vent - sous le vent	11 18	A1 A2
B	Hoa	12	B3
C	Passe	8	C1
D	Radiale "Village Motu Mauu"	20 18	D2 D3
E	Plage devant la zone habitée, quai, balise	0.60 2. 6. 10. 15. 0.50 2 0.30	E1 E2 E3 E4 E5 E7 E8 E9
G	Faofaa	19	G1
I	Hoa	8	I1 I2

Fig. 1bis : Position des stations prospectées de décembre 1985 à mars 1986



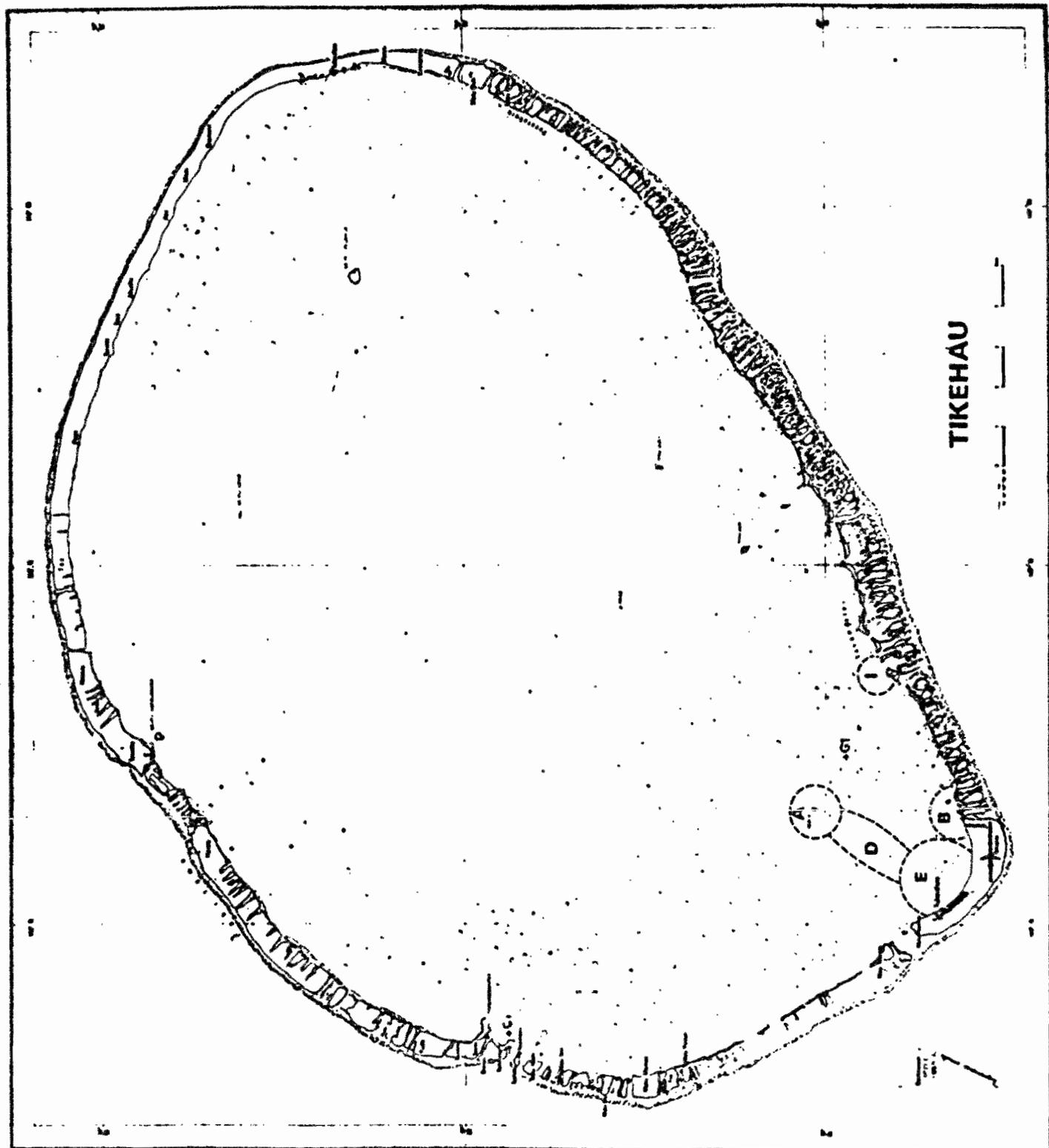


Fig. 1 : Position des secteurs étudiés de décembre 1985 à mars 1986

Tableau 2 : Production microphytobentique estimée à partir des teneurs en oxygène mesurées dans des cloches et dans des bouteilles B.O.D. Comparaison.

Cloches claires	B.O.D. claires	
459.8	593.3 408.7	m = 501,5
146.9	216.6 173.3 216.6 219.8 157.1	m = 196,68
528.7	603.5 509.7	m = 556,6
463.9	438.5 480.3 399.8	m = 439,5

3) En janvier 1986 la fabrication d'une série de cloches était terminée. Leur caractéristiques sont regroupées dans le tableau 3. Les cloches ont été graduées afin de mesurer le volume d'eau incubé au-dessus du sédiment.

Tableau 3 : Caractéristiques des incubateurs (cloches cylindriques) utilisées.  
Volume Sed + = volume d'eau le plus couramment noté au-dessus du sédiment et enfermé dans les cloches.

Cloches	Matériau	Diamètre ( ) (cm)	Surface ( ) (cm <sup>2</sup> )	Hauteur (cm)	Volume Sed + (l)	Objectif des mesures
Claire	plexiglass	19,1	286	25 et 30	4,2 - 5	Production d'O <sub>2</sub>
Claire	plexiglass	11,5	104	23	0,5 - 0,8	
Noire	P.V.C.	15,0	177	25	2,4	Consommation d'O <sub>2</sub>
Noire	P.V.C.	11,5	104	23	0,5 - 0,8	

La "méthode des cloches" est d'utilisation plus simple et permet en outre de ne pas perturber le sédiment étudié. L'impossibilité de l'appliquer aux stations de profondeur > 12 m (liée à celle d'utilisation de la sonde) pouvait être contournée en dosant l'O<sub>2</sub> de l'eau incubée dans les cloches selon la méthode de WINKLER.

Une expérience préliminaire a montré que les résultats de dosage d'O<sub>2</sub> faits par la méthode de WINKLER sur 120 ml d'eau prélevés in situ dans les cloches, avec une seringue, sont du même ordre de grandeur que ceux obtenus par mesure directe avec la sonde (Tableau 4).

Tableau 4 : Résultats d'O<sub>2</sub> (mg/l) obtenus en parallèle suivant la méthode de WINKLER et par des mesures directes avec la sonde ; les deux méthodes ont été appliquées en parallèle sur une même cloche pour chaque essai.

Cloche	O <sub>2</sub> (mg/l)	
	WINKLER	Sonde
Claires	11.51	11.40
	12.20	12.20
	9.94	10.02
	9.86	10.00
	10.99	10.89
	7.11	7.0
	13.12	13.08
	12.30	12.18
Noires	4.85	4.55
	4.78	4.73
	5.10	5.07
	4.70	4.68

Toutes les incubations ont donc été faites en utilisant les cloches. Un joint conique, en caoutchouc, adapté à la cellule de la sonde réduit au maximum les échanges eau incubée - eau extérieure lors des manipulations pour effectuer la mesure d'O<sub>2</sub> (Fig. 2).

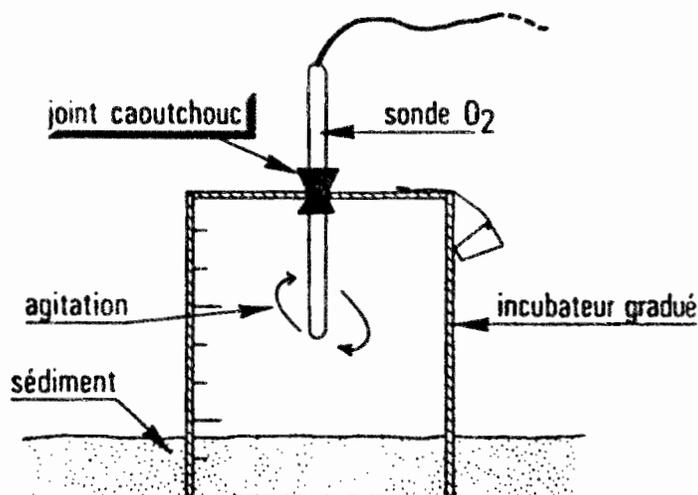


Fig. 2 : Schéma d'un incubateur "cloche" et du système de mesure d'O<sub>2</sub> à l'aide de la sonde YSI.

Les résultats d'expériences d'incubation d'eau prélevée juste au-dessus des sédiments montrent que, à ce niveau, la production primaire planctonique peut être considérée comme négligeable ; elle n'a pas été déduite des productions observées dans les cloches et cette manipulation supplémentaire a été supprimée dans les expériences suivantes.

## 1.2. Energie lumineuse

L'énergie lumineuse incidente a été mesurée à l'aide d'un solarimètre LICOR dont la période d'intégration était de 15 mn. Le pourcentage d'énergie arrivant au niveau des incubations a été obtenu à l'aide d'un quantummètre LICOR équipé d'une cellule sphérique. Les deux cellules sont sensibles aux radiations utilisables pour la chlorophylle.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### 1. Validité des résultats

L'objectif général de la présente étude est l'estimation de la production primaire benthique de l'ensemble du lagon et ce par le biais d'incubations faites à différentes profondeurs et pendant des durées

suffisamment courtes pour que les manipulations soient matériellement possibles. Afin de juger si l'estimation de la production primaire faite à partir des variations d' $O_2$  mesurées dans les incubateurs après une durée de quelques heures est valable et en outre pour savoir à quel moment de la journée doivent avoir lieu les incubations, des "cinétiques" de production (cf. § matériel et méthodes) ont été réalisées. Par ailleurs, le problème de la variabilité au sein d'une station sera abordé de même que celui de l'importance du taux de production des Halophila ; ces phanérogame sont parfois présentes en grande quantité sur les sédiments de Tikehau alors que, elles exceptées, le peuplement végétal benthique de ce lagon est constitué uniquement de microphytes, tout au moins aux stations prospectées.

#### 1.1. Evolution de l' $O_2$ dissous dans les cloches claires et les cloches sombres

Les courbes de l'évolution de la concentration en oxygène apparaissent dans l'annexe 2. Dans toutes les cloches claires la concentration en  $O_2$  dissous augmente jusqu'à 16H30, puis, sans que l'on observe ensuite un plateau, diminue ; ceci traduit le fait que les processus de photosynthèse l'emportent sur la respiration. Dans les cloches noires, la concentration en oxygène diminue d'une façon pratiquement linéaire, ce qui traduit une respiration à peu près constante.

#### 1.2. Evolution journalière de la production et de la respiration d'oxygène

##### 1. production nette horaire

Les productions nettes horaires apparaissent sur le Tableau 5. On constate qu'elles sont maximales à midi, d'une façon générale, et peuvent atteindre  $232,4 \text{ mg}/O_2/\text{m}^2/\text{h}$ . Deux groupes de stations apparaissent : (E1, E7, E9) dont la production est  $> 200 \text{ mg}O_2/\text{m}^2/\text{h}$  et (E8, E2) dont la production est  $< 150 \text{ mg}O_2/\text{m}^2/\text{h}$ .

**Tableau 5 : Productions nettes horaires observées :**  
 FNh (mg O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h), Rapports Production / Energie :  
 FN/E (mg O<sub>2</sub>/E), Energie horaire : Eh (E/m<sup>2</sup>/h),  
 Production journalière estimée à partir des éner-  
 gies reçues : FNJ (mg O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/j) : FN = somme des  
 productions nettes observées pendant la journée.

Date station profondeur	Heure demi incubation	Eh	FNh	FN/E	FNJ [ FN
02/03/86 E1 0,6 m	07h08	0,75	63,1	84,1	2571
	09h10	4,23	173,4	41,4	1856
	11h25	6,13	214,0	35,3	1583
	13h38	6,31	136,4	22,6	1023 1498
	15h25	3,12	105,0	33,7	1419
	17h18	0,52	3,4	6,5	188
02/03/86 E1 0,6 m	07h08	0,75	47,3	63,1	1928
	09h10	4,23	141,3	33,7	1510
	11h25	6,13	190,3	30,6	1370 1324
	13h38	6,31	127,0	21,3	952
	15h25	3,12	91,7	29,4	1239
	17h18	0,52	27,9	53,5	1549
04/03/86 E8 2 m	07h45	0,90	53,2	59,0	1428
	09h58	4,37	90,3	19,8	815
	11h26	7,50	132,4	19,1	785 745
	13h05	5,23	64,8	12,2	504
	15h09	4,26	71,4	16,5	638
	17h09	0,43	7,3	17,1	414
04/03/86 E7 0,5 m	10h30	5,35	156,6	37,4	1413
	11h35	5,85	219,3	37,1	1400 1065
	13h05	5,85	128,7	22,3	843
	15h13	3,20	113,2	34,3	1243
	17h08	0,50	0	-	-
04/03/86 E7 0,5 m	07h38	1,16	75,5	89,8	2364
	10h30	4,01	192,0	45,9	1734
	11h35	5,84	225,6	38,2	1441 1427
	13h05	5,85	138,0	23,0	970
	15h13	3,20	137,3	41,7	1512
	17h08	0,5	0	-	-
05/03/86 E2 2 m	10h05	4,81	70,1	14,9	475
	12h03	3,58	104,8	30,4	972 775
	14h03	4,25	124,9	28,2	902
	16h25	0,66	12,4	19,1	350
06/03/86 E2 2 m	08h28	1,18	79,9	64,6	1188
	10h29	3,12	34,9	11,3	363
	12h51	5,28	109,6	20,9	674 759
	15h20	2,77	78,5	28,7	926
	17h45	0,47	41,1	89,5	1630
05/03/86 E2 2 m	08h05	1,09	73,9	67,3	1231
	10h05	4,81	130,6	27,7	885
	12h03	3,59	148,7	43,1	1380 1108
	14h03	4,25	152,5	34,4	1101
06/03/86 E2 2 m	16h25	1,62	37,3	21,8	398
	08h28	1,19	66,1	53,4	983
	10h29	3,12	69,0	22,3	717 1030
	12h51	5,28	179,2	34,4	1107
	15h20	2,65	122,2	44,8	1442
06/03/86 E2 2 m	17h15	0,5	0	-	-
	08h28	1,18	48,7	39,3	724
	10h29	3,12	52,4	16,9	545 722
	12h51	5,28	106,3	20,4	657
	15h20	2,65	101,9	37,3	1201
05/03/86 E9 0,3 m	10h30	5,61	126,9	22,8	939,2
	14h15	5,37	205,1	38,2	1570,7
	16h30	0,6	0	-	-
	08h33	1,88	252	129,5	3575
	10h31	4,11	187,1	46,6	1930
05/03/86 E9 0,3 m	12h39	6,24	232,4	36,8	1524 1580
	15h10	3,39	150,8	43,3	1594
	17h15	0,50	0,8	1,6	454

Sur l'ensemble des concentrations, observées pendant ces études de cinétiques, on observe une corrélation très élevée ( $r = 0,74^{***}$ ) entre la production nette horaire et l'énergie lumineuse horaire correspondante. Des "indices" des relations entre ces deux paramètres sont calculés dans le Tableau 6 ; pour les cinétiques, toutes les corrélations sont élevées et les pentes des droites ont des valeurs respectives proches de 24, exceptée celle de l'incubation faite à la station E<sub>9</sub>, où le rendement Production/Energie est plus faible (Annexe 1). L'expérience conduite en E2, parallèlement à la cinétique faite à cette même station donne des résultats différents.

Tableau 6 : Coefficient de corrélation (r), pente de la droite de régression (a) et ordonnée à l'origine (b, mg O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h) des régressions (Production nette d'O<sub>2</sub>/h) / Energie lumineuse (E/m<sup>2</sup>/h).

Date	Station	r	a	b
2/3/86	E3 (5 m)	0,88*	26,4	23,3
2/3/86	E1 (1,6 m)	0,93*	21,8	24,3
4/3/86	E8 (1,6 m)	0,89*	13,8	17,9
4/3/86	E7 (0,5 m)	0,91*	31,3	- 6,5
4/3/86	E7 (0,5 m)	0,86*	30,6	23,3
5/3/86	E9 (0,3 m)	0,87*	34,2	6,8
5/3/86	E2 (2 m)	0,88**	30,2	13,0
5/2/86	E2 (2 m) cloches déplacées	0,42	8,5	36,0

D'une façon générale, au cours des expériences de cinétique, les productions nettes horaires présentent une évolution journalière identique à celle de l'énergie lumineuse (Fig. 3). Aucune photoinhibition n'a été observée, même aux très faibles profondeurs (0.30 m, 0.50 m), et on peut établir la relation suivante :

$$\text{Prod. nette O}_2 \text{ (mgO}_2\text{/m}^2\text{/h)} = 23,5 \times \text{Energie (E/m}^2\text{/h)} + 24$$

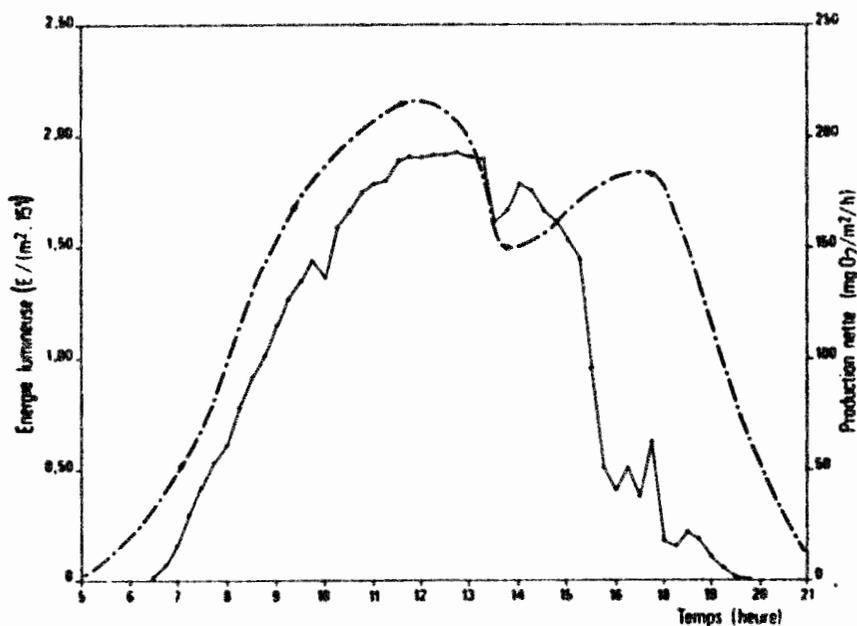


Fig. 3 : Evolution de la production nette horaire de l'O<sub>2</sub> et de l'énergie lumineuse.

## 2. Respiration horaire

Les moyennes des respirations horaires, dans les expériences de cinétique, sont consignées dans le Tableau 7. La moyenne de l'ensemble des stations considérées est ainsi estimée à  $30,6 \pm 7,3$  mg.O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h.

Tableau 7 : Moyenne et écarts types des distributions des respirations horaires (mg O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h) mesurées à différentes heures de la journée.

Date	Station	Moyenne	Ecart type
1 et 2/3/86	E1	19,9	18,4
3 et 4/3/86	E8	24,3	11,9
3 et 4/3/86	E7	28,4	22,8
3 et 4/3/86	E7	29,2	13,4
5 et 6/3/86	E9	59,7	36,5
Toutes dates et stations (n = 39)		30,6	22,7

### 1.3. Estimation de la production journalière

Compte tenu de la corrélation très élevée entre la production nette horaire et l'énergie lumineuse horaire, on peut, connaissant l'énergie incidente journalière (EI/j) et l'énergie incidente reçue pendant l'incubation (EI/i), estimer la production nette journalière (mg.O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/j) à partir de l'équation :

$$\text{Prod. nette/j} = (\text{Prod. nette/i}) \times \frac{(\text{E.I./j})}{(\text{E.I./i})} \quad (1)$$

où

$$\text{Prod. nette/i} = \text{mg.O}_2/\text{m}^2/\text{t. incubation.}$$

Ces productions journalières observées (Tableau 5, colonne PN) sont représentées par la somme des productions estimées à partir des mesures d'O<sub>2</sub> des cinétiques par l'équation (1) (Tableau 2, colonne PNJ). De la comparaison entre PNJ et ΣPN, il ressort que les incubations effectuées durant 2 heures en milieu de journée donnent une très bonne estimation de la production journalière.

### 1.4. Comparaison des productions nettes estimées à partir des variations d'O<sub>2</sub> observées dans les cloches et dans les eaux libres du fond

A partir des augmentations de la teneur en O<sub>2</sub> dissous des eaux situées juste au-dessus des sédiments meubles de Takapoto, SOURNIA (1976) estime la production nette horaire phytobenthique. A Tikehau, la teneur des eaux en O<sub>2</sub> a été mesurée toutes les 2 heures, à côté des incubateurs laissés à poste ; en appliquant la méthode de SOURNIA, on peut estimer la production nette horaire, par m<sup>3</sup>. Pour la ramener au m<sup>2</sup>, il est important de choisir convenablement la hauteur d'eau qui devra être intégrée, c'est-à-dire celle sur laquelle la concentration en O<sub>2</sub> est constante (multiplier par 2, par exemple, la production par m<sup>3</sup> observée à une station située à 2 m de profondeur serait certainement une erreur pour les eaux considérées) ; cette hauteur est considérée égale à 50 cm. La production nette

horaire peut alors être estimée à partir des variations d'O<sub>2</sub> dans les eaux libres du fond en appliquant l'équation :

$$\text{Prod. nette/h} = \Delta O_2 \text{ (mg/l)} / t \times 10^3 / F$$

où

t = temps d'incubation, en heure

F = profondeur (Z) de la station, si Z < 50 cm et F = 1 si Z > 50 cm

Les productions nettes horaires estimées à partir des variations en O<sub>2</sub> dans les incubateurs (PNHi) et dans les eaux libres du fond (PNHe) sont regroupées dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Production horaire estimée par Δ O<sub>2</sub> dans la masse d'eau (PNHe) et dans les incubateurs (PNHi)

Station	Profondeur (m)	Date	Heure	PNHe mgO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup>	PNHi
E7	0,3	4/3/86	7H38	90	76
			10H30	217	192
			11H35	423	226
			13H05	140	138
			15H13	61	137
E8	2	4/3/86	7H45	40	53
			9H58	488	90
			11H26	360	132
			15H09	375	71
E2	2	5/3/86	9H10	180	-
			12H	73	105
			14H	<0	125
			18H10	<0	12
		6/3/86	8H28	194	80
			10H29	105	35
			12H51	161	110
			15H20	<0	79
			17H15	<0	41

Les valeurs nulles observées après 14 h ainsi que celles des 5 et 6 Mars peuvent être expliquées par le fait que les estimations de  $P_{NH_4}$  ne tiennent pas compte de la diffusion.

1.5. Existe t'il un effet important de confinement ?

Les courbes de production d' $O_2$ , réalisées à partir des mesures faites, en parallèle, dans un incubateur laissé à poste et dans un incubateur déplacé toutes les deux heures (Annexe 2) présentent le même genre de profil (Fig. 5). Les différences d'amplitude, observées soit au profit de l'incubateur immobile soit à celui de l'incubateur déplacé, peuvent être attribuées à la microrépartition des organismes se développant à la surface des sédiments. A priori, l'effet de confinement, s'il existe, ne peut être considéré comme important.

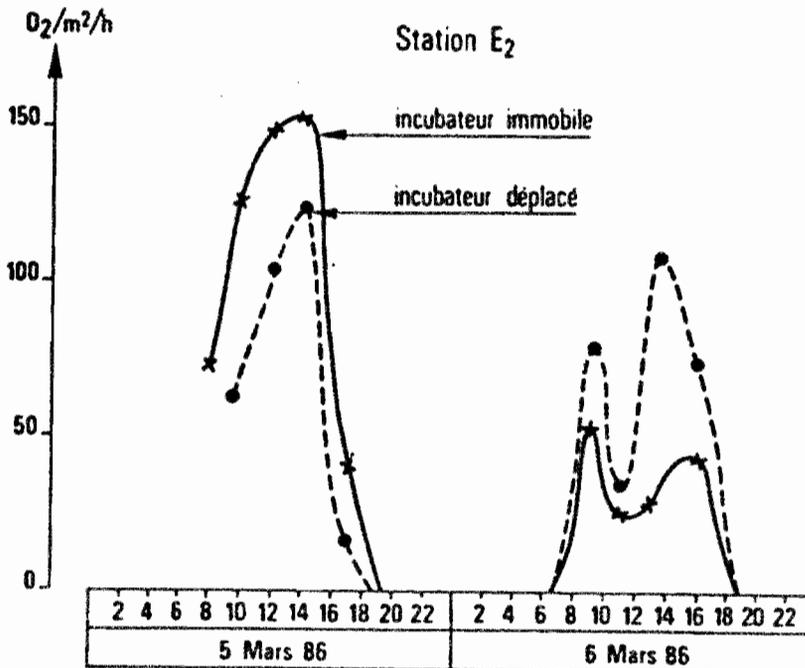


Fig. 5 : Variations d' $O_2$  dans un incubateur immobile et dans un incubateur déplacé.

1.6. Variabilité des résultats au sein d'une même station

Plusieurs incubateurs ont été placés à une même station, afin d'étudier la variabilité de sa production microphytobenthique. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Etude de la variabilité des mesures de production et respiration d'O<sub>2</sub> à l'intérieur d'une même station (mg O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h<sup>1</sup>).

Station	Date	Incubateur	Production ou respiration	Moyenne	Coef. variation
A2	16/12/85	BOD clair	20,0	18,2	14,6 %
"	"	"	16,3		
"	"	"	20,0		
"	"	"	20,3		
"	"	"	14,5		
A2	16/12/85	BOD clair	- 13,0	13,5	5 %
"	"	"	- 14,0		
A1	05/01/86	Cloche clair	49,9	123,9	35 %
"	"	"	176,3		
"	"	"	169,2		
"	"	"	118,2		
"	"	"	151,0		
"	"	"	97,5		
"	"	"	140,6		
"	"	"	88,7		
A1	05/01/86	Cloche sombre	- 14,7	- 27,6	40 %
"	"	"	- 39,3		
"	"	"	- 23,0		
"	"	"	- 33,4		
B3	08/01/86	Cloche clair	149,9	138,1	46 %
"	"	"	95,6		
"	"	"	94,6		
"	"	"	119,8		
"	"	"	230,6		
B3	08/01/86	Cloche sombre	- 32,1	- 30,6	21 %
			- 36,1		

Les coefficients de variation de la production horaire varient entre 14,6 % et 46 % et ceux de la respiration entre 5 % et 40 %. La variabilité est plus faible dans les bouteilles BOD que dans les cloches.

### 1.7. Importance de la présence de phanérogames du genre Halophila sur le sédiment incubé

A certaines stations, on note la présence d'Halophila sur les sédiments du lagon. L'abondance est parfois telle qu'il est impossible de pouvoir poser deux incubateurs sans qu'ils recouvrent les feuilles de ces plantes marines. Deux expériences ont été faites, afin d'estimer l'importance de la contribution des Halophila à la production phytobenthique du lagon.

Le 5/1/86, 8 incubations ont été réalisées à la station A1, dont 7 en présence d'Halophila en nombre variable. La production horaire d'O<sub>2</sub> d'une feuille est calculée par l'équation :

$$(\text{Prod. d'O}_2/\text{h})_{1H} = \left[ (\Delta O_{2H} \times V_H/t) - (\Delta O_{2SH} \times V_{SH}/t) \right] - N_H \times 10^3$$

où Prod. d'O<sub>2</sub>/h<sub>1H</sub>) est en µg O<sub>2</sub>/h

$\Delta O_2$  =  $\Delta O_2$  (mg/l) dans un incubateur avec Halophila

$V_H$  = Volume de l'eau incubée au-dessus de ce sédiment

$t$  = Temps d'incubation

$\Delta O_2$  =  $\Delta O_2$  (mg/l) dans un incubateur sans Halophila

$V_{SH}$  = Volume de l'eau incubée au-dessus de ce sédiment

$N_H$  = Nombre de feuilles d'Halophila présents sous l'incubateur.

Les résultats découlant de l'application de cette équation et ceux de production horaire estimés à partir des mesures d'O<sub>2</sub> dans les eaux incubées sont consignées dans le Tableau 10.

Tableau 10: Production nette d'O<sub>2</sub> dans des incubateurs recouvrant des Halophilas le 5/1/86 station A1 et production horaire d'une feuille d'Halophila

Nombre de feuilles d' <u>Halophila</u>	Production horaire mgO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup>	Prod. O <sub>2</sub> par <u>Halophila</u> µgO <sub>2</sub> .h <sup>-1</sup>
0	88,7	
15	118,2	[55]
32	49,9	25
33	97,5	[7]
40	140,6	[60]
71	151,0	25
90	176,3	25
110	169,2	21

Une expérience similaire a été effectuée le 11/1/86 à la station G1, conduisant à des résultats de 95 mgO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h pour 75 feuilles et 46 mg.O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h sans Halophila ; la production d'oxygène est de 18 µg O<sub>2</sub>/feuille d'Halophila/h. Les résultats des deux expériences sont donc comparables, valeurs extrêmes exceptées.

La densité de ces plantes marines peut atteindre 3500 feuilles/m<sup>2</sup>, ce qui représente, en utilisant la valeur moyenne de 23 µg O<sub>2</sub>/h par feuille, une production nette importante, de 78 mg.O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h. En cas de densité élevée ( 3500 feuilles/m<sup>2</sup>), la présence d'Halophila peut doubler la production due au microphytobenthos. L'importance du rôle joué par les macrophytes a déjà été soulignée par PLANTE-CUNY (1984) dans une "synthèse" sur la production primaire benthique.

La station G1 est considérée comme caractéristique, pour les études planctoniques (CHARPY, 1985). Elle est prise également comme station de référence pour le phytothenthos, sa profondeur étant voisine de la profondeur estimée comme moyenne pour le lagon. Pour l'ensemble du lagon,

la production journalière phytobenthique est alors 2 à 3 fois plus faible que la production phytoplanctonique. Mais si l'on considère seulement les stations dont la profondeur est 5 m, elle apparaît au contraire beaucoup plus élevée, jusqu'à 35 fois par exemple à la station E<sub>9</sub> (0,30 m) où la production brute est de 0,70 gC/m<sup>2</sup>/j. Cette tendance concorde avec celle observée par PLANTE-CUNY (1978) qui observe des productions planctoniques supérieures aux productions benthiques à partir de profondeurs supérieures à 5 ou 10 m.

## 2. Production journalière phytobenthique du lagon

Les 30 estimations de la production nette journalière réalisées en 18 stations du lagon (Tableau 11) varient entre 0,08 g O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/j et 1,87 g O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/j ; leur moyenne est égale à 0,82 ± 0,17 g O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/j.

Tableau 11 : Estimation de la production nette journalière, en gO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/j (PO<sub>2</sub>J) en différentes stations.  
Prof : Profondeur - EJFD = Energie journalière reçue au fond (E/m<sup>2</sup>/j).

Station	date	Prof.	EJFD	PO <sub>2</sub> J	Chloro.-a
A1	15/12/85	11.0	21.7	488.0	18.3
A1	16/12/85	11.0	21.7	147.0	18.3
A2	"	18.0	18.1	198.0	11.9
C1	18/12/85	8.0	25.1	194.0	11.3
E3	19/12/85	6.0	28.6	359.2	16.7
A1	05/01/86	11.0	11.3	1285.0	13.1
B3	08/01/86	12.0	12.8	1070.0	10.0
E2	10/01/86	2.0	21.2	1012.0	12.2
E3	"	5.0	21.2	1873.0	11.8
E4	"	10.0	21.2	842.0	8.7
E5	"	15.0	21.2	1067.0	8.4
D2	"	20.0	21.2	320.0	4.9
G1	"	19.0	9.5	780.0	6.9
D3	13/01/86	18.0	9.8	366.0	5.0
G1	15/01/86	19.0	9.6	554.0	6.3
E5	23/02/86	16.0	24.0	83.8	3.8
G1	24/02/86	19.0	16.9	744.3	11.5
I1	"	1.2	16.9	814.0	5.0
I2	"	8.0	16.9	797.0	3.6
G1	"	19.0	10.3	383.0	6.7
E5	"	15.0	11.9	1080.0	11.3
F4	"	10.0	17.9	696.0	4.2
E3	"	5.0	27.2	571.0	10.7
E1	03/03/86	1.6	45.8	1336.0	15.0
E8	04/03/86	1.6	41.1	645.0	16.7
E7	"	2.0	38.8	1400.0	12.2
E2	05/03/86	2.0	36.6	1180.0	10.0
E2	06/03/86	2.0	28.8	1200.0	10.0
F9	07/03/86	0.3	41.1	1571.0	16.0
F9	08/03/86	0.3	41.4	1524.0	16.0

Les stations prospectées présentent une profondeur variant entre 0,3 et 20 m, avec une moyenne de 10 m ; la profondeur est corrélée de façon hautement significative avec la production journalière d'oxygène ( $r = -0,56^{**}$ ). La moyenne des énergies journalières reçues au niveau du fond est de 22,5 E/m<sup>2</sup>, ce qui représente 47 % de l'énergie incidente de surface (dont la moyenne est de 45,5 E/m<sup>2</sup>) ; en corrolaire de la corrélation "Production-profondeur", la production journalière d'oxygène est corrélée avec l'énergie lumineuse arrivant au fond ( $r = 0,37^*$ ). Au contraire, aucune corrélation n'apparaît, aux stations prospectées, avec la chlorophylle active, dont la moyenne est égale à 10,2 mg chlorophylle a/m<sup>2</sup> + 1,6.

### 3. Comparaison avec la production primaire planctonique du lagon

Des estimations de la production phytoplanctonique du lagon de Tikehau ont été faites par CHARPY depuis 1982 (CHARPY, 1985, CHARPY et al., 1986) par des mesures du taux d'incorporation de <sup>14</sup>C. Pour les mois de décembre 1985 et janvier et février 1986, cet auteur donne une moyenne de 1 g C/m<sup>2</sup>/j de production, intégrée sur 15 m à la station G1. La production estimée par la méthode du <sup>14</sup>C se rapproche de la production brute (COLIJN et al., 1983) ; la moyenne des respirations horaires mesurées sur les sédiments de Tikehau étant égale à 30,6 (mg O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h) x 10 (nombre d'heures d'éclairement), la production brute est donnée par l'équation :

$$\text{Prod. brute/j} = (\text{Prod. nette/j}) + 306$$

Pour obtenir des productions en g de Carbone, on applique l'équation :

$$\begin{aligned} \text{P.gC} &= \text{P.mgO}_2 \times \frac{\text{C}}{\text{CO}_2} \times \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} \times \text{PQ} \times 10^{-3} \\ &= \text{mgO}_2 \times 0,375 \times 10^{-3} \times \text{PQ} \end{aligned}$$

où PQ est le coefficient photosynthétique ; il est choisi égal à 1 comme le conseillent RAVEN (1976) et CLOSKEY et al. (1978).

D'où Prod. brute/j = ((Prod. nette/j) + 306) x 0,375 x 10<sup>-3</sup>. A la station G1, la Prod. nette journalière moyenne est de 636 mgO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/h ; la production brute journalière est donc égale à 0,35 g.C/m<sup>2</sup>/j.

#### 4. Rapports "Production/Biomasse"

La production étant corrélée à la profondeur, la production observée à la station G1 est considérée comme représentative de la production moyenne du lagon ; soit 350 mgC/m<sup>2</sup>/j, ou 35 mg C/m<sup>2</sup>/h. La moyenne des teneurs en chlorophylle active des sédiments du lagon est égale à 10 mg/m<sup>2</sup> et le carbone microphytobenthique est estimé à 290 mg/m<sup>2</sup> (CHARPY-ROUBAUD, 1986). Ce qui donne un rapport P/B (Assimilation Number) égal à 3,5 mg C/mg chlorophylle-a/h. Le temps de doublement de la biomasse peut-être estimé à partir de l'équation :

$$td = \text{Log } 2 \cdot t / \text{Log } ((Cpb + \Delta Cpb) / Cpb), \text{ avec :}$$

Cpb = carbone microphytobenthique (mgC/m<sup>2</sup>)

$\Delta Cpb$  = production pendant t (mgC/m<sup>2</sup>/h)

t = temps (heure)

$$\text{soit : } td = \text{Log } 2 \cdot 1 / \text{Log } ((290 + 35) / 290)$$

$$td = 6,1 \text{ heures}$$

Notons que CHARPY (1986) estime être égal à 5 heures le temps de doublement du carbone phytoplanctonique dans les eaux lagunaires du mois d'avril 1985.

#### 5. Comparaison avec d'autres résultats milieux marins tropicaux

Les productions nettes journalières des sédiments de Tikehau varient entre 0,03 gC/m<sup>2</sup>/j et 0,7 gC/m<sup>2</sup>/j. Les productions brutes journalières varient entre 0,15 g C/m<sup>2</sup>/j et 0,82 g C/m<sup>2</sup>/j, avec une moyenne de 0,42 g C/m<sup>2</sup>/j.

Il est difficile d'établir des comparaisons entre les résultats obtenus par différents auteurs, les méthodologies employées étant différentes. Cependant, en reprenant parmi les données regroupées par PLANTECUNY (1983) celles relatives aux zones tropicales (Tableau 12) les productions estimées pour les sédiments de Tikehau (données rajoutées) sont parmi les plus faibles.

Tableau 12 : Production primaire du microphytobenthos des substrats meubles marins. Résultats moyens rapportés au m<sup>2</sup> de sédiment : Régions tropicales (d'après PLANTE-CUNY, 1983)  
 \* : Résultats obtenus au cours de la présente étude.

Région étudiée type de sédiment	Latitude	Référence	Zone ou profondeur	Méthode	Production primaire	
					g C.m <sup>-2</sup> .jour <sup>-1</sup>	g C.m <sup>-2</sup> .an <sup>-1</sup>
Moorea (Polynésie) sables à <i>Oscillatoria limosa</i>	17°30' S	SOURNIA 1976 a	0,2 à 0,8 m	O <sub>2</sub>	1,13	
Takapoto Sables coralliens	14°45' S	SOURNIA 1976 b	0,5 à 1 m	O <sub>2</sub>	0,95	
N.W. Madagascar sables coralliens sables vaseux	13° 13°40' S	PLANTE-CUNY 1971 1973 1978	5 m 5 à 60 m	14 <sub>C</sub> 14 <sub>C</sub>	0,35 0,18	150 66 moyenne
Iles Marshall sables coralliens	7° N	SOROKIN 1973	peu profond	O <sub>2</sub>	0,78	(300)
Eniwetok (iles Marshall) fonds à cyanophycées	11°30' N	BAKUS 1967	intertidale	O <sub>2</sub>	0,65 à 2,15	
Hawaii bassins à poissons	22° N	HICKLING 1970	intertidale	O <sub>2</sub>	1,22	
W mer Caraïbes S Floride	15-20° N 26°	BUNT et al. 1972 BUNT et LEE 1972	3-60 m 15-25 m	14 <sub>C</sub> 14 <sub>C</sub>	0,02 à 0,22	11 à 60
Atoll de Tikehau (Polynésie)		CHARPY-ROUBAUD ce manuscrit	0,3 - 20 m	O <sub>2</sub>	0,42	

## CONCLUSION

La méthode des cloches utilisée pour effectuer les bilans d'O<sub>2</sub> apparaît fiable et les résultats sont reproductibles. Des études de cinétique de production ont, en outre, permis de mettre en évidence, pour les faibles profondeurs tout au moins, les points suivants : 1) les évolutions des productions nettes horaires et de l'énergie lumineuse sont identiques. Cependant, pour étendre l'équation qui a été établie, soit  $\text{Prod. nette O}_2 \text{ (mgO}_2\text{/m}^2\text{/h)} = 23,5 \times \text{Energie (E/m}^2\text{/h)} + 24$ , à l'ensemble du lagon et ce dans l'optique d'une modélisation, il serait bon de faire des expériences de cinétique de production à des profondeurs différentes et plus représentatives du lagon quant aux paramètres physiques, telle la profondeur. 2) Aucune photoinhibition n'apparaît. La production augmente jusqu'à 16H30. La production journalière peut être estimée à partir d'incubation de courte durée (2 heures) et l'intervalle midi - 14 h est très représentatif de la production journalière. 3) la respiration horaire est constante.

En ce qui concerne la production journalière du lagon, elle est liée à l'énergie lumineuse et donc à la profondeur. La variabilité au sein d'une station n'est pas négligeable. Toutefois, elle peut être imputée, outre aux microdistributions des microphytes, à la présence de phanérogames du genre Halophila : ces dernières, selon leur abondance, peuvent aller jusqu'à doubler la production due au microphytobenthos. Dans l'ensemble, la production nette journalière varie entre 0,08 g/m<sup>2</sup>/j et 1,87 g O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/j, avec une moyenne de 0,82 ± 0,17 g O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/j. A la station G1, station représentative du lagon pour ce qui concerne la masse d'eau, elle est de 0,35 gC/m<sup>2</sup>/j ; elle est ainsi 2 à 3 fois plus faible que la production phytoplanctonique. Au contraire, lorsque la profondeur est 5 m, la production microphytobenthique dépasse la production planctonique et à la station E9 (0,30 m) elle est même 35 fois plus élevée que la production phytoplanctonique. Le temps de doublement de la biomasse phyto-benthique estimé à 6,1 heures est un peu supérieur à celui de la biomasse phytoplanctonique.

La production phyto-benthique de Tikehau est relativement faible, comparée à celle d'autres milieux marins tropicaux, mais les résultats obtenus demandent à être confirmés et étendus, temporellement et spatialement.

## BIBLIOGRAPHIE

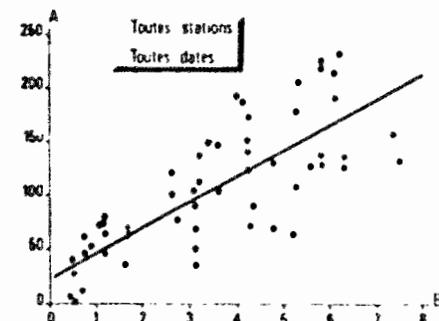
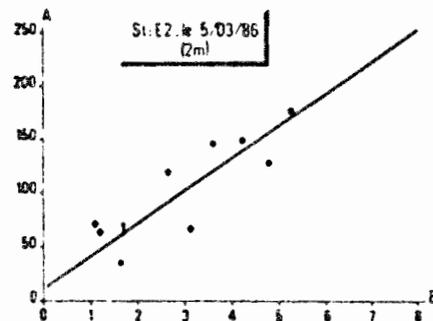
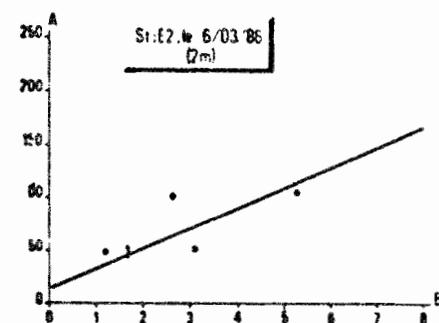
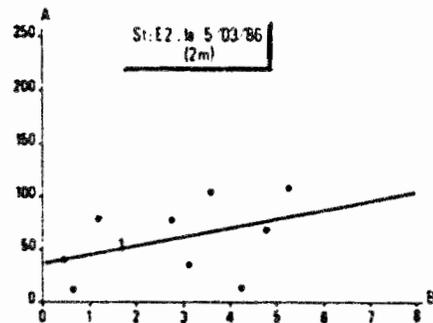
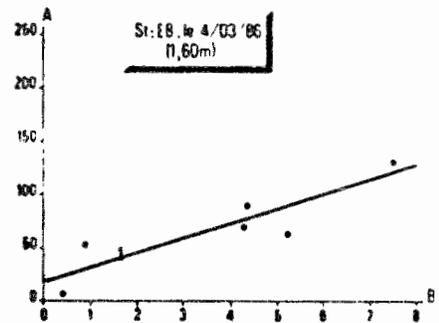
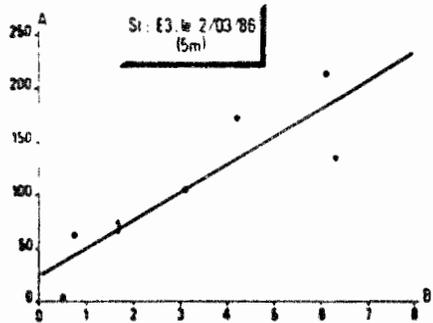
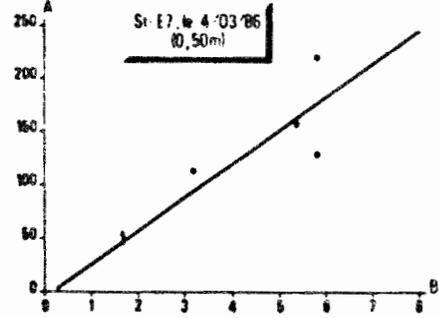
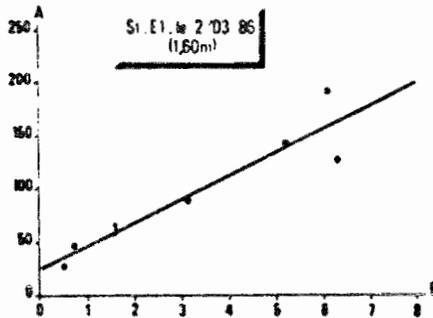
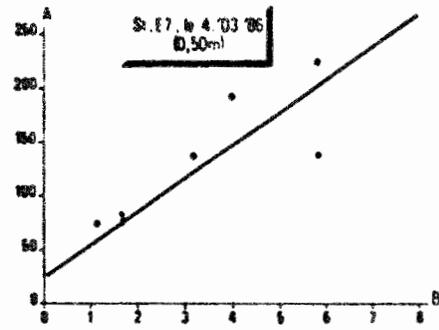
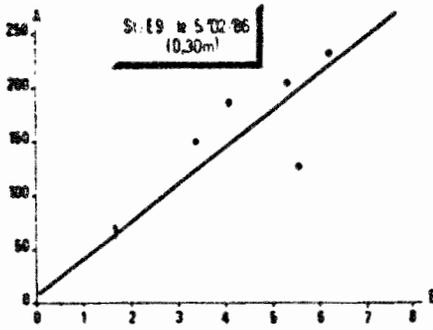
- CHARPY (L.), 1985.- Distribution and composition of particulate organic matter in the lagoon of Tikehau (Tuamotu Archipelago, French Polynesia). Proceeding of the fifth International Coral Reef Congress, Tahiti. Vol. 3 : 353-358.
- CHARPY (L.), BONNET (S.), LEBORGNE (R.), 1986.- Environnement, matière organique particulaire et production phytoplanctonique de l'atoll de Tikehau en avril 1985.  
ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Oceanogr., 28 : 81-113.
- CHARPY-ROUBAUD (C.J.), 1986.- "Le microphytobenthos du lagon de Tikehau (archipel des Tuamotu, Polynésie Française).  
I. Biomasse (premiers résultats) ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Oceanogr., 28 : 1-49
- COLIJN (F.), GIESKES (W.W.C.), ZEVENBOOM (W.), 1983.- The measurement of primary production : problems and recommendations. Hydrobiological Bull. 17 (1) : 29-51.
- HARGRAVE (B.T.), 1969.- Epibenthic algal production and community respiration in the sediments of Marion Lake. J. Fish. Res. Bd. Canada, 26 (8) : 2003-2026.
- Mc. CLOSKEY (L.R.), WETHEY (D.S.), PORTER (J.W.), 1978.- In Coral reefs : research methods, UNESCO, p. 379-396.
- PLANTE-CUNY (M.R.), 1978.- Pigments photosynthétiques et production primaire des fonds meubles néritiques d'une région tropicale (Nosy-Bé, Madagascar). Thèse Doc. Sc. Travaux et Doc. de l'ORSTOM, 96 : 353 pp.
- PLANTE-CUNY (M.R.), 1984.- Le microphytobenthos et son rôle à l'échelon primaire dans le milieu marin Oceanis, 10 (4) 417-427.

POMEROY (L.R.), 1959.- Algal Productivity in Salt Marshes of Georgia  
Limnol. Oceanogr., 4 (4) : 386-397.

RAVEN (J.A.), 1976.- The quantitative role of "dark" respiratory processes  
in heterotrophic and photolithotropic plant growth. Ann. Bot.  
40 : 587-602.

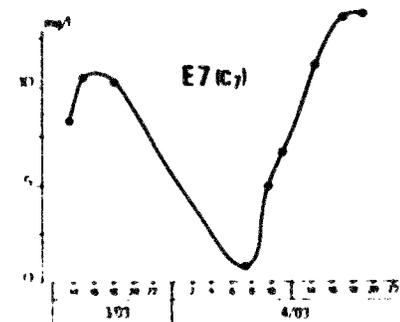
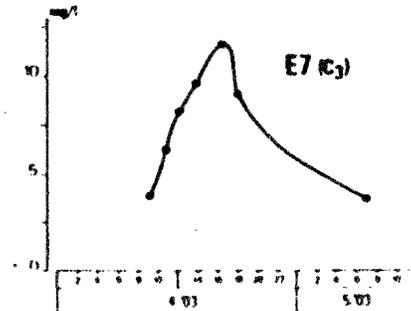
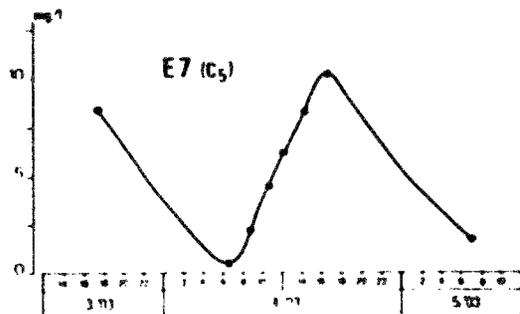
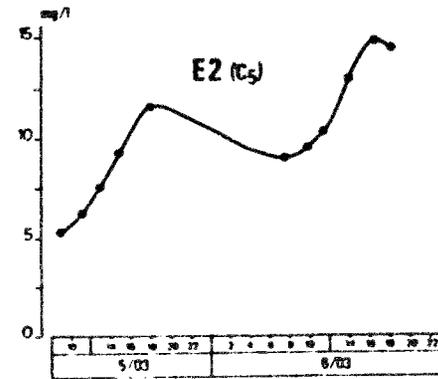
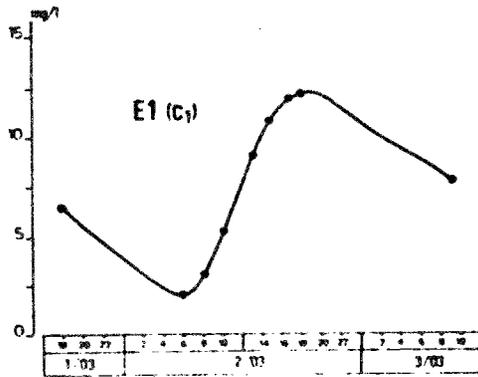
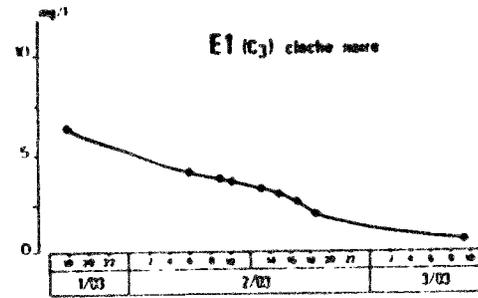
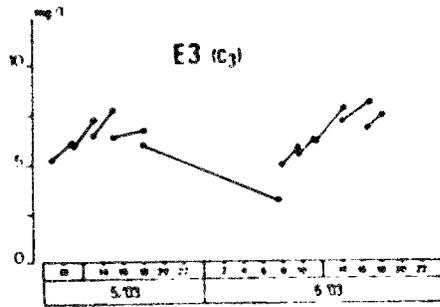
SOURNIA (A.), 1976.- Primary production of sands in the lagoon of an atoll  
and the rôle of foraminiferan symbionts. Mar. Biol., 37 (1) :  
29-32.

Annexe 1



A =  $mg O_2 \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$   
B =  $E \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$

Droites de régression : production nette horaire d'oxygène/Energie lumineuse par heure.



Evolution des teneurs en oxygène (mg/l) dans différents incubateurs. Expériences de cinétiques de production. (En E<sub>3</sub> l'incubateur est déplacé toutes les 2 heures.