

**PROGRAMME GENERAL  
DE RECHERCHE SUR LA  
NACRE**

**RESUME**

**DES ACTIONS DE  
RECHERCHE**

**Synthèse des recherches sur  
l'environnement du lagon de Takapoto.**

par :

**L. CHARPY<sup>(2)</sup>, D. BUESTEL<sup>(1)</sup>, S. POUVREAU<sup>(1)</sup>, P. CABRAL<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Centre IFREMER de Vairao, <sup>(2)</sup> Centre ORSTOM de Papeete, <sup>(3)</sup> Centre EVAAM de Papeete.

**15 décembre 1994.**

## RESUME

Un échantillonnage mensuel de paramètres caractérisant la Matière Organique Particulaire et de certains facteurs physico-chimiques du milieu a été effectué de 1990 à 1992 dans le lagon de Takapoto. Ce suivi a permis de confirmer et d'affiner les connaissances

Paramètres mesurés (1990-1991)	Moyenne annuelle et intervalle de confiance
Température	28,98 +/- 0,09 °C
Salinité	39,21 +/- 0,04 ‰
Seston minéral	0,53 +/- 0,07 mg/l
Seston organique	0,35 +/- 0,025 mg/l
Protéines	0,032 +/- 0,0016 mg/l
Lipides	0,024 +/- 0,0012 mg/l
Glucides	0,021 +/- 0,0011 mg/l
Chlorophylle A	0,28 +/- 0,028 µg/l
Phaéopigments	0,13 +/- 0,014 µg/l
Glucides dissous (< à 1 µm)	2,08 +/- 0,21 mg/l
Acides aminés (< à 1 µm)	5,24 +/- 0,52 µM/l

concernant l'hydrologie de l'atoll. L'étude de la variabilité a montré, sur la période considérée, une remarquable stabilité spatiale du milieu pour la plupart des paramètres mesurés. L'échelle de variation temporelle se situe dans de courts intervalles de temps, de l'ordre de quelques jours. La météorologie locale (notamment la force du vent) serait un facteur explicatif de la variabilité à court

terme.

Sur un plan qualitatif, une forte proportion de la MOP est d'origine détritique (70 % pour la classe de taille inférieure à 1 µm). Les bactéries et cyanobactéries sont en plus grande quantité que les algues. D'une façon générale, la MOP est de très petite taille : 75 % des particules font moins de 3 µm et 50 % moins de 1 µm, (particules pratiquement inaccessible aux huîtres perlières).

Sur un plan quantitatif, la concentration en carbone particulaire ainsi que la charge sestonique sont les plus faibles parmi celles mesurées aux Tuamotu. Par contre la production y est plus élevée.

Compte tenu des critères habituels utilisés pour les mollusques bivalves, la capacité nutritive (seston, carbone organique) du milieu paraît peu importante, d'autant plus qu'une forte partie de la biomasse est d'origine bactérienne, pratiquement inaccessible aux huîtres. En revanche, l'effet saisonnier est réduit et la nourriture particulaire est toujours disponible. Le bactérioplancton présente par contre un rôle clé dans la reminéralisation de la matière organique, ce qui permet d'entretenir la production phytoplanctonique. Il convient maintenant de savoir si la production primaire phytoplanctonique peut suffire aux besoins nutritionnels croissants des élevages de nacres, ainsi qu'aux besoins des stocks naturels de nacres et de compétiteurs. Les caractéristiques physiologiques des compétiteurs benthiques étudiées laissent penser que les « pipi » *Pinctada maculata* constituent les principaux compétiteurs de la nacre.

Paramètres mesurés (1991-1992)	Moyenne ou étendue de variation annuelle
Phosphates	0,1 µM/l
Nitrates	0,2 µM/l
Silice	0,17 µM/l
Carbone organique particulaire	50 - 270 mg C m <sup>-3</sup>
Azote	10 - 50 mg N m <sup>-3</sup>
Phosphore	0,7 - 1,7 mg P m <sup>-3</sup>
ATP	0,05 - 0,2 mg ATP m <sup>-3</sup>
Chlorophylle A	0,13 - 0,40 µg/l
Abondance en prochlorophyte	10 000 - 50 000 cell/ml
Abondance des bactéries	1 260 000 cell/ml
Abondance de cyanobactéries	88 000 cell/ml
Abondance d'algues	4 000 cell/ml
Biomasse du mésozooplancton	15,8 mg/ m <sup>-3</sup>
Biomasse du microzooplancton	19 mg/ m <sup>-3</sup>
Production phytoplanctonique	0,9 g C m <sup>-2</sup> j <sup>-1</sup>
Production phytobenthique	0,3 g C m <sup>-2</sup> j <sup>-1</sup>

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction</b>	<b>5</b>
<b>2. Etudes d'environnement dans le PGRN</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Paramètres physico-chimiques du lagon</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Matière organique particulaire</b>	<b>6</b>
2.2.1. Aspect quantitatif	6
2.2.2. Aspect qualitatif	6
2.2.3. Production de MOP par l'écosystème	7
<b>2.3. Compétiteurs</b>	<b>7</b>
2.3.1. Zooplancton	7
2.3.2. Compétiteurs benthiques	7
<b>2.4. Pertes de MOP par sédimentation</b>	<b>7</b>
<b>3. Méthodologie simplifiée</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Stratégies d'échantillonnage</b>	<b>8</b>
3.1.1. De juillet 1990 à septembre 1991 (Fiche 7)	8
3.1.2. De juin 1991 à décembre 1992 (Autres fiches)	10
<b>3.2. Techniques de mesure</b>	<b>10</b>
3.2.1. Température et salinité	10
3.2.2. Energie lumineuse	10
3.2.3. Sels nutritifs	10
3.2.4. Seston	10
3.2.5. Protides, lipides et glucides	11
3.2.6. Acides aminés « dissous »	11
3.2.7. COP, NOP et POP (Carbone, azote et phosphore organiques particuliers)	11
3.2.8. Pigments chlorophylliens du phytoplancton	11
3.2.9. ATP	11
3.2.10. Abondance du phytoplancton et des bactéries	11
3.2.11. Biomasse du zooplancton	13
3.2.12. Micromorphologie et composition géochimique	13
3.2.13. Mesure de la production phytoplanctonique	13
3.2.14. Production bactérienne mesurée par la synthèse d'ADN bactérien	14
3.2.15. Mesure de la biomasse et de la production microphytobenthique	14
3.2.16. Sédimentation	16
3.2.17. Production et consommation d'ammonium	16
3.2.18. Mesure de la production, de l'assimilation et de l'ingestion du zooplancton	16
3.2.19. Métabolisme des principaux suspensivores compétiteurs de la nacre	17
<b>4. Résumés des résultats</b>	<b>18</b>
<b>4.1. Environnement lagonaire</b>	<b>18</b>
4.1.1. Température et salinité	18
4.1.2. L'énergie incidente	19
4.1.3. Les sels nutritifs	20
<b>4.2. Le stock de MOP</b>	<b>21</b>
4.2.1. Période 1990-1991	21
4.2.2. Période 1991 -1994	29
<b>4.3. Composition taxinomique de la MOP du lagon</b>	<b>30</b>
<b>4.4. Composition géochimique de la MOP</b>	<b>31</b>
4.4.1. Particules en suspension	31
4.4.2. Fèces et le sédiment superficiel sous nacre	32
<b>4.5. Phytoplancton</b>	<b>32</b>
4.5.1. Biomasse phytoplanctonique	32
4.5.2. Prochlorophytes	34

4.5.3. Production phytoplantonique	35
<b>4.6. Bactéries</b>	<b>36</b>
4.6.1. Variations	36
4.6.2. Abondance et biomasse totale	36
4.6.3. Immobilisation de l'azote	37
4.6.4. Bactéries dans la classe de taille >3µm : relations avec les nacres	37
4.6.5. Production de biomasse bactérienne et minéralisation	38
4.6.6. Conclusion : les bactéries dans l'environnement de la nacre	38
<b>4.7. Phytobenthos</b>	<b>38</b>
4.7.1. Communautés concernées	38
4.7.2. Biomasse du microphytobenthos	39
4.7.3. Résultats des bilans d'oxygène	39
<b>4.8. La sédimentation de la matière organique et la production d'ammonium</b>	<b>41</b>
<b>4.9. Compétiteurs de la nacre</b>	<b>42</b>
4.9.1. Zooplancton	42
4.9.2. Autres compétiteurs	46
<b>5. Conclusion générale</b>	<b>49</b>
<b>5.1. Milieu lagonaire</b>	<b>49</b>
<b>5.2. Les compétiteurs</b>	<b>50</b>
<b>5.3. La capacité biotique des lagons</b>	<b>50</b>

## 1. Introduction

Ce rapport présente la synthèse des études du PGRN portant sur l'environnement lagunaire de l'huître perlière. Afin de décrire au mieux cet écosystème, les points suivants furent abordés:

- Paramètres physico-chimiques du lagon;
- Qualité nutritive des eaux du lagon: la Matière Organique Particulaire;
- Caractéristiques des compétiteurs de l'huître perlière;
- Pertes de MOP par sédimentation.

Les organismes filtreurs dont font partie les huitres perlières se nourrissent de particules organiques en suspension dans les eaux. La croissance de ces animaux dépend donc de la qualité nutritive et de l'abondance de cette matière organique particulaire : la MOP. Cependant, la mesure de l'abondance des particules n'est pas suffisante et il faut en mesurer la production, c'est à dire l'augmentation du stock par unité de temps et de surface ou volume, afin de savoir si celle-ci est suffisante pour assurer la nutrition des organismes filtreurs.

L'évaluation du stock, de la qualité et de la production des particules organiques en suspension dans les eaux lagunaires permet d'estimer la fertilité ou capacité trophique de ces lagons et leur potentiel aquacole.

Parallèlement une étude complémentaire est actuellement menée sur les organismes en élevage afin de connaître leur écophysiologie (besoins nutritionnels, taille des particules filtrées, rythme d'activité...).

Cette synthèse est basée sur les rapports des fiches de recherche du PGRN.

Les noms des différentes personnes ayant participé aux recherches sur l'environnement dans le cadre du PGRN sont consignés dans le Tableau 1.

**Tableau 1: Noms des scientifiques ayant participé à la rédaction des rapports définitifs des fiches programmes concernant l'environnement lagunaire de Takpoto.**

Nom	Organisme	Fiches programmes
Arnoux André	LHMA	F15
Blanchot Jean	ORSTOM Nouméa	F10
Buestel Dominique	IFREMER	F7
Chabirand Jean Michel	IFREMER	F7
Charpy Loïc	ORSTOM Tahiti	F10, 11, 12, 14
Charpy-Roubaud Claude	ORSTOM Tahiti	F12
Cremoux Jean-Louis	ORSTOM Tahiti	F17
Dufour Philippe	ORSTOM Tahiti	F13
Duval Hélène	Univ. La Rochelle	F16
Hily Christian	ORSTOM Tahiti	F17
Jonquière Gérard	IFREMER	F7
Langy Sandra	ORSTOM Tahiti	F14
Le Borgne Robert	ORSTOM Nouméa	F14
Lo Laurence	EVAAM	F10, 12, 14
Madec Laurent	ORSTOM Tahiti	F12
Maihot Nicolas	ORSTOM Tahiti	F12, 17
Orrempüller Joel	ORSTOM Tahiti	F17
Pellan Antoine	EVAAM	F10, 11, 12, 13, 14, 17
Pouvreau Stéphane	IFREMER	F7
Richard Georges	Univ. La Rochelle	F16
Rochette Jean-Pierre	EVAAM	F10, 14, 15
Saliot Alain	Univ. Paris 6	F11
Teissier Hinano	IFREMER	F7
Thomassin Bernard	COM	F15
Tiapari Jérôme	IFREMER	F7
Torretton Jean-Pascal	ORSTOM Tahiti	F13
Trichet Jean	Univ. Orléans	F11
Vacelet Eveline	COM	F15

## **2. Etudes d'environnement dans le PGRN**

### **2.1. Paramètres physico-chimiques du lagon**

La température, la salinité, l'énergie incidente, et les sels nutritifs fournissent une bonne estimation des caractéristiques physico-chimiques de l'environnement lagonaire.

### **2.2. Matière organique particulaire**

#### **2.2.1. Aspect quantitatif**

Le stock de MOP présent dans les eaux lagonaires varie en fonction du lieu et du temps. Certaines zones du lagon peuvent être plus ou moins riches en fonction de leur proximité aux chenaux de communication, à des pinacles, ou en fonction de la profondeur. De même, la production de MOP n'est pas constante et dépend de l'ensoleillement et de l'agitation du lagon. Sa consommation par les filtreurs dépend des cycles métaboliques de ces derniers.

Il est donc fondamental pour évaluer le stock de MOP de suivre son abondance dans différentes zones du lagon, à différentes profondeurs et sur une période de temps couvrant au moins un cycle annuel. Les grandes sources de variations pourront être ainsi déterminées.

#### **2.2.2. Aspect qualitatif**

##### ***2.2.2.1. Taille***

Les filtreurs s'alimentent à partir de particules dont la taille est compatible avec leur système de filtration. Il faut donc mesurer l'abondance des particules par classes de taille. Nous avons choisi pour cette étude les classes de tailles suivantes : >200  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$  - 35  $\mu\text{m}$  ; 35  $\mu\text{m}$  - 3  $\mu\text{m}$  ; 3  $\mu\text{m}$  - 1  $\mu\text{m}$  ; 1  $\mu\text{m}$  - 0.2  $\mu\text{m}$ .

##### ***2.2.2.2. Composition taxinomique***

Cette matière organique particulaire est constitué d'un mélange d'organismes vivants et de détritus divers.

- \* Zooplancton de différentes tailles;
- \* Phytoplancton (algues et cyanobactéries);
- \* Bactéries hétérotrophes;
- \* Détritus d'origine animale ou végétale.

Les proportions de vivant par rapport au mort, de végétal par rapport à l'animal sont des critères de qualité pour la valeur nutritive de cette MOP.

##### ***2.2.2.2.1. Phytoplancton***

Le phytoplancton est constitué d'organismes photo autotrophes, c'est à dire qui utilisent la matière minérale et l'énergie de la lumière pour fabriquer de la matière organique. Ces organismes sont en suspension dans les eaux. Dans les lagons on distingue essentiellement les algues unicellulaires (diatomées, dinoflagellés, etc.) et les cyanobactéries qui sont des organismes à structure voisine des bactéries et métabolisme voisin des algues.

##### ***2.2.2.2.2. Bactéries***

Les bactéries hétérotrophes assurent la reminéralisation de la matière organique. Elles remettent ainsi à disposition des producteurs primaires l'azote et le phosphore nécessaire à leur métabolisme.

#### 2.2.2.2.3. Phytobenthos

Le phytobenthos est constitué d'organismes autotrophes unicellulaires (algues, Cyanobactéries) et pluricellulaires (algues et phanérogames). Il colonise les substrats meubles ou durs, vivants ou inertes. Certaines espèces peuvent se regrouper en communautés très denses formant de véritables voiles; il s'agit alors essentiellement de cyanobactéries, organismes capables de fixer l'azote moléculaire.

#### 2.2.2.3. Composition géochimique et micromorphologique

Les organismes marins doivent trouver dans leur nourriture un certain nombre de composés dits essentiels et qu'ils ne peuvent souvent pas synthétiser. Parmi ces composés, on doit citer en priorité les acides gras polyinsaturés, dont le rôle métabolique a été particulièrement étudié chez l'huître, et les stérols qui sont des molécules à haut intérêt biologique, précurseurs d'hormones régulant la respiration et la croissance.

### 2.2.3. Production de MOP par l'écosystème

Il est fondamental de connaître et mesurer les différentes productions primaires qui sont à l'origine de la MOP des lagons. La production la plus directe est due au phytoplancton qui vit en suspension dans les eaux lagonaires. Le phytobenthos (producteurs primaires vivant sur les pinacles ou le sable des lagons) peut aussi avoir une importance car il est arraché aux pinacles par les vagues, remis en suspension dans les fonds de faible profondeur. Il sert aussi de nourriture à des organismes qui relâchent dans les eaux des fèces riches en organique.

## 2.3. Compétiteurs

### 2.3.1. Zooplancton

Le zooplancton constitue un élément de fonctionnement de l'écosystème dont l'importance doit être déterminée. Il intervient, en effet, en tant que consommateur de la MOP, au même titre que les nacres, et inversement, il permet la réalisation d'une partie de la production primaire, par son excrétion. On distingue le microzooplancton dont la taille est comprise entre 35 µm et 200 µm et le mésozooplancton de taille supérieure à 200 µm.

### 2.3.2. Compétiteurs benthiques

Les bivalves filtreurs tels que *Chama*, *Arca*, *Tridacna*, et *Pinctada maculata* sont des compétiteurs potentiels de la nacre dans les lagons d'atolls et plus particulièrement celui de Takapoto où leurs stocks sont très importants. La gestion des nacres en élevage suppose une bonne connaissance non seulement des biomasses de ces autres bivalves mais aussi de leurs principales caractéristiques écophysiological afin de déterminer l'intensité de la compétition trophique.

## 2.4. Pertes de MOP par sédimentation

Une partie de la MOP produite dans la colonne d'eau sédimente sur le fond du lagon. Des études de l'ORSTOM ont montré que dans le lagon de l'atoll de Tikehau, cette sédimentation représentait 70 % de la production primaire planctonique. Ce flux est donc très important et il représente une "perte" de MOP pour les nacres en culture. La MOP qui atteint le fond du lagon peut être 1) reminéralisée par les bactéries benthiques 2) ingérée par le zoobenthos 3) enfouie au sein des sédiments où elle continuera à être transformée par les bactéries anaérobies ou ingérée par l'endofaune.

Toutes ces points ont constitué les actions de recherche des huit fiches PGRN concernant l'environnement de la nacre :

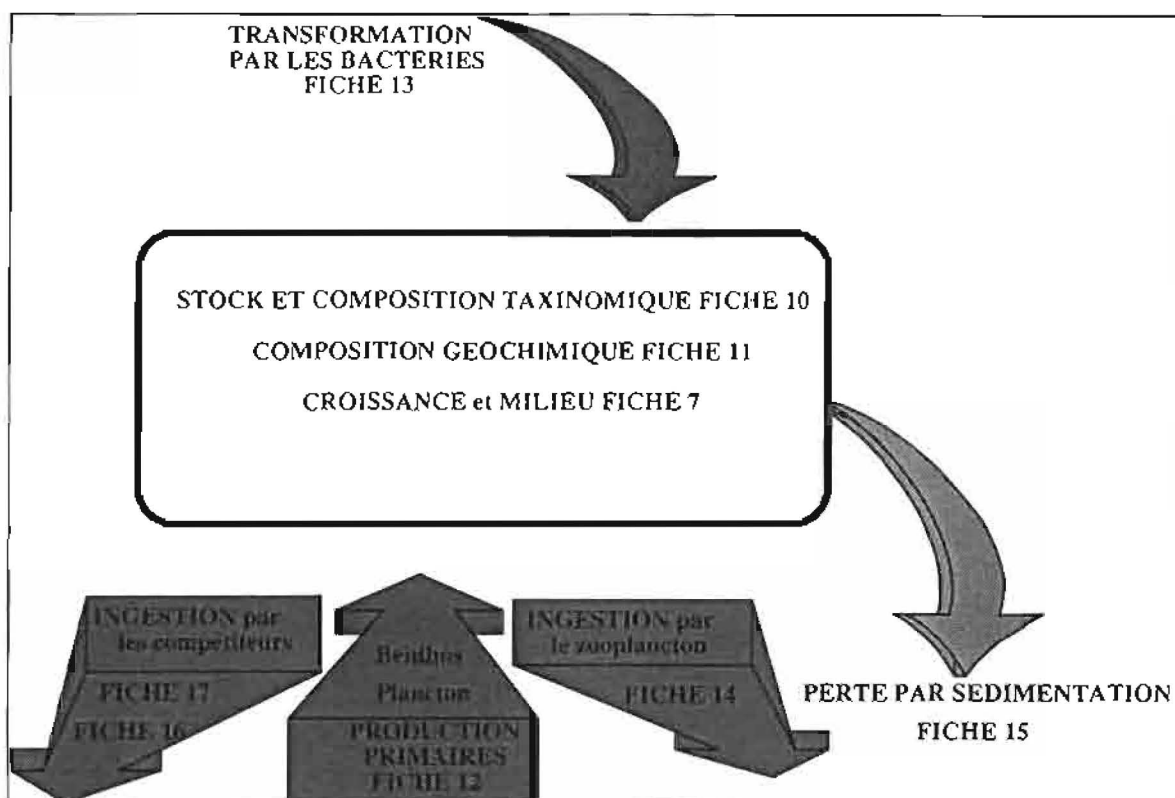


Figure 1: Les différentes fiches de recherche du PGRN portant sur l'environnement de la nacre

### 3. Méthodologie simplifiée

#### 3.1. Stratégies d'échantillonnage

L'échantillonnage s'est effectué selon deux phases :

##### 3.1.1. De juillet 1990 à septembre 1991 (Fiche 7)

Au cours de cette période, et afin de cerner les grandes sources de variabilité spatio-temporelles, trois plans d'échantillonnage ont été menés:

**Echantillonnage « temporel » :** C'est un *échantillonnage renouvelé mensuellement du second degré*. Douze mois (de septembre 1990 à septembre 1991) ont été choisis de manière à fournir des estimations annuelles, et une approche de la variabilité inter-mois. Au sein de chaque mois, trois jours consécutifs (*unité primaire*) sont étudiés puis pour chaque jour un échantillon est prélevé toutes les 3 heures (*unités secondaire*) de 6h à 18h. Pour des raisons pratiques, les jours étudiés se suivent ; c'est une contrainte qui peut minimiser la variabilité inter-jours existante. Les variables mesurées sont :

- La température et la salinité, la teneur en protéines, lipides, glucides particuliers, en acides aminés et glucides dissous.
- La chlorophylle a, les phéopigments, le seston organique et minéral.



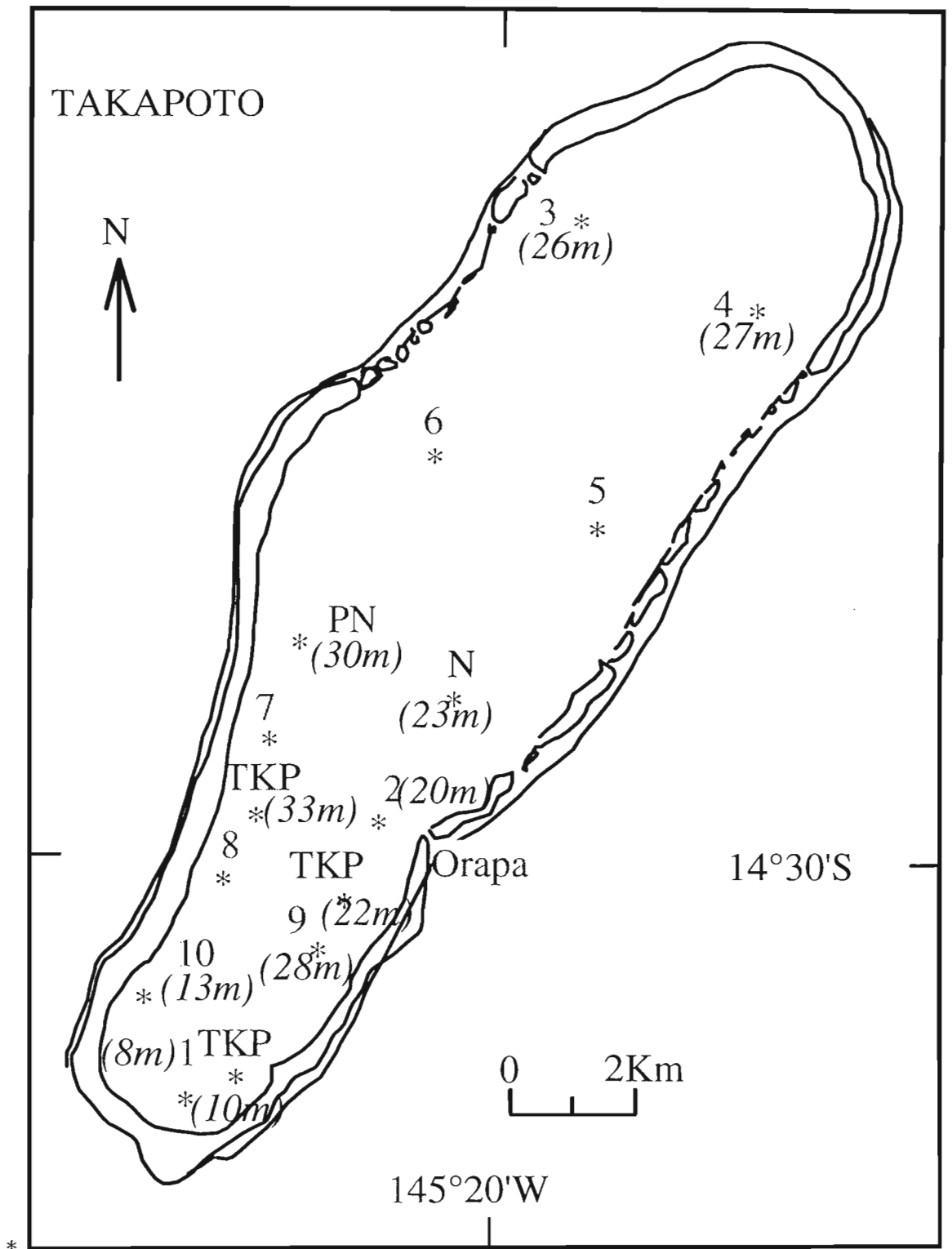


Figure 2: Positions des stations

**Echantillonnage « spatial » :** Le plan d'échantillonnage utilisé est assimilé à *un échantillonnage renouvelé mensuellement du second degré*. Dix sites (*unités primaires*) ont été choisis de façon systématique (Figure 2) de manière à analyser au mieux la variabilité horizontale du lagon, puis pour chaque site, deux niveaux de profondeur (*unités secondaires*) sont sélectionnés pour rendre compte de la variabilité dans la colonne d'eau :

⇒ Niveau 1: à 10 mètres de la surface (8 m pour le site 1)

⇒ Niveau 2 : à 3 mètres au dessus du fond.

Ce plan a été réalisé du mois de Juillet 1990 au mois de Septembre 1991. Tous les paramètres cités plus haut sont pris en compte.

**Echantillonnage « 24 heures » :** C'est un échantillonnage systématique du premier degré. Un site est choisi et prospecté toutes les 3 heures à 10 m de profondeur, pendant un jour entier. Ce plan permet une meilleure approche de la variabilité nycthémérale.

### **3.1.2. De juin 1991 à décembre 1992 (Autres fiches)**

Au cours de cette seconde phase, seuls les plans d'échantillonnage temporel et 24 heures ont été conservés. Ce qui a permis de concentrer l'effort sur un plus grand nombre de variables.:

- \* Température, salinité et énergie incidente;
- \* Sels nutritifs;
- \* COP, NOP, POP;
- \* Chlorophylle a, ATP;
- \* Zooplancton;
- \* Production bactérienne et phytoplanctonique.

## **3.2. Techniques de mesure**

### **3.2.1. Température et salinité**

Ces paramètres sont mesurés à l'aide d'une sonde hydrolab.

### **3.2.2. Energie lumineuse**

L'énergie lumineuse incidente était mesurée à l'aide d'un solarimètre LICOR avec un temps d'intégration de 15mn. La cellule était placée sur le toit de l'antenne EVAAM de Takapoto. La pénétration de l'énergie lumineuse a été mesurée, pour chacune des stations prospectées, avec un capteur sphérique LI-COR (LI-190SA) relié à un "DATA LOGGER " LI-COR LI-1000 ; des profils ont été faits de la surface jusqu'au fond.

### **3.2.3. Sels nutritifs**

Les teneurs des eaux en azote, phosphore et silice ont été mesurées en novembre 1993 et février 1994 dans le lagon, dans un hoa (Orapa) et dans les eaux océaniques superficielles. Les concentrations en nitrites ( $\text{NO}_2$ ), nitrates ( $\text{NO}_3$ ), phosphates ( $\text{PO}_4$ ) et silicates ( $\text{SiO}_2$ ) ont été analysées selon les méthodes standards de Strickland et Parsons (1972) ; les concentrations en ammonium ( $\text{NH}_4$ ) ont été déterminées par la méthode au bleu-indophénol, celles en azote et phosphore totaux ont été mesurées après irradiation des échantillons aux U.V. avec addition de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Strickland et Parsons, 1972).

### **3.2.4. Seston**

L'eau est filtré sur des filtres GF/C prépesés, séchés à l'étuve pour obtenir le seston total, puis calcinés à  $480^\circ\text{C}$  pendant 1 heure pour déterminer le seston organique.

### 3.2.5. Protides, lipides et glucides

Les méthodes suivantes ont été utilisées :

- \* Protides : Lowry (1951)
- \* Lipides : Marsh & Weinstein (1966)
- \* Glucides : Dubois (1956)
- \* Les glucides « dissous » (par convention, il s'agit de la fraction ayant passé à travers un filtre GF/C) par la méthode de Dubois (1956) en mg équivalent glucose par litre.

### 3.2.6. Acides aminés « dissous »

Dosé par la méthode de North (1975) en  $\mu\text{mol}$  d'équivalent glycine par litre.

### 3.2.7. COP, NOP et POP (Carbone, azote et phosphore organiques particulaires)

Les filtrations se font toutes sur filtres GF/F grillés préalablement pour éliminer la MOP. Les eaux sont préfiltrées sur  $3\ \mu\text{m}$  pour avoir les 2 classes de tailles :  $>3\ \mu\text{m}$  et  $3\ \mu\text{m}$  - GF/F par différence avec l'eau non préfiltrée. Les analyses de COP et NOP sont réalisées au Centre ORSTOM de Nouméa et celles du POP au Centre ORSTOM de Tahiti.

### 3.2.8. Pigments chlorophylliens du phytoplancton

Pour la deuxième phase d'échantillonnage, un litre d'eau est filtré sur filtre NUCLEPORE de  $3\ \mu\text{m}$  puis un aliquote du filtrat est passé sur  $1\ \mu\text{m}$  et enfin sur GF/F. Les filtres sont congelés et les teneurs en pigments analysées par fluorimétrie au laboratoire du Centre ORSTOM de Tahiti. Pour la première phase, la filtration est faite sur GF/C.

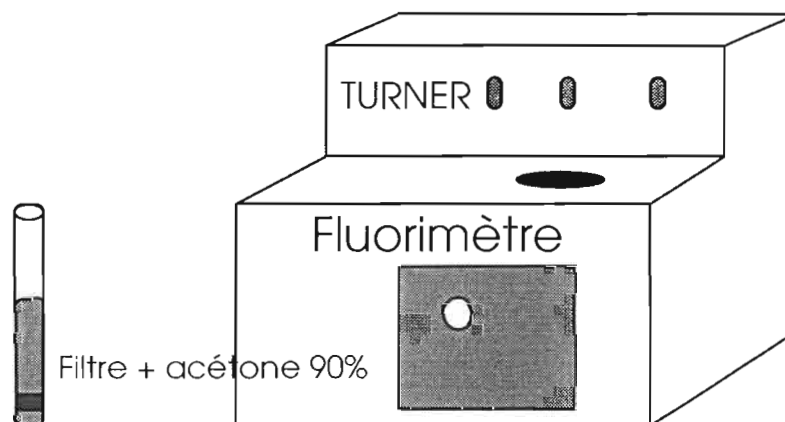


Figure 3: Mesure de la concentration en chlorophylle de la matière organique particulaire par fluorimétrie.

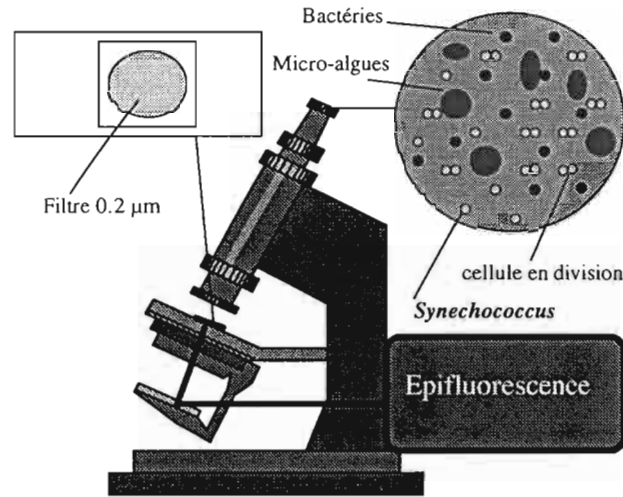
### 3.2.9. ATP

Mêmes filtrations que pour la chlorophylle. L'ATP est extraite immédiatement avec du TRIS bouillant. Les extraits sont congelés immédiatement et les teneurs en ATP mesurées au Centre ORSTOM de Tahiti à l'aide d'un luminomètre.

### 3.2.10. Abondance du phytoplancton et des bactéries

Entre 5 et 30 ml d'eau du lagon sont passés au travers d'une membrane Nuclepore noire de porosité  $0,2\ \mu\text{m}$ . Les bactéries retenues sont colorées au DAPI, traceur fluorescent des acides nucléiques; les filtres destinés au comptage du phytoplancton ne sont pas colorés. Les

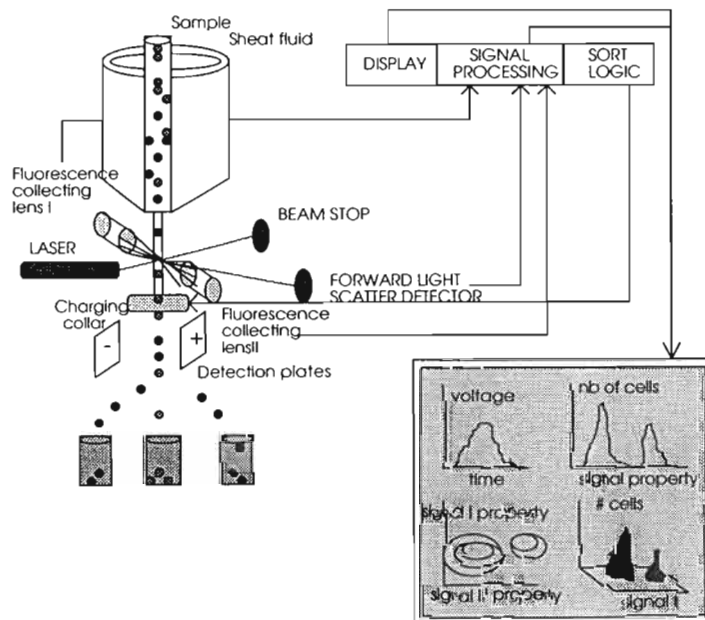
filtres sont inclus entre lame et lamelle dans de l'huile à immersion et conservés congelés jusqu'à leur examen au grossissement  $\times 1000$  au microscope à épifluorescence. Les bactéries libres, les bactéries fixées sur particules et les bactéries en division sont énumérées. Les cyanobactéries fluorescent en jaune orange et les micro-algues en rouge. Les cyanobactéries en division sont aussi dénombrées (Figure 4).



**Figure 4: Dénombrement des bactéries et du phytoplancton**

Les volumes cellulaires sont estimés sur des photographies des préparations. Après projection (grossissement final 10000) et sur lignage des contours, les dimensions sont déterminées, sur au moins 200 bactéries par préparation, au moyen d'une table à digitaliser. Les biovolumes sont calculés en assimilant les bactéries à des cylindres fermés par une hémisphère à chaque extrémité.

En Novembre 1994, un cytomètre de flux a été utilisé pour rechercher la présence éventuelle de prochlorophytes (petites cyanobactéries invisible en microscopie, découvertes en 1988) et estimer leur contribution à la biomasse du phytoplancton. Le cytomètre de flux est un compteur de particules utilisant un rayon laser. Il permet de compter les particules du phytoplancton et de mesurer leur fluorescence (Figure 5).



**Figure 5: Schéma d'un cytomètre de flux**

### 3.2.11. Biomasse du zooplancton

Le microzooplancton (35 à 200  $\mu\text{m}$ ) a été échantillonné au moyen d'un filet de vide de maille de 35  $\mu\text{m}$  et de surface de filtration égale à 0,088  $\text{m}^2$  (Blanchot et al., 1989) et le mésozooplancton (200 à 2000  $\mu\text{m}$ ) avec un filet WP-2 (SCOR-UNESCO 1968) de vide de maille de 200  $\mu\text{m}$  et de surface de filtration égale à 0,25  $\text{m}^2$  (Figure 6).

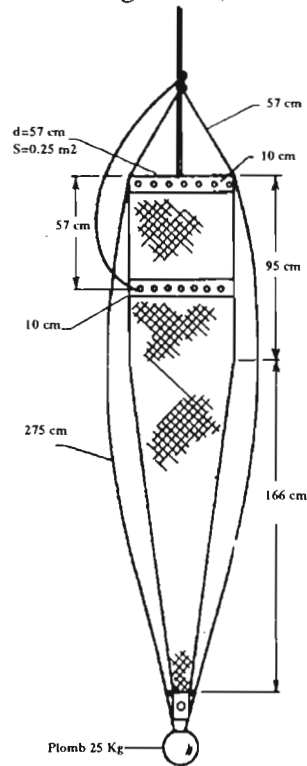


Figure 6: Schéma du filet W-P2

### 3.2.12. Micromorphologie et composition géochimique

Ne disposant pas encore du rapport définitif de la fiche 11, nous ne donnerons que la technique utilisée pour les études micromorphologiques.

Les matières en suspension ont été collectées par filtration sur filtres en microfibrilles de verre Whatman GF/F et conservés dans la glutaraldéhyde afin d'inhiber toute activité biologique. Les observations sont faites grâce à un cryomicroscope électronique à balayage (cryoMEB), qui est un microscope équipé d'un dispositif de déshydratation des échantillons opérant par congélation-lyophilisation. Ce traitement permet de respecter la structure des objets biologiques délicats.

### 3.2.13. Mesure de la production phytoplanctonique

Les échantillons étaient incubés *in situ* dans des flacons en polycarbonate de 160 ml, 310 ml et 1200 ml (2 à 13 flacons par niveau). Les quantités de  $^{14}\text{C}$  introduites étaient de 2 et 16  $\mu\text{Ci}$ . Les comptages de radioactivité ont été réalisés en scintillation liquide (Figure 7).

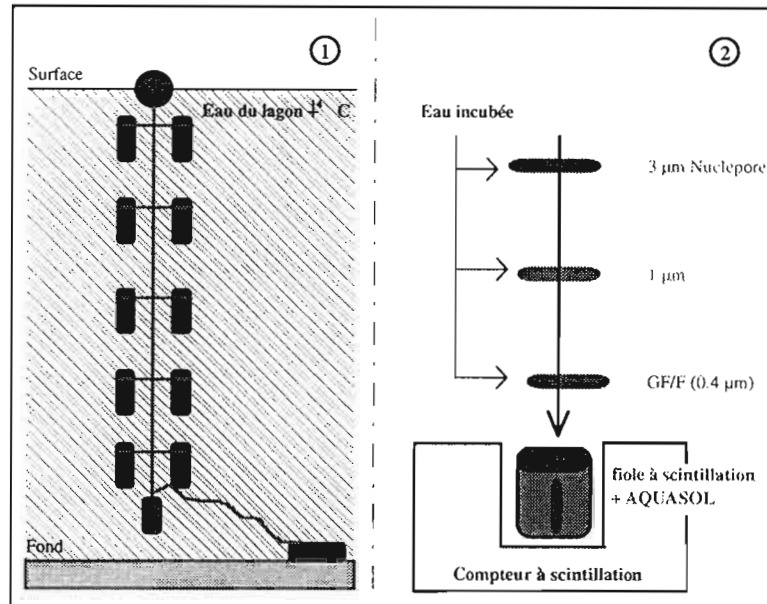


Figure 7: Mesure *in situ* du taux d'incorporation du carbone. 1) Incubation; 2) Filtration différentielle, dosage, comptage.

### 3.2.14. Production bactérienne mesurée par la synthèse d'ADN bactérien

La thymidine, un des quatre précurseurs de l'ADN, est incorporée dans l'ADN à une vitesse proportionnelle au taux de synthèse de celui-ci, lui-même proportionnel au taux de multiplication cellulaire.

La méthode de mesure consiste à incuber des échantillons d'eau avec la [*methyl*] <sup>3</sup>H-thymidine, extraire l'ADN marqué et déterminer la radioactivité incorporée dans celui-ci. La thymidine (TdR) incorporée est convertie en production bactérienne au moyen d'étalonnage expérimentaux.

Le facteur de conversion peut être déterminé empiriquement en comparant l'augmentation du nombre de bactéries et l'incorporation de la [*methyl*] <sup>3</sup>H-thymidine dans une culture "naturelle" de bactérioplancton du milieu.

### 3.2.15. Mesure de la biomasse et de la production microphytobenthique

Les observations au microscope sont très difficiles à faire et ne représentent que peu d'intérêt dans le cadre d'étude telles que celle développée dans cette fiche PGRN. Aussi n'ont-elles pas été poussées et l'étude de la biomasse a été faite à travers celle de la chlorophylle-a des organismes benthiques. Les prélèvements ont été obtenus par carottages manuels et les carottes découpées sur 8 cm de hauteur de sédiment suivant la méthode décrite par Charpy-Roubaud (1986). Les microdistributions sont très importantes. Pour obtenir une meilleure représentativité des pigments des stations, les prélèvements de mêmes tranches, obtenus sur 3 carottes différentes ont été mélangés. L'extraction des pigments a été réalisée avec de l'acétone à 90% en 1992 puis avec du méthanol à 90%, solvant préconisé pour les pigments des cyanobactéries.

Deux méthodes d'analyses ont été employées : spectrophotométrie (suivant Strickland et Parsons, 1972) et HPLC (Chromatographie Liquide Haute Pression, méthodes d'élutions mises au point au Centre ORSTOM de Tahiti), dont le dispositif est représenté Figure 8.

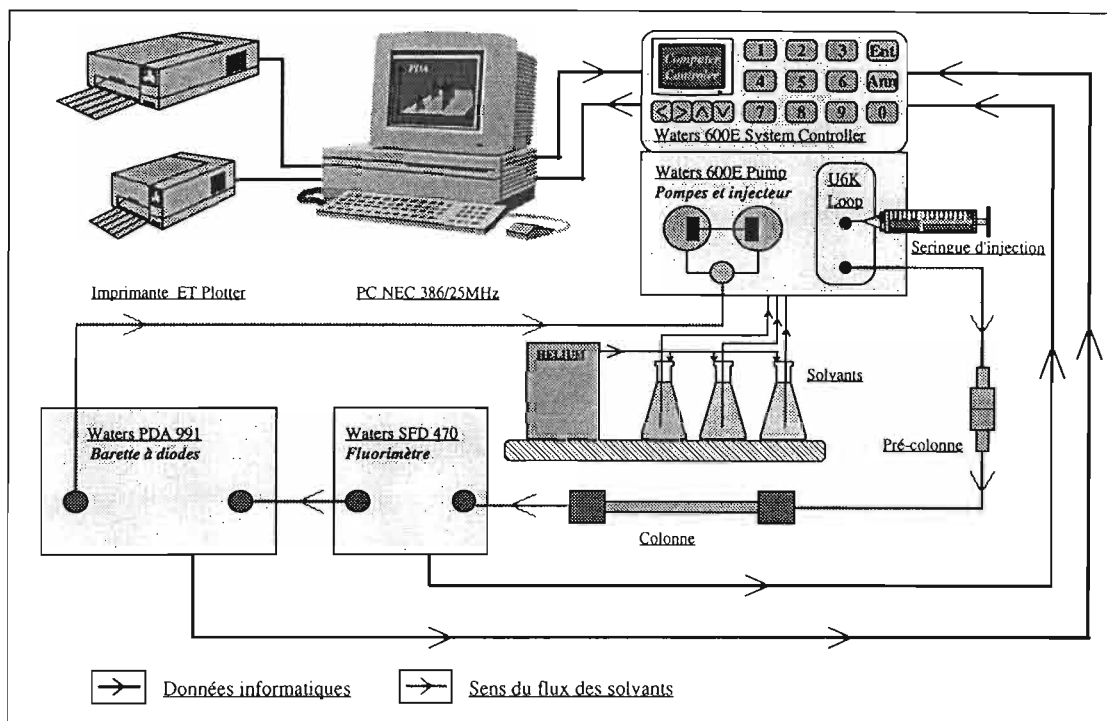


Figure 8: Chaîne HPLC Waters pour l'analyse des pigments.

La production primaire a été étudiée *in situ* par des bilans d'oxygène. Ces derniers étaient obtenus en mesurant l'oxygène, en début et en fin d'incubation, dans des enceintes transparentes, enfoncées de 5 cm dans le sédiment (Figure 9) ; cette façon de procéder permet une perturbation minimale des communautés à étudier et interdit tout mélange entre eau incubée et eau extérieure. L'agitation de l'eau incubée (30 l) est assurée durant toute la durée des expériences (Fig.5). La respiration a été estimée en suivant le même protocole mais dans des enceintes noires. A la station 2f, des mesures de production ont été faites à 0 m et à 90 m de distance des filières de nacres ; tous les 15m le long de cette radiale, des mesures d'oxygène ont été faite le matin et le soir, afin de mesurer les variations *in situ* et en eau libre de ce paramètre. L'oxygène est dosé par la méthode de Winkler sur 50 ml d'eau prélevés à la seringue.

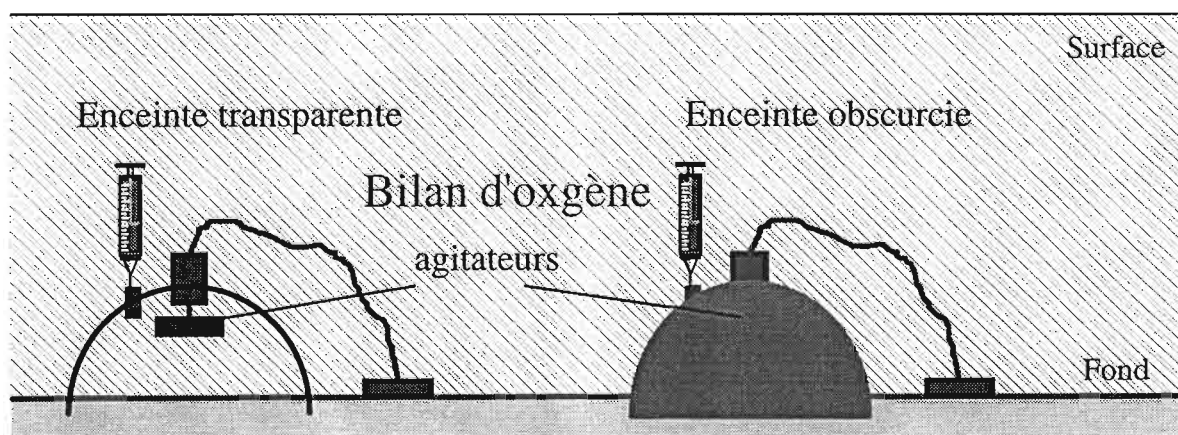


Figure 9: Dispositif expérimental pour mesurer la production primaire benthique par bilan d'oxygène.

### 3.2.16. Sédimentation

Des trappes à particules cylindriques, munies de culots décanteurs, non empoisonnés furent installées, ouvertes, sur des filières tendues par des bouées immergées, à des profondeurs standards au-dessus du fond ( Figure 10).

L'eau et le matériel recueilli dans ces trappes sont homogénéisés. Deux cents ml sont fixés au formol pur pour dénombrement ultérieur des densités bactériennes en épifluorescence. Le reste est filtré pour analyse du carbone, azote et phosphore particulaire, de la chlorophylle et du seston.

A chaque station, des photographies du fond ont été réalisées et des prélèvements de sédiments superficiels effectués pour une étude granulométrique. Des carottages ont été réalisés pour étudier la composition chimique organique du sédiment et l'abondance de la méiofaune.

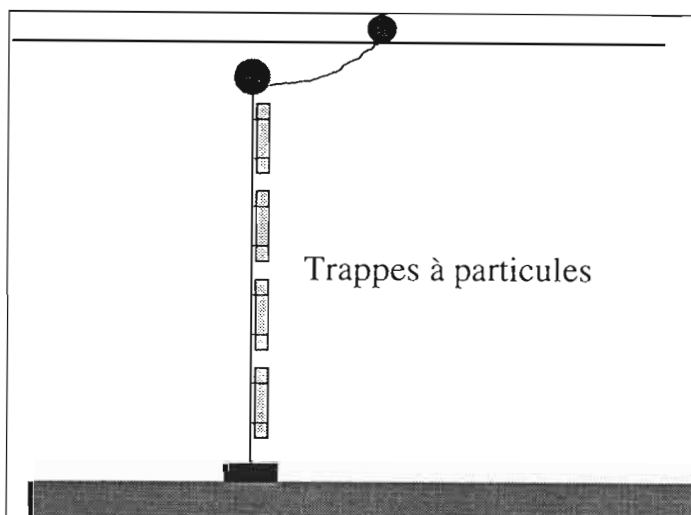


Figure 10: Trappes à particules

### 3.2.17. Production et consommation d'ammonium

La production d'ammonium dans la colonne d'eau est mesurée à partir d'incubation d'eau du lagon, à l'obscurité, à 28°C pendant 72 h. Les concentrations en sels nutritifs, la biomasse et l'activité bactérienne ont été déterminés aux temps 0h, 6h, 24h, 48h, 72h. Cette méthode donne une estimation de la vitesse de formation des sels minéraux, en particulier de l'ammonium.

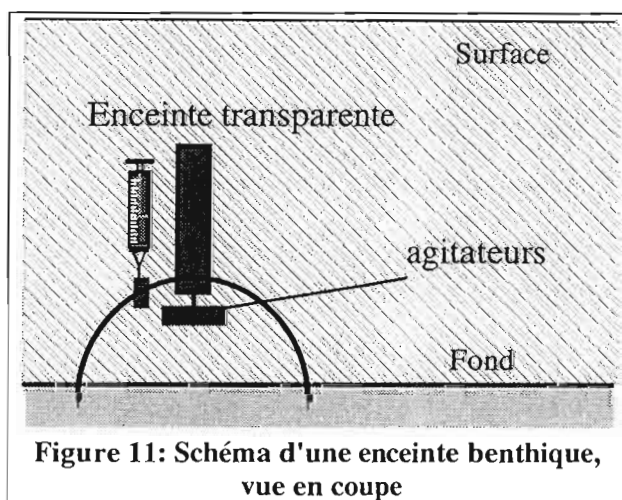


Figure 11: Schéma d'une enceinte benthique, vue en coupe

Les échanges « eau-sédiments » ont été étudiés grâce au suivi chimique et microbiologique du contenu de chambres benthiques (Figure 11) posées en triplicats aux 3 stations étudiées.

La qualité des sédiments est étudiée à partir de sédiment de surface et de carottes avec mesure du profil redox, de la chimie de l'eau interstitielle, de la bactériologie et de la matière organique.

### 3.2.18. Mesure de la production, de l'assimilation et de l'ingestion du zooplancton

Ces taux métaboliques sont mesurés par la méthode des rapports C/N/P. La production est estimée à partir de l'excrétion, du rendement net en croissance et du coefficient d'assimilation. L'ingestion est égale à (production + excrétion) / coefficient d'assimilation.

On mesure l'excrétion et la respiration en incubant pendant 10 heures du zooplancton : Les flacons témoins sont remplis d'eau de mer filtrée sur 35 µm. Les expérimentaux renferment des organismes planctoniques prélevés par trait vertical à 17 h30 avec des filets de



35 et 200  $\mu\text{m}$  puis aspirés au hasard. Ces flacons sont alors placés dans un casier immergé à 50 cm sous l'eau. Au bout de ce temps, l'eau est analysée et les organismes incubés sont recueillis sur des filtres GF/F de 47 mm prépesés et grillés. On peut estimer que l'incubation de zooplancton "total" dans ces conditions représente ce qui se passe dans le milieu naturel (Figure 12).

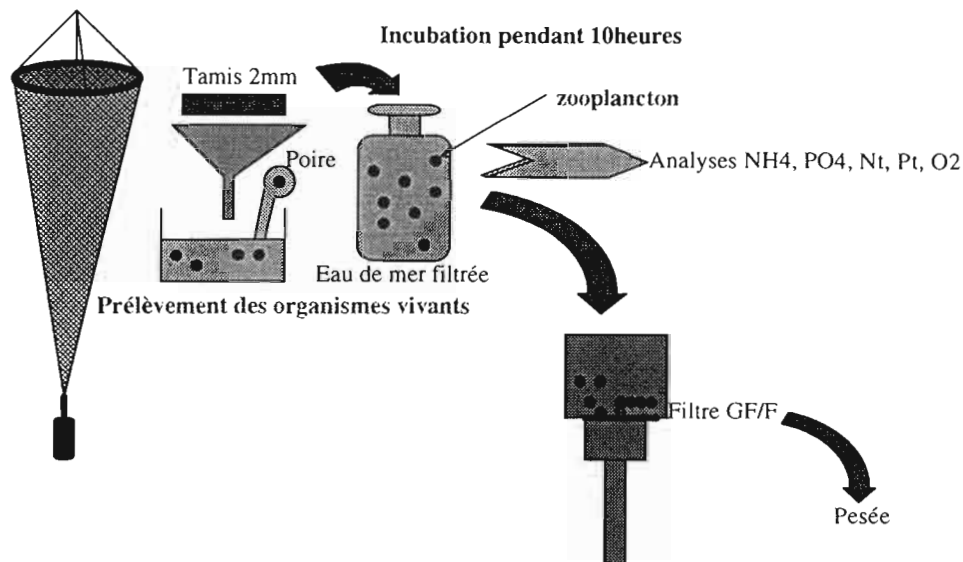


Figure 12: Protocole d'incubation du zooplancton

### 3.2.19. Métabolisme des principaux suspensivores compétiteurs de la nacre

#### 3.2.19.1. Mesure de filtration

L'expérience consiste à mesurer la quantité de particules retenues par le filtre branchial des animaux suspensivores. La mesure se fait dans une enceinte expérimentale en circuit ouvert. La perte de particules entre l'entrée et la sortie du circuit est attribuée à la rétention sur le filtre branchial. Un léger dépôt de particules sur le système expérimental est inévitable, aussi est-il nécessaire de calculer cette rétention non pas en comparant l'eau de sortie avec l'eau de mer environnante mais avec l'eau sortant d'un circuit identique (témoin) mais dépourvu d'animaux vivants. La nourriture retenue correspond à la perte de matériel entre la sortie de l'enceinte témoin et la sortie de l'enceinte contenant des animaux filtreurs.

#### 3.2.19.2. Mesure de respiration

Les coûts métaboliques liés au catabolisme sont en général estimés à partir de la consommation d'oxygène. On la mesure en suivant la diminution progressive de la concentration en oxygène de l'eau dans des enceintes confinées dans lesquelles sont placés des animaux.

#### 3.2.19.3. Production de fèces et pseudo-fèces

Le poids total de biodépot est mesuré après chaque expérience. Les résultats sont rapportés au nombre d'animaux présents, à leur poids, et au temps de l'expérience. Les biodépôts sont récoltés et analysés au LESE (Laboratoire d'Analyse et de Surveillance Radiologique) par un granulomètre laser, appareil permettant d'obtenir la taille des particules.

## 4. Résumés des résultats

### 4.1. Environnement lagonaire

#### 4.1.1. Température et salinité

Les eaux sont chaudes (28,5°C en moyenne annuelle) et sursalées (38,5 psu de moyenne annuelle) par rapport à l'océan (36 psu) (Figure 13).

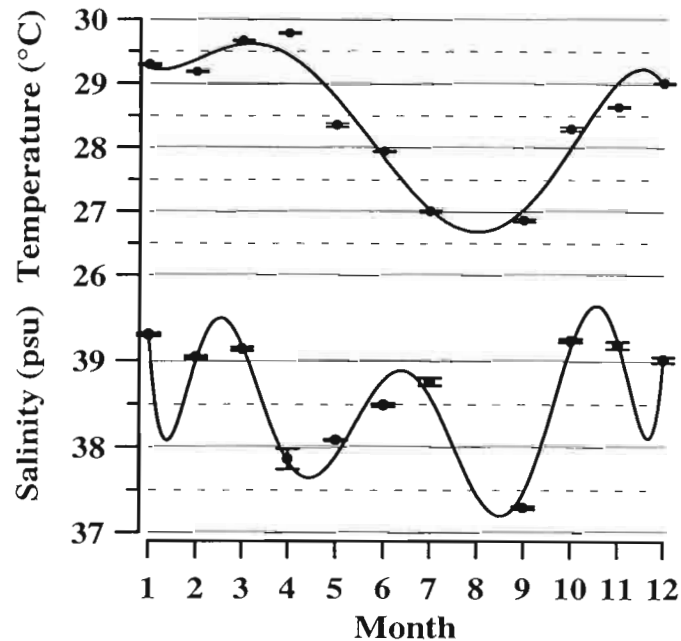


Figure 13: Température et salinité (moyennes mensuelles et erreur standard)

#### Variation temporelle

La température présente un cycle saisonnier, qui représente 90 % de la variabilité. Une variation nyctémérale a été observée au cours de plusieurs journées de l'été austral 1991 (Figure 14).

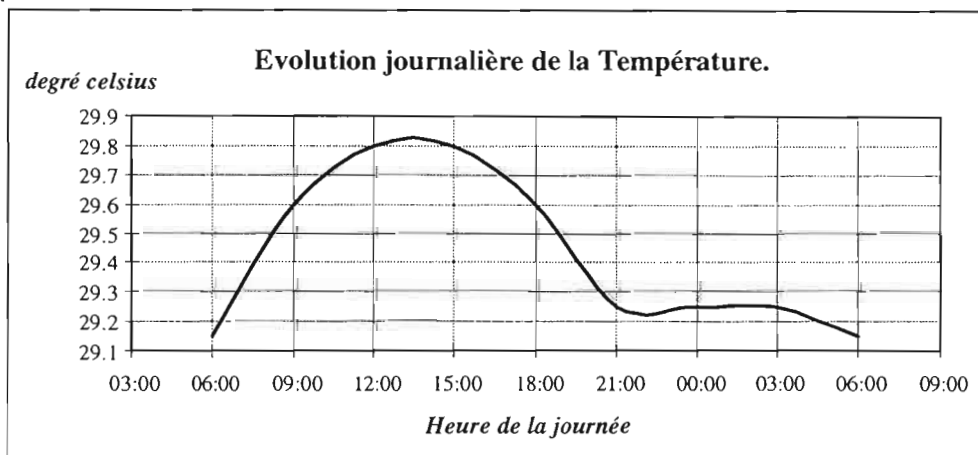


Figure 14: Variation de la température en fonction de l'heure de la journée

Les variations de la salinité n'ont pu être expliquées précisément.

### Variation spatiale

Il a été mis en évidence une très grande homogénéité spatiale pour la température et la salinité à l'échelle de l'année. Ce qui n'exclue pas l'existence de différence spatiale de courte durée.

#### 4.1.2. L'énergie incidente

L'énergie incidente est celle reçue en surface. Elle a été mesurée tous les jours, lors de chaque mission, c'est à dire juin 1991, septembre et novembre 1993, janvier et février 1994. Cependant, la Figure 15 montre un exemple, de l'évolution de l'énergie au mois de septembre, enregistrée avec un pas d'intégration de 15 mn.

Ces mesures, prises tout au long de la journée, permettent de calculer l'énergie totale journalière et celle reçue pendant la durée de l'incubation. On observe des valeurs d'énergie journalière dépassant  $50 \text{ E m}^{-2}$ . La production journalière peut ainsi être déduite de la production horaire calculée à partir des incubations réalisées.

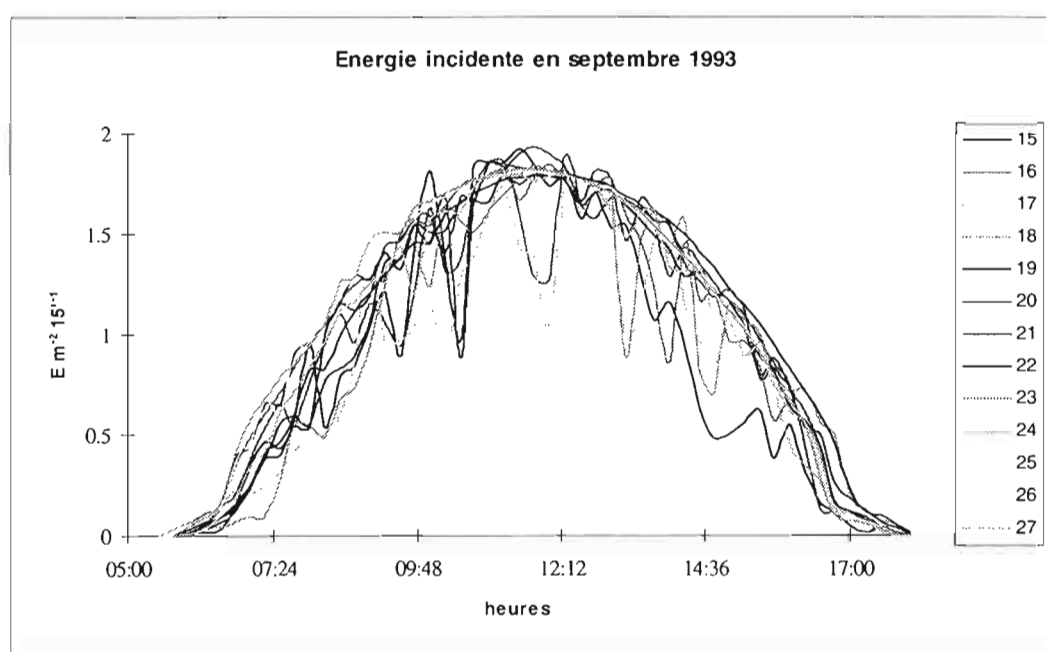


Figure 15: Evolution sur plusieurs jours de l'énergie intégrée sur 15'.

Des profils verticaux (jusqu'à 28 m) d'énergie lumineuse ont été réalisés à différentes heures de la journée, et en début et fin des mesures de production, en novembre 1993, janvier et février 1994. Les pourcentages de l'énergie arrivant en surface dans les différents profils apparaissent dans l'annexe 2. Le pourcentage moyen de l'énergie incidente en fonction de la profondeur apparaît dans la Figure 16.

7,4% de l'énergie incidente parviennent à la profondeur moyenne du lagon, soit 25 mètres

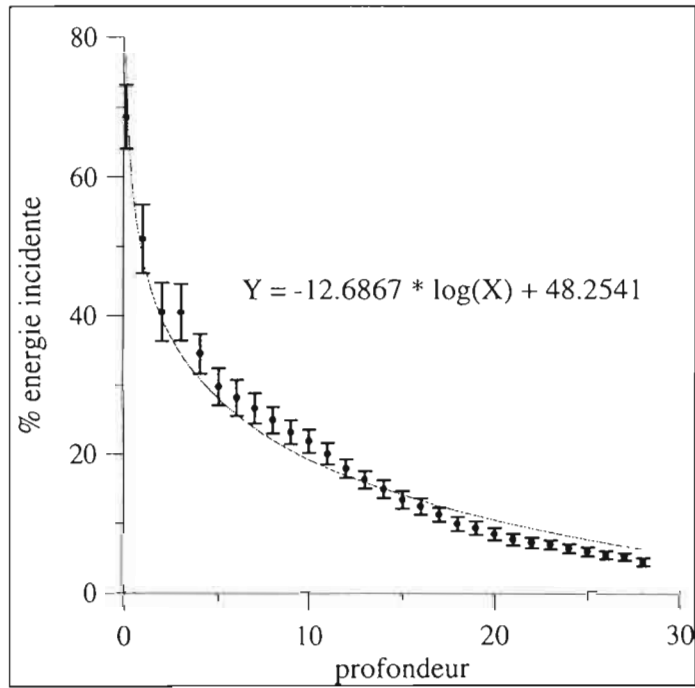


Figure 16: Pénétration de l'énergie incidente (moyenne et erreur standard).

#### 4.1.3. Les sels nutritifs

Les concentrations en sels nutritifs dans le lagon sont très faibles. On trouve en moyenne  $0.1 \mu\text{M}$  de phosphates et  $0.2 \mu\text{M}$  de nitrates. On constate que les eaux lagunaires sont très nettement plus pauvres en phosphates et silice que les eaux océaniques (Figure 17).

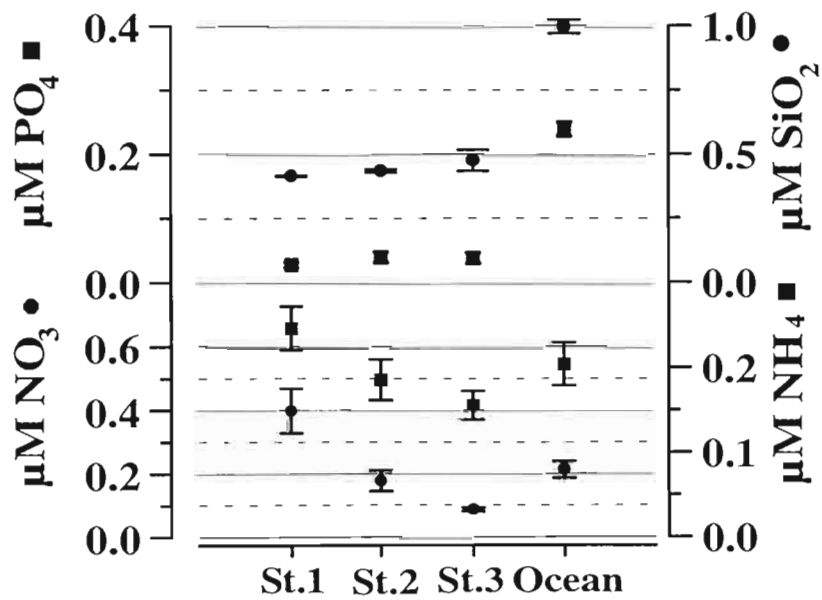


Figure 17: Concentrations en sels nutritifs dans le lagon et dans les eaux océaniques superficielles

## 4.2. Le stock de MOP

### 4.2.1. Période 1990-1991

#### 4.2.1.1. La charge sestonique

##### Variabilité spatiale

Aucune différence spatiale n'a pu être mise en évidence au sein de l'eau du lagon, aussi bien pour la fraction minérale qu'organique (Figure 18).

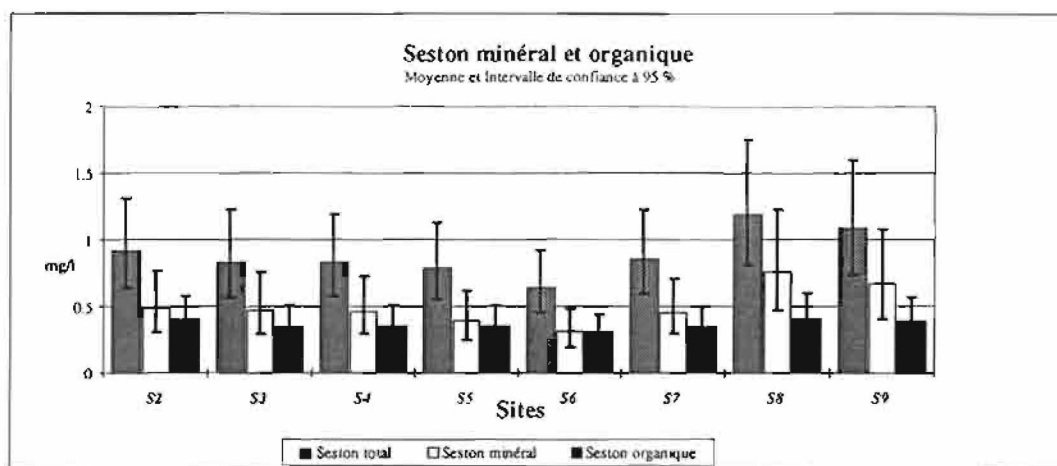


Figure 18: Moyennes et intervalles de confiances du seston

Il en résulte donc que le lagon présente une grande homogénéité spatiale de la charge sestonique. Sur l'ensemble des sites et des missions, un calcul de moyenne fournit les valeurs suivantes : **0,50 mg/l** pour le seston minéral et **0,36 mg/l** pour le seston organique.

##### Variabilité temporelle

Aucune tendance saisonnière ne s'est dégagée. Les cycles journaliers ne montrent pas d'évolution particulière.

Seul une tendance à la diminution du seston minéral en été austral a pu être montré. Il se trouve que le lagon est moins agité durant l'été et nous avons testé l'influence de l'agitation en tenant compte des données météo succinctes qui avaient été relevées (Figure 19).

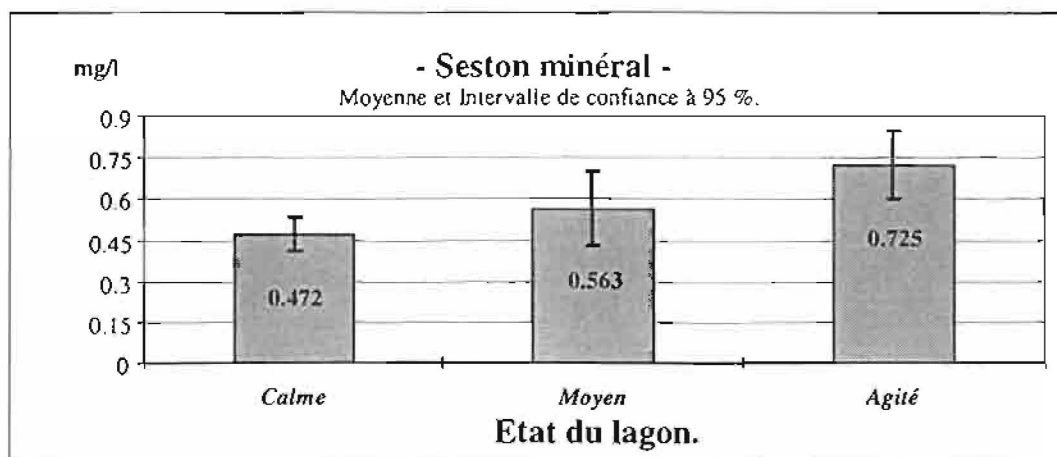


Figure 19: Influence de l'agitation du lagon sur l'abondance du seston

Le niveau moyen passe de 0,47 mg/l à 0,72 mg/l en fonction de l'état d'agitation du milieu. Ceci souligne l'importance des conditions météorologiques dans l'évolution à court

terme du lagon. Ce phénomène mériterait d'être précisé avec des données météorologiques plus fines.

Les moyennes annuelles sont respectivement les suivantes :

**Seston minéral: 0,53 mg/l +/- 13%;**

**Seston organique: 0,35 mg/l +/- 7%;**

Cela qui équivaut à une fraction organique de 40 %. Notons que ces valeurs moyennes coïncident parfaitement avec celles obtenues par l'échantillonnage spatial ; ce qui confirme la précision des estimations.

SOURNIA et RICARD (1976) mesurent une charge particulaire de  $0,32 \pm 0,08$  mg/l. Cette valeur est beaucoup plus faible, mais n'est que le reflet du mois d'août 1975. En février 1991, nous mesurons au site 3 une valeur minimale de 0,35 mg/l.

#### 4.2.1.2. chlorophylle a et phaeopigments

##### Variabilité spatiale

Aucune différence spatiale significative ne peut être dégagée pour ces deux variables, comme le montre les moyennes par sites dans la Figure 20.

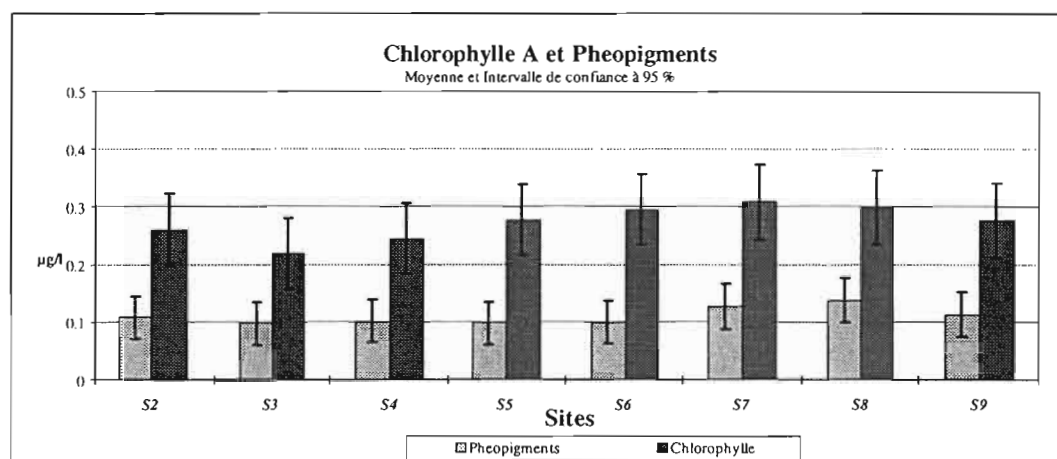


Figure 20: Moyennes et intervalles de confiances de la chlorophylle et des phaeopigments

La teneur en chlorophylle a et phaeopigments est homogène sur l'ensemble du lagon pour une longue période. Les moyennes générales sur l'ensemble des missions sont respectivement de **0,27µg/l** pour la chlorophylle et **0,11µg/l** pour les phéopigments.

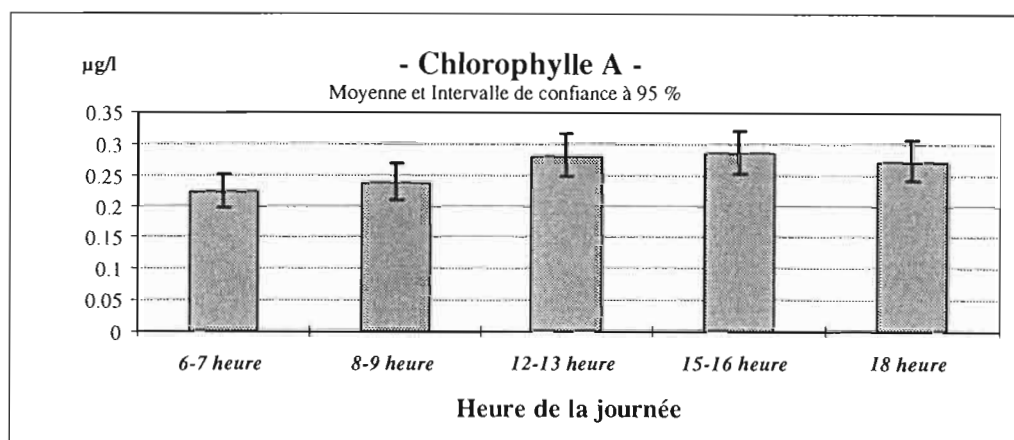
##### Variabilité temporelle

La décomposition de la variabilité temporelle de l'ensemble des pigments chlorophylliens (réalisée à partir d'un an de données, rappelons-le) est indiquée dans le Tableau 2.

Tableau 2: % de variance expliquant la variabilité de la chlorophylle

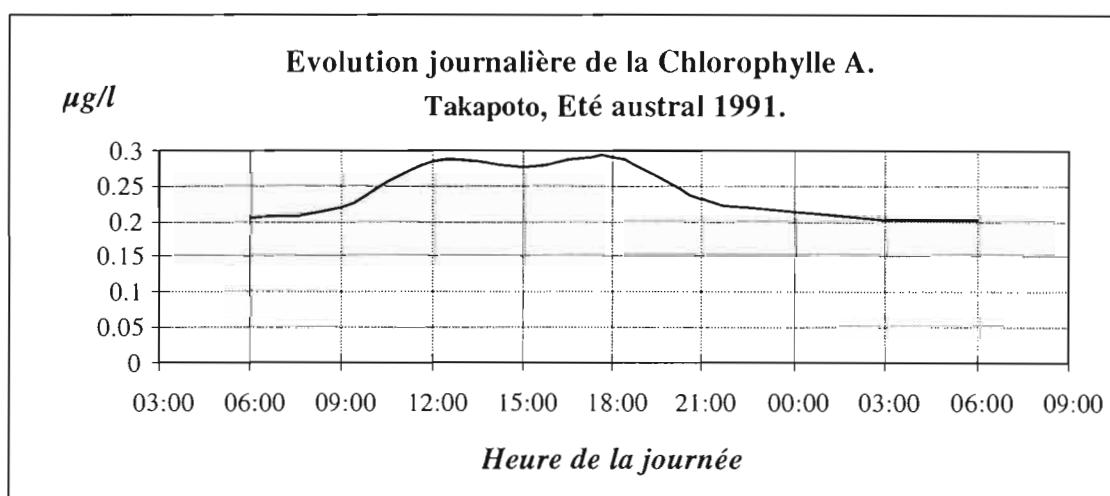
Paramètres	% variance inter-mois	% variance inter-jour	% variance résiduelle
Pigments chlorophylliens	22 %	48 %	30 %

La variabilité entre les jours d'un même mois ainsi que la variabilité résiduelle sont plus fortes que la variabilité saisonnière. Pour la chlorophylle a, une augmentation journalière est significative (Figure 21).



**Figure 21: Influence de l'heure de la journée sur la chlorophylle a**

Une telle tendance est confirmée par le suivi sur 24 heures qui a été effectué (Figure 22). Voici l'évolution de la moyenne de trois observations faite pendant les mois de janvier, février et mars 1991 :



**Figure 22: Influence de la journée sur la chlorophylle**

Pour les phéopigments, aucune tendance à une variation nyctémérale n'a pu être extraite.

Une estimation de la moyenne annuelle de ces deux paramètres est présentée dans le Tableau 3

**Tableau 3: Moyennes des pigments chlorophylliens**

Valeurs moyennes	Moyenne	Intervalle de confiance en %
<b>Chlorophylle a</b>	0,28 µg/l	10
<b>Phéopigments</b>	0,13 µg/l	11
<b>Somme pigments chlorophylliens</b>	0,41 µg/l	10

*Comparaison avec d'autres milieux*

Le tableau suivant permet de comparer la teneur en chlorophylle a mesurée à Takapoto avec celle d'autres milieux de Polynésie Française et du Pacifique:

**Tableau 4: Concentrations en chlorophylle dans différents lagons coralliens**

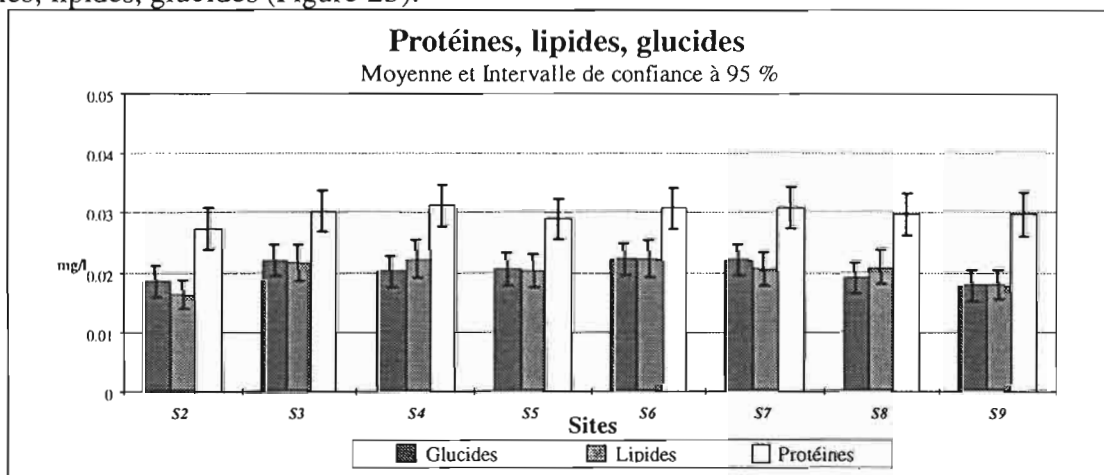
Site de prélèvements	Teneur lagonaire en µg/l	Teneur océanique en µg/l	Référence
<i>Punaauia (Tahiti)</i>	0,124	0,09	MARTIN (1989)
<i>Port Phaeton (Tahiti)</i>	0,2	0,09	RICARD & ROUGERIE (1980)
<i>Taotoi (Moorea)</i>	0,2	0,1	RICARD (1980)
<i>Tiahura (Moorea)</i>	0,1	0,2	LEGENDRE & al. (1988)
<i>Tiahura (Moorea)</i>	0,05 à 0,46	0,03 à 0,21	DELESALLE (1990)
<i>Rangiroa (Tuamotu)</i>	0,1 à 0,2	0,08	GROS <i>et al</i> (1980)
<i>Mururoa (Tuamotu)</i>	0,22 à 0,4	0,08	ROUGERIE (1980)
<i>Raiatea (Tuamotu)</i>	0,1 à 0,3		ROUGERIE (1980)
<i>Rapa (Australes)</i>	0,35	0,15	
<i>Mataiva (Tuamotu)</i>	0,7		DELESALLE <i>et al.</i> (1985)
<i>Tikehau (Tuamotu)</i>	0,18	0,05	CHARPY-ROUBAUD <i>et al.</i> (1989)
<i>Eniwetok (Marshall)</i>	0,33		SARGENT & AUSTIN (1949)
<i>Rongelap (Marshall)</i>	0,17		SARGENT & AUSTIN (1949)
<i>Hiva-oa (Marquises)</i>	2,32	2,32	
<i>Kaneobe Bay (Hawaï)</i>	1,0 à 2,3		TAGUCHI & LAWS (1987)

Cette constance d'un niveau très bas de pigments chlorophylliens constatée à Takapoto, ou dans d'autres milieux de Polynésie s'oppose aux conditions des milieux tempérés où la composante saisonnière est très forte (1 à 20µg/l) (HERAL *et al.* , 1983 b, GOULETTQUER, 1989 et PARACHE et MASSE, 1987).

#### 4.2.1.3. Protéines, lipides et glucides particuliers

##### Variabilité spatiale

Le lagon de Takapoto présente là aussi une très grande isotropie des teneurs en protéines, lipides, glucides (Figure 23).



**Figure 23: Teneurs en PLG de différents sites**

##### Variabilité temporelle

Les protéines sont les seules avec la température à présenter une variation saisonnière nette. Une analyse de variance selon le facteur saison (sur transformées logarithmiques) révèle une différence significative entre l'été austral (0,035 mg/l) et l'hiver austral (0,025mg/l), représentée sur la Figure 24.



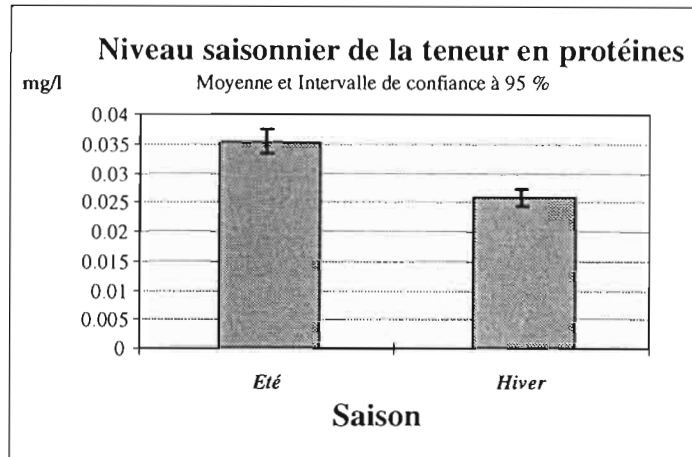


Figure 24: Teneur en protéine selon la saison

L'étude des données globales heure par heure montre des variations journalières significatives pour chacune de ces deux variables.

Ceci est particulièrement bien visible pour les lipides dont la quantité moyenne passe de 0.015 mg/l à 06h à 0.035 mg/l à 18h, comme le représente le graphique suivant, issu d'une analyse de variance selon l'heure de la journée (Figure 25).

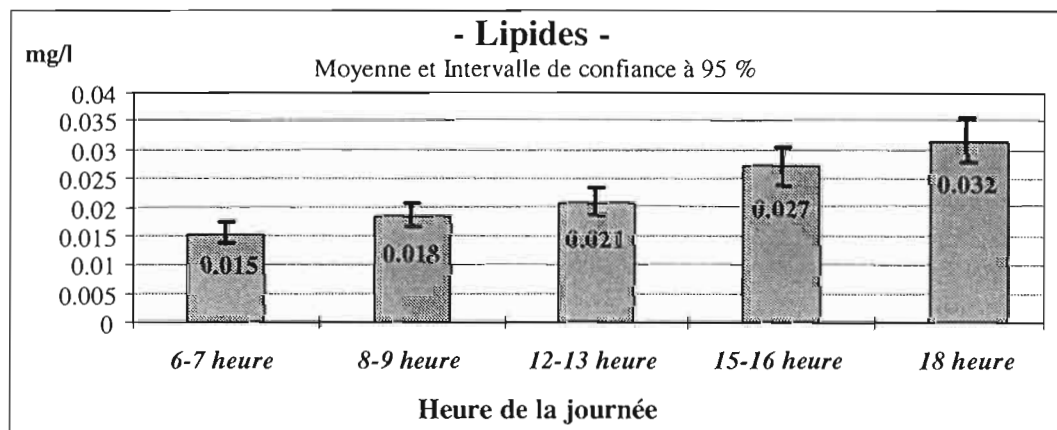


Figure 25: Teneur en lipides en fonction de l'heure

Une tendance similaire peut être montrée sur la quantité de glucides avec une moyenne minimale de 0,018 mg/l à 06 h et une moyenne maximale de 0,023 mg/l à 16 h (Figure 26).

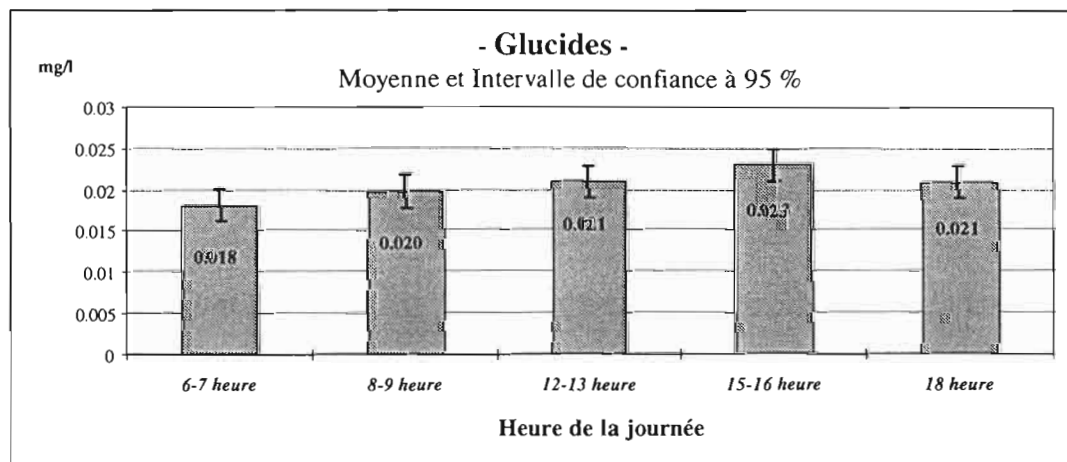


Figure 26: Teneur en glucides en fonction de l'heure

L'analyse des suivis sur 24h confirme cette variation journalière. Rappelons que les données qui ont servies à l'établissement de ces courbes, sont issues des trois échantillonnages journaliers de janvier, février et mars 1991 avec des prélèvements selon un pas de temps de 3 heures pendant 24 heures. Il en résulte trop peu de données pour envisager les méthodes de régression. Un graphique des moyennes de chaque paramètre permet une première approche (Figure 27 et Figure 28).

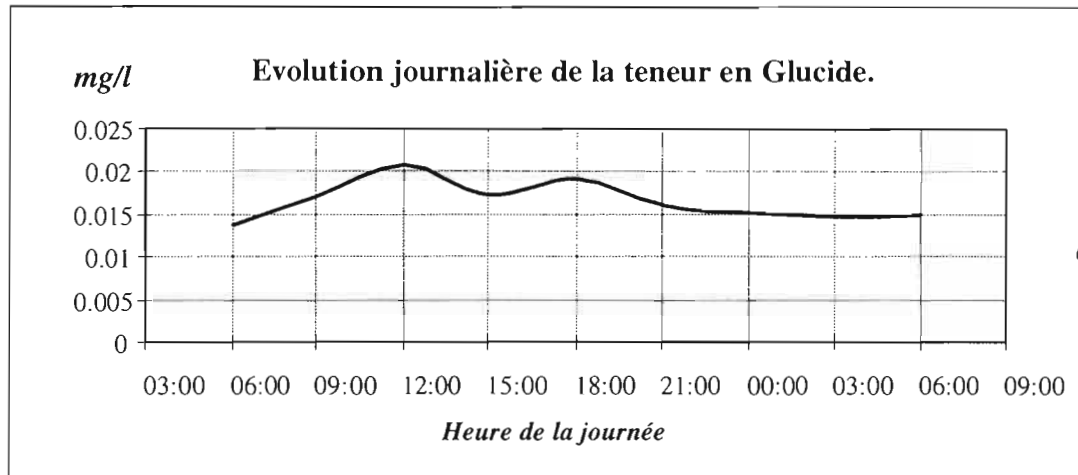


Figure 27: Evolution journalière de la teneur en glucide

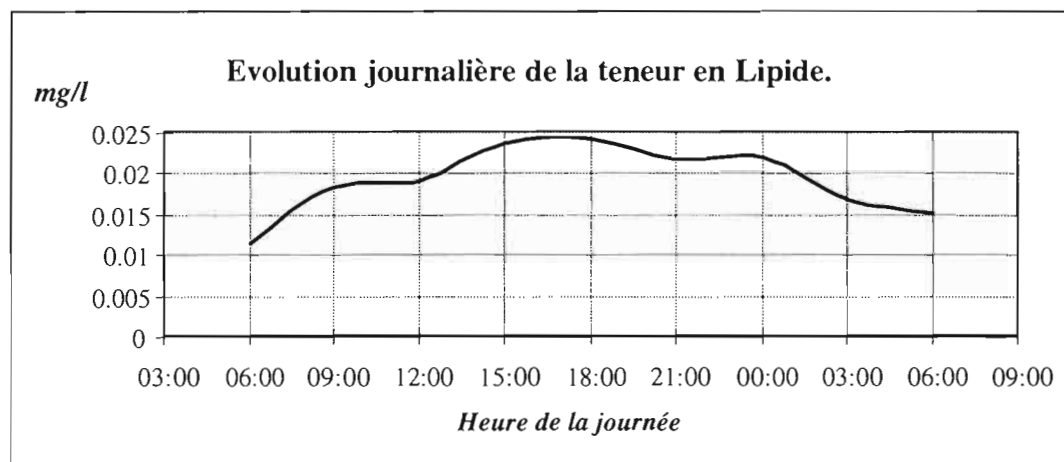


Figure 28: Evolution journalière de la teneur en lipide

L'estimation des moyennes annuelles de ces trois composants biochimiques sont les suivantes (Tableau 5).

Tableau 5: Moyennes annuelles en P.L.G.

Variables	Moyenne	Intervalle de confiance en %
Protéines	0,032 mg/l	5
Lipides	0,024 mg/l	5
Glucides	0,021 mg/l	5

#### 4.2.1.4. Acides aminés et glucides dissous

##### Variabilité spatiale

Aucune différence significative pour la fraction dissoute : elle présente aussi une forte homogénéité spatiale au sein du lagon (Figure 29).

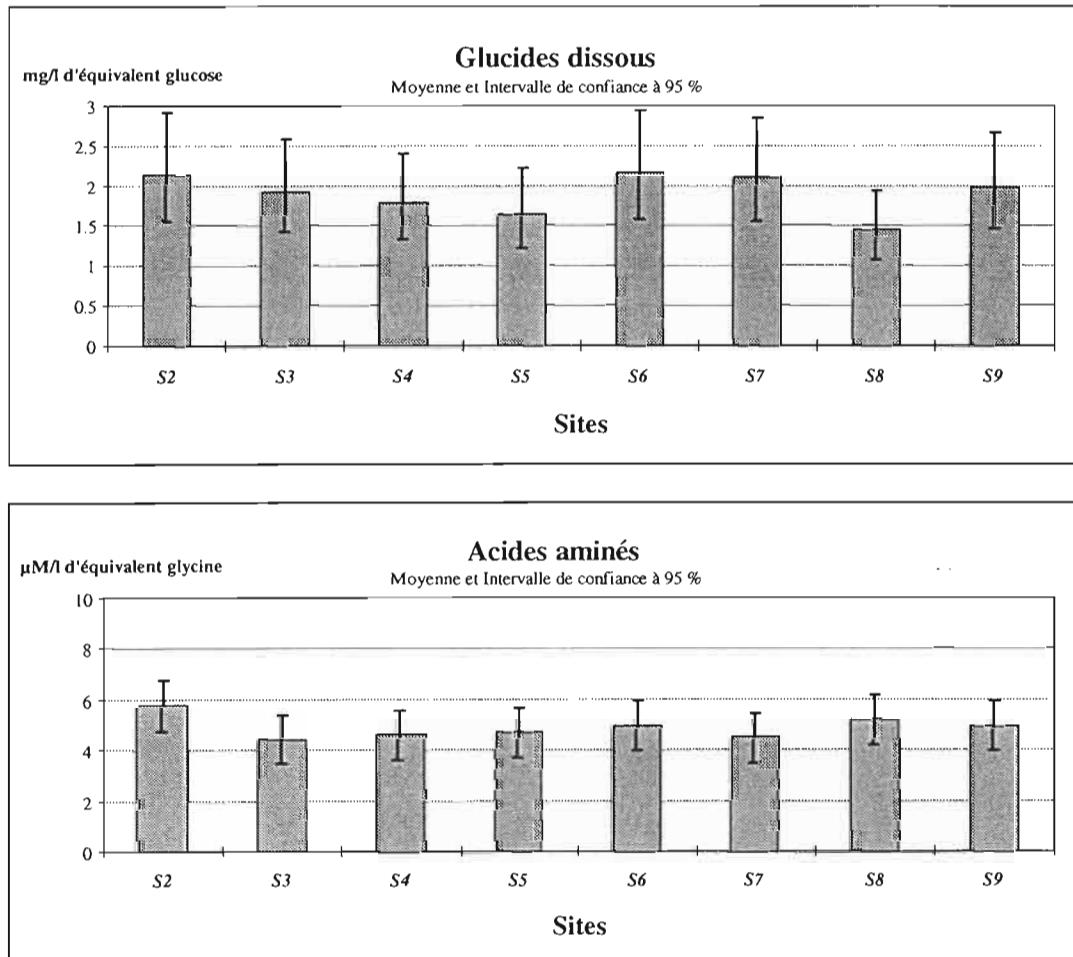


Figure 29: Glucides et acides aminés dissous

##### Variabilité temporelle

En l'absence d'explications des sources de variabilité, la moyenne annuelle permet une première approche de ces éléments:

Paramètres	Moyenne	Intervalle de confiance en %
Acides Aminés	5,24 µM/l	10
Glucides Dissous	2,08 mg/l	10

#### 4.2.1.5. Contenu énergétique de l'eau

##### Variabilité spatiale

Sur une longue période, aucun site ne semble présenter de déficit énergétique : le lagon présente une grande homogénéité spatiale dans son contenu énergétique (Figure 30).

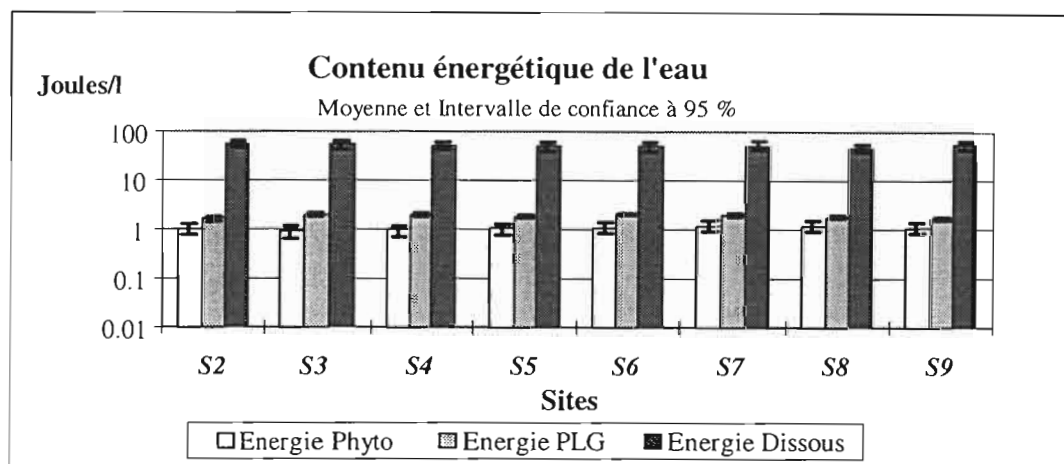


Figure 30: Contenu énergétique de l'eau

### Variabilité temporelle

La variabilité résiduelle occupe une très forte part. Aucune tendance saisonnière ne peut être dégagée. Notons cependant que l'énergie apportée par le phytoplancton varie fortement d'un jour à l'autre.

Une fois convertie en énergie, les estimations de tous les paramètres précédents deviennent (Tableau 6).

Tableau 6: Energie des différentes fractions de matière organique

Paramètre	Moyenne annuelle	Intervalle de confiance en %
Fraction dissoute	55,50 J/l	6,9
P,L,G.	2,06 J/l	4,3
Pigments chlorophylliens	1,18 J/l	10,2

### Comparaison avec d'autres milieux

L'énergie apportée par les PLG est considérée comme directement assimilable par les bivalves. Sa valeur est faible mais remarquablement constante tout au long de l'année. La part apportée par le phytoplancton est de l'ordre de 60%. A titre de comparaison, l'énergie des PLG varie à Marennes Oléron entre 10 et 120 Joules/l et la part du phytoplancton varie entre 25 et 40% (GOULETTQUER 1989). La valeur énergétique moyenne de 1 mg de seston organique est de 5.6 joules, supérieure à la valeur citée de 3.6 joules/mg par HERAL *et al.* (1980) à Marennes. La valeur énergétique d'un milligramme de nourriture potentielle est de 27 joules, supérieure aux valeurs habituelles de Marennes (20.5 joules) et équivalente aux valeurs trouvées durant les blooms de phytoplancton (GOULETTQUER 1989).

L'énergie apportée par le "dissous" est 25 fois plus importante que l'énergie du particulaire. En réalité, nous avons appelé par convention dissous la fraction qui passe à travers un filtre GFC dont la porosité est voisine de 1 $\mu$ . Il est connu que l'essentiel du phytoplancton des eaux tropicales est composé d'espèces de petite taille. Ainsi BLANCHOT *et al.* (1989) montrent que dans l'atoll de Tikehau, les particules inférieures à 3 $\mu$  rendent compte de 81% du carbone total. Parmi ces particules, les cyanobactéries de taille 0.8 $\mu$  sont très abondantes (CHARPY *et al.* 1992). Aussi, en plus du véritable matériel dissous, nous avons pris en compte le matériel particulaire de très petite taille inférieur à la porosité de notre filtre GFC.

#### 4.2.2. Période 1991 -1994

On peut représenter les moyennes par mission, avec leurs erreurs standards, des différents paramètres de la MOP (Figure 31). On observe une variabilité importante en fonction de l'époque de prélèvement. Ainsi, le COP et le NOP augmentent nettement à la fin 1991 et début 1992.

On n'observe pas de différence significative entre les 3 stations prospectées pendant le cycle annuel. Il semble donc ne pas avoir d'influence de la densité des élevages sur l'abondance de la MOP.

On observe que la MOP est généralement moins abondante au voisinage de la surface qu'aux autres niveaux. Ceci est facilement explicable par le fait que les eaux de surface ne bénéficient pas de l'apport de la sédimentation organique.

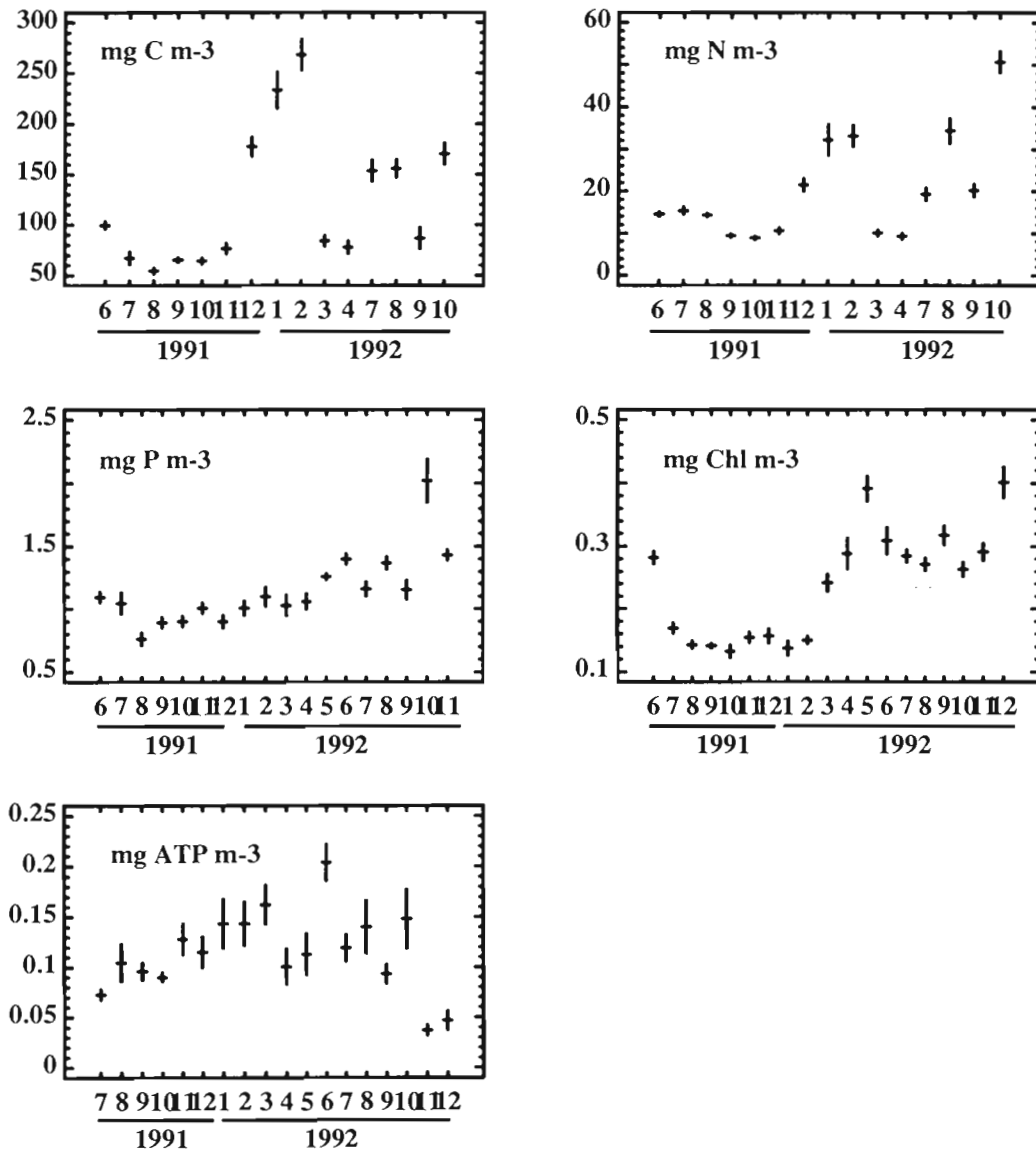


Figure 31: Moyennes et erreurs standards des concentrations en matière organique

La richesse en MOP du lagon de Takapoto se situe dans la large fourchette de valeur :20 - 250 mg C m<sup>-3</sup> donnée pour des lagons coralliens (Tableau 7). Cependant, le lagon de Takapoto semble être le moins riche des atolls des Tuamotu présentés dans le tableau. Il faut

noter que les autres lagons étudiés ne comportaient pas d'installation de perliculture. En outre, seul le lagon de Tikehau a été étudié de façon intensive.

**Tableau 7: concentrations en COP ( $\text{mg m}^{-3}$ ) rencontrées dans différents lagons coralliens**

Lagon	COP Lagon	Source
Enewetak Atoll	20-50	Gerber & Marshall (1982)
Fanning Atoll	80	Gordon (1971), Smith & Pesret (1974)
Canton Atoll	160	Smith & Jokiel (1975a, b)
Kavariiti Atoll	349	Quasim & Sankaranarayanan (1970)
Houtman Atoll	1560-3660	Hatcher (1983)
South Caicos	130	Marshall et al. (1975)
Kanohe Bay	420	Coles & Strathman (1973)
Lizard Island	82-16	Moriarty (1979)
Tikehau Atoll	192 $\pm$ 7	Charpy & Charpy-Roubaud (1991)
Rangiroa Atoll	270 $\pm$ 17	non publié
Tairao Atoll	210 $\pm$ 11	non publié
Toau Atoll	140 $\pm$ 23	non publié
Takapoto	119 $\pm$ 5	ce rapport

### 4.3. Composition taxinomique de la MOP du lagon

On peut représenter la matière organique particulaire du lagon de Takapoto par la

Figure 32. Tous les compartiments ont été ramenés à l'unité de carbone par des rapports mesurés ou pris dans la littérature.

Le rapport C:chlorophylle a été mesuré en juin 1991 et il est égal à 82 (Charpy et al. 1992). Le rapport C:*Synechococcus* est calculé à partir du volume moyen ( $0.27 \mu\text{m}^3$ ) et du rapport C:volume =  $0.4 \text{ pg C m}^{-3}$  donné par Takahashi et al. (1985). Le carbone des prochlorophytes a été estimé à partir du % de leur fluorescence par rapport à celui des *Synechococcus*. Le rapport C:ATP=250 est la valeur classique utilisée pour la matière vivante. Les rapports C:Poids sec du zooplancton sont ceux mesurés à Takapoto dans le cadre de la fiche 14: 0.306 pour le micro et 0.417 pour le mésozooplancton.

La quantité de détritits est calculée en enlevant au carbone total le carbone vivant estimée par l'ATP. On peut aussi estimer la quantité de détritits en enlevant au carbone total la somme du carbone des taxons. Ainsi, la concentration en détritits  $< 1 \mu\text{m}$  peut-être estimée par la différence entre le carbone de la fraction  $< 1 \mu\text{m}$  et la somme bactéries + cyanobactéries soit  $42 \text{ mg C m}^{-3}$  ou par la différence entre C $<1\mu\text{m}$  et C vivant (estimé à partir de l'ATP) soit  $55 \text{ mg C m}^{-3}$ . Le carbone du nanozooplancton, est estimé par la différence entre le C vivant 3-35 $\mu\text{m}$  et le C algues  $>3\mu\text{m}$ . Les détritits supérieurs à 35  $\mu\text{m}$  n'ont pu être séparés de la biomasse du zooplancton.

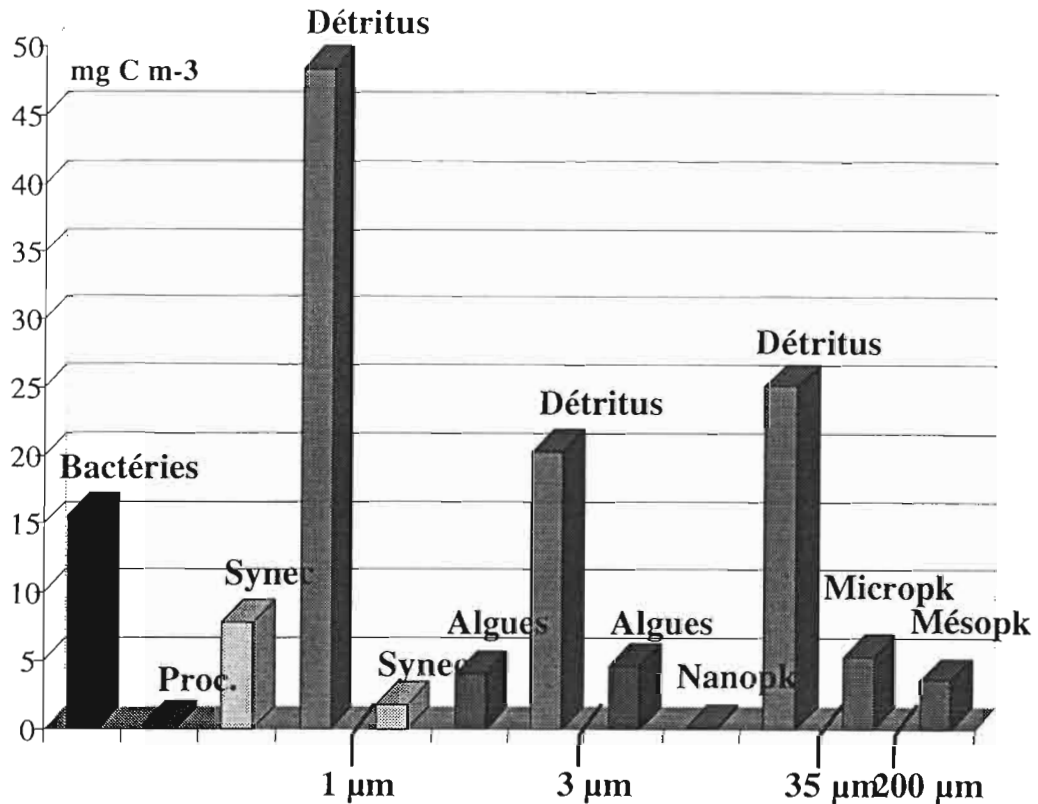


Figure 32: Représentation schématique de la composition taxinomique de la MOP

La MOP du lagon de Takapoto est de très petite taille : 75 % des particules organiques font moins de 3 µm et 50 % moins de 1 µm. Le pourcentage de débris est élevé surtout dans la classe de taille <1µm, dépassant 70%. La biomasse des bactéries hétérotrophes est 2 fois plus élevée que celle des cyanobactéries autotrophes.

#### 4.4. Composition géochimique de la MOP

Les analyses biochimiques et morphologiques ont conduit à examiner les 3 fractions suivantes : particules en suspension, fèces et sédiments superficiels sous nacre. Ces 3 fractions font parties du cycle d'alimentation de la nacre.

##### 4.4.1. Particules en suspension

Elles sont constituées par le mélange (1) de particules vivantes, (2) de particules riches en bactéries (agrégats « microbiens ») dans lesquels la présence de matière organique microbienne est attestée par les acides aminés, les acides gras et la morphologie des polysaccharides réorganisés, (3) d'agrégats humiques dont la démonstration n'a pas été apportée dans ce travail.

La composition en acides aminés comme en acides gras indique une matière organique jeune dont la quantité et le potentiel nutritionnel (acides gras insaturé) apparaissent variables dans des proportions assez larges. Une telle variation apparaît bien lorsque l'on compare les résultats de même nature obtenus en 1993 et 1988 (où les stocks et la qualité nutritionnelle étaient nettement plus élevés qu'en 1993).

Sans doute, serait-il intéressant d'appliquer les méthodes maintenant mises au point au suivi de la quantité et de la qualité nutritionnelle de ce stock de matière organique au cours de cycles saisonniers représentatifs ou au cours d'événements bioclimatiques affectant le lagon dans son ensemble du type El Nino.

#### 4.4.2. Fèces et le sédiment superficiel sous nacre

La mise en évidence de la richesse de leur composition et de leur valeur nutritionnelle constitue également l'un des résultats majeurs de ce travail.

Que cela soit à travers le spectre des acides aminés ou celui des acides gras, la matière organique excrétée apparaît intrinsèquement riche. Elle est constituée de l'addition de matière organique en voie de digestion et de matière organique bactérienne (acides aminés).

L'un des traits remarquables, et paradoxaux, de sa composition est qu'elle contient des quantités élevées d'acides gras insaturés, considérés comme essentiels pour la croissance animale et qui apparaissent cependant rejetés par la nacre.

Si ces acides gras semblent perdus pour la nacre, sans doute ne le sont-ils pas totalement pour le benthos qui semble utiliser activement les particules organiques arrivant sur le fond (Poupet, 1990). La chute des fèces sous les nacles à Takapoto conduit ainsi, localement, à l'accumulation d'un sédiment richement organique et original dans sa composition notamment en acides gras).

Quelle est la cause, ou quelles sont les causes de cette faible exploitation des acides gras insaturés par la nacre ? Elles sont très vraisemblablement de nature biologique et tiennent ou fonctionnent du système digestif de l'animal. Il doit être possible de les approcher en couplant l'analyse biochimique et l'analyse morphologique du contenu des fèces. La microscopie électronique cryoscopique permet, en effet, d'observer avec détail la lyse des cellules végétales, ici des cellules phytoplanctoniques. Or cette lyse est une condition nécessaire au contact entre les enzymes et les contenus cytoplasmiques. L'on peut donc s'attendre à observer une corrélation entre l'état (insuffisant) des lyses des cellules végétales et la richesse des fèces tant en acides aminés qu'en acides gras, notamment en acides gras insaturés.

L'observation microscopique étant aussi à même de révéler l'abondance des constituants bactériens, cette approche apparaît bien adaptée à la mise en évidence de processus décisifs quant à l'alimentation de la nacre.

### 4.5. Phytoplancton

#### 4.5.1. Biomasse phytoplanctonique

Les moyennes générales des abondances en micro-algues comptées durant les 22 missions réalisées entre juin 1991 et décembre 1993 apparaissent dans la figure 31.

**Tableau 8: Moyennes et erreur standard de l'abondance en *Synechococcus* (cb/ml) et microalgues (al/ml).**

	Cb/ml	Al/ml
Moyenne	88232	4018
N	258	90
ES	2363	199



On observe des variations importantes de l'abondance des cyanobactéries selon les missions. Les densités les plus importantes sont observées pendant l'hiver austral (juin - août) atteignant en moyenne 120000 cellules par ml (Fig.33).

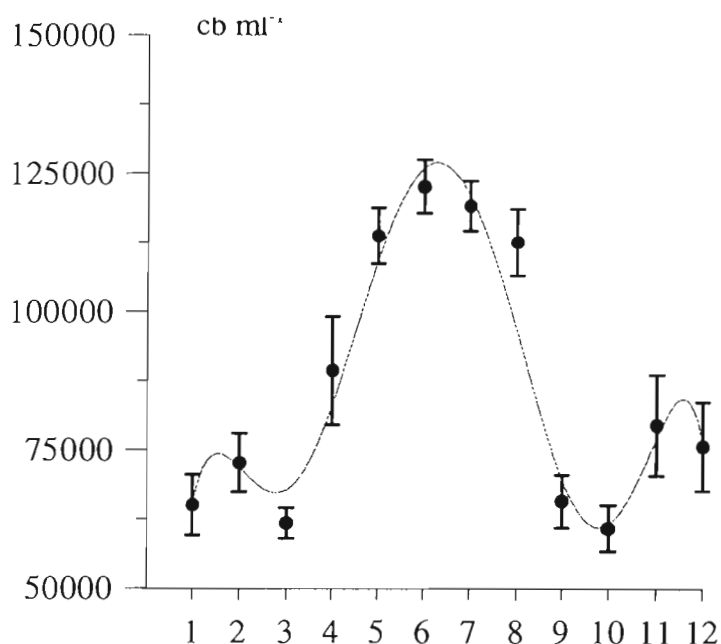


Fig.33 : Moyennes et erreur standard par mois de l'abondance en *Synechococcus*.

On observe que les stations 3, 9 et N sont moins riches que les stations 1, 10 et 2 (Figure 37).

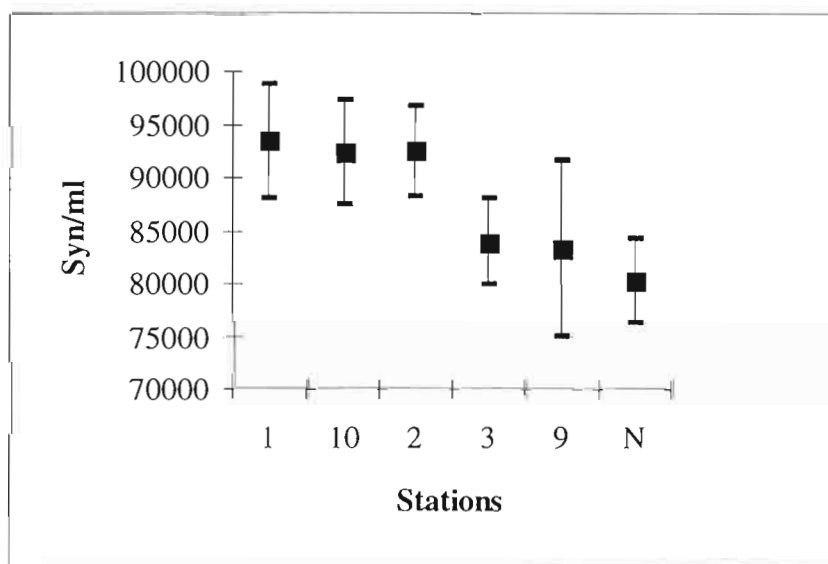


Figure 34: Moyennes  $\pm$  ES par stations

La chlorophylle-a a été mesurée sur des populations d'organismes de tailles différentes. En effet, si la nacre filtre des particules préférentiellement par rapport à leur taille, il était important de pouvoir quantifier la biomasse et la production de cette classe de taille. Les moyennes générales des concentrations en chlorophylle des différentes classe de taille et leur pourcentage respectif apparaissent dans le Tableau 9.

**Tableau 9: Moyenne de la chlorophylle-a par classe de taille et pourcentage par rapport à la fraction totale.**

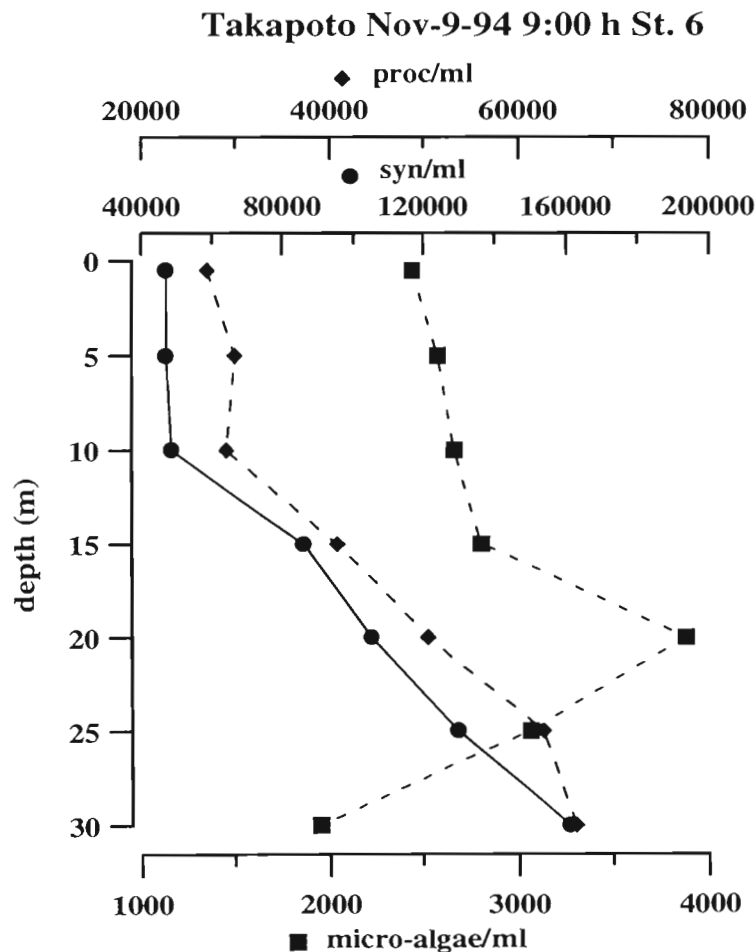
	>3µm	3-1µm	<1µm	<3µm	total	>3µm	3-1µm	<1µm	<3µm
	mg m <sup>-3</sup>					%			
moyenne	0.055	0.066	0.151	0.210	0.270	20.6	25.2	53.8	79.4
N	299	273	273	299	332	299	273	273	299
ES	0.002	0.002	0.004	0.005	0.006	0.4	0.6	0.7	0.4

On observe que  $79.4 \pm 0.4$  % du phytoplancton est constitué de cellules de taille inférieure à 3µm et  $53.8 \pm 0.7$  % de taille inférieure à 1µm.

#### 4.5.2. Prochlorophytes

On sait depuis leur découverte en 1988 qu'il existe dans le picoplancton des eaux chaudes des cyanobactéries encore plus petites que les *Synechococcus* et qui sont invisibles en microscopie : les *Prochlorococcus* ou prochlorophytes. Pour les observer, une seule solution : utiliser un **cytomètre de flux**. Cet appareil est un compteur de particules utilisant un rayon laser. Il permet de compter les particules du phytoplancton et de mesurer leur fluorescence. Profitant de la présence sur le Territoire du cytomètre de flux de l'ORSTOM-Nouméa, tout juste débarqué du navire océanographique l'ATALANTE, une mission a été organisée sur l'atoll de Takapoto dans le cadre du programme général de recherche sur la nacre (PGRN).

Les prochlorophytes existent bien dans le lagon de Takapoto. On en trouve entre 10.000 et 50.000 par ml d'eau, surtout au-dessous de 15 m de profondeur (Figure 35).



**Figure 35: Abondance des Synechococcus (syn), des micro-algues et des prochlorophytes (proc) à Takapoto**

Cependant les *Synechococcus* avec 150.000 cellules par ml restent l'organisme dominant le picoplancton.

#### 4.5.3. Production phytoplanctonique

Les résultats bruts des mesures du taux d'incubation apparaissent dans l'annexe 4. Les moyennes  $\pm$  erreur standard des taux d'incorporations du carbone en fonction de la profondeur apparaissent dans la Figure 36.

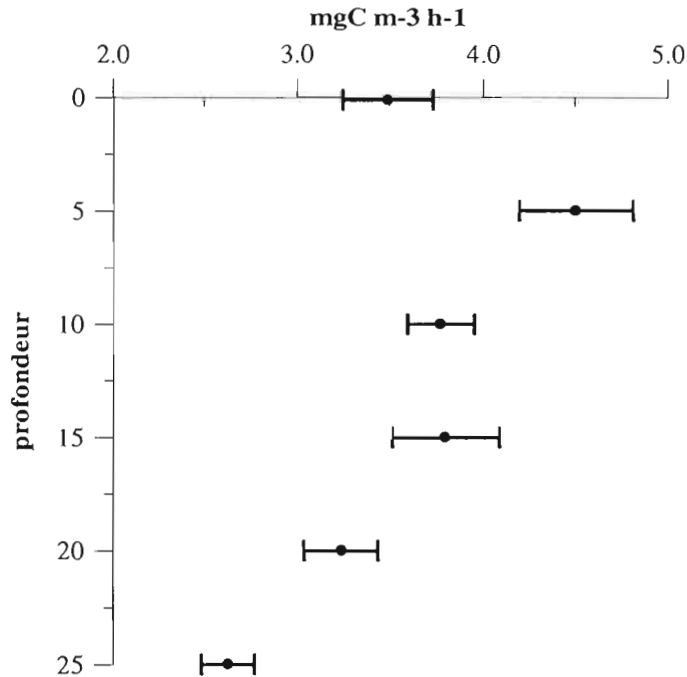


Figure 36: Taux d'incorporation du carbone (moyenne et ES par profondeur).

On peut estimer la production phytoplanctonique totale par m<sup>2</sup> de lagon par une intégration trapézoïdale.

On trouve ainsi une production journalière de 91.2 mg C m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Pour une journée solaire de 10h, cela donne une production brute journalière de :

$$0.9 \text{ g C m}^{-2} \text{ jour}^{-1}$$

Cette valeur est deux fois plus élevée que la production phytoplanctonique observée à Tikehau (Charpy-Roubaud *et al.*, 1989).

En ce qui concerne les études par classes de taille, les nombreuses expériences de préfiltration ont montré que 79.3  $\pm$  0.9 % de la production était dus aux organismes de taille inférieure à 3  $\mu\text{m}$  et que 50.8  $\pm$  1.4 % était du aux organismes de taille inférieure à 1  $\mu\text{m}$

	>3 $\mu\text{m}$	3-1 $\mu\text{m}$	<1 $\mu\text{m}$	<3 $\mu\text{m}$
moyenne	20.7	27.6	50.8	79.3
E.S.	0.9	0.9	1.4	0.9
N	71	53	53	71

Tableau 10: Moyennes et erreur standard des pourcentages de production phytoplanctonique par classe de taille.

On retrouve la même structure de taille que la biomasse.

## 4.6. Bactéries

### 4.6.1. Variations

A aucun moment on n'observe de différences d'abondances bactériennes entre les secteurs à élevages et sans élevages de nacres. Ceci n'est toutefois pas une condition suffisante pour affirmer que les nacres ne retiennent pas les bactéries. C'est par contre une condition suffisante pour affirmer que la prédation par les élevages de nacre de Takapoto est trop modérée pour avoir un impact significatif sur les bactéries de la colonne d'eau. Le contrôle "par l'aval" du bactérioplancton par les élevages de nacres est négligeable à Takapoto. A aucun moment non plus, on n'observe d'impact des élevages de nacres sur les activités bactériennes. Cela signifie que les nacres n'excrètent pas assez de nutriments (matière organique) ou inversement n'en retiennent pas suffisamment pour pouvoir influencer la production bactérienne. Le contrôle "par l'amont" du bactérioplancton par les élevages de nacres est négligeable à Takapoto.

**Tableau 11: Variation des paramètres bactériens le long d'une radiale du centre du lagon vers le rivage (septembre 1993).**

Station	En dehors des élevages de nacres					Au-dessus des élevages de nacres				
	7/8	a	b	c	d	e	f	g	h	2/9
bactéries (10 <sup>6</sup> /ml)	0.788	0.720	0.866	0.865	0.834	0.865	0.848	0.820	0.806	0.817
% en division	7.80	6.29	8.55	6.28	7.91	9.40	8.35	7.56	7.64	6.42
% fixées	2.44	0.22	1.39	1.76	0.96	2.41	0.49	1.71	1.43	1.07
flagellés (10 <sup>3</sup> /ml)	4	2	2	5	6	2	6	6	6	11

### 4.6.2. Abondance et biomasse totale

Le bactérioplancton, avec plus de 45 % du carbone vivant domine la biomasse des eaux du lagon de Takapoto. La question se pose de l'accessibilité de cette biomasse pour les nacres.

**Tableau 13 : Valeurs moyennes des paramètres bactériens à Tikehau (lagon, hoas, océan environnant), Takapoto (toutes stations confondues, cycle annuel 92-93 et janvier 1994)**

Site		Abondance (10 <sup>9</sup> cell/l)	Biomasse (µgC/l)	Production (µgC/l/jour)	Temps de génération (jour)
Lagon de Takapoto	moyenne	1.28	16	4.56 (a)	3.5 (b)
	CV%	25%	25%		
	nb mesures	112	112	26	
Lagon de Tikehau	moyenne	1.90	28	3.60	7.8
	CV%	24%	24%	28%	
	nb mesures	118	118	118	
Océan autour de Tikehau	moyenne	0.45	4.9	0.46	10.7
	CV%	15%	15%	50%	
	nb mesures	12	12	12	
Hoa à Tikehau	moyenne	0.28	3.0	0.44	6.8
	CV%	21%	21%	70%	
	nb mesures	10	10	10	

(a): calculé sur le cycle annuel des FDDC

(b): défini par (moyenne biomasse) / (moyenne production)

#### 4.6.3. Immobilisation de l'azote

Les bactéries, du fait de leur importante biomasse et de leur richesse intracellulaire contiennent 37% de l'azote particulaire total et plus de 50% de l'azote particulaire vivant de la colonne d'eau. Cette immobilisation entre en concurrence avec les besoins de la production primaire. Elle déplace le spectre de taille des particules en suspension vers les tailles inférieures au µm mal retenues par les nacres. De ce point de vue, l'abondante biomasse bactérienne diminue la capacité trophique du lagon vis à vis des nacres.

#### 4.6.4. Bactéries dans la classe de taille >3µm : relations avec les nacres

##### 4.6.4.1. Rappel sur l'évolution temporelle et valeur moyenne

La proportion des bactéries dans la classe de taille supérieure à 3 µm, mieux retenue par les nacres que les petites bactéries libres varie entre 1 et 5% la plupart du temps et 10 à 25 %, voire exceptionnellement 99%, en saison des pluies.

##### 4.6.4.2. Relations entre l'abondance de bactéries fixées et l'abondance de particules

Il existe une relation très hautement significative entre COP > 3 µm (données dans le rapport de la Fiche 10, L. Charpy) et concentration en particules déterminée par microscopie. L'ordonnée à l'origine de la droite de corrélation n'est pas significativement différente de zéro, on peut donc estimer directement le rapport COP > 3µm / particule = 2.4 pgC / particule (±SE=0.3, n=18) . Ce rapport assez constant s'explique par la constance de taille des particules

dont le grand axe fait en moyenne  $8.2 \mu\text{m}$  ( $\pm 0.2$ ,  $n=105$ ) et par la contribution probablement assez faible du phytoplancton dans cette classe de taille (en moyenne  $0.048 \mu\text{g Chl.a} > 3 \mu\text{m/l}$ , soit environ  $2.4 \mu\text{gC}$  chlorophyllien, contre  $35 \mu\text{g COP} > 3 \mu\text{m/l}$ , cf. Fiche 10, L. Charpy).

#### **4.6.5. Production de biomasse bactérienne et minéralisation**

La production bactérienne dans le lagon de Takapoto est évaluée à  $38.3 \text{ gC/m}^2/\text{an}$ . Elle est maximale en janvier, février pendant l'été austral et les périodes de fortes précipitation. Elle n'est pas modifiée par la présence des élevages. Elle représente 11,6% de la production phytoplanctonique. Le rôle des bactéries semble plus important comme minéralisateur permettant d'entretenir la production primaire que comme producteur de biomasse directement ingérable par les nacres.

#### **4.6.6. Conclusion : les bactéries dans l'environnement de la nacre**

A aucun moment et à quelque distance que ce soit on n'observe d'influence significative des élevages de nacres sur la production bactérienne planctonique. Ce qui signifie que les nacres n'excrètent pas assez de nutriments (matière organique) ou inversement n'en retiennent pas suffisamment pour pouvoir influencer cette production. La proximité des élevages de nacre n'a pas non plus d'effet sur l'abondance du bactérioplancton. Une raison pourrait en être une densité des nacres insuffisante pour que leur prédation ait un impact détectable sur les concentrations bactériennes. Une autre raison serait que les nacres ne retiennent pas ou peu les bactéries. Cette seconde interprétation semble devoir être privilégiée.

En effet des expérimentations ont montré que les nacres retiennent mal les particules submicroniques et donc les bactéries libres (Buestel et al. rapport de la fiche PGRN 19, in prep). Or les bactéries libres inférieures à  $1 \mu\text{m}$  représentent l'essentiel de la biomasse bactérioplanctonique. Il en résulte que bien que dominant la biomasse des lagons, les bactéries sont peu utilisables directement par les nacres. Bien au contraire elles immobilisent plus de 50 % de l'azote particulaire au détriment du phytoplancton mieux retenu par les nacres. Il n'y a qu'en saison des pluies que la proportion des bactéries dans la classe de taille supérieure à  $3 \mu\text{m}$ , oscillant entre 10% et 25%, ce rôle nutritif du bactérioplancton puisse devenir significatif.

Le bactérioplancton a par contre un rôle nécessaire dans le recyclage de la matière organique qui se traduit par un rôle indirect sur l'alimentation des nacres. Le bactérioplancton minéralise en effet la plus grande partie de la matière organique qu'il consomme (plus de 90% du carbone organique dissous). Cette reminéralisation entretient la production phytoplanctonique de recyclage qui représente l'essentiel (plus de 90%) de la production phytoplanctonique, base de la production des particules ingérables par les nacres.

### **4.7. Phytobenthos**

#### **4.7.1. Communautés concernées**

Les fonds de lagons sont constitués par des sables fins à très fins et les microphytes représentent l'essentiel des communautés végétales benthiques. On observe soit des "sables blancs", c'est à dire lorsque ces derniers paraissent n'être colonisés par aucune communauté, soit des sables "à cyanobactéries"; ces organismes se regroupent en communautés plus ou

moins denses formant des "films" ou des "voiles", selon qu'elles sont plus ou moins compactes mais toujours plaquées sur le sable, des "cheveux", lorsque les chaînes de cellules forment un entrelacement qui part du sable jusqu'à 2 à 3 centimètres dans la colonne d'eau (planche 1, photos 2, 3 et 4) ; enfin il est possible d'observer, bien qu'en moindre quantité, des formations de "stromatolites récents", communautés de cyanobactéries formant des coussinets sur les sables.

Bien qu'aucune étude taxinomique précise n'ait été faite sur les communautés de cyanobactéries de Takapoto, nous avons pu déterminer, essentiellement grâce à T. Lecampion (Centre Océanologique de Marseille, France), que nous étions en présence de *Lyngbya sp.* (cheveux), d'*Oscillatoria sp.*, *Spirulina sp.* et *Anabaena sp.* (voiles épais) et de *Phormidium sp.1*, *sp.2* et *Schizothrix sp.* ("stromatolites récents").

#### 4.7.2. Biomasse du microphytobenthos

Seuls sont présentés les résultats concernant le sédiment de l'interface eau-sédiment (I.E.S.), c'est à dire ceux de la tranche 0-0.5 cm. Ce niveau est le plus important quant aux mécanismes biologiques qui s'y produisent. Les autres tranches de sédiment ont été lyophilisées afin d'assurer leur conservation. L'intérêt de leur traitement (long et coûteux) est lié aux résultats obtenus sur d'autres paramètres, caractérisant la chimie des sédiments (MO, C, N et P).

Dans la partie superficielle des sédiments (0-0.5 cm) la chlorophylle-a, exprimée en  $\mu\text{gchl-a./g}$  de sédiment, varie entre 0,10 et 4,08, valeur rencontrée à la station 9. Toutes stations confondues, la moyenne est égale à  $1.2 \pm 0.2 \mu\text{gchl-a./g}$  de sédiment. Cette biomasse est très semblable à celle trouvée à Tikehau :  $1.1 \pm 0.1 \mu\text{gchl-a./g}$  de sédiment (Charpy-Roubaud, 1988). Cependant, la chlorophylle-a n'est peut-être pas le pigment le plus représenté dans le lagon de Takapoto, car ce n'est pas le pigment principal des cyanobactéries. Une étude des autres pigments est possible par HPLC mais est longue à mener. Par ailleurs, pour établir des comparaisons, il fallait passer par la chlorophylle.

Les variations ne peuvent *a priori* être reliées à la finesse du sédiment, ou aux communautés rencontrées ou au degré de bioturbation. En revanche, les concentrations les plus élevées en chlorophylle-a sont observées dans les sédiments des stations à grosse abondance de nacres; la cause serait alors à rechercher dans une minéralisation plus importante en ces sites. En effet, l'excrétion des nacres entraîne une augmentation de matière potentiellement reminéralisable. La teneur des sédiments en MO, C, N et P organiques et inorganiques, en cours d'analyse, devrait apporter de précieuses informations.

#### 4.7.3. Résultats des bilans d'oxygène

Pour chaque station, 2 mesures de production et 2 mesures de respiration ont été obtenues. Les incubations, qui duraient 4 heures, ont été faites dans la période du jour où la production horaire est la plus représentative de la production journalière (intervalle de temps déterminé pour le lagon de Tikehau), soit entre 10h et 16h.

Comme l'on pouvait s'y attendre, la production varie avec la profondeur, quelles que soient les communautés étudiées (Figure 37).

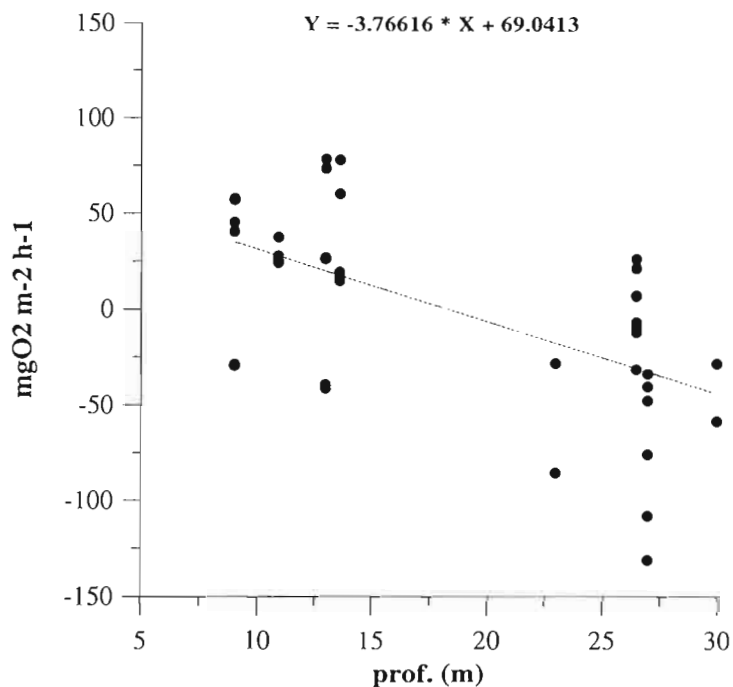


Figure 37 : Production nette horaire en fonction de la profondeur.

En règle générale, les productions nettes, caractérisées par les bilans d'O<sub>2</sub>, sont positives aux stations de faible profondeur telles les stations 1, 10 et Orapa (exemple Figure 37), négatives aux autres stations (exemple Figure 39).

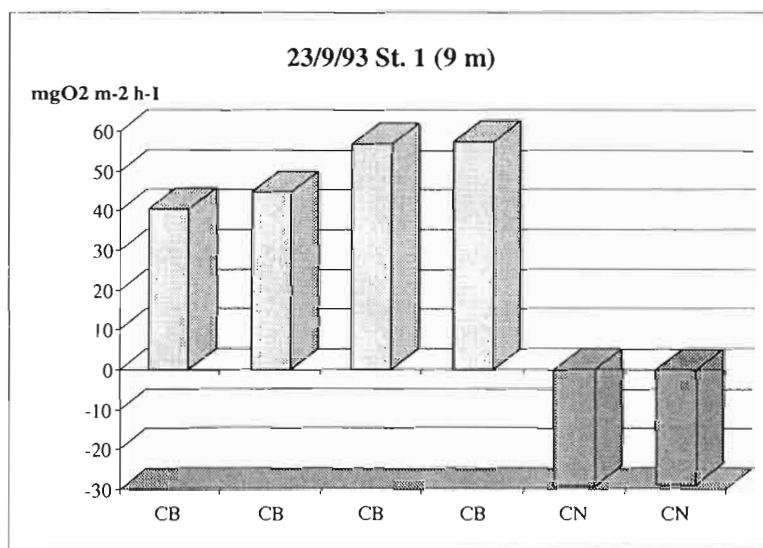
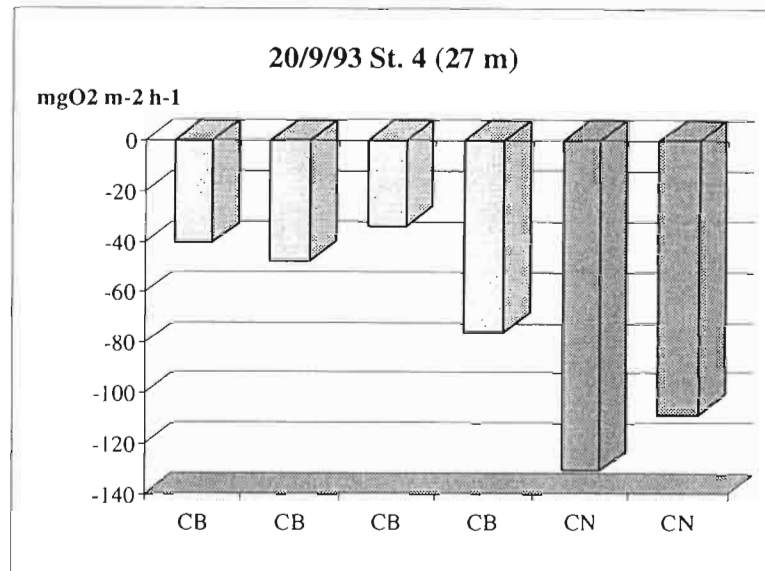


Figure 38: Exemples de production nette positives. CB = Chambre Claire : production ; CN = Chambre Noire : respiration





**Figure 39: Exemples de production nette négative. CB = Chambre Claire : production ; CN = Chambre Noire : respiration**

Profondeur (lumière) et production sont liées : pour l'ensemble du lagon de Takapoto, la relation liant ces deux paramètres est, Z étant la profondeur :

$$P = -3.77 * Z + 69.04$$

En prenant la profondeur moyenne du lagon de Takapoto, soit 25 m, on obtient un bilan net de :

$$P = -25,2 \text{ mg O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

La production nette est négative, donc la production excédentaire est nulle.

La production brute (PB = production nette + respiration) est de 37,9 mgO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>; soit, pour une journée de 10h d'éclairement, une PB égale à 379 mgO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup>). Cette valeur est du même ordre de grandeur que celle observée à Tikehau (368 mg O<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup>, Charpy-Roubaud, 1988). Elle correspond à une production brute carbonée de 276 mg C m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup>.

#### **4.8. La sédimentation de la matière organique et la production d'ammonium**

Dans l'eau des trappes à sédiment, on constatait une augmentation du matériel particulaire par rapport à l'eau ambiante, enrichissement qui était plus rapide pour le carbone et l'azote que le pour la matière en suspension totale, ce qui impliquait un développement d'organismes dans les trappes. On observait que la vitesse d'enrichissement des trappes en matériel en suspension était plus élevée dans les stations à nacres.

Les 2 stations où ont été étudiées les échanges eau-sédiment sont très différentes :

Station TKP-1: le sédiment est grossier et les flux d'ammonium sont élevés.

Station TKP-2/9: Le sédiment est plus fin et moins riche en produits de dégradation. Les flux diminuaient durant toute la durée de l'expérience.

## 4.9. Compétiteurs de la nacre

### 4.9.1. Zooplancton

La biomasse du microzooplancton observée à Takapoto est de l'ordre de grandeur de celles recueillies à Tahiti (Renon, 1978) et à Tikehau (Blanchot et al., 1989), soit  $19 \text{ mg m}^{-3}$  (Tableau 12). Par contre, le poids sec de mésozooplancton est légèrement inférieur :  $15.8 \text{ mg m}^{-3}$  contre des poids secs variant de  $16.62 \text{ mg m}^{-3}$  pour l'atoll de Enewetak (Gerber et Marshall, 1982), jusqu'à 150 pour Mururoa (Michel, 1969).

**Tableau 12: Biomasses en  $\text{mg m}^{-3}$  de PS et PSSC dans différents lagons. (n) : nombre de données, D : diamètre; ( $\mu\text{m}$ ) : vide de maille ; \* : poids humide**

Site	Micro PS	Micro PSSC	Méso PS	Méso PSSC	Technique de pêche	Références
Faaa (Tahiti)			16 (16)		filet Trégouboff D:50 cm (225, 150, 45 $\mu\text{m}$ ) traits horizontaux	Renon, 1978
Tiahura (Moorea)			26*		WP2 D:57 cm (200 $\mu\text{m}$ ) traits horizontaux	Renon, 1979
Mururoa			150 (8)		filet D:100cm (330 $\mu\text{m}$ )	Michel, 1969
Rangiroa			71 (2)		"	Michel et al., 1971
Takapoto			22 - 42 (7)		WP2 D:57cm (200 $\mu\text{m}$ )	Ricard et al., 1978
Tikehau 1985 1986 1985-1986	5.1(14) 14.9(12)	0.9 3.7	27 (14) 15.7 (12) 33.5 (26)	12.9 11.7	WP2 D:57cm (200 $\mu\text{m}$ ) et filet D:33.5cm (35 $\mu\text{m}$ ) traits verticaux	Le Borgne et al., 1989
Ouvéa				7 (10)	WP2 D:57cm (200 $\mu\text{m}$ )	Le Borgne et al., 1993
Nouméa				14 (?)	"	Le Borgne et al., 1993
Enewetak			8 hiver 17 été (12)		filet D:50cm (239,158 $\mu\text{m}$ ) traits obliques	Gerber et Marshall, 1982
Takapoto 1992-1992 1993-1994	17 (21) 19 (14)	9.4 (13)	8 (21) 13 (14)	7.6 (13)	WP2 D: 57 cm (200 $\mu\text{m}$ ) et filet D:33.5cm (35 $\mu\text{m}$ ) traits verticaux	Ce rapport Moyenne sur 1 an Novembre 93, Février 94

On remarquera la diminution de moitié de la biomasse de Takapoto en 16 ans, avec des valeurs comprises entre 22 et  $42 \text{ mg m}^{-3}$  d'après les observations de Ricard et al. en 1978. Il faut toutefois rester prudent devant cette affirmation vu le laps de temps séparant les données et incluant de ce fait des démarches expérimentales non rigoureusement identiques.

La matière organique (PSSC) mesurée en novembre et février est plus élevée qu'à Ouvéa, Nouméa et Tikehau :  $21.6 \text{ mg m}^{-3}$  contre 7, 14,  $19 \text{ mg m}^{-3}$ , respectivement. La moyenne de Takapoto serait cependant plus faible si l'on se base sur les observations concernant le poids sec :  $16 \text{ mg m}^{-3}$  en novembre et février contre  $8 \text{ mg m}^{-3}$  en moyenne annuelle, cette dernière étant, il est vrai, calculée pour 3 stations au lieu d'une (station 9).

#### 4.9.1.1. Variations nycthémérales

Tous les auteurs s'accordent pour parler d'influence évidente de l'heure de prélèvement sur l'abondance du mésoplancton prélevé (Le Borgne et Roger, 1983; Le Borgne et al., 1983; Gueredrat et Rougerie, 1978; Renon, 1978). En effet, les valeurs observées à Tikehau (Le Borgne et al., 1989), à Rangiroa par Michel et al. (1971) et par Ricard et al. (1978) à Takapoto montrent une nette augmentation de la biomasse la nuit (Tableau 13). Le Borgne et al. observent des biomasses mésoplanctoniques de jour à Ouvéa égales à 49 % de celles de nuit. Madhupratap et al. (1991) ont montré que cette augmentation pouvait résulter de l'émergence des formes épibenthiques et démersales la nuit.

Cette hypothèse pourrait alors expliquer qu'aucune différence significative n'ait pu être mise en évidence entre les prélèvements de microplancton de jour et de nuit, les filets retenant des éléments non migrants (zooplancton, phytoplancton, détritus) (Le Borgne et al., 1993).

Tableau 13: Influence de l'heure de prélèvement sur l'abondance du mésoplancton exprimée en mg de poids sec m<sup>-3</sup>

Site	Matin	Soir	Nuit	Références
Tikehau	15.7 (10)	22.9 (10)	43.2 (6)	Le Borgne et al., 1989
Takapoto	3.0 (14)	-	55-90(14)	Ricard et al., 1978
Rangiroa	7-9	-	15-21	Michel et al., 1971
Takapoto	7.8 (57)	8.3 (55)	10.5 (36)	Ce rapport

#### 4.9.1.2. Composition taxinomique

Les variations entre les deux missions et les prélèvements à 9 h et 17 h 30 ne présentant pas de différence significative, nous avons calculé la moyenne sur tous les prélèvements. Les copépodes représentent de loin le taxon le plus abondant avec 87 % d'animaux soit 1462 ind m<sup>-3</sup> (Figure 40) dont 85 % est constitué de *Paracalanus parvus*. Ensuite vient *Calanopia minor* avec une moyenne de 25 ind. m<sup>-3</sup>. En ce qui concerne les autres taxa, on trouve majoritairement des larves de gastéropodes dans le méroplancton avec 70 % d'individus par rapport au méroplancton total. Les carnivores sont constitués par les chaetognathes avec deux espèces de *Sagitta*. L'espèce prédominante, sp.1 ayant 24 ind m<sup>-3</sup> contre 2 ind<sup>-3</sup> pour sp. 2. Les appendiculaires sont représentés par une espèce, *Oikopleura fusiformis* qui ne représente que 0.6 % du total des effectifs.

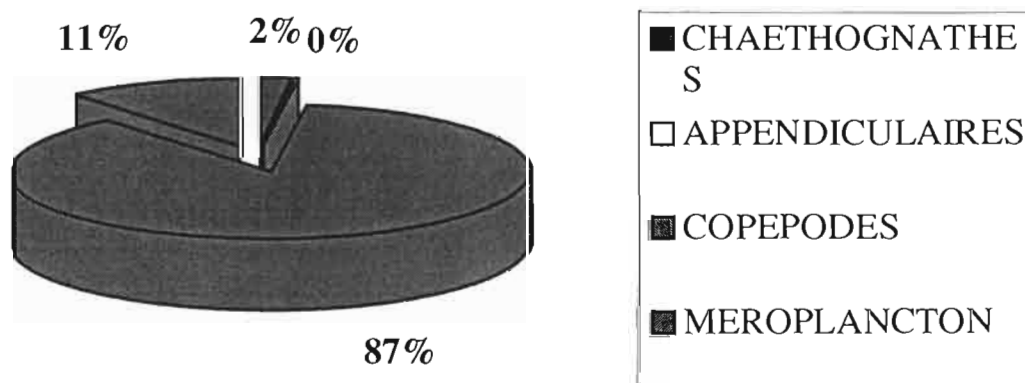


Figure 40: Moyennes des pourcentages des principaux taxa en novembre 1993 et février 1994

On observe une prédominance du mésozooplancton à Ouvéa avec 68 % contre 27 % de microplancton, (Le Borgne et al., 1993), à Tikehau, avec 16 et 42 % contre 11 % (Le Borgne et al., 1989). Nous ne retrouvons pas cette répartition à Takapoto (Tableau 14) où on a une abondance beaucoup plus importante du microzooplancton. Cette modification de la distribution pourrait résulter d'une erreur de méthodologie provenant de la prolifération des méduses lors des deux missions et de l'effet de la prédation exercée par celles-ci sur le mésoplancton.

**Tableau 14: Abondances relatives des classes de tailles du zooplancton de divers lagons exprimées en % de PS**

Site	Micro	Méso	Références
Ouvéa	26.7	68.4	Le Borgne et al., 1993
Tikehau	11.0	15.8 (200-500µm) 42.3 (500-2000µm)	Le Borgne et al., 1989
Takapoto	68.0	32.0	Ce rapport

Les proliférations de méduses (*Linuche unguiculata*) à Takapoto sont observées tous les ans comme l'ont décrit Rougerie et Gueredrat en 1978. D'après les pêcheurs, ces animaux sont retrouvés en général pendant l'été austral et la durée des blooms n'excède pas le mois. Toutefois, il peut y avoir des exceptions comme ce fut le cas en 1992 où ce phénomène n'a pas été du tout observé, et en 1993 où il a duré 6 mois. Ce fait n'est pas exceptionnel car plusieurs auteurs ont déjà relaté des blooms similaires concernant d'autres taxa: *Thalia democratica* (salpes) à Tikehau (Le Borgne et Moll., 1986), *Oikopleura rufescens* (appendiculaires), *Creseis chierchiaie* ou *virgula* (ptéropodes), *Undinula vulgaris* (copépodes) à Rangiroa (Michel et al., 1971) et à Tikehau (Le Borgne et al., *Acartia sp.*, *Oithona sp.* (copépodes) au niveau de la Grande Barrière et dans les îles Carolines (Hamner et Carleton, 1979).

#### 4.9.1.3. Production et ingestion

Les taux métaboliques du micro et du mésozooplancton sont très voisins quelque soit l'élément considéré. Ils sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés à Tikehau où la température de l'eau est très voisine. A Takapoto, les valeurs de production ( $5.24 \text{ mg C m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ ) et d'ingestion ( $13.7 \text{ mg C m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ ) du microzooplancton sont nettement plus élevées que celles mesurées à Tikehau ( $0.2$  à  $1.2 \text{ mg C m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  pour la production et  $0.6$  à  $2.6 \text{ mg C m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  pour l'ingestion). Par contre les valeurs de production et d'ingestion du mésozooplancton sont du même ordre de grandeur à Takapoto ( $3 \text{ mg C m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  et  $14 \text{ mg C m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ ) qu'à Tikehau ( $4.1$  à  $4.2 \text{ mg C m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  et  $10$  à  $18 \text{ mg C m}^{-3} \text{ j}^{-1}$ ).

#### 4.9.1.4. Comparaison entre la biomasse et les flux du zooplancton et ceux d'autres compartiments

Afin de comparer les stocks et les flux des différents compartiments du plancton entre eux, nous les avons intégrés sur 25 m (profondeur moyenne du lagon). Les stocks et flux de la MOP <35 µm proviennent des fiches 10, 12 et 13. Les détritiques au dessus de 35 µm ont été estimés à partir des contributions en carbone du zooplancton et des détritiques par rapport au poids sec données par Le Borgne et al. (1989) pour Tikehau : 22.6% pour le zooplancton et 13.7% pour les détritiques.

Tableau 15: Principaux compartiments ( $\text{mg C m}^{-2}$ ) et flux ( $\text{mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ ) de carbone du plancton du lagon de Takapoto

	Stock	Production	Ingestion
MOP totale	3417		
Bactéries	390	105	
Phytoplancton <1 $\mu\text{m}$	187	457	
Détritus <1 $\mu\text{m}$	1210		
Phytoplancton 1-3 $\mu\text{m}$	143	248	
Détritus 1-3 $\mu\text{m}$	508		
Phytoplancton >3 $\mu\text{m}$	115	186	
Nanozooplancton 3-35 $\mu\text{m}$	3		
Détritus 3-35 $\mu\text{m}$	628		
Microzooplancton	98	131	342
Détritus 35-200 $\mu\text{m}$	59		
Mésozooplancton	47	75	358
Détritus >200 $\mu\text{m}$	29		

On observe que la biomasse du zooplancton (micro+méso) représente 4.2 % de la matière organique totale et 17.3 % du plancton vivant. Sa production et son ingestion sont égales respectivement à 23 % et 78 % de la production primaire planctonique. Ces pourcentages sont très voisins de ceux observés à Tikehau où la production et l'ingestion zooplanctonique constituaient respectivement de 30 à 38 % et 72 % de la production primaire. Des taux de transferts aussi élevés entre la production phytoplanctonique et zooplanctonique, ne peuvent s'expliquer que si le zooplancton utilise une autre source de carbone que le phytoplancton. Des mucus de coraux provenant des pinacles coralliens ainsi que le microphytobenthos doivent intervenir dans l'alimentation du zooplancton. On remarquera que la production zooplanctonique est deux fois plus élevée que la production bactérienne.

#### 4.9.1.5. Conclusions sur le zooplancton

L'ingestion de matière organique par le zooplancton est très importante. Si la nacre ne s'alimente que de particules de petites tailles, le zooplancton est alors un compétiteur redoutable pour les animaux en élevage. Par contre, si les particules de taille supérieures à 35  $\mu\text{m}$  rentrent dans l'alimentation de la nacre, alors le zooplancton peut représenter une source importante de carbone organique ( $206 \text{ mg C m}^{-2} \text{ j}^{-1}$ ). Par ses migrations verticales, il a en effet accès au phytobenthos. Il est probablement aussi capable d'utiliser la production bactérienne soit directement soit par l'intermédiaire des hétéroflagellés et ciliés dont la taille est inférieure à 35  $\mu\text{m}$ .

## 4.9.2. Autres compétiteurs

### 4.9.2.1. Biomasse

La biomasse des compétiteurs benthiques n'a été estimée que sur la tranche d'eau 0 m - 7 m. On peut résumer cette biomasse par le Tableau 16.

**Tableau 16: Abondances des compétiteurs de la nacre dans la tranche 0 m - 7 m**

Espèce	Abondance (Millions individus)			Biomasse (tonnes)		
	1976	1986	1993	1976	1986	1993
<i>Pinctada margaritifera</i> (nacre)			0.5			
<i>Tridacna maxima</i> (bénitier)		12	11	506	500	643
<i>Arca ventricosa</i> (arche)	38	22	26	340	100	155
<i>Chama imbricata</i> (chame)	10	8	6	78	62	46
<i>Pinctada maculata</i> (pipi)			125			238

Cette estimation donne plus de 1000 tonnes de matière vivante qui se nourrissent également, comme la nacre, de phytoplancton.

Les études réalisées en 1976 et en 1986, soit 17 et 7 années auparavant, montrent que la richesse en bivalves est 2 fois moins grande en 1993 qu'en 1976 (49 contre 97). Cependant, rien ne permet d'affirmer que cela est dû à la perliculture. Les pipi sont considérablement plus abondantes. Les autres espèces dont les stocks sont plutôt en diminution affichent un vieillissement, c'est à dire une faible arrivée de jeunes parmi les vieux.

La nacre, *Pinctada margaritifera*, n'a pas été prospectée quantitativement avant 1993. Mais l'estimation de 500.000 individus ne vaut rappelons le que pour la tranche de 0 à 7 m de profondeur alors que l'essentiel du stock sauvage pour cette espèce est plus profond. Néanmoins les observations permettent d'avancer que dans cette tranche les nacres sont considérablement plus abondantes en 1993, qu'en 1986 et en 1976.

La pipi, *Pinctada maculata*, n'a été prospectée quantitativement qu'en 1993. Mais les observations permettent d'avancer que le stock est considérablement plus important en 1993 qu'en 1986. Par ailleurs quelques estimations ponctuelles sur les chapelets de nacres greffées ont montré qu'il avait environ 25 fois plus de pipi que de nacres élevées. Il est certain que vu la concentration en installations perlicoles le stock de pipi « élevées » est bien supérieur au stock naturel pourtant déjà de 125 millions d'individus dans l'ensemble du lagon.

Pour les trois autres espèces les chiffres se passent de commentaires montrant une certaine variabilité. Attention les biomasses ne sont pas proportionnelles aux nombres d'individus car les tailles dominantes ne sont pas les mêmes pour les différentes espèces.

La richesse en espèces est passée de 97 espèces en 1979 à 50 en 1987 et 49 en 1993. On note donc un appauvrissement certain de biodiversité au changement de décennie 70-80. Ce sont les gastéropodes qui sont moins bien représentés qu'avant puisque leur nombre d'espèces est passé de 60 à 29 et 26. Cependant, ces chiffres comportent des espèces qui sont apparues ou qui sont disparues. Seulement 23 espèces (8 gastéropodes et 15 bivalves) ont été continuellement récoltés dans le lagon au cours des 2 dernières décennies. Les espèces dont les stocks ont été évalués sont celles proches de la nacre par leur alimentation et les plus abondantes. En effet ce sont ces 2 aspects qui intéressaient la compétition avec la nacre.

#### 4.9.2.2. Estimation de la filtration par mesure de la différence de concentration de seston

Les *Tridacma maxima* filtrent de 2.3 à 3.4 l par individu et par heure pour un poids moyen de 9.7g, soit un taux de filtration de 0.24 à 0.36 litres par heure et par g.

Les *Spondylus variosus* filtrent en moyenne de 1.9 à 3.15 litres par heure et par individu. Le taux de filtration est de 0.29 à 0.30 litres par heure et par g.

Les *Arca ventricosa* filtrent 1 l par heure et par individu soit un taux de 0.7 à 1.15 litres par heure et par g.

Les *Chama isostoma* filtrent 3.3 à 3.4 litres par h et par individu soit un taux de 2.2 à 2.3 litres par h et par g.

Les *Pinctada maculata* dont le poids moyen est de 0.11 g filtrent 0.35 l par heure et par individu, soit un taux de 2.6 litres par heure et par g.

#### 4.9.2.3. Estimation de la filtration par clarification de culture d'algues

Ces expériences menées aussi sur la nacre donnent un taux de filtration pour *Pinctada margaritifera* de 15 litres par heure et par individu soit 7.5 litres par h et par g.

Les *Tridacma maxima* filtrent de 0.2 à 1.04 l par individu et par heure pour un poids moyen de 9.7g, soit un taux de filtration de 0.06 à 0.3 litres par heure et par g.

Les *Spondylus variosus* filtreraient 1.4 l par h et par individu soit 1 l par h et par g.

Les *Chama isostoma* filtrent 1.066 l par h et par individu, soit un taux de 0.128 l par h et par g.

*Pinctada maculata* filtrent de 0.2 à 0.5 l par h et par individu soit un taux de 0.9 à 2.1 l par h et par g.

#### 4.9.2.4. Estimation de la filtration par équation intégrant le poids moyen individuel

Les taux de filtrations apparaissent dans le Tableau 17.

Tableau 17: Taux de filtration (F:l/h) de différentes espèces *in vitro* et *in situ*

Espèce	<i>in vitro</i>			<i>in situ</i>		
	P moyen	F /ind	F /g	P moyen	F /ind	F /g
<i>Spondylus</i>	1.43	7.72	5.39			
<i>Chama</i>	4.16	16.28	3.91	0.68	4.58	6.74
<i>P. maculata</i>	0.24	2.23	9.16	0.11	1.28	11.63
<i>Tridacna</i>	3.34	13.96	4.18	9.66	29.35	3.04
<i>Arca</i>				1.7	8.70	5.12
<i>P. margaritifera</i>	1.72	7.79	5.36	3.66	14.88	4.07

#### 4.9.2.5. Biodéposition

La production des biodépôts apparaît dans le Tableau 18 .

Tableau 18: Production de biodépôt inorganique (BDI) et organique (BDO) en g/h

Espèce	BDI x 10 <sup>-4</sup>	BDO x 10 <sup>-4</sup>
<i>Tridacna</i>	4	0
<i>Tridacna</i>	13	1
<i>Chama</i>	58	3
<i>Arca</i>	4	1
<i>Arca</i>	8	1
<i>P. maculata</i>	49	0
<i>P. maculata</i>	218	16
<i>P. margaritifera</i>	34	3

Les biodépôts ont une taille comprises entre 1 µm et 600 µm. Ceux produits par *Chama* présentent deux modes à 40 et 120 µm, ceux de *Arca* se répartissent entre 2 et 40 µm. *Tridacna* produit des petites particules de 1 à 2 µm. *Spondylus* présente 3 modes à 1 à 2 µm, 20 à 3 µm et au dessus de 50 µm. *Pinctada maculata* présente les mêmes modes que *Spondylus*.

#### 4.9.2.6. La respiration

Les résultats apparaissent dans le Tableau 17.

Tableau 17: Taux de respiration des principaux compétiteurs benthique et de la nacre

Espèce	mg O <sub>2</sub> h <sup>-1</sup> g <sup>-1</sup>
<i>Spondylus</i>	0.01
<i>Tridacna</i>	0.30
<i>Chama</i>	1.16
<i>Arca</i>	0.04
<i>P. maculata</i>	1.40
<i>P. margaritifera</i>	0.46

#### 4.9.2.7. Conclusion sur les filtreurs

La faune de mollusques du lagon de Takapoto est deux fois moins riche en espèces qu'il y a une vingtaine d'années. Les phénomènes naturels sont peut être tout aussi responsables que le développement de ma nacriculture. Une plus longue série d'observations est nécessaire pour le savoir. Mais rien ne permet d'affirmer que l'élevage des nacres est responsable de cet appauvrissement en espèces.

Les populations d'autres mollusques bivalves susceptibles de se nourrir comme la nacre sont quantitativement évaluées. *Pinctada maculata* est le compétiteur numéro 1 de la nacre. Son comportement, sa stratégie démographique, sa consommation de nourriture et son métabolisme actif le conduisent à être constamment en concurrence directe alimentaire et



spatiale avec la nacre. Avec des densités de 100 individus par m<sup>2</sup>, et un taux de filtration de 2 litres par h et par individu, ils peuvent épuiser rapidement une partie de la MOP de l'eau.

Le bénitier paraît être la seule espèce susceptible d'exploiter les petites particules de taille équivalentes à celle des bactéries.

Les *Chama*, *Spondylus* et *Arca* exploitent la même nourriture que la nacre. Le *Spondylus* serait le moins compétitif. Par contre, *Arca* présente un taux de filtration fort et une abondance à Takapoto importante. Cette espèce peut donc avoir un impact non négligeable dans les secteurs où s'établissent les stocks naturels de nacre.

## 5. Conclusion générale

### 5.1. Milieu lagonaire

Un effort d'échantillonnage considérable (suivi mensuel pendant deux ans et demi) a été mené sur la colonne d'eau et l'interface Eau - Sédiment, où un grand nombre de paramètres concernant la Matière Organique Particulaire ont été mesurés.

Il apparaît qu'aucune différence spatiale ne peut être mise en évidence au sein du lagon de Takapoto, à l'exception d'une certaine variation spatiale du nombre de cyanobactéries et d'une inégalité de distribution du phytobenthos. Si comme SOURNIA et RICARD (1976) ou MAGNIER et WAUTHY (1976) l'ont montré, il peut apparaître d'éventuelles stratifications spatiales pour certains paramètres, celles-ci ne sont qu'occasionnelles, de courtes durées, et s'inversent périodiquement. En simplifiant, il convient de retenir *qu'à l'échelle annuelle, le lagon de Takapoto apparaît comme isotrope.*

Du point de vue de la variabilité temporelle seule la température présente une composante saisonnière bien marquée. Si cette tendance saisonnière est encore visible dans une moindre mesure pour la salinité, la teneur en protéines, et l'abondance en cyanobactéries, les autres paramètres suivent des règles de variation différentes liées à de courtes échelles de temps de l'ordre de la journée (chlorophylle, glucides, lipides) à quelques jours (pigments chlorophylliens). *Les conditions météorologiques ont vraisemblablement un rôle essentiel dans les variations à court terme comme le montre l'influence de l'agitation sur la composition en seston minéral.* SOURNIA et RICARD (1976) avaient déjà conclu que l'échelle de temps des processus biologiques était vraisemblablement très courte, de l'ordre de quelques jours. Ces auteurs ont remarqué également qu'il n'y avait pas de reproductibilité des biomasses et des abondances phytoplanctoniques entre deux années consécutives. Les analyses faites de 1990 à 1992 montrent également cette absence de saisonnalité.

Par ailleurs, le temps de résidence des masses d'eau étant de quelques années (SOURNIA et RICARD, 1976), il faut voir cet écosystème comme quasiment fermé. Ainsi que le rappellent ces auteurs et INTES *et al.* (1990), les flux et processus au niveau du sédiment (production secondaire, production phytobenthique, bioturbation, sédimentation et relargage de nutriments) sont sans doute de première importance. *A l'échelle mensuelle ou annuelle, les flux seraient constants, créant ainsi un bruit de fond perturbé à une échelle de temps beaucoup plus courte.*

Dans ces conditions, la moyenne des différents paramètres établie sur une année d'observation fournit une estimation satisfaisante de la composition spatio-temporelle moyenne du lagon de Takapoto. La figure ci-contre résume les caractéristiques de l'ensemble des paramètres qui ont été mesurés au cours de cette étude dans le lagon de Takapoto.

Ces données confirment bien les idées déjà acquises sur l'atoll de Takapoto au niveau d'un cycle annuel. Elles présentent l'intérêt de servir de données de références du milieu au moment du redémarrage de la perliculture à Takapoto. Elles peuvent être considérées comme représentatives de conditions normales du lagon.

Sur un plan qualitatif, la MOP est de très petite taille : 75 % des particules font moins de 3  $\mu\text{m}$  et 50 % moins de 1  $\mu\text{m}$ . Une forte proportion de cette MOP est d'origine détritique. Les bactéries et cyanobactéries occupent aussi une place importante. La MOP est jeune et son potentiel nutritionnel (acides gras insaturés) est très variable. Les fèces qui constituent une partie de la MOP sont très riches et présentent une valeur nutritionnelle importante.

Sur un plan quantitatif, la concentration en carbone particulaire ainsi que la charge sestonique sont les plus faibles parmi celles mesurées aux Tuamotu. Par contre la production y est plus élevée. Il convient maintenant de savoir si cette production peut satisfaire les besoins nutritionnels des nacres.

L'importance des variations à court terme amène à privilégier des stratégies d'échantillonnage en continu sur un site pendant plusieurs jours avec des conditions météorologiques variées plutôt que des pas d'échantillonnage mensuels. L'influence prépondérante des conditions météorologiques justifierait par ailleurs l'installation d'une station météo manuelle sur le site atelier de Takapoto.

Une approche spatio-temporelle plus fine permettrait de comprendre le paradoxe entre une hétérogénéité spatiale de court terme et une isotropie à l'échelle annuelle. Des travaux de courantologie (GUEREDRAT et ROUGERIE, 1978) ont mis en évidence l'existence d'une dérive superficielle Est-Ouest et d'un contre-courant en profondeur, particulièrement influencés par les conditions météorologiques. Des travaux complémentaires permettraient de comprendre la dynamique lagonaire de Takapoto et de la modéliser.

## **5.2. Les compétiteurs**

L'ingestion de MOP par le zooplancton est très importante puisqu'elle représente 70 % de la production phytoplanctonique. Il est cependant possible que le zooplancton ingère une partie de la production benthique car il est localisé au voisinage du fond pendant la journée. Le zooplancton peut aussi s'alimenter de bactéries. Il peut aussi représenter une proie pour les nacres en élevage et sa production est de l'ordre de 20 % de la production phytoplanctonique.

Les pipi (*Pinctada maculata*) sont les principaux compétiteurs potentiels de la Nacre. Ils sont de plus en plus abondants et leur taux de filtration est comparable à celui de la nacre. Ils restent cependant à vérifier qu'ils ingèrent les mêmes particules que les *Pinctada margaritifera*.

## **5.3. La capacité biotique des lagons**

Dans l'approche de la capacité trophique du lagon, la modélisation mathématique d'une partie de l'écosystème se révèle être un outil indispensable. Un modèle mathématique couplé

« production primaire - croissance de l'huître perlière » est actuellement en projet. Il se fixe les objectifs suivants:

- \* Comprendre les relations entre production primaire et croissance de l'huître perlière;
- \* Estimer le stock optimal de nacres à mettre en élevage dans le lagon, et en déduire si la situation actuelle est satisfaisante;
- \* Juger des interactions éventuelles entre les nacres d'un même élevage et entre élevages proches (incidence dans l'aménagement des concessions).

Le modèle de croissance de l'huître perlière est en cours de conceptualisation à l'IFREMER COP et dépend de l'avancement des travaux en matière de physiologie de la nacre.

Il reste cependant plusieurs inconnues :

Que mange réellement la Nacre ?

Que mangent les compétiteurs et combien sont-ils dans l'ensemble du lagon ?

Sur la base des travaux, une réflexion sur les moyens à mettre en oeuvre pour gérer rationnellement les stocks en élevage conduit à proposer deux démarches complémentaires :

- ⇒ La mise en place d'un réseau de suivi biologique de la perliculture afin de suivre l'évolution du milieu, de la croissance et des stocks à Takapoto et dans d'autres îles.
- ⇒ La détermination de la capacité trophique des atolls grâce à une approche analytique des conditions de fonctionnement de l'écosystème conchylicole comprenant deux volets :
  - \* Modélisation de la production primaire;
  - \* Modélisation de la croissance de l'huître perlière.

# Le PGRN

## Introduction

Le programme général de recherche sur la nacre (PGRN) a été mis en place par l'EVAAM et financé par le Territoire, l'Etat et le Fond européen pour le développement suite aux graves problèmes de maladies qui sont survenus dans certains lagons entre 1984 et 1989. Pour mener à bien ces recherches, il était nécessaire d'une part de mieux connaître l'animal, la nacre, d'étudier d'autre part les éventuelles maladies responsables des mortalités et enfin de mieux connaître le fonctionnement des eaux dans lesquelles vivent ces animaux.

Le PGRN est donc constitué de plusieurs actions confiées à de nombreux scientifiques qui ont pour rôle dans leur domaine de compétence de répondre à un certain nombre de questions. Une fois ce travail terminé, il était convenu dans la mesure du possible de regrouper et de synthétiser ces informations pour donner aux professionnels mais aussi au pouvoir public des pistes qui leur permettent respectivement d'améliorer leurs conditions d'élevage et de gérer l'activité de perliculture qui prend une ampleur importante au niveau Economique, social mais aussi au niveau écologique.

Ce premier rapport donne un aperçu des résultats des études menées sur le lagon. Il ne constitue pas une fin en soi et sera suivi par d'autres rapports qui feront une liaison plus importante avec l'animal et sa biologie. Sa destination est tout d'abord de faire un premier point sur les nombreux travaux menés depuis deux ans sur le milieu puis de permettre un dialogue constructif entre tous les intervenants de cette activité.

Bien entendu, il n'était pas possible de réaliser des études dans l'ensemble des lagons où se déroule la perliculture et il a fallu choisir un site d'étude précis pour tous ces travaux. Le choix s'est porté sur l'atoll de Takapoto pour diverses raisons : Cet atoll a été le siège de nombreux travaux avant le démarrage de la perliculture et des comparaisons étaient possibles. L'atoll dispose par ailleurs d'une antenne EVAAM et de nombreuses fermes y sont implantées. En outre, il a été le siège des problèmes les plus aigus lors des mortalités en élevages de 1985. Parmi les désavantages d'un tel choix, le plus important concernait les caractéristiques du lagon, fermé avec peu de *hoa* fonctionnels. Néanmoins, cet inconvénient pouvait éventuellement se révéler un atout si nous étions dans un lagon aux "caractéristiques extrêmes". En effet dans ce cas, la comparaison avec les autres lagons n'en serait que plus efficace.

## Les questions que l'on s'est posé avant le PGRN

-Qu'est-ce qu'un bon lagon pour la perliculture ?

-Quelle est l'importance de la qualité de l'eau du lagon sur la santé des nacres et la production de perles ?

-Les élevages entraînent -t-ils des modifications du milieu et dans ce cas, celles-ci sont-elles néfastes aux nacres ?

Pour répondre à ces questions, il était nécessaire de procéder par étape. La première phase consistait à comprendre et à caractériser le lagon. Pour cela, un certain nombre de travaux ont été menés sur les thèmes suivants :

\* les paramètres physiques et chimiques du lagon c.a.d. la température, la salinité, la lumière et les sels nutritifs (Azote, phosphore, etc....)

\*la quantité de nourriture disponible dans le lagon et ses variations

\*l'importance des espèces qui consomment la même nourriture que la nacre

\*le fonctionnement et le cycle de vie de l'ensemble des particules vivantes ou inertes qui sont présentes dans le lagon et en particulier leur disparition par sédimentation sur le fond.

En parallèle à ces études, d'autres travaux étaient menés sur l'animal lui-même. Certains de ces travaux sont achevés. D'autres sont en cours. Il faudra donc attendre la fin de ceux-ci avant de pouvoir faire une liaison efficace entre les connaissances acquises sur le lagon et le fonctionnement des nacres. Néanmoins les résultats décrits ci-après ne sont pas pour autant inintéressants puisqu'ils donnent une idée du fonctionnement d'un lagon d'atoll où se déroule l'activité de perliculture. En outre, une autre synthèse concernant l'animal vous est remis en même temps que ce document.

## Les méthodes

Les méthodes employées pour les études d'environnement sont très nombreuses et vont des plus simples aux plus complexes et coûteuses.

*Les cycles de prélèvements* : selon les mesures à effectuer, les prélèvements ont été réalisés très fréquemment, par exemple toutes les trois heures durant 24 h ou encore toutes les semaines à la même heure et toujours sur les mêmes sites. Pour d'autres, des prélèvements ont été effectués ponctuellement selon les

missions. Pour certains enfin, il s'agit de données correspondantes à une mission précise et la notion de variation selon les périodes de l'année n'est pas prise en compte dans les résultats.

*Les mesures par sondes* : il s'agit de la température, de la salinité et de la lumière. Des mesures sont effectuées une fois par semaine dans les 11 stations retenues pour l'étude et à 3 profondeurs différentes pour la Température et la Salinité. De plus, lors de certaines missions, des mesures sont effectuées durant toute la journée afin de connaître les variations sur des cycles de 24 heures.

*Les comptages* : Pour les bactéries, les cyanobactéries et les algues microscopiques, une certaine quantité d'eau du lagon est filtrée puis les organismes sur le filtre sont colorés ou non et le comptage effectué au microscope. Pour le plancton animal (zooplancton), les individus récoltés sur un filet à maille très fine tiré depuis un bateau, sont comptés sous une loupe binoculaire et leur nombre calculé en fonction du volume d'eau filtrée. Les particules organiques qui tombent sur le fond sont récupérées dans des trappes (cylindres ouverts vers le haut) fixées à différentes profondeurs.

*Les pesées* : La quantité totale de matière en suspension dans l'eau, le seston, est recueilli sur un filtre et pesé.

*Les dosages* : Pour de nombreux composés tel que les sels nutritifs, les protides, lipides et glucides ou encore les acides aminés ou certains composés particuliers, il a été nécessaire d'effectuer des dosages plus ou moins complexes par l'intermédiaire d'appareillages très spécifiques. Dans la plupart des cas, l'eau est recueillie après une filtration puis des réactifs ou des colorants permettent une analyse de certains composés contenus dans cette eau.

*Les mesures de production* : Pour la plupart des organismes étudiés, bactéries, algues dans la colonne d'eau ou sur le fond, zooplancton, etc., il est nécessaire de connaître, outre leur nombre, leur activité (production, ingestion, excrétion). Pour ce faire, on mesure la disparition, ou la production d'éléments qui interviennent dans leur métabolisme durant des incubations réalisées en laboratoire ou dans le lagon.